

引文格式: 陈自宏, 张鸭关, 徐玲, 等. 滇西白僵菌对草地贪夜蛾的毒力及其农田消长动态[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(1): 69–74. DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).202106003](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).202106003)

滇西白僵菌对草地贪夜蛾的毒力 及其农田消长动态*

陈自宏¹, 张鸭关², 徐玲^{1**}, 何馨成^{3**}

(1. 保山学院 高黎贡山生物资源研究所, 云南 保山 678000;

2. 曲靖师范学院 化学化工学院, 云南 曲靖 655011;

3. 云南农业大学 学报编辑部, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】筛选对草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)毒力较高的白僵菌(*Beauveria*)菌株,为草地贪夜蛾的生态防控提供真菌资源储备;通过球孢白僵菌(*B. bassiana*)的田间调查,为了解农田生态系统中白僵菌的自然发生状况奠定基础。【方法】用爬行接种法测定来自保山市、怒江州和大理州的10种共计15株白僵菌菌株对草地贪夜蛾3龄幼虫的毒力,并分析保山市4种农田生态系统(咖啡园、茶园、玉米田和烟田)中球孢白僵菌的月间消长动态。【结果】15株白僵菌对草地贪夜蛾的毒力有差异,毒力最低的菌株致死率仅为10%,毒力较强的9株菌株致死率达100%;但这9株菌株的致死速度不同,全致死时间为4.4~15.7 d,半致死时间(LT₅₀)为2.3~10.3 d,其中毒力最强的菌株为来自保山潞江坝怒江江边沙滩的菌株BUB12(全致死时间=4.4 d, LT₅₀=2.3 d),其次为来自保山腾冲烟田的菌株BUB8(全致死时间=5.8 d, LT₅₀=2.5 d)。4种农田土壤中全年均有球孢白僵菌分布,夏季检出菌株最多;多年生作物农田(茶园和咖啡园)中白僵菌的数量高于一年生作物农田(玉米田和烟田)。【结论】白僵菌菌株BUB12和BUB8对草地贪夜蛾的毒杀效果最好,具有较大的应用潜力。

关键词: 保山市;白僵菌;草地贪夜蛾;毒力;消长动态

中图分类号: S476.13

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X(2022)01-0069-06

Virulence of *Beauveria* to *Spodoptera frugiperda* in Western Yunnan and Its Dynamics in Fields

CHEN Zihong¹, ZHANG Yaguan², XU Ling¹, HE Qingcheng³

(1. Institute of Biological Resources of Gaoligong Mountains, Baoshan University, Baoshan 678000, China;

2. College of Chemistry and Environmental Science, Qujing Normal University, Qujing 655011, China;

3. Editorial Department of Journal of Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] *Beauveria* strain with higher virulence against *Spodoptera frugiperda* was screened to provide the fungal resource reserve for the ecological prevention and control of *S. frugiperda*; field investigation on *B. bassiana* was done to lay the foundation for the understanding the natural occurring situation of *Beauveria* in field ecosystem. [Method] The virulence of 10 *Beauv-*

收稿日期: 2021-06-03

修回日期: 2021-09-12

网络首发日期: 2021-12-29

*基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目(32060638);云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目(陈自宏);云南省高校滇西昆虫资源保护与利用重点实验室建设项目(2017FH001-126)。

作者简介: 陈自宏(1978—),男,云南陆良人,博士,教授,主要从事虫生真菌资源研究。

E-mail: zhchen78@163.com

**通信作者 Corresponding authors: 徐玲(1978—),女,云南陆良人,博士,教授,主要从事虫生真菌与生物防治研究。E-mail: xuling09083@163.com; 何馨成(1986—),女,云南昆明人,博士,讲师,主要从事生态学研究。E-mail: he_qingcheng@foxmail.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20211228.1235.002.html>



eria species, totally 15 strains, from Baoshan City, Nujiang Prefecture and Dali Prefecture, were tested by crawling infection way. The dynamics of *B. bassiana* in a year in four types of field ecosystems (coffee garden, tea garden, corn field and tobacco field) in Baoshan was analyzed.

[**Results**] The virulence of 15 *Beauveria* strains to *S. frugiperda* was different. The strain with the lowest virulence caused only 10% mortality rate. There were nine strains with higher virulence causing 100% mortality rate, while their lethality speed were different, total lethal time being 4.4-15.7 days, LT_{50} being 2.3-10.3 days. Thereinto, the strain BUB12 from Nujiang river beach of Lujiangba in Baoshan had the highest virulence (total lethal time=4.4 d, LT_{50} =2.3 d), and the strain BUB8 from a tobacco field of Tengchong in Baoshan had the second highest virulence (total lethal time=5.8 d, LT_{50} =2.5 d). *B. bassiana* were distributed throughout the entire year in all the four types of field soil and the highest strains number was detected in summer. The quantities of *B. bassiana* in perennial crops fields (tea garden and coffee garden) were higher than the annual crop fields (corn field and tobacco field). [**Conclusion**] *B. bassiana* strain BUM12 and BUM8 had the best virulent effect against *S. frugiperda* and had greater application potential.

Keywords: Baoshan City; *Beauveria*; *Spodoptera frugiperda*; virulence; dynamic

草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 是鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae) 灰翅夜蛾属 (*Spodoptera*) 的迁飞性农业害虫^[1]。它原产于美洲热带地区, 2016 年迁徙至非洲和亚洲各国, 2019 年 1 月经云南跨境入侵中国并在国内暴发, 对中国农业生产形成巨大威胁, 云南更是其重灾区^[2]。草地贪夜蛾具有杂食性, 可为害 76 属 353 种植物, 对玉米、高粱、水稻、花生、甘蔗、大豆和蔬菜等 186 种重要农作物造成严重威胁^[3]。根据草地贪夜蛾的寄主植物偏好性, 可将其分为“玉米型”和“水稻型”2 种生态型, 入侵中国的草地贪夜蛾为“玉米型”, 主要取食玉米和高粱^[4]。由于草地贪夜蛾在中国入侵和蔓延的时间较短, 目前主要防治方法还是化学防治, 但化学农药对生态环境、人类健康及其他非靶标生物的安全性问题一直备受关注, 且该虫的抗药性较强^[5], 亟需加强其生物防治的研究。

用虫生真菌防控害虫是一种重要的生防手段, 具有安全、高效和可持续性等优势^[6], 是草地贪夜蛾可持续防治的重要发展方向。目前, 用于草地贪夜蛾防控的虫生真菌包括球孢白僵菌^[7-8]、莱氏绿僵菌^[9]、金龟子绿僵菌和玫烟色虫草^[10]等。白僵菌属真菌是重要的虫生真菌, 尤其是球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 被认为是最具开发潜力的虫生真菌之一^[11], 在国内外已被广泛用于害虫的生防研究和产品开发, 全球超过 30% 的生防菌剂均以球孢白僵菌为有效成分^[12]。

云南省保山市是玉米的重要生产基地, 草地贪夜蛾已成为玉米田害虫的优势种类^[13]。本研究着眼于保山特殊的自然地理条件, 通过对不同地域来源的 10 种共计 15 株白僵菌对草地贪夜蛾的毒力测定, 筛选高毒力优良菌株, 并对球孢白僵菌的寄主感染症状及在保山农田生态系统中的消长动态进行分析, 为白僵菌在草地贪夜蛾生物防治中的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

10 种白僵菌共 15 株菌株, 分离自保山市 (6 种 8 株) 及其周边市区 (怒江州和大理州) 的土壤或罹病昆虫 (表 1), 保存于保山学院高黎贡山生物资源研究所; 草地贪夜蛾采集自保山市的玉米田, 在实验室人工饲养获得大量幼虫; 黄粉虫 (*Tenebrio molitor*) 幼虫由保山学院高黎贡山生物资源研究所提供。

1.2 研究方法

1.2.1 草地贪夜蛾的饲养

参照罗成等^[14]的培养方法并进行改良。在无菌罐头瓶底放 1 层无菌滤纸, 将草地贪夜蛾卵块置于其中, 25 °C 孵化后取玉米叶片饲喂, 将幼虫转移到新罐头瓶中, 每天更换无菌滤纸并饲喂新鲜玉米叶。选 3 龄幼虫作为毒力测定的寄主。

1.2.2 白僵菌菌株的毒力测定

采用爬行接种法^[15]测定各菌株的毒力。用

PPDA 培养基 (洋芋粉 20 g, 蛋白胨 10 g, 蔗糖 20 g, 琼脂 20 g) 进行菌株的产孢培养。每个菌株共处理 30 头幼虫, 分 3 组进行。每组用 1 个无菌平皿, 取 0.5 g 白僵菌分生孢子粉平铺于皿底, 放入 10 头草地贪夜蛾幼虫自由爬行 2 min。接种后的幼虫, 每头分别置于 1 个无菌罐头瓶内, 于 25 ℃ 下用玉米嫩叶饲养, 至虫体死亡。对照为未接菌处理的 30 头幼虫, 每瓶 1 头, 以玉米嫩叶正常饲养。

逐日观察记录寄主死亡情况, 以半致死时间 (LT₅₀)、全致死时间和校正致死率为指标评价各菌株的毒力。致死时间以“平均值±标准差”表示; 校正致死率=[(处理致死率-对照致死率)/(1-对照致死率)]×100%。

1.2.3 球孢白僵菌在农田生态系统中的消长动态

在云南省保山市分别选取多年生作物农田 (潞江坝的咖啡园和腾冲的茶园) 和一年生作物农田 (潞江坝的玉米田和腾冲的烟田) 采集作物根际土壤样品。于 2019 年 1—12 月, 每月中旬到各

农田中取样 1 次; 每种作物农田选取 3 个样方, 每个样方取 4 个对角小样方和 1 个中心小样方 (每个小样方为 2 m×2 m), 在每个小样方中取 1 个土样。取样时, 在作物根际 30 cm 以内, 用小铲取表层 5 cm 的土壤 300~400 g。各土壤样品带回实验室后, 于 3 d 内进行处理。

参考 KEYSER 等^[16]的方法, 用 7 龄黄粉虫幼虫从土壤样品中诱导分离白僵菌菌株, 挑取被感染虫体表面分生孢子粉, 于 PPDA 培养基上纯化菌株, 结合菌落形态特征和 5 个基因序列 (*nrSSU*、*nrLSU*、*EF-1α*、*RPB1* 和 *RPB2*) 的系统发育分析来鉴定白僵菌物种。

2 结果与分析

2.1 白僵菌不同物种对草地贪夜蛾的毒力

由表 1 可知: 接种草地贪夜蛾 3 龄幼虫的不同白僵菌菌株毒力存在差异, 校正致死率在 10%~100% 之间; 其中, 有 3 株菌的校正致死率低于 50%, 其余 12 株菌的校正致死率都达 50%

表 1 供试白僵菌的菌株信息及其毒力

Tab. 1 The strains information of the tested *Beauveria* and their virulence

物种 species	菌株 strain	采集地 locations	寄主来源 origin of hosts	半致死时间/d LT ₅₀	全致死时间/d total lethal time	校正致死率/% corrected mortality
球孢白僵菌 <i>B. bassiana</i>	BUB12	保山潞江坝 Baoshan Lujiangba	怒江江边沙滩 Nujiang river beach	2.3±0.2 i	4.4±0.3 g	100
	BUB8	保山腾冲 Baoshan Tengchong	烟田土壤 tobacco field soil	2.5±0.1 i	5.8±0.3 f	100
	BUB3	保山芒宽 Baoshan Mangkuan	熊蜂成虫 bumblebee adult	3.5±0.2 h	8.6±0.3 d	100
	BUB9	怒江独龙江 Nujiang Dulongjiang	山地土壤 mountain soil	4.3±0.2 g	7.6±0.3 e	100
	BUB540	保山腾冲 Baoshan Tengchong	甲虫成虫 beetle adult	11.6±0.4 b	—	90
	BUB1 233	保山太保山 Baoshan Taibaoshan	螳螂成虫 mantis adult	12.6±0.3 a	—	60
中国白僵菌 <i>B. sinensis</i>	BUB51	保山百花岭 Baoshan Baihualing	蝼蛄成虫 mole cricket adult	3.8±0.2 h	11.7±0.6 c	100
马拉维白僵菌 <i>B. malawiensis</i>	BUB444	怒江贡山 Nujiang Gongshan	茶园土壤 tea garden soil	5.6±0.4 f	15.7±0.6 a	100
布氏白僵菌 <i>B. brongniartii</i>	BUB78	大理永平 Dali Yongping	松林土壤 pinery soil	9.4±0.2 e	14.0±0.6 b	100
保山白僵菌 <i>B. baoshanensis</i>	BUB283	保山太保山 Baoshan Taibaoshan	瓢虫幼虫 ladybug larvae	9.6±0.3 e	15.5±0.3 a	100
假球孢白僵菌 <i>B. pseudobassiana</i>	BUB1 234	保山太保山 Baoshan Taibaoshan	大黄蜂成虫 hornet adult	10.3±0.3 d	15.5±0.5 a	100
亚洲白僵菌 <i>B. asiatica</i>	BUB529	保山太保山 Baoshan Taibaoshan	金龟子成虫 scarab adult	11.1±0.3 c	—	70
墨脱白僵菌 <i>B. medogensis</i>	BUB426	保山太保山 Baoshan Taibaoshan	蚂蚁成虫 ant adult	—	—	40
苏格兰白僵菌 <i>B. caledonica</i>	BUB1-1	怒江独龙江 Nujiang Dulongjiang	甲虫成虫 beetle adult	—	—	40
云南白僵菌 <i>B. yunnanensis</i>	BUB1 232	大理巍山 Dali Weishan	鳞翅目蛹 Lepidoptera pupa	—	—	10

注: “—”表示由于致死率较低, 未达到半致死或全致死; 同列数据后不同小写字母表示不同菌株间的致死时间存在显著性差异 ($P<0.05$)。

Note: “—” represented that the mortalities were too low and did not reach half lethality or total lethality; different lowercase letters in each columns mean significant difference of lethal time between strains at $P<0.05$.

以上, LT_{50} 为 2.3~12.6 d。有 9 株菌的毒力较强, 校正致死率达到 100%, 分别为: 球孢白僵菌 (*B. bassiana*) 菌株 BUB12、BUB8、BUB3 和 BUB9, 中国白僵菌 (*B. sinensis*) 菌株 BUB51, 马拉维白僵菌 (*B. malawiensis*) 菌株 BUB444, 布氏白僵菌 (*B. brongniartii*) 菌株 BUB78, 保山白僵菌 (*B. baoshanensis*) 菌株 BUB283, 假球孢白僵菌 (*B. pseudobassiana*) 菌株 BUB1234; 但其致死速度不同, 全致死时间为 4.4~15.7 d, LT_{50} 为 2.3~10.3 d。多数球孢白僵菌菌株的毒力都较强, 不同来源的 6 株菌中有 4 株菌的校正致死率达到 100%, 其中分离自保山市潞江坝怒江边沙滩的菌株 BUB12 致死速度最快, 其全致死时间 (4.4 d) 和 LT_{50} (2.3 d) 最短, 说明其毒力最高; 分离自保山市腾冲烤烟田土壤中的菌株 BUB8 的毒力 (全致死时间 5.8 d, LT_{50} =2.5 d) 仅次于菌株 BUB12。

由表 1 还可知: 来自不同地区的白僵菌菌株毒力存在差异, 来自同一地区的不同菌株毒力也存在差异。来自保山市 5 个区域 (潞江坝、芒宽、太保山、百花岭和腾冲) 的白僵菌共 6 种 10 株菌, 其中有 1 株从蚂蚁上分离到的墨脱白僵菌 (*B. medogensis*) 菌株毒力最弱, 校正致死率为 40%, 其他 9 株菌的校正致死率均 $\geq 60\%$ 。来自怒江州 2 个区域 (独龙江和贡山) 的 3 种 3 株白僵菌的校正致死率在 40%~100%。来自大理州永平和巍山的 2 种 2 株白僵菌的校正致死率差异较大 (分别为 100% 和 10%), 其中来自巍山的云南白僵菌 (*B. yunnanensis*) 菌株 BUB1232 在所有菌株中毒力最弱 (校正致死率 10%)。

2.2 球孢白僵菌感染草地贪夜蛾和黄粉虫的症状

用毒力最强的球孢白僵菌菌株 BUB12 接种草地贪夜蛾 3 龄幼虫, 让幼虫在盛有分生孢子粉的平皿中爬行后, 体表附着大量孢子, 单头幼虫转移到无菌罐头瓶, 此时虫体还保持较高的活力, 在瓶中自由爬行并食用玉米叶片, 其爬行过程中, 会有部分孢子从虫体上滑落, 但仍有一些留在气孔、体节、足和刚毛等部位 (图 1a)。随着真菌孢子侵入虫体后, 幼虫活动逐渐减慢, 取食减少; 接菌第 4 天后, 虫体基本停止爬行, 死亡; 接菌第 5 天, 肉眼能看到多数虫体表面长出白僵菌菌丝 (图 1b); 接菌第 8 天所有虫体已经被菌丝及白色分生孢子层完全包裹 (图 1c)。

在各农田土壤样品中放置黄粉虫 7 龄幼虫 15~20 d, 被感染的黄粉虫体表包被白色菌丝, 并产生大量白色孢子粉 (图 1d), 挑取孢子粉抖落在 PPDA 培养基平皿中, 约 2 周后培养基表面形成球孢白僵菌菌落, 菌落边缘菌丝呈白色, 表面形成 1 层白色孢子粉 (图 1e)。

2.3 球孢白僵菌在农田生态系统中的消长动态

调查结果 (图 2) 表明: 球孢白僵菌在保山市 4 种农田生态系统中 (咖啡园、茶园、玉米田和烟田) 全年都有分布, 共分离到 328 株菌。球孢白僵菌的菌株数量随着季节温、湿度变化而呈现出明显的渐变规律。总体来看, 6—8 月 (夏季) 菌株检出率较高, 其中 7 月菌株检出率最高 (57 株, 占总数的 17.4%); 3—5 月 (春季) 及 9—11 月 (秋季) 菌株检出率较低; 12 月—次年 3 月 (冬季) 菌株检出率最低。菌株数于 1—7 月呈逐渐增多的



注: a)~c) 草地贪夜蛾幼虫被球孢白僵菌感染的症状: a) 刚接种完的幼虫自由爬行, b) 感染初期虫体表面开始形成菌丝, c) 感染后期虫体被致密菌丝和孢子包裹; d) 被土壤中的球孢白僵菌感染的黄粉虫; e) 球孢白僵菌的菌落形态。

Note: a)~c) the symptom of *S. frugiperda* larva infected by *B. bassiana* in the field: a) the newly inoculated larva crawled freely, b) hyphae begin to form on the worm surface in the early infection phase, c) the larva were surrounded by hyphae and spores in the late infection phase; d) the symptom of *T. molitor* larva infected by *B. bassiana* in the field soil; e) colonial morphology of *B. bassiana*.

图 1 球孢白僵菌感染寄主症状

Fig. 1 The symptoms of host infected by *Beauveria bassiana*

趋势, 7—12 月呈逐渐减少的趋势, 12 月菌株数量最少 (7 株, 占总数的 2.1%)。

不同作物农田中球孢白僵菌的分布有所差异 (图 2)。总体上看, 茶园和咖啡园中分离到的菌株数最多 (分别为 99 株和 98 株), 玉米田中的菌株数相对较少 (74 株), 烟田中菌株数最少 (57 株)。茶园在 6—8 月的菌株数量最占优势, 咖啡园的菌株数量在 2—5 月较占优势。烟田中多数月份的菌株数量都明显少于其他农田。

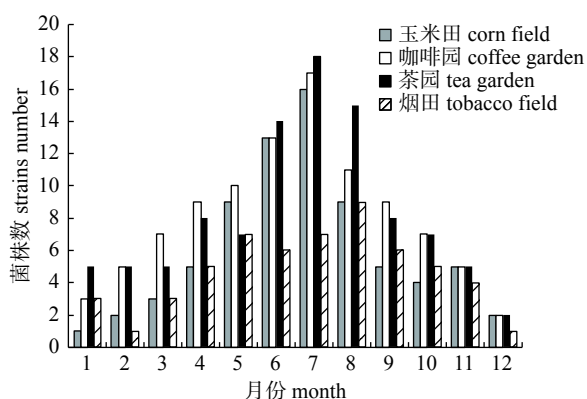


图 2 4 种典型农田生态系统球孢白僵菌的月间消长动态

Fig. 2 Monthly dynamics of *B. bassiana* in four kinds of field ecosystem

3 讨论

草地贪夜蛾自入侵中国以来, 虫情扩散蔓延迅速, 发生代数增多, 对玉米等农作物造成非常严重的危害。草地贪夜蛾的防控迅速成为相关领域关注的重点, 以白僵菌和绿僵菌为主的虫生真菌对草地贪夜蛾的防控近年来也成为国内外研究的热点。AKUTSE 等^[17]分析了 14 株绿僵菌和 6 株白僵菌对草地贪夜蛾的毒杀效果, 发现只有 1 株白僵菌菌株 ICIPE676 对 2 龄幼虫的致死率达 30%, 其他菌株只对卵和 1 龄幼虫有防效。THOMAZONI 等^[18]用 35 株白僵菌和 14 株绿僵菌接种 3 龄草地贪夜蛾, 发现只有 1 株白僵菌毒力较强 (致死率 44.5%)。赵胜园等^[19]测定了抗生素、微生物和植物源生物农药对草地贪夜蛾的防效, 发现球孢白僵菌菌株 OF 对 2 龄幼虫的防效较好 (致死率 60%)。山西绿海农药科技有限公司研发的球孢白僵菌可湿性粉剂 (农药登记证号 PD20190002) 获批成为国内首个应用于草地贪夜蛾防治的生物农药^[20]。以上研究表明: 白僵菌在草地贪夜蛾的防控中具有较为重要的地位。本研究用爬行法接种草地贪夜蛾 3 龄幼虫, 筛选到

2 株球孢白僵菌菌株 BUB12 和 BUB8 毒力最强, 其校正致死率均为 100%, 致死速度较快 (全致死时间分别为 4.4 和 5.8 d, LT_{50} 分别为 2.3 和 2.5 d)。雷妍圆等^[21]研究表明: 球孢白僵菌菌株 GZSL-1 对草地贪夜蛾 6 个龄期的幼虫都有致病性, 对 1~3 龄幼虫的校正致死率都能达到 100%, 用 1.0×10^8 个/mL 孢子的菌悬液处理 3 龄幼虫, $LT_{50} = 3.12$ d。GARCÍA 等^[22]用白僵菌菌株 Bb42 1.0×10^9 个/mL 孢子的菌悬液处理 2 龄幼虫, 致死率为 96.6%, $LT_{50} = 3.6$ d。本研究中球孢白僵菌菌株 BUB12 和 BUB8 的 LT_{50} 较短, 可能是爬行接种法使虫体表面粘附较多真菌孢子造成的影响, 这些菌株的毒力还需通过统一的接种方法和接种条件进行进一步的比较。

农田环境中存在一些虫生真菌, 保护和利用这些真菌资源对草地贪夜蛾的防治具有重要意义。程东美等^[23]调查广州地区草地贪夜蛾的僵虫自然发生率, 发现虫体在田间被真菌自然寄生的现象较多, 累积僵虫率高达 43.21%, 分离到的自然寄生真菌白僵菌菌株对 3 龄幼虫有较好的致病作用。郑亚强等^[24]在云南曲靖沾益安东村玉米田中调查被虫生真菌感染的草地贪夜蛾, 发现绿僵菌感染率 7 月中旬为 15.46%, 8 月初上升为 29.83%。本研究中球孢白僵菌多数菌株对草地贪夜蛾的毒力较强 (6 株菌中 4 株的致死率达 100%); 调查保山市 4 种农田中球孢白僵菌的消长动态结果表明: 4 种类型农田土壤中球孢白僵菌的季节分布规律相似, 即全年均有分布, 夏季 (6—8 月, 田间温湿度最高的月份) 菌株数量最多。这与自然界中大多数虫生真菌的季节变化趋势一致^[25-26]。从不同类型作物农田来看, 茶园和咖啡园都属于多年生作物农田, 其菌株数量最多; 而玉米田和烟田属于一年生作物农田, 其菌株数量相对较少, 尤其是烟田中分离到的菌株数量最少。这可能与不同栽培模式田地受人为扰动因素的影响不同有关, 而烟叶中烟碱的抑菌作用可能也会影响烟田中的菌株数量。HUMMEL 等^[27]认为: 虫生真菌的生存繁衍受耕作模式的影响较大; 王品^[26]研究表明: 人为干预的生态茶园中虫生真菌的种群密度明显低于野生茶园。可见, 适当减少土壤耕作次数, 降低化学肥料和药剂的施用, 保护农田自然生态环境, 有利于提高农田土壤中球孢白僵菌的种群数量, 发挥其自然控虫潜力。草地贪夜蛾入侵以来, 云南省农田玉米苗期

受害日益严重^[28]。随着田间寄主害虫的数量变化,球孢白僵菌的农田消长动态分布可能也会发生变化,如随着玉米田中草地贪夜蛾危害的逐年增加,其田间土壤中的球孢白僵菌数量是否会增加,还需要进一步追踪调查。

4 结论

来自保山市 5 个区域(潞江坝、芒宽、太保山、百花岭和腾冲)、怒江州 2 个区域(独龙江和贡山)和大理州 2 个区域(永平和巍山)的 10 种共 15 株白僵菌中,有 9 株菌的毒力较强,校正致死率都达 100%,但致死速度不同,从保山市潞江坝怒江江边沙滩分离到的菌株 BUB12 致死速度最快,其次为保山市腾冲烟田土壤中的菌株 BUB8,这 2 株高毒力菌株在草地贪夜蛾的真菌防控中具有良好的应用潜力。保山市 4 种农田土壤中,球孢白僵菌全年都有分布,夏季菌株检出率最高,春季和秋季菌株较低,冬季最低;多年生作物农田(茶园和咖啡园)中菌株数量较多,一年生作物农田(玉米田和烟田)中菌株数量较少。

[参考文献]

- [1] 杨亚军,徐红星,胡阳,等.人工饲料饲养草地贪夜蛾的生长发育与繁殖[J].应用昆虫学报,2020,57(6):1341. DOI: 10.7679/j.issn.2095-1353.2020.138.
- [2] 刘晓飞,胡劲骥,陈鹏,等.云南草地贪夜蛾发生规律、主要影响因子及防控对策[J].云南大学学报(自然科学版),2021,43(1):190. DOI: 10.7540/j.ynu.20200127.
- [3] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GOENEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas[J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286. DOI: 10.4001/003.026.0286.
- [4] 张磊,靳明辉,张丹丹,等.入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定[J].植物保护,2019,45(2):19. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019121.
- [5] 李永平,张帅,王晓军.草地贪夜蛾抗性现状与化学防治策略[J].植物保护,2021,43(1):190. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019315.
- [6] 王利军,谭万忠,罗华东,等.虫生真菌及其在害虫生物控制中的应用现状与展望[J].河南农业科学,2010,39(4):119. DOI: 10.15933/j.cnki.1004-3268.2010.04.006.
- [7] 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,2019,45(4):14. DOI: 10.13802/j.cnki.zwbhxb.2020.2020825.
- [8] MAGALIO O G, CLAUDIO R V, DAVID B R, et al. Occurrence of natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, Mexico[J]. Florida Entomologist, 2015, 98(3): 843. DOI: 10.1653/024.098.0305.
- [9] 雷妍圆,王德森,薛志洪,等.广州地区一株绿僵菌的鉴定及其对草地贪夜蛾的致病力测定[J].南方农业学报,2020,51(6):1265. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2020.06.003.
- [10] 雷妍圆,吕利华,王裕华,等.一株玫烟色虫草对草地贪夜蛾的致病性研究[J].环境昆虫学报,2020,42(1):68. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858.2020.01.9.
- [11] MASCARIN G M, JARONSKI S T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide[J]. World Journal Microbiol Bitechology, 2016, 32(11): 177. DOI: 10.1007/s11274-016-2131-3.
- [12] 中国农业科学院植物保护研究所,中国植物保护学会.中国农作物病虫害[M].3版.北京:中国农业出版社,2015.
- [13] 宋翼飞,吴孔明.滇西甜糯玉米草地贪夜蛾防治现状调查[J].植物保护,2020,46(5):217. DOI: 10.16688/j.zwbh.2020175.
- [14] 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. DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2011.02.009.
- [15] 蔡守平,何学友,黄金水,等.不同方式接种绿僵菌后松墨天牛带菌量及致死率的比较[J].福建林业科技,2009,36(3):32. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7351.2009.03.008.
- [16] KEYSER C A, LICHT H H D F, STEINWENDER B M, et al. Diversity within the entomopathogenic fungal species *Metarhizium flavoviride* associated with agricultural crops in Denmark[J]. BMC Microbiology, 2015, 15: 249. DOI: 10.1186/s12866-015-0589-z.
- [17] AKUTSE K S, KIMEMIA J W, EKESI S, et al. Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Journal of Applied Entomology, 2019, 143(6): 626. DOI: 10.1111/jen.12634.
- [18] THOMAZONI D, FORMENTINI M A, ALVES L F A. Patogenicidade de isolados de fungos entomopatogênicos à *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Arquivos do Instituto Biológico, 2014, 81(2): 126. DOI: 10.1590/1808-1657001162012.
- [19] 赵胜园,杨现明,孙小旭,等.常用生物农药对草地贪夜蛾的室内防效[J].植物保护,2019,45(3):21. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019240.
- [20] 刘刚.草地贪夜蛾防治药剂:球孢白僵菌可湿性粉剂[J].农业知识,2020(15):32.
- [21] 雷妍圆,章玉苹,薛志洪,等.一株球孢白僵菌的分离鉴定及其对草地贪夜蛾的致病性[J].环境昆虫学报,2020,42(3):593. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858.2020.03.10.
- [22] GARCÍA G C, GONZÁLEZ M M B, BAUTISTA M N. Patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae)[J]. Revista Colombiana de Entomología, 2011, 37(2): 217.
- [23] 程东美,洪婉雯,孙辉,等.草地贪夜蛾幼虫僵虫发生率调查及致病菌分离鉴定[J].环境昆虫学报,2020,42(6):1298. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858.2020.06.2.
- [24] 郑亚强,胡惠芬,付玉飞,等.草地贪夜蛾莱氏绿僵菌的分离鉴定[J].植物保护,2019,45(5):65. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019399.
- [25] 刘玉军,陈龙胜,周海波,等.安徽歙县油茶林昆虫病原真菌物种多样性及其季节变化[J].植物保护,2019,45(2):178. DOI: 10.16688/j.zwbh.2018198.
- [26] 王品.我国茶园土壤昆虫病原真菌物种多样性与群落结构研究[D].合肥:安徽农业大学,2013.
- [27] HUMMEL R L, WALGENBACH J F, BARBERCHECK M E, et al. Effects of production practices on soil-borne entomopathogens in western North Carolina vegetable systems[J]. Environmental Entomology, 2002, 31(1): 84. DOI: 10.1603/0046-225X-31.1.84.
- [28] 李亚红,姜玉英,王德海,等.云南省草地贪夜蛾发生监测预警实践与思考[J].中国植保导刊,2020,40(11):96. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6820.2020.11.024.

责任编辑:何馨成