

顶孢霉 *Ahy1* 菌株微粉剂的配方筛选

郝雨, 杨顺义, 沈慧敏, 张新虎*, 陈娥

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统省部共建教育重点实验室,
中-美草地畜牧业可持续发展中心, 兰州 730070)

摘要 采用室内生物测定的方法,从6种载体、6种分散剂、5种黏着剂、5种紫外保护剂中筛选适宜于顶孢霉 *Ahy1* 孢子粉微粉剂的助剂。结果表明,载体硅藻土、紫外线保护剂荧光素钠和腐植酸、分散剂木质素磺酸钠(或钙)、黏着剂羧甲基纤维素对顶孢霉孢子的生物活性无显著影响。用以上助剂加工的20%顶孢霉孢子粉微粉剂,孢子含量为 9.8×10^9 个/g,干燥减量为4.36%,孢子萌发率为90.23%,比重为 0.37 g/cm^3 ,颗粒细度过200目筛,粉粒直径约为 $74 \mu\text{m}$, 5°C 下贮藏6个月后孢子萌发率为80%,符合真菌农药粉剂国家标准(标准号 GB/T25864-2010),在微粉细度上符合制剂标准。

关键词 顶孢霉; 孢子粉; 粉剂; 载体; 分散剂; 黏着剂; 紫外保护剂

中图分类号: S 482.39 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.02.015

Screening for the formula of microgranule of *Acremonium hansfordii* conidia

Hao Yu, Yang Shunyi, Shen Huimin, Zhang Xinhui, Chen E

(Pratacultural College of Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem Education Ministry; The Sino-US Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract Through biological assays in the laboratory, additive agents and formulation for micropowder of *Acremonium hansfordii* conidia were selected from six carriers, six dispersing agents, five agglutinants and five ultraviolet protectors. The results indicated that the diatomite (carrier), sodium fluorescein and humic acids (UV protectant), sodium lignosulfonate or calcium lignosulfonate (dispersing agent) and carboxymethyl cellulose (agglutinant) had little effect on *A. hansfordii* conidia. The quality indicators were as followed: 20% microgranule of *A. hansfordii* conidia, conidia number of 9.8×10^9 conidia/g, loss from drying by 4.36%, conidial germination rate of 90.23%, bulk density of 0.37 g/cm^3 , granule fineness of passing through a 200 mesh sieve, granule of about $74 \mu\text{m}$ in diameter, conidial germination rate of 80% after stored for 6 months at 5°C . These quality indicators are in line with national standards for the micropowders of fungal insecticide standard No. GB/T25864-2010, and the granule fineness is in line with microgranule.

Key words *Acremonium hansfordii*; conidial powder; powder; carrier; dispersing agent; agglutinant; ultraviolet protector

真菌生防制剂是以有害生物病的病原真菌为有效成分的生物农药,具有触杀性、流行性、环境安全、不杀伤非目标生物等特点,在病虫草害控制中具有巨大潜力^[1]。随着微生物防治的日益发展,病原微生物的生产规模向制剂化及其商业化方向发展^[2]。球孢白僵菌的应用在昆虫病原真菌中是比较成功的例子,其剂型从传统的粉剂、油悬浮剂、颗粒剂、可湿性粉剂到安全环保的水基性制剂均有登记注册,利用

这些制剂防治农林业害虫也取得了巨大成效^[3]。

汉逊顶孢霉 (*Acremonium hansfordii*) 是一种虫生真菌^[4]。甘肃农业大学农药系从蚜虫上分离获得一株顶孢霉菌株 *Ahy1*。宋丽雯^[5] 研究证实该菌株对桃蚜、苜蓿斑蚜、豆无网长管蚜、黏虫和菜青虫均有较强的侵染力。开发适宜于甘肃省干旱条件下生产和应用的顶孢霉杀虫制剂,对保护生态环境具有十分重要的意义。甘肃农业大学农药实验室已经

收稿日期: 2015-01-26 修订日期: 2015-02-27

基金项目: 甘肃省科技支撑计划项目(1204NKCA073)

* 通信作者 E-mail: ndzxh@gsau.edu.cn

筛选的顶孢霉 Ahy1 菌株分生孢子制剂有可湿性粉剂^[6]、乳悬剂^[7]。近年来随着有机食品需求越来越大,蔬菜大棚应用越来越广泛,筛选一种更适用于温室大棚环境的顶孢霉分生孢子制剂对温室蔬菜害虫的绿色防控有重要意义。微粉剂以单一粒子在空间悬浮、扩散,可均匀附着在作物上。平均粒径在 5 μm 以下的细粉剂,其特点是粉剂粒子不凝聚,适用于从室外向温室、大棚内喷粉,且操作简单、迅速、安全。粉粒在空气中的悬浮时间也比同等细度的雾滴长,粉剂在棚室空间能够形成比较持久的粉雾现象。真菌孢子粉形成的粉雾在温室大棚中能够充分扩散,在叶上均匀分布,其效果显著优于喷雾法^[8]。本文对顶孢霉 Ahy1 菌株分生孢子微粉剂配方进行了筛选,旨在为研制顶孢霉新制剂提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

菌株及孢子粉:顶孢霉 Ahy1 菌株及其孢子粉,由甘肃农业大学农药实验室提供。

载体:硅藻土(天津市大茂化学试剂厂)、高岭土(上海建信化工有限公司试剂厂)、白炭黑(天津市大茂化学试剂厂)、碳酸钙、膨润土和滑石粉均由天津市光复精细化工研究所生产。

分散剂:木质素磺酸钙、木质素磺酸钠、聚羧酸磺酸钠、二丁基萘磺酸钠、月桂酸钠均由天津市光复精细化工研究所提供,辛基酚聚氧乙烯醚磺酸钠(江苏省海安石油化工厂)。

黏着剂:淀粉、聚乙烯醇(苏州利源化工)、聚乙炔乙酯(苏州利源化工)、羧甲基纤维素(天津市光复精细化工研究所)、硅酸钠(天津市光复精细化工研究所)。

紫外保护剂:腐植酸(乌海市全圣化工有限责任公司)、荧光素钠(天津市光复精细化工研究所)、糊精(天津市光复精细化工研究所)、抗坏血酸(天津市光复精细化工研究所)、海藻酸钠(分析纯)(山东昊洋海藻工业有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 载体筛选方法

以 5% (W/V) 的比例将 6 种供试载体加入 PDA 培养基中混匀,灭菌后制成平板。取 0.1 mL 孢子浓度为 10^3 个/mL 的顶孢霉孢子悬浮液,涂布在含不同载体的各平板上。以不含载体的 PDA 平

板为对照,每处理设置 3 个重复,置于恒温培养箱中, $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下培养 3 d。观察记录各平板长出的顶孢霉形成的菌落数量,计算 1 mL 孢子悬浮液形成菌落数 (cfu/mL)。

按上述方法制备含各种载体的平板。在培养 5 d 的菌落边缘生长旺盛的部分,用打孔器 ($d = 5$ mm) 打取菌块,接种到含各载体的培养基上,每处理设置 3 个重复,置于恒温培养箱中, $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下培养 5 d 后,测出菌落直径,计算菌落直径日增长量:

$$\text{菌落直径日增长量 (mm)} = \frac{\text{菌落直径}}{\text{生长天数}}$$

分别取 1 g 孢子粉与 5 g 不同载体粉末混匀,置于棕色试剂瓶内,封口后常温贮存,分别于 15、30 和 120 d 后取 0.5 g 混合物加入 50 mL 马铃薯葡萄糖培养液 (PDB) 中。在恒温振荡培养箱中, $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下振荡培养 24 h,抽样镜检孢子萌发率。

1.2.2 分散剂筛选方法

将供试分散剂按 125、250、500 和 1 000 μg/mL 4 种浓度的比例与融化的 PDA 培养基混合,灭菌后制成平板。取 0.1 mL 孢子浓度为 10^3 个/mL 的顶孢霉孢子悬浮液,涂布在含不同分散剂的各平板上。以不含分散剂的 PDA 平板为对照。每处理设置 3 个重复,置于恒温培养箱中, $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下培养 3 d。观察各平板形成的菌落数量,计算 1 mL 孢子悬浮液形成菌落数 (cfu/mL)。菌落直径增长量的试验方法同 1.2.1。

1.2.3 黏着剂的筛选

5 种黏着剂对顶孢霉菌丝生长和孢子萌发的影响测定方法同 1.2.1。

分别取孢子粉 2 g 与 0.1 g 不同载体粉末混匀,置于棕色试剂瓶内,封口后常温贮存,分别于 15、30 和 120 d 后取 0.2 g 混合物加入 20 mL 马铃薯葡萄糖培养液 (PDB) 中。在恒温振荡培养箱中, $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下振荡培养 24 h,抽样镜检孢子萌发率。

1.2.4 紫外保护剂筛选

取活化培养 7 d 的新鲜菌株,向培养皿中加入 10 mL 无菌水洗脱孢子,在显微镜下用血球计数板计数并计算孢子含量,配制成浓度为 10^4 个/mL 的孢子悬浮液,然后将各种供试紫外保护剂按 0.3% 的比例加入孢子悬浮液中,混合均匀。用移液器吸取 0.1 mL 上述孢子悬浮液于无菌盖玻片上,涂抹均匀。然后,将各盖玻片置于紫外灯 (功率 30 W, 光强 120 lx) 下照

射 1 min 后,将玻片平放在培养皿底部,皿中用湿润的滤纸保湿。将培养皿放在 25 ℃ 下黑暗培养,以免孢子光复活。24 h 后,在显微镜下抽样计数萌发孢子数并计算出萌发率。以不加紫外保护剂的顶孢霉孢子悬浮液作照射和不照射的对照处理。

1.2.5 20% 顶孢霉 Ahy1 菌株微粉剂加工及质量检查方法

按照孢子粉含量 20%,分散剂 5%,紫外保护剂 1% 的比例加工顶孢霉微粉剂,并对其质量指标进行检测。真菌孢子微粉剂的质量检测主要包含以下指标:含孢量、干燥减量、活孢率、细度和贮存稳定性。

含孢量检测^[8]:用万分之一天平称取 1 g 产品加入 100 mL 蒸馏水中混匀,用血球计数板计数孢子悬浮液浓度 c ,计算制剂孢子含量。

制剂孢子含量(个/g) = $c \times 100$;

干燥减量检测^[8]:用万分之一天平称取 10 g 产品,置于恒温鼓风干燥箱中,120 ℃ 下干燥 2 h 后迅速称其重量 W ,计算干燥减量。

干燥减量(%) = $\frac{10-W}{10} \times 100$;

活孢率检测^[9]:取少许混合物加入 3 mL 的营养液中,振荡均匀。加入孢子的浓度以 400 倍显微镜下,血球计数板每小格 4~8 个孢子为宜。将菌悬液涂成玻片,(25±1) ℃ 下培养 24 h 后,观察计数孢子的萌发率。取不同位置的 5 个视野,分别观察萌发孢子数与孢子总数,计算萌发率。

活孢率(%) = $\frac{\text{萌发孢子数}}{\text{孢子总数}} \times 100$;

微粉细度检测^[8]:容积比重测定方法。选取已知容积的塑料瓶,把干燥的测试粉剂样品从光滑的纸上滑入塑料筒中直至药粉溢出筒口,注意药粉不可急速冲入塑料筒中。静置约半分钟,用一把直尺贴近筒口,小心地从筒口平推,把多余的药粉刮去,使筒口的药粉成为平面状态。把筒内的药粉仔细倒出,称出粉剂的质量(g),计算出单位体积的粉剂质量,即得容积比重(g/cm³)。

贮存稳定性检测:5 ℃ 贮存 180 d,每隔 15 d 检查活孢率。活孢率检测方法同上。

1.2.6 生物活性测定

生物活性的测定采用喷粉法。将田间采集的甘蓝蚜(*Brevicoryne brassicae*)转至室内盆栽的甘蓝苗上饲养,定殖后选择龄期一致的无翅成蚜,移入铺

有甘蓝叶片的培养皿(直径 150 mm,底部用海绵和滤纸保湿)中,用浸渍十字花科营养液的消毒棉球包裹叶柄。使用小型塑料喷粉瓶在培养皿上均匀喷粉。每皿 30 头试虫,重复 3 次,并设不喷粉的对照。

将喷粉处理的培养皿和对照置于光照培养箱(25 ℃,RH=80%,L//D=12 h//12 h)中,自第 3 天起每天观察一次,记录试虫死亡、存活数目及虫体感病症状。每次检查时将虫尸移出培养皿,根据虫尸表面是否有供试菌长出物而确定感染致死情况,计算死亡率和校正死亡率。

死亡率(%) = $\frac{\text{死亡虫数}}{\text{供试总虫数}} \times 100$;

校正死亡率(%) = $\frac{\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}}{1 - \text{对照死亡率}} \times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 载体的选择

高岭土、硅藻土、碳酸钙、膨润土、白炭黑和滑石粉 6 种载体对顶孢霉菌株 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发的影响测定结果见表 1 和图 1。6 种供试载体对顶孢霉菌株 Ahy1 菌落直径日增长量的影响与对照相比差异显著,碳酸钙、硅藻土和白炭黑与顶孢霉混合后,顶孢霉平均菌落直径日增长量分别为 13.58、13.41 和 13.00 mm,优于高岭土、膨润土和滑石粉;6 种供试载体对菌落形成单位数的影响与对照相比差异显著,硅藻土、碳酸钙和膨润土与 Ahy1 混合后平均菌落形成单位数分别为 716.37、700.82 和 696.77 cfu/mL,显著优于高岭土、白炭黑和滑石粉。6 种载体与 Ahy1 孢子粉混合对其孢子萌发率的影响见图 1。储存 120 d 后对孢子萌发率影响最小的载体是硅藻土和碳酸钙。由于碳酸钙的分子量(100.09)和密度(0.5 g/cm³)均大于硅藻土(分子量 60.08,密度 0.28 g/cm³),所以选择粒径更细、悬浮性能强的硅藻土作为 Ahy1 微粉剂的载体。

2.2 分散剂的选择

木质素磺酸钙、木质素磺酸钠、辛基酚聚氧乙烯醚磺酸钠、聚萘磺酸钠、二丁基萘磺酸钠、月桂酸钠 6 种分散剂对 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发的影响见图 2、图 3。木质素磺酸钠和木质素磺酸钙在低浓度时对 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发均无明显影响,但在高浓度时对 Ahy1 菌落直径日增长量和孢子萌发有轻微的抑制作用;其他 4 种分散剂在低浓度和高

浓度时均影响较大。因此选用木质素磺酸钠或木质素磺酸钙作为 Ahy1 微粉剂的分散剂。

表 1 6 种载体对 Ahy1 菌丝体生长的影响¹⁾

Table 1 Effects of six carriers on Ahy1 mycelial growth

供试载体 Carrier	菌落直径日增长量/mm Daily increment of colony diameter	平均菌落数/cfu · mL ⁻¹ Average number of colonies
CK	15.00 a	753.18 a
高岭土 Kaoline	10.74 bc	674.91 d
硅藻土 Diatomite	13.41 b	716.37 b
碳酸钙 Calcium carbonate	13.58 b	700.82 bc
膨润土 Bentonite	10.23 c	696.77 c
白炭黑 White carbon black	13.00 bc	673.06 d
滑石粉 Talcum powder	11.25 bc	625.23 e

1) 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Data followed by different lowercase letters in the same column are significantly different at the 0.05 level by Duncan's test. The same below.

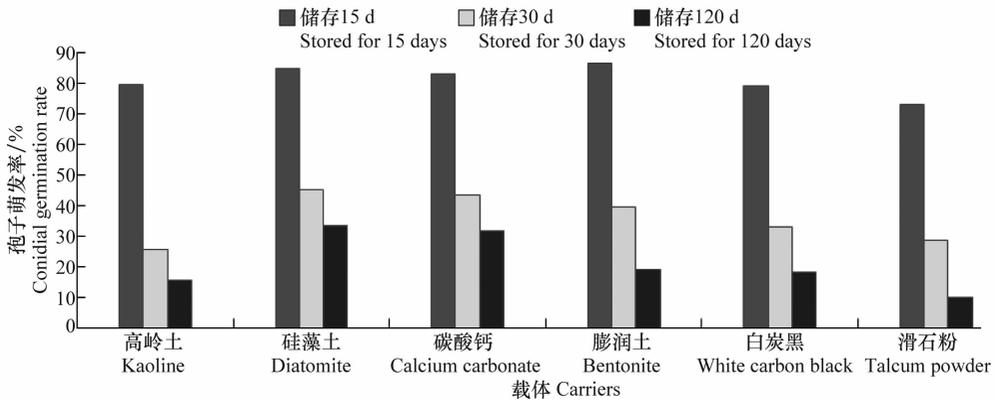


图 1 6 种载体对顶孢霉 Ahy1 孢子萌发的影响

Fig. 1 Effects of six carriers on Ahy1 conidial germination

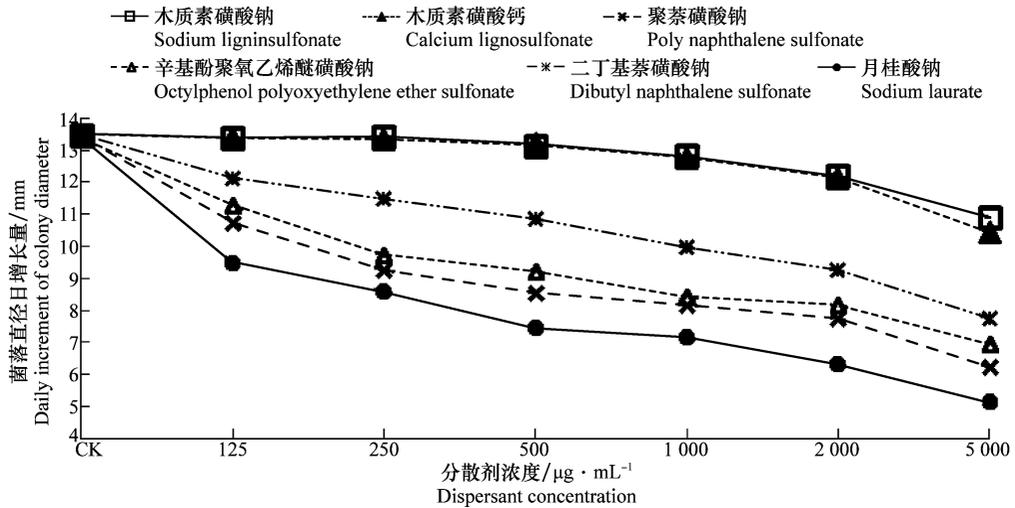


图 2 6 种分散剂对顶孢霉 Ahy1 菌丝生长的影响

Fig. 2 Effects of six dispersing agents on Ahy1 mycelial growth

2.3 黏着剂的选择

淀粉、聚乙烯醇、聚乙酸乙烯酯、羧甲基纤维素、硅酸钠 5 种黏着剂对顶孢霉菌株 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发的影响测定结果见表 2 和图 4。羧甲基纤维素和淀

粉对 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发的影响均不显著,处理后 Ahy1 平均菌落日增长量分别是 13.74 和 13.23 mm,平均形成菌落数分别是 674.91 和 666.78 cfu/mL;5 种分散剂与 Ahy1 孢子粉混合储存 120 d 后对孢子萌发率影响最

小的是羧甲基纤维素(见图 4)。结果表明:羧甲基纤维素可作为 Ahy1 微粉剂的黏着剂。

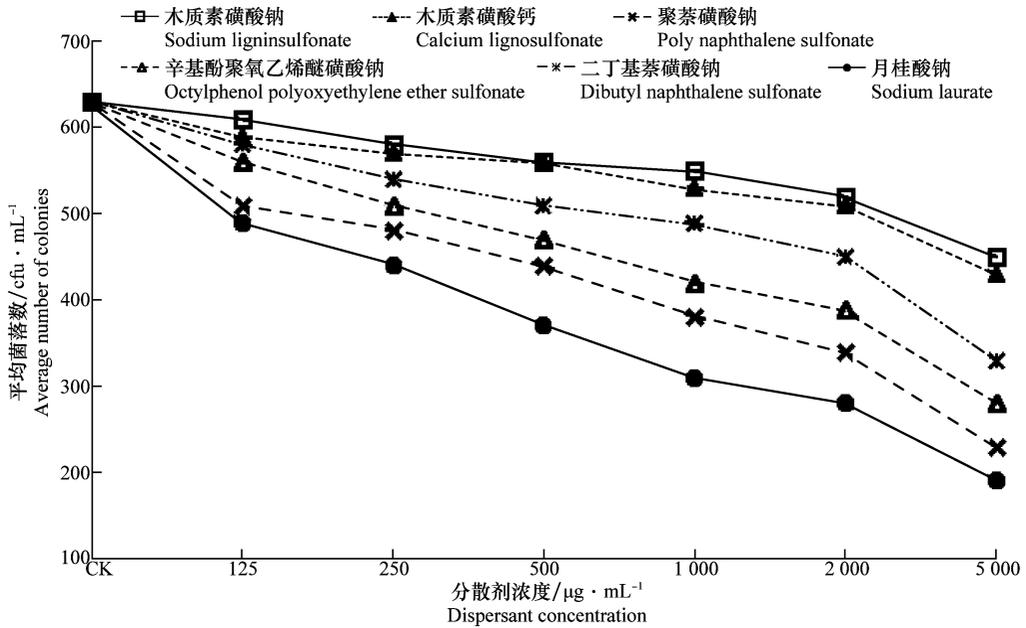


图 3 6 种分散剂对顶孢霉 Ahy1 孢子萌发的影响

Fig. 3 Effects of six dispersing agents on Ahy1 conidial germination

表 2 5 种黏着剂对 Ahy1 菌丝生长和孢子萌发的影响

Table 2 Effects of five agglutinants on Ahy1 mycelial growth and conidial germination

黏着剂 Agglutinant	菌落直径日增长量/mm Daily increment of colony diameter	平均菌落数/cfu · mL ⁻¹ Average number of colonies
CK	14.23 a	687.29 a
羧甲基纤维素 Carboxymethyl Cellulose	13.74 a	674.91 a
淀粉 Amylum	13.23 a	666.78 a
聚乙酸乙烯酯 Polyvinyl acetate	10.58 b	620.75 b
硅酸钠 Sodium silicate	9.67 bc	583.14 b
聚乙烯醇 Polyvinyl alcohol	7.41 c	406.43 c

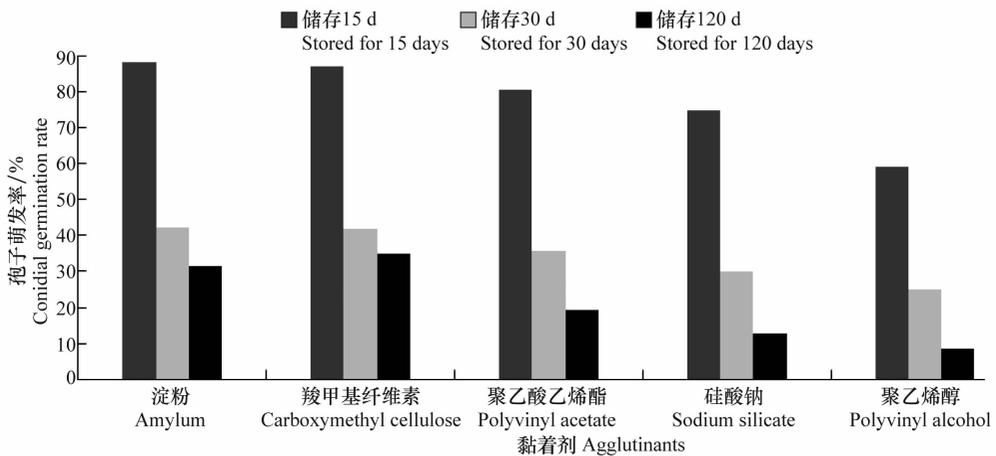


图 4 5 种黏着剂对顶孢霉 Ahy1 孢子萌发的影响

Fig. 4 Effects of five agglutinants on Ahy1 conidial germination

2.4 紫外保护剂的选择

腐植酸、荧光素钠、糊精、抗坏血酸、海藻酸钠 5

种紫外保护剂对顶孢霉菌株 Ahy1 孢子萌发的影响结果见表 3。在紫外灯(功率 30 W, 光强 120 lx)下照射

40 s后,5种紫外保护剂处理的 Ahy1 孢子萌发率与对照差异显著。其中腐植酸和荧光素钠处理后,Ahy1 孢子萌发率分别为 77.67%和 75.67%;其余3种紫外保护剂处理 Ahy1 孢子萌发率较低,均在 30%以下。结果表明紫外保护剂可选择腐植酸和荧光素钠。

表 3 5种紫外保护剂对 Ahy1 孢子萌发率的影响

Table 3 Effect of five UV protectants on Ahy1 conidial germination rate

处理 Treatment	孢子萌发率/% Conidial germination rate
空白对照 CK Blank control	83.00 a
腐植酸 Humic acid	77.67 a
荧光素钠 Fluorescein sodium	75.67 a
糊精 Dextrin	24.67 b
抗坏血酸 Ascorbic acid	15.33 c
海藻酸钠 Sodium alginate	12.00 c
无保护剂 CK No protective agent	4.67 d

2.5 20%顶孢霉微粉剂加工与质量检测

2.5.1 98 亿孢子/g 顶孢霉微粉剂配方与加工

以木质素磺酸钠或木质素磺酸钙作分散剂、羧甲基纤维素作黏着剂、荧光素钠作紫外保护剂和孢子粉按照以下比例混合:孢子粉 20%,分散剂 5%,黏着剂 1%,紫外保护剂 1%,添加硅藻土填料至 100%,用超细粉碎机将各成分混匀,制成 98 亿孢子/g 顶孢霉 Ahy1 菌株微粉剂(中试产品)。

2.5.2 98 亿孢子/g 顶孢霉微粉剂的质量检测

通过 98 亿孢子/g 顶孢霉 Ahy1 微粉剂加工获得的中试产品,质量检测结果为:孢子含量 9.8×10^9 个孢子/g,干燥减量 4.36%,孢子萌发率 90.23%,容积比重 0.37 g/cm^3 ,颗粒细度为过 200 目筛,粉粒直径约 $74 \mu\text{m}$,5 °C 下贮藏 6 个月后孢子萌发率 80%(图 5),20%顶孢霉 Ahy1 微粉剂中试产品基本符合同类粉剂的国家标准(标准号 GB/T25864 - 2010)^[10]。

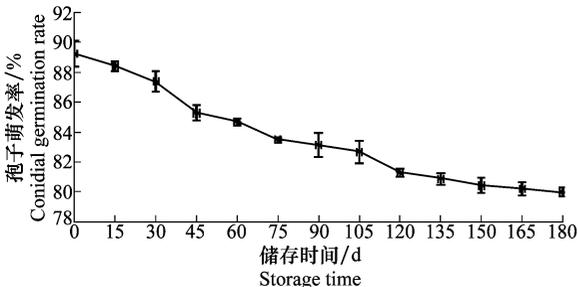


图 5 贮存时间对顶孢霉 Ahy1 微粉剂孢子萌发的影响(5 °C)
Fig. 5 Effects of storage time on conidial germination of Ahy1 microgranule(5 °C)

2.6 98 亿孢子/g 顶孢霉微粉剂生物活性测定结果

通过对 98 亿孢子/g 顶孢霉 Ahy1 微粉剂进行生物活性测定,结果表明在第 8 天时死亡率达到 60%(图 6)。

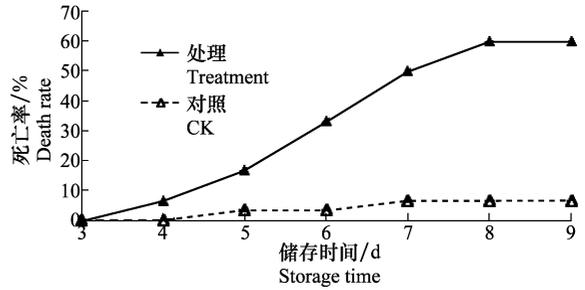


图 6 98 亿孢子/g 顶孢霉 Ahy1 微粉剂对甘蓝蚜生物活性测定结果

Fig. 6 Bioassay results of 9.8×10^9 conidia/g Ahy1 conidial microgranule to *Brevicoryne brassicae*

3 结论与讨论

载体是微粉剂中的主要成分,对粉剂的质量起着至关重要的作用。特别是对微生物制剂来说,孢子是有效成分,载体的优劣决定着孢子的成活率和贮存时间。试验结果表明,碳酸钙和硅藻土是两种对 Ahy1 菌株菌落生长量和菌落形成数影响均较小的载体。但从 2 种载体本身性质及所要研究的剂型特点考虑,硅藻土是较为理想的顶孢霉微粉剂载体。

太阳辐射的紫外线能降低孢子的萌发率,或延缓孢子萌发^[11],因为紫外线有可能造成细胞中 DNA 分子结构的损伤,特别是胸腺嘧啶二聚体的形成,使 DNA 复制受阻而导致细胞死亡^[12]。对紫外保护剂的筛选结果表明,紫外保护剂效果最好的是腐植酸,其次是荧光素钠。

20%顶孢霉 Ahy1 微粉剂加工获得的中试产品,孢子含量为 9.8×10^9 个孢子/g,干燥减量为 4.36%,孢子萌发率为 90.23%,颗粒细度为过 200 目筛,粉粒直径约为 $74 \mu\text{m}$,5 °C 下贮藏 6 个月后孢子萌发率为 80%。与球孢白僵菌粉剂国家标准(标准号 GB/T25864 - 2010,含孢量(100 ± 10)亿孢子/g,孢子萌发率 ≥ 90%,干燥减量 ≤ 10%,在 5 °C 条件下贮存 180 d,孢子萌发率大于 80%,细度为高孢粉全部通过 160 目筛,低孢粉全部通过 35 目筛)比较,20%顶孢霉 Ahy1 微粉剂中试产品基本符合低孢粉标准,在颗粒细度上符合微粉剂的要求。

- [10] 金剑雪, 李凤良, 程英, 等. 七星瓢虫对豆蚜的功能反应[J]. 植物保护, 2011, 37(4): 68-71.
- [11] 封红兵, 徐静, 张青文, 等. 新疆棉区主要捕食性天敌对棉铃虫捕食功能反应的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 1026-1028.
- [12] Fantinou A A, Perdakis D C, Labropoulos P D. Preference and consumption of *Macrolophus pygmaeus* preying on mixed instar assemblages of *Myzus persicae* [J]. Biological Control, 2009, 51 (1): 76-80.
- [13] 蒋杰贤, 梁广文. 叉角厉蝽对斜纹夜蛾不同龄期幼虫的选择捕食作用[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 684-687.
- [14] Pakyari H, Fathipour Y, Rezapannah M. Temperature-dependent functional response of *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera; Thripidae) preying on *Tetranychus urticae* [J]. Journal of Asia-pacific Entomology, 2009, 12(1): 23-26.
- [15] Clercq P D, Mohaghegh J, Tirry L. Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera; Pentatomidae)[J]. Biological Control, 2000, 18(1): 65-70.
- [16] Rubia E G, Almazan L P, Heong K L. Predation of yellow stem borer (YSB) by wolf spider[J]. International Rice Research Newsletter, 1990, 15(4): 22.
- [17] 李桂亭, 邹运鼎, 周夏芝. 干扰作用及空间异质性对大草蛉雄成虫捕食作用的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(4): 433-434.
- [18] 杨国庆, 吴进才, 王洪全. 水对稻田蜘蛛捕食功能的影响[J]. 生态学报, 2003, 4(4): 681-687.
- [19] 吕仲贤, 俞晓平, Heong K L, 等. 稻田氮肥施用量对黑肩绿盲蝽捕食功能的影响[J]. 昆虫学报, 2005, 48(1): 48-56.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 94 页)

在测定过程中, 由于每次检查时将虫尸移出培养皿, 减少了继续侵染的机会, 导致第 8 天以后试虫死亡率不再继续增大。而在田间应用中, 由于菌丝体产生的分生孢子能够再次侵染害虫, 所以持效期更长。

微生物农药的剂型加工和贮存稳定性一直是制约其发展和应用的重要因素之一^[13]。粉剂是微生物农药应用较早的一种剂型, 例如白僵菌粉剂用于森林虫害的防治。由于设施农业推广和温室经济作物的种植面积逐渐扩大, 设施大棚病虫害发生呈上升趋势, 鉴于温室大棚的小气候特别适合微粉剂的微生物杀虫剂, 借助于高温高湿, 真菌孢子可黏着在虫体上, 完成入侵和致病过程, 从而达到防治为害设施蔬菜害虫的效果, 因此研究顶孢霉微粉剂新剂型, 对于顶孢霉菌株在设施经济作物蚜虫等重要害虫的绿色防控具有重要意义。但是微粉剂的稳定性和田间防效还需进一步试验研究。

参考文献

- [1] 王中康, 殷幼平, 彭国雄, 等. 真菌生防制剂研发现状与发展趋势[C] // 大会组织委员会, 学术委员会. 第三届全国绿色环保农药新技术、新产品交流会暨第二届全国生物农药研讨会论文集. 2004: 43-45.
- [2] 王成树. 真菌杀虫剂剂型的研究现状(综述)[J]. 安徽农业大
- 学学报, 1996, 23(3): 375-380.
- [3] 朱明媛, 田丽. 球孢白僵菌分生孢子制剂助剂及剂型研究进展[J]. 山东轻工业学院学报(自然科学版), 2012, 26(1): 13-17.
- [4] 王四宝, 刘竟男, 黄勃, 等. 大别山地区虫生真菌群落结构与生态分布[J]. 菌物学报, 2004, 23(2): 195-203.
- [5] 宋丽雯. 顶孢霉菌株(*Acremonium hansfordii*)的生物学特性和对蚜虫致病机理的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006: 20-25.
- [6] 张莉. 顶孢霉菌株(*Acremonium hansfordii*)可湿性粉剂剂加工及药效评价研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008: 20-36.
- [7] 田大伟, 杨顺义, 张新虎, 等. 顶孢霉 Ahy1 菌株孢子乳悬剂的配方筛选[J]. 植物保护, 2009, 35 (4): 78-82.
- [8] 屠豫钦. 农药剂型与制剂及使用方法[M]. 北京: 金盾出版社, 2007: 104-112.
- [9] 汤坚, 黄长春, 丁珊, 等. 球孢白僵菌制剂载体的筛选[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(3): 351-354.
- [10] 郭志红, 李增智, 陈昌洁, 等. GB/T25864-2010, 球孢白僵菌粉剂[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [11] 黄长春, 汤坚. 球孢白僵菌菌株抗紫外线能力与毒力的关系[J]. 森林病虫害通讯, 1998(4): 13-14.
- [12] Ignoffo C M, Garcia C. Influence of conidial color on inactivation of several entomogenous fungi (Hyphomycetes) by stimulated sunlight [J]. Environmental Entomology, 1992, 21(4): 913-917.
- [13] 王滨, 樊美珍, 李增智. 真菌杀虫剂剂型的研究与应用(综述)[J]. 安徽农业大学学报, 2003, 30(2): 206-209.

(责任编辑: 田 喆)