

几种植物油对菜氏野村菌分生孢子萌发的影响

杜广祖 郑亚强 陈斌* 吴晓丽 赵倩 和淑琪 李正跃

(云南农业大学 植物保护学院 云南省微生物发酵工程研究中心 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】研究从银纹夜蛾(鳞翅目: 夜蛾科)[*Argyrogramma agnata* Staudinger (Lepidoptera: Noctuidae)]幼虫上分离得到的菜氏野村菌菌株 Nr0815 分生孢子, 于不同温度下在 8 种植物油中萌发率和萌发速率的差异。【方法】采用紫外分光光度计测定了 Nr0815 分生孢子在 8 种植物油中的吸光度, 并用载玻片萌发法测定了 72 h 内不同温度下分生孢子在不同植物油中的萌发率以及不同观察时间段的萌发速率。【结果】菜氏野村菌分生孢子在供试植物油中分散良好。在 10–30 °C 内, 菜氏野村菌分生孢子在各植物油中均能正常萌发, 其中在大豆油中累积萌发率均最高。从孢子萌发速率来看, 23 °C 时除大豆油和菜籽油外, 其他植物油中孢子的萌发速率在 72 h 内均随着时间的延长而上升, 在 48–72 h 时的萌发速率最大。10 °C 时的萌发速率最小, 48 h 后才开始萌发。从孢子萌发后芽管生长来看, 23 °C 下孢子萌发后 72 h 时大豆油中的芽管长度最大, 为 (24.89±1.04) μm, 葵花籽油中芽管最短, 仅为 (9.10±1.00) μm。【结论】明确了温度和植物油对菜氏野村菌孢子萌发的影响, 也为该菌油剂开发利用提供理论基础。

关键词: 菜氏野村菌, 植物油, 孢子萌发率, 芽管长度, 温度

Effect of several botanical edible oils on the conidia germination of *Nomuraea rileyi*

DU Guang-Zu ZHENG Ya-Qiang CHEN Bin* WU Xiao-Li ZHAO Qian
HE Shu-Qi LI Zheng-Yue

(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Engineering Research Center for Microbial Fermentation in Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650201, China)

Abstract: [Objective] In order to find out the difference of conidia germination rate, germination speed of *Nomuraea rileyi* strain Nr0815 which was isolated from the infected larva of *Argyrogramma agnata* Staudinger (Lepidoptera: Noctuidae) in the eight botanical edible oils at different temperatures. [Methods] The absorbance of Nr0815 conidia in eight botanical edible oils was measured by ultraviolet spectrophotometer, the conidia germination rate in different oils and the germination speed at different observation period within 72 h at different temperatures were observed using slide germination method. [Results] The conidia of *N. rileyi* showed a good dispersion in the tested botanical edible oils. The conidia of *N. rileyi* in all botanical edible oils was normally germinated at the temperature ranged from

基金项目: 国家 973 计划项目(No. 2011CB100404); 国家自然科学基金项目(No. 30860005); 云南省烟草公司项目(No. 2014YN29); 2014 年云南省博士研究生学术新人奖资助项目

*通讯作者: Tel: 86-871-65227223; 信箱: chbins@163.com

收稿日期: 2014-08-22; 接受日期: 2014-11-14; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2014-11-24

10 to 30 °C, among of them, the maximum accumulative germination rate of *N. rileyi* conidia was in the soybean oil, germination speed in other oils increased with the extend of time within 72 h except for that in the soybean oil and rape oil at 23 °C, and the maximum germination speed was at 48–72 h. The germination speed was slowest under 10 °C, and it began to germinate after 48 h. From the development of germ tube, the germ tube length of *N. rileyi* in soybean oil was the longest at 23 °C, the length was (24.89±1.04) μm, and the minimum germ tube length was from that in the sunflower seed oil, the length was (9.10±1.00) μm. **[Conclusion]** The temperature and botanical edible oil affected the conidia germination of *N. rileyi*, and the result provided theoretical basis for the development and utilization of conidia oil formulation of *N. rileyi*.

Keywords: *Nomuraea rileyi*, Botanical edible oils, Conidia germination rate, Germ tube length, Temperature

莱氏野村菌[*Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson], 又可称莱氏蛾霉, 隶属于野村菌属(*Nomuraea*)^[1], 是重要的昆虫病原真菌之一。具有寄主广泛、流行性强等特点, 在田间能够引起多种夜蛾科昆虫病害大面积的发生流行^[1]。

分生孢子是虫生真菌引起昆虫病害及其发生病害流行的重要形态, 孢子萌发率是决定高孢粉及其不同剂型质量好坏的重要指标, 也是能否成功侵染昆虫体表的重要因素之一^[2]。影响孢子萌发率的因素很多, 如温度、时间、环境及营养条件等因素。孔琼等^[3-4]研究发现莱氏野村菌 MZ060806 菌株在温度为 27 °C、湿度为 70%、pH 值为 6.0–7.0 时的产孢量和孢子萌发率最高, 且对紫外线比较敏感; 营养条件方面, 最适合 MZ060806 菌株菌落生长的碳源是蔗糖, 有利于菌丝生长的是可溶性淀粉, 能明显促进产孢量增加的营养物质是葡萄糖; 有关油类对分生孢子萌发的影响, 目前文献报道的有绿僵菌^[5-9]、白僵菌^[10-14]等丝孢类虫生真菌以及新蚜虫疔霉、安徽虫瘟霉和飞虱虫疔霉等虫霉菌^[15]的研究, 而油类对莱氏野村菌分生孢子萌发的影响未见系统研究报道。

近年来, 我们在田间调查时发现, 莱氏野村菌在甘蓝田大量感染银纹夜蛾(鳞翅目: 夜蛾科) [*Argyrogramma agnate* Staudinger (Lepidoptera: Noctuidae)] 幼虫, 且在甘蓝田银纹夜蛾种群中流行性很强, 在 8–9 月份发生流行期间, 甘蓝田银纹夜蛾平均感染率达 80% 以上, 对该虫种群的自然控制

具有重要作用。由此经罹病虫体采集, 并对病原菌进行分离、纯化, 获得莱氏野村菌 Nr0815 菌株。该菌株在室内培养生长良好, 对该菌株的毒力进行初步测定, 发现其对银纹夜蛾具有很强的致病作用, 具有良好的开发潜力。因此, 本研究以该菌株为材料, 研究了莱氏野村菌分生孢子在市售 8 种植物油中的萌发情况, 以期为该菌生物剂型开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 供试菌株: 莱氏野村菌菌株 Nr0815 分离自云南省昆明市晋宁县甘蓝上的银纹夜蛾虫体上, 室内分离纯化后 4 °C 保存于云南农业大学植物保护学院昆虫病原体实验室中。

1.1.2 供试植物油: 均为市售食用植物油商品, 分别为大豆油, 购自嘉里粮油有限公司; 花生油, 购自山东鲁花集团有限公司; 蓖麻油, 购自河南省华龙药业有限公司; 芝麻油, 购自湖南省长康实业有限责任公司; 玉米油, 购自山东西王食品有限公司; 菜籽油、橄榄油和葵花籽油, 购自上海佳格食品有限公司。营养成分详见表 1。

1.1.3 培养基: 萨氏(SDAY)培养基(g/L): 葡萄糖 40, 蛋白胨 10, 酵母浸粉 10, 琼脂 15, pH 自然, 1 × 10⁵ Pa 灭菌 15 min。

萨氏(SDY)培养液(g/L): 除不加琼脂外, 其他同 SDAY 培养基。

1.1.4 主要仪器: HQ45A 恒温摇床, 中国科学院武

表 1 供试 8 种植物油的营养成分表

Table 1 The nutrition content in eight botanical edible oils (100 g)

营养成分 Nutrition content	大豆油 Soybean oil	玉米油 Maize oil	橄榄油 Olive oil	花生油 Peanut oil	葵花籽油 Sunflower seed oil	芝麻油 Sesame oil	蓖麻油 Castor oil	菜籽油 Rape oil
能量 Energy (KJ)	3 700.00	3 700.00	3 700.00	3 700.00	3 700.00	3 700.00	3 700.00	3 700.00
蛋白质 Protein (g)	0	0	0	0	0	0	0	0
脂肪 Fat (g)	100.00	99.90	100.00	99.90	100.00	99.90	100.00	99.90
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid (g)	16.00	15.00	14.00	18.00	12.00	15.00	—	10.00
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid (g)	84.00	84.90	77.00	81.90	88.00	84.90	—	89.90
胆固醇 Cholesterol (mg)	0	—	0	—	0	0	0	0
碳水化合物 Carbohydrate (g)	0	0	0	0	0	0	0	0
钠 Sodium (Na) (mg)	0	0	0	0	0	0	0	0
维生素 E Vitamin E (mg)	—	20.00	—	—	40.00	—	—	—
植物甾醇 Phytosterol (mg)	—	580.00	—	—	—	—	—	—
油酸 Oleic acid (g)	—	—	—	43.10	—	—	—	—
亚油酸 Linoleic acid (g)	—	—	—	37.20	—	—	—	—

注: —: 未知(下同).

Note: —: Means unknown (the same below).

汉科学仪器厂; DHG-9035A 电热鼓风干燥箱, 上海恒一科学仪器有限公司; UV-1800 型紫外分光光度计, 上海美谱达仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 孢子粉制备: 参考刘光英^[16]的方法, 将莱氏野村菌菌株采用 SDAY 培养基扩大培养后, 用灭菌的 0.05% (体积比) Tween-80 配制分生孢子悬浮液, 接种到装有 50 mL 含 0.05% (体积比) Tween-80 萨氏葡萄糖培养液(SDY)的 250 mL 三角瓶至终浓度为 1×10^6 孢子/mL, 于 26 °C、180 r/min 摇床培养 3 d, 作为液体种子备用。然后将液体种子按 10% (体积质量比)接种至大米培养基质上, 放入 25 °C, 16 L:8 D, 湿度为 80% 的光照培养箱中培养, 待分生孢子长满后, 35 °C 恒温干燥箱中烘干, 收集分生孢子, 并参考林健文等^[17]的方法测定其含水量, 使分生孢子粉含水量控制在 5% 以内。

1.2.2 萌发率的测定: 参照陈祝安等^[5]的方法, 将

菌株 Nr0815 在 SDAY 培养基斜面上培养 10 d 后, 分别挑取新鲜的分生孢子粉均匀接种至滴有植物油的无菌载玻片上, 然后将载玻片置于培养皿 ($D=9$ cm) 中。放置前, 先在灭菌培养皿底铺一张直径为 9 cm 的圆形滤纸, 滤纸上滴 3-4 滴无菌水, 保持 100% RH。再将接种处理的载玻片分别置于 10、16、23 和 30 °C 光照培养箱内进行光照培养 72 h, 分别培养 12、24、36、48、60、72 h 时用光学显微镜(带有显微测微尺, 400 倍)镜检一次, 随机检测 5 个视野。每个处理 3 个重复, 每种处理统计 300 个孢子。并统计不同温度下的 30 个分生孢子芽管长度。

孢子萌发速率的计算, 依据文献[18]中公式:

$$v = \frac{X_2 - X_1}{X(t_2 - t_1)} \times 1000 [T^{-1}]$$

v 为孢子萌发速率, 即每小时每 1 000 个孢子群中的孢子萌发数, X 为观察的孢子总数, X_1 为 t_1 时

的萌发数, X_2 为 t_2 的萌发数。

1.2.3 分散性的测定: 参考王成树等^[19]的测定方法, 称取莱氏野村菌分生孢子粉分别溶于 8 种植物油中, 使得孢子终浓度为 1×10^4 孢子/mL。然后在紫外分光光度计上分别测定不同波长(470、580 和 650 nm)下的吸光度。吸光度越大, 表明悬浮的粒子越多, 其分散性越好^[20]。

1.3 数据统计与分析

莱氏野村菌分生孢子在不同植物油中的吸光度、以及各植物油在不同温度下的萌发率和萌发速率数据比较, 用 SPSS 20.0 进行方差分析(Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验)。

2 结果与分析

2.1 莱氏野村菌分生孢子在不同植物油中的分散性差异

将莱氏野村菌分生孢子溶解到植物油中, 观察发现在植物油中的分散效果均较好。通过测定不同波长下的吸光度, 发现在 3 种波长下各植物油的吸光度值间均存在极显著性差异($P < 0.01$)。其中, 通

过方差分析, 分生孢子在各植物油中于波长为 580 nm 和 650 nm 下的吸光度间的差异性一致, 莱氏野村菌分生孢子在玉米油中的吸光度最大, 分别为 0.50 ± 0.02 和 0.47 ± 0.02 , 即分散性最好; 在大豆油中的吸光度最小, 分别为 0.24 ± 0.01 和 0.23 ± 0.01 , 即分散性最差(表 2)。

2.2 不同油类和温度对莱氏野村菌分生孢子萌发率的影响

从图 1 可以看出, 不同植物油中的孢子累积萌发率于同一温度下均存在极显著性差异($10\text{ }^\circ\text{C}$: $F=862.13$, $P < 0.01$; $16\text{ }^\circ\text{C}$: $F=214.35$, $P < 0.01$; $23\text{ }^\circ\text{C}$: $F=17.13$, $P < 0.01$; $30\text{ }^\circ\text{C}$: $F=3155.93$, $P < 0.01$); 且均以大豆油中的孢子萌发率最高。大豆油中的孢子在 $10\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$ 时萌发率为 $(13.56\% \pm 0.19\%)$ – $(97.56\% \pm 4.23\%)$ 。其中, 玉米油、橄榄油、葵花籽油间的累积萌发率在 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 时无显著性差异($F=1.86$, $P > 0.05$); 橄榄油和葵花籽油间($F=0$, $P > 0.05$)、芝麻油和蓖麻油间($F=1.32$, $P > 0.05$)在 $16\text{ }^\circ\text{C}$ 时无显著性差异; 橄榄油、蓖麻油和葵花籽油间在 $23\text{ }^\circ\text{C}$ 时不存在显著性差异($F=1.99$, $P > 0.05$)。

表 2 不同植物油中莱氏野村菌分生孢子在不同波长下测定的吸光度值

Table 2 The absorbance value of *Nomuraea rileyi* conidia in different botanical edible oils at different wave length

植物油种类 Botanical edible oils	A_{470}	A_{580}	A_{650}
大豆油 Soybean oil	0.32 ± 0.01 G	0.24 ± 0.01 F	0.23 ± 0.01 F
玉米油 Maize oil	0.67 ± 0.01 B	0.50 ± 0.02 A	0.47 ± 0.02 A
橄榄油 Olive oil	0.74 ± 0.03 A	0.43 ± 0.04 B	0.42 ± 0.03 B
花生油 Peanut oil	0.53 ± 0.01 D	0.37 ± 0.01 D	0.34 ± 0.01 CD
葵花籽油 Sunflower seed oil	0.49 ± 0.01 D	0.37 ± 0.01 CD	0.36 ± 0.01 CD
芝麻油 Sesame oil	0.62 ± 0.05 C	0.42 ± 0.06 BC	0.38 ± 0.06 BC
蓖麻油 Castor oil	0.43 ± 0.03 E	0.33 ± 0.03 DE	0.31 ± 0.03 DE
菜籽油 Rape oil	0.37 ± 0.02 F	0.29 ± 0.02 E	0.28 ± 0.02 E
显著性差异 Significant difference	$F=87.89$, $P < 0.01$	$F=25.88$, $P < 0.01$	$F=24.12$, $P < 0.01$

注: 表中的数值代表平均数 \pm 标准差, 同一列不同大写字母代表同种波长下不同植物油间存在显著性差异($P < 0.01$)。

Note: Data ($\bar{x} \pm s$) with different capital letters in the same column are of the significant difference ($P < 0.01$).

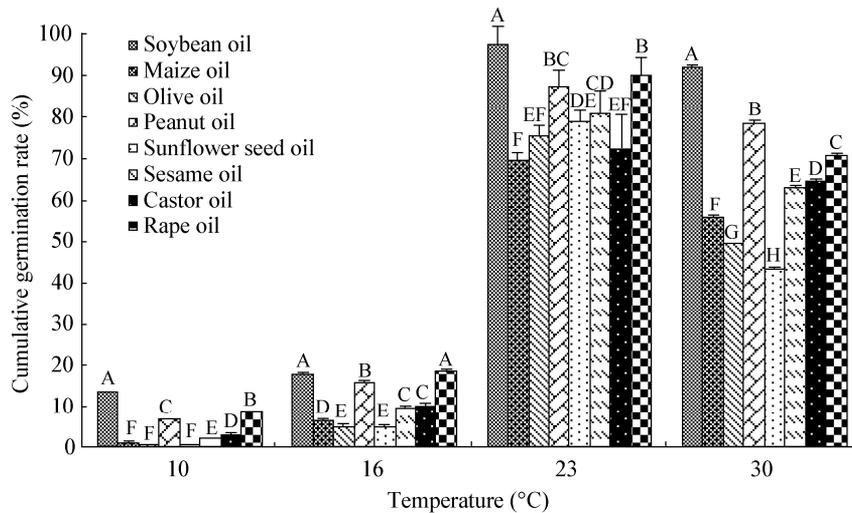


图 1 不同植物油种类对莱氏野村菌分生孢子萌发率的影响

Figure 1 The effect of botanical edible oils on conidia germination rate of *Nomuraea rileyi*

注: 图柱上方不同大写字母代表同一温度下不同植物油种类间存在极显著性差异($P < 0.01$)。下同。

Note: Different capital letters in the same column in the above figure are of the significant difference among different botanical edible oils at same temperature ($P < 0.01$). The same as below.

此外, 莱氏野村菌分生孢子在同种植物油于不同温度下的累积萌发率均存在极显著性差异(表 3)。且各植物油中的孢子萌发率在 23 °C 时的较高, 孢子萌发率为(69.67%±2.00%)–(97.56%±4.23%); 其次为 30 °C 和 16 °C, 孢子萌发率分别为(43.44%±0.38%)–(91.89%±0.69%)和(5.33%±0.33%)–(18.56%±0.84%); 10 °C 时的孢子萌发率最低, 为(0.89%±0.19%)–

(13.56%±0.19%)。

2.3 不同油类和温度对莱氏野村菌分生孢子萌发速率的影响

从图 2A、B、C 可以看出, 莱氏野村菌分生孢子在同种植物油中于不同温度条件下的孢子萌发速率间均存在极显著性差异($P < 0.01$)。其中, 0–24 h 间, 各植物油于 10 °C 和 16 °C 时的孢子

表 3 不同温度对 8 种植物油中莱氏野村菌分生孢子萌发率的影响

Table 3 Effect of temperature on conidia germination rate of *Nomuraea rileyi* in eight botanical edible oils

植物油种类 Botanical edible oils	累积萌发率 Cumulative germination rate (%)				显著性差异 Significant difference
	10 °C	16 °C	23 °C	30 °C	
大豆油 Soybean oil	13.56±0.19d	17.78±0.77c	97.56±4.23a	91.89±0.69b	$F=1\ 318.43, P<0.01$
玉米油 Maize oil	1.33±0.33d	6.67±0.67c	69.67±2.00a	55.89±0.38b	$F=3\ 030.77, P<0.01$
橄榄油 Olive oil	1.00±0.33d	5.33±0.67c	75.44±2.78a	49.44±0.19b	$F=1\ 861.67, P<0.01$
花生油 Peanut oil	7.00±0.33d	16.00±0.67c	87.44±4.03a	78.67±0.67b	$F=1\ 204.97, P<0.01$
葵花籽油 Sunflower seed oil	0.89±0.19d	5.33±0.33c	79.11±2.87a	43.44±0.38b	$F=1\ 883.83, P<0.01$
芝麻油 Sesame oil	2.56±0.19d	9.78±0.51c	80.78±4.35a	63.11±0.51b	$F=925.77, P<0.01$
蓖麻油 Castor oil	3.33±0.33d	10.33±0.67c	72.44±5.87a	64.56±0.51b	$F=437.26, P<0.01$
菜籽油 Rape oil	9.11±0.19d	18.56±0.84c	90.22±4.40a	71.00±0.33b	$F=927.42, P<0.01$

注: 表中的数值代表平均数±标准差, 同一行不同小写字母代表同种植物油在不同温度间存在显著性差异($P < 0.01$)。

Note: Data ($\bar{x} \pm s$) with different small letters in the same line are of the significant difference ($P < 0.01$).

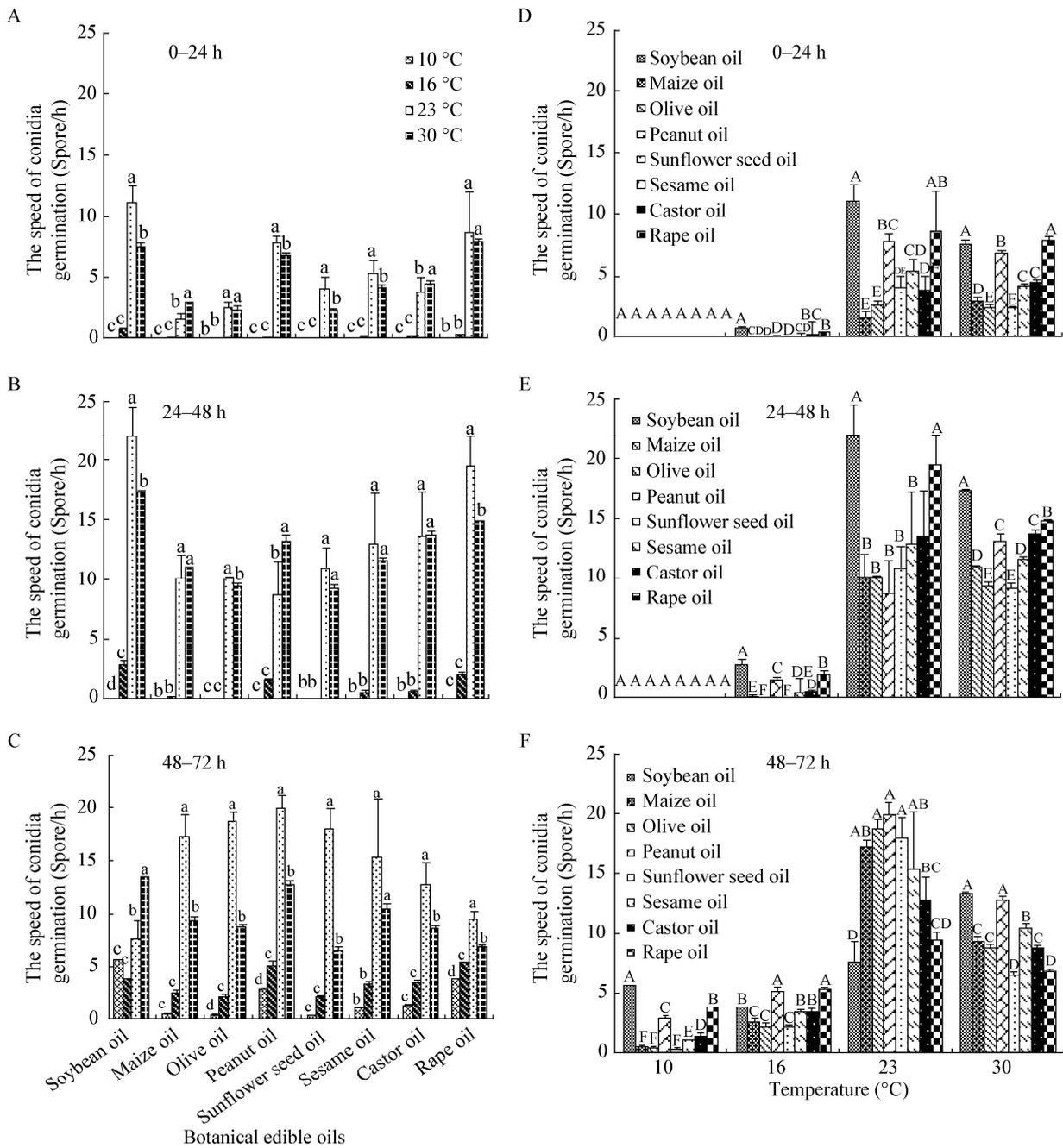


图 2 温度和植物油对莱氏野村菌分生孢子萌发速率的影响

Figure 2 The effect of temperatures and botanical edible oils on the speed of conidia germination of *Nomuraea rileyi*

萌发速率均无显著性差异($P>0.05$); 橄榄油、菜籽油于 23 °C 和 30 °C 条件下的孢子萌发速率均无显著性差异外(橄榄油: $F=0.40$, $P>0.05$; 菜籽油: $F=0.14$, $P>0.05$), 其他植物油间差异极显著($P<0.01$)(图 2A); 24-48 h 间, 大豆油、花生油和菜

籽油于 23 °C 时的孢子萌发速率分别极显著的高于对应的其他 3 个温度下的萌发速率(大豆油: $F=211.99$, $P<0.01$; 花生油: $F=55.19$, $P<0.01$; 菜籽油: $F=180.96$, $P<0.01$)(图 2B)。此外, 在供试植物油中 10 °C 时孢子的萌发缓慢, 48 h 后孢子才开

始萌发, 萌发速率显著低于其他 3 个温度下的萌发速率。孢子萌发速率呈逐渐上升的趋势, 在 48–72 h 时达到最高值, 为每小时每 1 000 个孢子群中有 (0.37±0.08)–(5.65±0.08) 的孢子萌发(图 2C)。大豆油和菜籽油中的萌发速率于 23 °C 和 30 °C 下均呈先升高后下降趋势, 即在 24–48 h 时的萌发速率最高; 而在玉米油等其他植物油中于 23 °C 时的萌发速率也是逐渐上升, 在 48–72 h 时的萌发速率最高; 而 30 °C 时的萌发速率为先升高后下降或不变。

从图 2D、E、F 可知, 莱氏野村菌分生孢子在不同植物油中于同一温度下的萌发速率间也存在着极显著性的差异($P<0.01$)。其中, 48–72 h, 玉米油、橄榄油和葵花籽油中的萌发速率在 10 °C 和 16 °C 时分别无显著性差异(10 °C: $F=1.86$, $P>0.05$; 16 °C: $F=1.42$, $P>0.05$); 同时, 不同植物油在同一温度下于不同时段间的萌发速率也存在着极显著性差异($P<0.01$)。大豆油和菜籽油在 23 °C 时于 3 个时段中的孢子萌发速率间均不存在显著性差异(0–24 h: $F=1.38$, $P>0.05$; 24–48 h: $F=1.46$, $P>0.05$; 48–72 h: $F=2.40$, $P>0.05$); 在玉米油、橄榄油和葵

花籽油中处理后 24–48 h、48–72 h 时段, 野村菌分生孢子萌发速率间也无显著性差异(24–48 h: $F=0.27$, $P>0.05$; 48–72 h: $F=0.50$, $P>0.05$)(图 2E、F); 橄榄油和葵花籽油中的孢子在 30 °C 时处理后 0–24 h, 24–48 h 这 2 个时段的萌发速率均无显著性差异(0–24 h: $F=0$, $P>0.05$; 24–48 h: $F=0.63$, $P>0.05$)(图 2D、E)。

2.4 不同油类和温度对孢子芽管生长的影响

从表 4 可以看出, 同种植物油中的莱氏野村菌分生孢子在不同温度下的芽管长度间均存在极显著性差异($P<0.01$)。其中, 各植物油中芽管长度在 23 °C 时均极显著长于其他温度时的芽管长度($P<0.01$), 其次为 30、16、10 °C 时的芽管长度均较短; 4 个温度下均为大豆油中芽管长度较大, 分别为 (24.89±1.04)、(22.45±1.21)、(19.95±1.17) 和 (10.36±1.09)。此外, 不同植物油中的芽管长度在同一温度下也均存在极显著性差异($P<0.01$)。其中, 在芝麻油和蓖麻油中的芽管长度于 23 °C 和 30 °C 时均无显著性差异(23 °C: $F=3.51$, $P>0.05$; 30 °C: $F=2.41$, $P>0.05$)。

表 4 不同温度下植物油种类对芽管生长的影响

Table 4 The effect on the development of germ tube in different kinds of botanical edible oil at different temperature

植物油种类 Botanical edible oils	芽管长度 The length of germ tube (μm)				显著性差异 Significant difference
	10 °C	16 °C	23 °C	30 °C	
大豆油 Soybean oil	10.36±1.09Ad	19.95±1.17Ac	24.89±1.04Aa	22.45±1.21Ab	$F=356.58$, $P<0.01$
玉米油 Maize oil	2.91±0.62CDd	5.27±0.77Fc	9.83±0.80Da	7.58±0.75Eb	$F=198.55$, $P<0.01$
橄榄油 Olive oil	1.99±0.66Ed	4.37±0.86Gc	8.95±0.84Ea	6.63±0.89Fb	$F=161.97$, $P<0.01$
花生油 Peanut oil	7.13±0.71Bd	16.66±1.15Bc	21.39±1.02Ba	18.98±1.04Bb	$F=427.02$, $P<0.01$
葵花籽油 Sunflower seed oil	2.19±0.90DEd	4.46±0.88Gc	9.10±1.00Ea	6.76±0.97Fb	$F=124.93$, $P<0.01$
芝麻油 Sesame oil	2.43±0.99DEd	11.70±1.22Ec	16.45±0.95Ca	14.06±1.17Db	$F=354.27$, $P<0.01$
蓖麻油 Castor oil	3.47±0.78Cd	12.38±0.72Dc	17.07±0.86Ca	14.60±0.67Db	$F=690.60$, $P<0.01$
菜籽油 Rape oil	6.79±0.58Bd	15.91±0.46Cc	21.33±1.01Ba	18.13±0.51Cb	$F=952.61$, $P<0.01$
显著性差异 Significant difference	$F=143.77$, $P<0.01$	$F=629.71$, $P<0.01$	$F=656.68$, $P<0.01$	$F=646.03$, $P<0.01$	

注: 表中的数值代表平均数±标准差, 同一列不同大写字母代表同一温度下不同种类植物油间存在显著性差异($P<0.01$), 同一行不同小写字母代表同种植物油在不同温度下存在显著性差异($P<0.01$)。

Note: Data ($\bar{x} \pm s$) with different capital letters in the same column are of the significant difference and different small letters in the same line are of the significant difference ($P<0.01$).

3 讨论

影响虫生真菌分生孢子萌发的因素很多^[1], 其中温度在虫生真菌分生孢子萌发过程中起着重要的作用^[21-22]。本研究发现不同温度条件下食用植物油对莱氏野村菌分生孢子萌发的影响作用不同, 10-30 °C 均能使莱氏野村菌分生孢子萌发, 但是不同温度条件下萌发的速率不同。其中, 23 °C 时的萌发速率最高, 10 °C 时的萌发速率最小, 这与 Pornpoj 等^[22]的研究结果相同; 此外, 营养条件也会影响孢子萌发、芽管生长。本研究发现同一温度下不同油类对莱氏野村菌分生孢子的萌发率也存在差异, 且大豆油中分生孢子的萌发率和芽管长度均最高。而根据供试 8 种植物油成分, 供试植物油中主要成分为脂肪, 包括饱和与不饱和脂肪酸, 且相互间无明显差异, 因此对于不同油类对莱氏野村菌分生孢子萌发的影响机理还有必要进一步深入研究。

林健文等^[17]研究报道了分离自斜纹夜蛾幼虫的莱氏野村菌分生孢子在大豆培养基上的产孢量及孢子萌发率均高于小麦、燕麦等培养基, 本研究仅测定了分离自银纹夜蛾幼虫的莱氏野村菌菌株 Nr0815 在大豆油中的孢子萌发率, 而对于产孢量的测定也将是值得研究的内容。同时, 该大豆油对 Nr0815 菌株孢子萌发具有明显的促进作用, 但是否含有可以促进莱氏野村菌分生孢子萌发的物质, 需要进一步研究探讨。

昆虫隶属于节肢动物, 其表皮一般分为上表皮和原表皮, 其中上表皮是表皮的最外层, 由脂蛋白组成, 主要成份为蜡层、护蜡层和多元酚层组成^[23]。本研究观察发现, 莱氏野村菌分生孢子在供试的食用植物油中分散效果较好, 可以形成单孢悬液, 因此莱氏野村菌分生孢子溶于各种植物油可形成分散良好的分生孢子油剂, 接种于虫体后其展布性就较好, 从而有利于分子孢子的入侵。本研究结果将对选用植物油配制莱氏野村菌油剂提供重要的依据。

参考文献

- [1] Pu ZL, Li ZZ. Insect Mycology[M]. Hefei: Anhui Publishing House of Science and Technology, 1996 (in Chinese)
蒲哲龙, 李增智. 昆虫真菌学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1996
- [2] Li NC, Wang CS, Li ZZ, et al. Germination measurements: conidia of *Beauveria bassiana* in oil formulation[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 1996, 23(3): 336-339 (in Chinese)
李农昌, 王成树, 李增智, 等. 白僵菌油剂中孢子萌发率的测定[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(3): 336-339
- [3] Kong Q, Yuan SY, Zhang ZF, et al. Effect of environmental factors on growth of *Nomuraea rileyi* MZ060806[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(5): 1544-1547 (in Chinese)
孔琼, 袁盛勇, 张自飞, 等. 环境因子对莱氏野村菌 MZ060806 菌株生长的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1544-1547
- [4] Kong Q, Yuan SY, Wu ZG, et al. Effects of different nutrients on growth of *Nomuraea rileyi* MZ060806[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2010, 38(5): 204-208 (in Chinese)
孔琼, 袁盛勇, 吴志刚, 等. 营养物质对莱氏野村菌 MZ060806 生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(5): 204-208
- [5] Chen ZA, Pan LC. Effect of different oils and carbohydrates on the germination of *Metarhizium conidia*[J]. Chinese Journal of Biological Control, 1995, 11(1): 10-12 (in Chinese)
陈祝安, 潘玲聪. 油类和糖类对绿僵菌孢子萌发的影响[J]. 中国生物防治, 1995, 11(1): 10-12
- [6] Dai P, Xie YP, Tang FR, et al. Effects of different mixing oils on germinability of *Metarhizium anisopliae*[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(8): 132-133 (in Chinese)
代鹏, 谢玉萍, 唐复润, 等. 不同油剂对金龟子绿僵菌孢子萌发率的影响[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(8): 132-133
- [7] Ibrahim L, Butt T, Beckett A, et al. The germination of oil-formulated conidia of the insect pathogen, *Metarhizium anisopliae*[J]. Mycological Research, 1999, 103(7): 901-907
- [8] Inyang E, McCartney H, Oyejola B, et al. Effect of formulation, application and rain on the persistence of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* on oilseed rape[J]. Mycological Research, 2000, 104(6): 553-661
- [9] Lomer CJ, Bateman RP, Godonou I, et al. Field infection of *Zonocerus variegatus* following application of an oil-based formulation of *Metarhizium flavoviride* conidia[J]. Biocontrol Science and Technology, 1993, 3(3): 337-346
- [10] Li J, Cheng GH, Ding KJ. Influential factors of storage stage of oil formulation for *Beauveria bassiana*[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2007, 34(4): 474-476 (in Chinese)
李静, 程国华, 丁克坚. 球孢白僵菌油剂贮存期的影响因子研究[J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(4): 474-476
- [11] Ning ZP. The experiment test of spore germination of *Beauveria bassiana* effected by gas oil[J]. Anhui Linye, 2006(4): 44 (in Chinese)
宁正平. 柴油影响白僵菌油剂中孢子萌发的实验测定[J]. 安徽林业, 2006(4): 44
- [12] Wang CS, Feng MG. Advances in fundamental and applied studies in China of fungal biocontrol agents for use against arthropod pests[J]. Biological Control, 2014, 68(1): 129-135
- [13] Feng MG, Chen B, Ying SH. Trials of *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* and imidacloprid for management of

- Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown lettuce[J]. Biocontrol Science and Technology, 2004, 14(6): 531-544
- [14] Feng MG, Pu XY, Ying SH, et al. Field trials of an oil-based emulsifiable formulation of *Beauveria bassiana* conidia and low application rates of imidacloprid for control of false-eye leafhopper *Empoasca vitis* on tea in southern China[J]. Crop Protection, 2004, 23(6): 489-496
- [15] Xu Q, Feng MG. Effect of plant oils on liquid culture and preservation of entomophthoralean fungi[J]. Mycosystema, 2001, 20(1): 79-86 (in Chinese)
许谦, 冯明光. 植物油对虫草菌液体培养与保存的作用[J]. 菌物系统, 2001, 20(1): 79-86
- [16] Liu GY. Study on solid fermentation and aerial conidial viability of *Nomuraea rileyi* Cq strain[D]. Chongqing: Master's Thesis of Southwest University, 2011 (in Chinese)
刘光英. 莱氏野村菌(*Nomuraea rileyi*)的固体发酵及分生孢子活力的研究[D]. 重庆: 西南大学硕士学位论文, 2011
- [17] Lin JW, Luo ZB, Luo XD, et al. Screen of solid media and optimization of fermentation condition of *Nomuraea rileyi*[J]. Acta Phytologica Sinica, 2009, 36(5): 437-442 (in Chinese)
林健文, 罗志兵, 骆星丹, 等. 莱氏野村菌固体发酵培养基筛选与发酵条件优化[J]. 植物保护学报, 2009, 36(5): 437-442
- [18] Liu SQ. The determination of summer spore germination rate of coffee rust in Xishuangbanna[J]. Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology, 1996, 19(3): 22-23 (in Chinese)
- 刘素青. 西双版纳咖啡锈菌夏孢子萌发速率的测定[J]. 云南热作科技, 1996, 19(3): 22-23
- [19] Wang CS, Huang B, Fan MZ, et al. Measuring conidial count of *Beauveria bassiana* conidial powder by Hemocytometer[J]. Microbiology China, 1998, 25(3): 179-181 (in Chinese)
王成树, 黄勃, 樊美珍, 等. 分光光度法测定白僵菌孢子粉的含孢量[J]. 微生物学通报, 1998, 25(3): 179-181
- [20] Xu CL, Yang Y, Wang SY. Influence of ultrasonic on the dispersibility of nano Tatiana in aqueous solution[C]. Academic conference in 2010 sponsored by Jiangsu Society of Particuology and Seminar of Applied Chemistry, Bio-particle, Power Field in Jiangsu Province, 2010, 140-147 (in Chinese)
徐春兰, 杨毅, 王声燕. 超声波对水中纳米粒子分散性影响研究[C]. 江苏省颗粒学会2010年学术年会暨江苏省应用化学、生物颗粒学及粉体领域学术研讨会, 2010, 140-147
- [21] Devi PS, Prasad YG, Chowdary DA, et al. Identification of virulent isolates of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (F) Samson for the management of *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura*[J]. Mycopathologia, 2003, 156(4): 365-373
- [22] Pornpoj S, Chanpen W, Somsak P. Studies on the pathogenesis of the local isolates of *Nomuraea rileyi* against *Spodoptera litura*[J]. Science Asia, 2005, 31(3): 273-276
- [23] Wang YC. Insect Physiology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2004: 12 (in Chinese)
王荫长. 昆虫生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 12

征订启事

欢迎订阅《微生物学通报》

《微生物学通报》创刊于1974年,是中国科学院微生物研究所和中国微生物学会主办,国内外公开发行,以微生物学应用基础研究及技术创新与应用为主的综合性学术期刊。刊登内容包括:基础微生物学研究,农业微生物学研究,工业微生物学研究,医学微生物学研究,食品微生物学研究,环境微生物学研究,微生物功能基因组研究,微生物蛋白组学研究,微生物模式菌株研究,微生物工程与药物研究,微生物技术成果产业化及微生物教学研究改革等。

本刊为中国自然科学核心期刊。曾获国家优秀科技期刊三等奖,中国科学院优秀科技期刊三等奖,北京优秀科技期刊奖,被选入新闻出版总署设立的“中国期刊方阵”并被列为“双效”期刊。

自2008年本刊已经全新改版,由双月刊改为月刊,发表周期缩短,内容更加丰富详实。欢迎广大读者到邮局订阅或直接与本刊编辑部联系购买,2015年每册定价58元,全年696元,我们将免邮费寄刊。

邮购地址:(100101)北京朝阳区北辰西路1号院3号中国科学院微生物研究所《微生物学通报》编辑部

Tel: 010-64807511; E-mail: bjb@im.ac.cn, tongbao@im.ac.cn

网址: <http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn>

国内邮发代号: 2-817; 国外发行代号: M413