

## 影响飞虱虫病霉孢子萌发类型和侵染性 芽管形成的生化因子\*

徐均焕 冯明光 刘志强

(浙江大学微生物研究所 杭州 310029)

**摘 要:**孢子萌发类型是决定飞虱虫病霉能否入侵的重要因子之一,而不同营养基质及昆虫体壁理化特性直接影响到孢子的萌发类型。对氨基酸、脂类、糖类、矿物质、维生素及桃蚜(*Myzus persicae*)和褐稻虱(*Nilaparvata lugens*)粗提物研究发现,它们均在不同程度上对芽管形成有刺激作用。其中,L-半胱氨酸、L-天冬酰胺、山俞酸( $C_{22:0}$ )、海藻糖、果糖、麦芽糖、甘油、抗坏血酸、叶酸、维生素 B<sub>1</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、FeSO<sub>4</sub> 以及两种寄主粗提物对芽管形成刺激作用显著。而这些基质如 L-半胱氨酸、抗坏血酸、叶酸、维生素 B<sub>1</sub>、FeSO<sub>4</sub>、ZnSO<sub>4</sub> 及豆蔻酸( $C_{14:0}$ )、软脂酸( $C_{16:0}$ )、硬脂酸( $C_{18:0}$ )、花生酸( $C_{20:0}$ )、山俞酸( $C_{22:0}$ )、掬焦油酸( $C_{24:0}$ )、核黄素、烟酸能显著抑制二级分生孢子的产生。相反对刺激芽管形成不明显的物质如丙氨酸、酪氨酸、葡萄糖、半乳糖、蔗糖、肌醇、糖原、维生素 B<sub>6</sub>、NaCl 和 KCl 等能显著促进二级分生孢子的形成。此外,有些物质在高浓度下刺激芽管形成,而在低浓度下能促进二级分生孢子的形成,如 L-天冬酰胺、海藻糖、果糖、麦芽糖、甘油、维生素 B<sub>1</sub>、叶酸。褐稻虱和桃蚜粗提物对二级分生孢子形成无明显促进或抑制作用。研究表明,刺激芽管形成的基质在飞虱、桃蚜等虫体内含量较高,说明侵染性芽管的形成是致病的关键,也是产生寄主专化性的主要原因。

**关键词:**飞虱虫病霉,孢子萌发格局,生化因子,寄生专化性

**中图分类号:**Q949.32 **文献标识码:**A **文章编号:**0001-6209 (2001) 02-0234-07

虫霉(Entomophthorales)是一类重要的昆虫病原真菌,很多种类的虫霉对寄主表现为科、属、甚至种水平上的专化性<sup>[1]</sup>。飞虱虫病霉(*Pandora delphacis* Hori Humbler)通常感染飞虱和叶蝉,一直被认为是具有较高寄主专化性的虫霉菌种<sup>[2]</sup>。但新的证据表明该菌对蚜虫也具有很高的侵染力<sup>[3,4]</sup>。通常认为虫霉的寄主专化性与虫霉孢子在寄主体壁上的萌发特性有关,昆虫体壁的形态结构和化学组成常影响到孢子萌发类型,进而影响到能否成功入侵,从而也影响到不同菌种(株)对寄主的毒力及专化性<sup>[5~7]</sup>。

昆虫体壁的结构成份主要有几丁质、蛋白质、脂类和矿物质等组成<sup>[8]</sup>,此外飞虱、蚜虫等刺吸式口器害虫常分泌富含游离糖和氨基酸的蜜露,它们均可影响到虫霉孢子的萌发类型<sup>[9]</sup>。如虫霉孢子遇到合适的营养基质,可形成芽管侵染寄主;但如遇到不利的营养基质,便形成二级甚至三、四级分生孢子,直至营养耗尽为止<sup>[1]</sup>。因此,了解各种生化基质对虫霉孢子萌发、二级分生孢子形成及毒害作用,将有助于更好地明确飞虱虫病霉入

\* 国家自然科学基金(39870513)和浙江省自然科学基金(396283)资助

作者简介:徐均焕(1963-),男,浙江省慈溪人,浙江大学微生物研究所副研究员,博士,主要从事昆虫病理及害虫微生物防治的研究。

收稿日期:2000-03-27,修回日期:2000-09-01

侵寄主及寄主专化性形成的成因。本文研究了氨基酸、脂类、糖类、维生素、矿物质以及蚜虫和飞虱粗提物等营养基质对孢子萌发类型的影响,以探明不同生化因子影响飞虱虫病霉侵染性芽管形成的规律。

## 1 材料和方法

### 1.1 菌种与产孢平板的制备

所用飞虱虫病霉(*P. delphacis*)菌株 F98401 系 1998 年 10 月自杭州稻田自然病死的白背飞虱(*Sogatella furcifera*)虫尸上分离纯化而得。菌种接种于牛奶-蛋黄培养基(SEMA)平板上,在温度为 15℃,光周期为 L12:D12 的培养箱中隔月继代培养保存。接种体制备始于在 25℃ 下用 SEMA 培养 7d,将菌落挑碎后移入装有 30mL 萨氏液体培养液(SDB)的 100mL 烧瓶中,28±1℃ 下黑暗振荡培养 24h(150r/min),再转入装有 80mL SDB 的 200mL 锥形瓶中振荡培养 24h。所获菌丝培养液每 10mL 均匀涂布于 1.5% 水琼脂平板(φ90mm)上,用无菌滤纸吸去多余水份,在 25℃ 和 L12:D12 条件下倒置培养 24h 至产孢高峰待用。

### 1.2 基质及寄主粗提液的制备

选氨基酸 5 种、脂类 6 种、糖类 9 种、维生素 6 种和无机盐 7 种分别按 10%,1% 和 0.1%(w/v)的比例配制成溶液待用。取室内饲养的褐稻虱(*Nilaparvatalugens* Stål)和桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer),总重各 20g,在 -20℃ 下冷冻 10min 后置于研钵中,加 1mL 双蒸水研磨成匀浆,弃沉淀取上清液用于孢子萌发的研究。

### 1.3 分生孢子萌发及二级分生孢子形成的测定

在直径 45mm 的琼脂平板上打 5 个直径为 5mm 的小孔。在小孔中分别注入上述各类溶液或寄主粗提液 5μL,再将产孢盛期平板倒扣约 5min,使孢子弹射后随机落入各小孔中,然后置于培养箱(25℃,L12:D12)中,2h 后取出,在 -20℃ 下迅速冷冻,最后在 20 倍光学显微镜下镜检,计数各小孔内初级分生孢子萌芽数、二级分生孢子数及总孢数。每小孔中查 50~200 个孢子,以芽管长度大于孢子的一半计为萌发成芽管,二级分生孢子数则包括初级分生孢子上长出的二级分生孢子及少量已弹射形成的空孢,但计数总孢时不包括空孢,仅包括萌芽数、次级分生孢子(不包括空孢)和未萌发的孢子。为减少二级分生孢子弹射形成空孢数,处理时间控制在 2h 内。

### 1.4 数据处理与分析

所得萌芽率和二级分生孢子形成率分别采用 Duncan's 新复极差法进行分析,在 DPS 数据处理系统软件下完成<sup>[10]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 氨基酸

氨基酸是重要的蛋白质合成的前体物质。表 1 列出了不同氨基酸处理的孢子萌芽率及二级分生孢子形成率与对照(双蒸水)间的比较。方差分析表明,各氨基酸处理后孢子萌芽率均显著高于对照(df=15,F=5.68,P<0.01),但二级分生孢子形成率则显著高于或低于对照(df=15,F6.74,P<0.01)。总体上看,高浓度下(如 10%)各氨基酸均不利于

孢子形成芽管,但较低浓度下(如 0.1%~1%)则有利于芽管的形成。其中 1% L-半胱氨酸及 0.1%~1% L-天冬酰胺能显著刺激孢子形成芽管。相反,能刺激孢子形成芽管的 L-半胱氨酸在浓度为 1% 和 10% 时能显著抑制二级分生孢子的产生,而对芽管形成刺激不明显的 0.1% L-丙氨酸和 0.1%~10% 酪氨酸则能显著促进二级分生孢子的产生。此外 0.1% 的 L-天冬酰胺既能显著刺激芽管形成又能显著促进二级分生孢子的产生。

表 1 不同营养物质对飞虱虫霉孢子萌发成芽管和二级分生孢子的影响

Table 1 The effect of substrate nutrient on the germination of *P. delphacis* primary conidia into germ tubes (GT) and secondary conidia (SC)

Nutritional Substrate	Percentage of GT (Mean ± SD)			Percentage of SC (Mean ± SD) <sup>a</sup>		
	10%	1%	0.1%	10%	1%	0.1%
Amino acids						
L-Ays	0.0±0.0	3.2±2.1 <sup>++</sup>	2±1.1	25.2±18.9 <sup>-</sup>	20.9±16.6 <sup>-</sup>	57.7±32.1
L-Asn	0.0±0.0	4.0±4.1 <sup>++</sup>	4.3±2.7 <sup>++</sup>	43.7±14.4	76.9±24.1 <sup>+</sup>	79.3±14.4 <sup>+</sup>
L-Met	0.0±0.0	0.0±0.0	0.3±0.8	50.7±19.8	44.2±11.2	49.5±2.9
L-Ala	0.0±0.0	0.0±0.0	0.8±0.7	57.1±17.1	49.5±14.2	88.4±4.9 <sup>++</sup>
Tyr	0.0±0.0	0.3±0.7	0.0±0.0	75.8±15.8 <sup>+</sup>	60.0±22.3	88.0±13.9 <sup>++</sup>
Vitamins						
Ascorbic acid	0.0±0.0	2.0±0.8	3.4±2.9 <sup>++</sup>	0.0±0.0 <sup>--</sup>	24.1±10.2 <sup>--</sup>	28.6±5.3 <sup>-</sup>
Thiamine	0.0±0.0	3.4±1.2 <sup>++</sup>	0.0±0.0	11.1±10.2 <sup>--</sup>	33.5±21.8	83.2±8.9 <sup>++</sup>
Riboflavin	0.0±0.0	2.0±1.7	0.0±0.0	11.7±1.8	42.7±8.7	60.5±17.9
Pyridoxal	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	46.6±15.1	69.8±19.4 <sup>+</sup>	69.7±18.1 <sup>+</sup>
Folic acid	0.0±0.0	6.1±3.9 <sup>++</sup>	2.8±2.7 <sup>+</sup>	23.4±3.8 <sup>--</sup>	69.1±15.1 <sup>+</sup>	79.6±10.6 <sup>++</sup>
Nicotinic acid	0.0±0.0	2.2±3.0	0.0±0.0	0.0±0.0 <sup>--</sup>	7.8±17.4 <sup>--</sup>	1.1±2.5 <sup>--</sup>
Fatty acids						
Myristic	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	12.8±3.1 <sup>--</sup>	36.3±16.4	53.4±25.4
Palmitic	0.0±0.0	0.0±0.0	1.0±2.2	46.4±4.7	25.9±14.0 <sup>-</sup>	16.7±11.1 <sup>--</sup>
Stearic	0.3±0.7	0.5±1.0	0.0±0.0	26.7±3.2 <sup>-</sup>	22.6±11.2 <sup>-</sup>	32.3±23.1
Arachidic	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	35.6±21.3	27.9±20.3 <sup>-</sup>	52.8±18.5
Behenic	4.7±7.9 <sup>+</sup>	0.0±0.0	0.0±0.0	31.4±11.4	37.6±15.1	2.0±4.5 <sup>--</sup>
Lignoceric	0.0±0.0	0.0±0.0	0.5±1.1	32.3±11.2	2.9±1.9 <sup>--</sup>	28.4±7.8 <sup>--</sup>
Saccharide						
Glucose	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.3	92.0±4.8 <sup>++</sup>	80.5±19.9 <sup>+</sup>	76.1±16.0
Galactose	0.3±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0	71.0±27.9	67.9±10.5	84.2±15.0 <sup>+</sup>
Fructose	0.0±0.0	0.2±0.4	7.8±4.6 <sup>++</sup>	56.3±24.8	78.8±18.9 <sup>-</sup>	63.3±30.7
Maltose	0.0±0.0	4.4±3.7 <sup>++</sup>	1.6±1.1	60.7±14.7	85.8±11.0 <sup>+</sup>	80.2±12.6 <sup>+</sup>
Trehalose	0.8±0.8	18.1±9.5 <sup>++</sup>	1.0±0.4	72.5±19.3	74.0±6.2	81.6±18.3 <sup>+</sup>
Sucrose	0.0±0.0	0.0±0.0	0.4±0.5	45.4±15.5	61.1±4.9	80.2±14.6 <sup>+</sup>

续表 1

Glycogen	0.0±0.0	0.0±0.0	0.3±0.5	52.2±33.6	85.0±12.3 <sup>+</sup>	94.2±4.0 <sup>++</sup>
Inositol	0.0±0.0	0.0±0.0	2.8±0.8	69.5±15.0	59.4±15.6	87.3±13.0 <sup>++</sup>
Glycerol	0.0±0.0	0.0±0.0	5.4±3.0 <sup>++</sup>	54.0±15.8	72.1±22.0	82.8±11.0 <sup>+</sup>
Mineral irons						
ZnSO <sub>4</sub>	6.9±4.1 <sup>++</sup>	2.6±1.0 <sup>++</sup>	1.7±1.6 <sup>+</sup>	0.0±0.0 <sup>--</sup>	0.6±0.8 <sup>--</sup>	36.7±22.9
FeSO <sub>4</sub>	2.9±1.4 <sup>++</sup>	0.0±0.0	0.2±0.5	2.6±1.5 <sup>--</sup>	32.2±7.4	63.0±24.5
CaCl <sub>2</sub>	0.0±0.0	0.0±0.0	0.6±0.8	63.6±12.9	57.6±23.6	60.8±14.9
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	69.3±26.2	55.4±25.0	70.8±22.7
NaCl	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.5	40.5±10.1	56.8±18.1	86.6±16.4 <sup>++</sup>
KCl	0.0±0.0	0.0±0.0	0.5±0.4	66.9±13.5	60.7±22.8	83.9±18.1 <sup>+</sup>
MgSO <sub>4</sub>	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	54.6±14.7	59.9±22.8	48.4±15.5
Host Extracts						
Planthopper extract	6.0±4.6 <sup>+</sup>			32.7±13.3		
Aphid extract	7.0±6.1 <sup>+</sup>			43.5±17.6		
CK(Distilled water)	0.0±0.0			50.2±14.5		

<sup>+</sup>Table entries with the symbols(+),(+ +)or {-},{--} in the right upper corner are significantly higher (p<0.05 and P<0.01) or lower than control according to the Duncan's new multiple range test.

2.2 脂类

脂类是昆虫表皮的重要组成成份。方差分析表明,各脂肪酸处理的孢子萌芽率与对照相比较为显著(df=18,F=1.59,P=0.09),而二级分生孢子形成率则显著低于对照(df=18,F5.3,P<0.01)。其中10%山俞酸(C22:0)能显著刺激孢子萌发形成芽管,其它如0.1%软脂酸(C16:0)、1%~10%硬脂酸(C18:0)及1%掬焦油酸(C24:0)对芽管形成也有诱导作用,但与对照比较不显著。脂类对二级分生孢子的产生均有不同程度的抑制作用,如10%豆蔻酸(C14:0),0.1%~1%软脂酸(C16:0),1%~10%硬脂酸(C18:0)1%花生酸(C20:0),0.1%山俞酸(C22:0)及0.1%~1%掬焦油酸(C24:0)均能显著或极显著地抑制二级分生孢子的产生。

2.3 糖类

糖类提供了生命活动所必需的能量物质。方差分析表明,经糖类处理的孢子能显著刺激芽管形成(df=27,F=14.16,P<0.01),但对二级分生孢子的产生影响不明显(df=4,F=0.43,P=0.79)。总体上看,高浓度下(如10%)不利于孢子形成芽管,而低浓度下(如0.1%~1%)则有利于芽管的形成。如1%海藻糖、0.1%果糖、0.1%甘油及1%麦芽糖均能显著刺激孢子形成芽管。二级分生孢子的形成也以低浓度下较好,如0.1%海藻糖、0.1%半乳糖、0.1%蔗糖、0.1肌醇、0.1%甘油、0.1%~1%麦芽糖、0.1%~1%糖原和1%果糖。但葡萄糖则在较高浓度(1%~10%)下更利于二级分生孢子的产生。

2.4 维生素类

维生素是辅酶的重要组成成份,能催化许多生化反应,但有些维生素病原真菌不能自身合成。方差分析表明,维生素能显著刺激孢子形成芽管(df=18,F=6.91,P<0.01),也

能显著促进或抑制二级分生孢子的产生( $df=18, F_{24.88}, P<0.01$ )。低浓度下维生素有利于芽管的形成,如 0.1% 抗坏血酸、0.1%~1% 叶酸及 1% 维生素  $B_1$ 。相反,高浓度下维生素能显著抑制二级分生孢子的产生,如 10% 浓度的维生素  $B_1$ ,核黄素和叶酸。而抗坏血酸和烟酸则在所有处理浓度下对二级分生孢子产生有抑制作用。此外,某些维生素在低浓度下对二级分生孢子的产生有显著促进作用,如 0.1% 维生素  $B_1$ 、0.1%~1% 维生素  $B_6$  和叶酸等。

## 2.5 矿物质

离子形态的矿物质是真菌正常生长得以保证的重要营养物质,其中许多金属离子也是重要的辅酶组成成份。方差分析表明,矿物盐类能显著促进芽管的形成( $df=21, F=12.56, P<0.01$ ),也能显著促进或抑制二级分生孢子的形成( $df=21, F=9.1, P<0.01$ )。其中 0.1%~10% 的  $ZnSO_4$  和 10%  $FeSO_4$  均能显著刺激孢子形成芽管,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$  和  $KCl$  也在低浓度下对芽管形成有诱导作用。矿物盐对二级分生孢子的产生在高浓度下有显著抑制作用,如 10%  $FeSO_4$  及 1%~10% 的  $ZnSO_4$ ,而低浓度下则有显著促进作用,如 0.1%  $NaCl$  和  $KCl$ 。

## 2.6 桃蚜及飞虱粗提物

桃蚜和飞虱的提取物主要含有氨基酸、脂类、糖类、维生素及矿物营养等物质,它们共同作用影响到虫霉孢子的萌发类型。方差分析表明,两种寄主昆虫的粗提物均能显著刺激虫霉孢子形成芽管( $df=2, F=5.89, P<0.05$ ),其中,桃蚜、飞虱粗提液中处理 2h 后的孢子萌芽率分别为 7.0% 和 6.0%,且两者差异不显著。而二级分生孢子产生与对照相比则无显著差异( $df=2, F=1.23, P=0.34$ ),桃蚜虫和飞虱粗提液处理的孢子的二级分生孢子形成率分别为  $43.5 \pm 17.6$  和  $32.7 \pm 13.3$ ,均略低于对照。

## 3 讨论

弹射至寄主昆虫表皮的虫霉孢子萌发通常有二种类型,即萌发形成芽管(包括侵染性和营养生长型芽管)和产生次级分生孢子(包括二级、三级分生孢子),其中侵染性芽管的形成是虫霉成功入侵的关键。许多研究表明,昆虫表皮化学物质及分泌物对虫霉孢子萌发类型有很大的影响<sup>[11]</sup>,如暗袍耳霉孢子萌发常受豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum* Harris)分泌的蜜露诱导而产生侵染性芽管<sup>[12]</sup>。本研究中,作者证实了糖类、氨基酸、脂类、维生素和矿物盐类等物质对飞虱虫病霉孢子萌发类型的影响,它们均在不同程度上刺激孢子萌发形成芽管或二级分生孢子。进一步分析还发现,能刺激侵染性芽管形成的物质在蚜虫及飞虱中含量极为丰富。

首先,蚜虫及飞虱常分泌各种蜜露,而蜜露中含有丰富的游离糖、氨基酸、维生素和矿物质<sup>[9]</sup>。如对飞虱蜜露的纸层析研究发现内含游离糖为 2%~5%,其中包括果糖、葡萄糖、蔗糖和一些寡聚糖。各种游离氨基酸和酰胺含量大约占 0.1%,主要是天门冬酰胺和缬氨酸。此外还含有 0.007%~0.014% 维生素、0.07% 矿物质或 0.0035% 金属螯合剂。褐飞虱蜜露中还富含钾,平均达 3g/L(未发表资料)。这与本研究中发现果糖及其它一些糖类物质能刺激芽管形成的结果是相符的。而蜜露中富含 L-天冬酰胺,与该氨基酸能显著刺激孢子形成芽管的结果也是一致的。

同时,飞虱和蚜虫的体壁主要由几丁-蛋白复合物构成,而几丁质的前体物质为海藻糖,主要存在于寄主血淋巴内。本研究,作者发现海藻糖对飞虱虫病霉孢子萌发形成芽管有极显著的刺激作用,2h内萌芽率高达18.1%,这一发现也进一步证实了昆虫体壁成份对孢子形成芽管具有重要的诱导作用。

最后,昆虫的体表脂类含量丰富,其中有长链碳氢化合物、长链脂肪酸、长链醇、长链醛、饱和脂肪酸与胞和醇形成的酯、甘油酯、磷脂、甾醇和甾醇酯等<sup>[8]</sup>。据报道,库蚊虫霉(*Entomophthora culicis*)分生孢子的萌发常受脂肪酸的浓度、链的长度和不饱和程度的影响。如油酸( $C_{18:1}$ )能诱导芽管的生成,而亚麻酸( $C_{18:2}$ 和 $C_{18:3}$ )则有不利的影响。链长为 $C_{12:0}$ 到 $C_{22:0}$ 的完全饱和脂肪酸能诱导初生分生孢子产生次生分生孢子,而小于 $C_{10:0}$ 的短链饱和脂肪酸则对分生孢子有毒害<sup>[13]</sup>。本研究中,作者发现软脂酸( $C_{16:0}$ )、硬脂酸( $C_{18:0}$ )、山俞酸( $C_{18:0}$ )及掬焦油酸( $C_{24:0}$ )等长链饱和脂肪酸能刺激孢子萌发形成芽管,尤以山俞酸最为显著,这与上述报道的结果相类似。

总之,飞虱虫病霉孢子萌发形成芽管常需各种营养基质的诱导。上面分析表明,能刺激芽管形成的生物物质在飞虱和蚜虫的蜜露和表皮中含量丰富,由此解释了寄主体表的生化基质是飞虱虫病霉成功侵染飞虱和桃蚜及寄主专化性形成的重要原因。即寄主体内外富含飞虱虫病霉孢子萌发并形成侵染性芽管的生化因子,而侵染性芽管的形成是成功致病的关键。

## 参 考 文 献

- [1] 冯明光,李增智. 虫霉菌及其利用. 见:陈一涛主编. 有害生物的微生物防治原理和技术. 湖北:湖北科学技术出版社,1995. 273~291.
- [2] Xu J H, Feng M G, Xu Q. *Entomol Sin*, 1999, **6**: 233~241.
- [3] 冯明光,徐均焕,许谦,等. 浙江农业大学学报, 1999, **25**: 225~228.
- [4] Xu J H, Feng M G. *Biol Contr*, 2000, **17**: 29~34.
- [5] Boucias D G, Pendland J C. Attachment of mycopathogens to cuticle: The initial event of mycosis in arthropod hosts. In: Cole G T, Hoch H C. The fungal spore and disease initiation in plants and animals. New York: Plenum Press, 1991. 101~127.
- [6] St Leger R J, Goettel M, Roberts D W, et al. *J Invertebr Pathol*, 1991, **57**: 146~147.
- [7] Dara S K, Semtner P J. *J Invertebr Pathol*, 1998, **72**: 112~118.
- [8] 利翠英,程振衡,苏德明. 昆虫生理与病理. 见:吴福桢主编. 中国农业百科全书(昆虫卷). 北京:农业出版社, 1990. 389~391.
- [9] Brey P T, Ohayon H, Lesourd M, et al. *Comp Bioch Physio*, 1985, **82**: 401~411.
- [10] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台. 北京:中国农业出版社, 1997. 145~173.
- [11] Brey P T, Latge J P. *J Invertebr Pathol*, 1986, **48**: 34~41.
- [12] Latge J P, Sampedro L, Brey P, et al. *J Gen Microb*, 1987, **133**: 1987~1997.
- [13] Kerwin J L. *Can J Microbiol*, 1984, **38**: 158~161.

## EFFECT OF VARIOUS SUBSTRATE NUTRIENT ON THE SPORE GERMINATION AND INFECTIVE GERM TUBE INDUCING OF *PANDORA DELPHACIS* \*

Xu Junhuan Feng Mingguang Liu Zhiqiang

(Institute of Microbiology, Zhejiang University, Huanzhou 310029, China)

**Abstract:** The influence of nutrients on spore germination of *P. delphacis* was investigated using amino acids, fatty acids, carbohydrates, vitamins, minerals, and extracts of aphids or planthoppers. It was found that the formation of germ tubes from primary conidia was significantly stimulated by cysteine, asparagine, behenic acid ( $C_{22:0}$ ), trehalose, fructose, glycerol, maltose, ascorbic acid, thiamine ( $VB_1$ ), Folic acid,  $ZnSO_4$ ,  $FeSO_4$  and extracts of aphids and planthoppers. Of these many could suppress the formation of secondary conidia from primary conidia, e. g., cysteine, behenic acid ( $C_{22:0}$ ), myristic acid ( $C_{14:0}$ ), palmitic acid ( $C_{16:0}$ ), stearic acid ( $C_{18:0}$ ), arachidic acid ( $C_{20:0}$ ), lignoceric acid ( $C_{24:0}$ ), ascorbic acid, thiamine ( $VB_1$ ), riboflavin ( $VB_2$ ), folic acid, nicotinic acid,  $ZnSO_4$ , and  $FeSO_4$ . However, the nutrients not conducive to the formation of germ tubes were stimulants to the formation of secondary conidia. These included tyrosine, alanine, glucose, galactose, sucrose, glycogen, inositol, pyridoxal ( $VB_6$ ), NaCl, and KCl. Moreover, nutrients including asparagine, trehalose, glycerol, maltose, fructose, thiamine ( $VB_1$ ), and folic acid stimulated the formation of both germ tubes and secondary conidia. The result above indicated that the substrate nutrients which can stimulate the formation of germ tubes were general in planthoppers and aphids, it means the formation of aggressive germ tubes was one of important factors of successful for infection to the hosts. Of which it confirmed that the host specificity for *P. delphacis* against *N. lungus* and *M. persicae*.

**Key words:** *Pandora delphacis*, Spore germination pattern, Substrates, Extracts of planthoppers and aphids host specificity

\* Project Granted by Chinese National Natural Science Fund(39870513)