

桃蚜迁飞性有翅蚜携带传播蚜虫病原真菌的证据

陈 春 冯明光*

(浙江大学微生物研究所, 杭州 310029. * 联系人, E-mail: mgfeng@cls.zju.edu.cn)

摘要 在自然隔离状态下, 从2001年10月下旬至2002年1月上旬逐日自空中诱集桃蚜(*Myzus persicae*)的迁飞性有翅蚜共计760头, 经室内单头饲养7 d, 有266头因真菌病害而死亡, 其中87.3%死于饲养的前3天. 引起有翅蚜死亡的病原菌绝大多数为虫霉, 占94.6%. 其余为球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*). 在虫霉引起的死亡中, 新蚜虫病霉(*Pandora neoaphidis*)占66.1%, 安徽虫瘟霉(*Zoophthora anhuiensis*)占22.6%, 普朗肯虫霉(*Entomophthoa planchoniana*)占9.7%, 弗雷生新接霉(*Neozygites fresenii*)占1.6%. 有2头有翅蚜尸系新蚜虫病霉分别与安徽虫瘟霉和弗雷生新接霉的复合感染所致. 这些结果是关于蚜虫病原真菌借有翅蚜迁飞而传播的证据.

关键词 桃蚜有翅蚜 迁飞 虫霉 球孢白僵菌 蚜病传播 初始侵染源

虫霉是诱发多种蚜虫流行病的重要病原因子, 在蚜虫种群自然控制中的作用举足轻重^[1~5]. 自然感染蚜虫的虫霉目真菌常见于新月霉科的耳霉属(*Conidiobolus*), 虫霉科的虫霉属(*Entomophthora*)、虫病霉属(*Pandora*)和虫瘟霉属(*Zoophthora*)以及新接霉科的新接霉属(*Neozygites*)^[6,7]. 影响这些病原真菌在蚜虫种群中流行的因素很多, 但在作物生长季节, 田间初始病原的存在与否是当季蚜虫是否遭受流行病控制的重要因素. 侵染蚜虫的虫霉有可能以休眠孢子的形式在土壤中越冬或在不利条件下存活, 这在暗孢耳霉(*C. obscurus*)、根虫瘟霉(*Z. radicans*)和弗雷生新接霉(*N. fresenii*)的研究中有所证实^[8~11]. 然而, 在田间系统调查中, 麦蚜总是在迁入春小麦上定殖后不久就发生虫霉感染并在当季蔓延成流行病^[2,3]. 在我国南方, 秋季新移栽的十字花科蔬菜植株上常见到被虫霉病致死的有翅型桃蚜(*Myzus persicae*), 随其后代的繁衍而逐渐成为流行病^[12]. 如此情形难以土壤中存在的休眠孢子为初始侵染源给予解释.

在常见的蚜虫病原真菌中, 普朗肯虫霉(*E. planchoniana*)虽有休眠孢子存在, 但主要以蚜尸中特化的菌丝体越冬^[13]. 新蚜虫病霉(*P. neoaphidis*)感染是全球蚜虫流行病的主要病因^[3,7,14], 迄今为止未发现休眠孢子. 该菌在蚜尸中以菌丝体的形态在0℃和相对湿度不超过50%的条件下可存活32周^[15]; 在晚秋苜蓿上采集的蚜尸中也发现了特化的菌丝体, 挂在户外灌丛中可顺利越冬, 但埋于积雪覆盖的土层中却因高湿度使蚜尸2周内便失去产孢和侵染能力^[16]. 显然, 上述2种专性蚜虫病原真菌的初始侵染

源存在着土壤以外的其他传播途径.

蚜虫是众所周知的迁飞性昆虫, 既可盘旋飞行而近距离扩散, 也可借风远距离迁飞^[17]. 蚜虫感染虫霉后通常经历4~6 d的病害潜伏期才死亡^[18,19], 而田间研究表明虫霉感染并无对蚜虫形态的偏好^[2]. 若被虫霉感染的孤雌胎生有翅蚜在病害潜伏期内仍能迁飞, 这显然成为病菌传播的可能途径. 最近, 一艘日本气象船在太平洋上空捕获到1145头稻飞虱, 从其中1头飞虱上分离出飞虱虫病霉(*P. delphacis*)^[20], 显示该菌随飞虱迁飞而传播的可能性. 由此, 我们提出虫霉借有翅蚜迁飞而异地传播并引发流行病的假设. 本文给出我们新近获得的桃蚜迁飞性有翅蚜携带传播多种病原真菌的证据.

1 材料与方法

(i) 迁飞性有翅蚜的诱捕. 在浙江大学华家池校区(约85 hm²)中心大楼的楼顶平台(约1500 m², 离地面约30 m)中央平铺2 m × 4 m黄色尼龙布作为诱蚜区, 其上按25 cm间距安放25株钵栽十字花科的油冬菜, 以诱集空中飞行的蚜虫降落. 楼顶上无任何其他植物, 大楼周围150 m以内为各式建筑物、花木、草坪和水面, 校园周围为繁华的商贸区和住宅区, 自然隔离条件良好. 钵栽用土壤全部高压灭菌消毒, 菜种用次氯酸消毒并拌杀菌剂, 以避免土壤中微生物对观察结果的影响. 钵栽蔬菜自出苗起每天上午定时逐株观察, 发现的有翅蚜全部当即采集, 植株上已产出的若蚜全部灭除.

(ii) 带病有翅蚜的确认. 将每天诱集的有翅蚜

带回实验室, 转入(23 ± 2)℃和 L : D = 12 : 12 的生长箱中的保湿培养皿内, 用菜叶单头饲养 7 d, 其间逐日观察记录有翅蚜的发病死亡情况. 死蚜逐一在体视镜下观察症状, 然后制片在光学显微镜下镜检病原真菌的有无及种类^[16]. 凡在饲养的 7 d 内死亡并镜检出典型蚜虫病原真菌的有翅蚜尸, 即被视为诱集前已经带病或被感染, 并由此估计不同旬期迁飞性有翅蚜的带病率.

2 结果和讨论

2.1 诱蚜量与带病率

有翅蚜的诱集始于 2001 年 10 月 21 日, 正值杭州秋季桃蚜迁飞期, 也是周边十字花科蔬菜受桃蚜危害的盛期; 终于 2002 年 1 月 8 日. 在历时 80 d 的诱集期间, 共获桃蚜类的有翅蚜 760 头, 其中 266 头在室内饲养期间发病死亡, 总带病率高达 35%. 各旬期的累积诱蚜量及带病率如图 1 所示. 在开始时的 10 月下旬, 诱蚜量为 151 头, 仅 3 头带病; 以 11 月中旬的诱蚜量最高, 达 326 头, 带病有翅蚜为 117 头. 迁飞有翅蚜的最高带病率(67.8%)出现在 12 月上旬, 此后 20 d 内虽然有翅蚜的带病率仍保持较高水平, 但绝对诱蚜量剧减. 一月上旬只诱得 3 头有翅蚜, 无一带病.

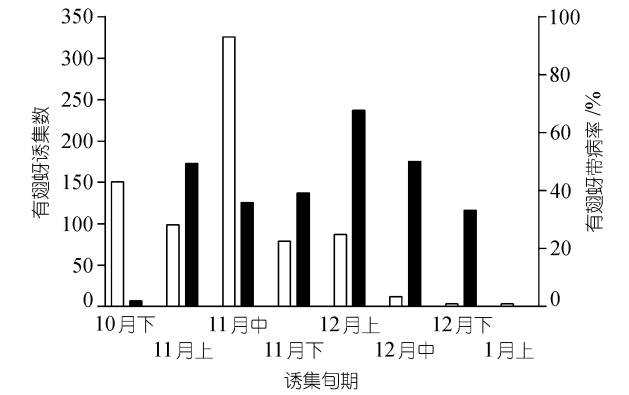


图 1 不同旬期自空中诱集的桃蚜有翅蚜数量(白)及其带病率(黑)

2.2 有翅蚜传带的病原种类及发生频率

对饲养中获得的有翅蚜尸进行病因鉴定, 结果表明, 全部为蚜虫病原真菌感染, 其中 94.4%系虫霉感染, 5.6%为丝孢类杀虫真菌球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)感染. 在虫霉引起的感染中, 新蚜虫病菌占

66.1%, 安徽虫瘟霉(*Z. anhuiensis*)占 22.6%, 普朗肯虫霉占 9.7%, 弗雷生新接霉占 1.6%. 在 2 头病死蚜尸中发现两种菌的复合感染现象, 系新蚜虫病菌分别与安徽虫瘟霉和弗雷生新接霉的复合感染. 球孢白僵菌被成功分离, 菌种保存于本实验室.

被诱捕有翅蚜在一周的室内饲养期间, 真菌感染引起的死亡全部发生在前 5 d, 其中前 3 d 占 87.3%(图 2). 由于蚜虫病原真菌的侵染潜伏期为 4~6 d^[18,19], 有翅蚜的死亡可以判定为捕获时已被感染, 说明空中飞行的有翅蚜具有带菌传病的能力.

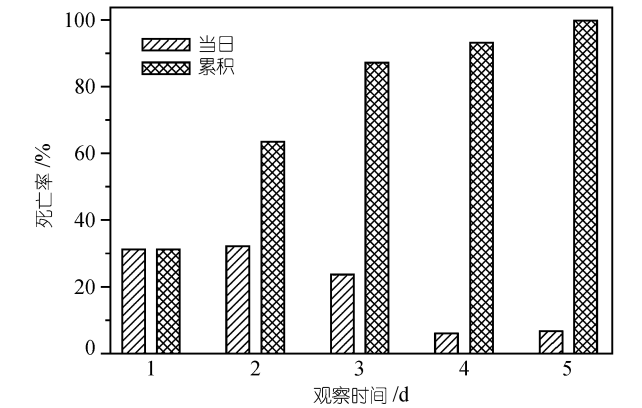


图 2 诱捕桃蚜有翅蚜饲养期间的死亡时序分布

2.3 蚜虫流行病借有翅蚜迁飞异地传播的意义

虫霉流行病在蚜虫种群的自然控制中扮演着极其重要的作用, 但以新蚜虫病菌为主要病因的流行病在田间往往具有突发性. 很多关于蚜虫流行病成因的研究都不能解释初始侵染体的来源, 而初始侵染体的来源恰恰是认识流行病成因的关键环节. 蚜虫大多有转主寄主, 为孤雌生殖且多型, 蚜虫迁飞是其转主或异地定殖建立种群的主要途径^[17,21]. 在国际上对蚜虫流行病的研究报道中, 人们只注意到田间蚜病流行与作物环境间的关系, 在流行病成因的分析上则众说纷纭, 从未考虑有翅蚜迁飞定殖因素对流行病形成的影响. 由于对初始侵染源认识上的偏差, 尤其土壤传病的观点^[8~11]根本无法解释无休眠孢子的新蚜虫病菌在世界各地的普遍流行, 致使蚜虫流行病的研究多年来停滞不前. 本研究结果表明, 迁飞性有翅蚜不仅能高比例地携带传播无休眠孢子的新蚜虫病菌, 也能传播有休眠孢子的虫瘟霉、虫霉和新接霉, 还能传播属于丝孢类昆虫病原真菌的白僵菌. 这是关于蚜虫病原真菌借有翅蚜迁飞而传播

的直接证据,充分说明蚜虫迁飞活动在蚜虫流行病形成中的重要作用,为深入研究和利用蚜虫流行病提供了新的思路.

本研究诱集的迁飞性带菌有翅蚜可视为我国南方秋冬季十字花科蔬菜上经常发生桃蚜流行病的初始侵染源. 其他作物上蚜虫(如麦蚜)的流行病也可能有相同的传播方式,因为诱发各种蚜虫流行病的虫霉病原因子不外乎虫疔霉、虫瘟霉、虫霉及新接霉等属,它们能被桃蚜的有翅蚜所携带,自然也可能被其他蚜种的有翅蚜所携带. 但这有待于更多的观察资料证实. 此外,本研究从空中诱集有翅蚜的实验设计只能说明所获有翅蚜是迁飞而来的,但不能道明其具体的迁飞距离,因而无法揭示带病有翅蚜能在多大范围内传播蚜虫的流行病. 这也有待于进一步的深入研究.

致谢 本研究为教育部“长江学者奖励计划”和国家自然科学基金(批准号: 30070514, 39870513)资助项目.

参 考 文 献

1 冯明光. 虫霉流行病及其对害虫种群的自然控制与利用. 中国虫生真菌研究与应用, 第 4 卷. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 6~17

2 Feng M G, Johnson J B, Halbert S E. Natural control of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) by entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Encyrtidae) on irrigated spring wheat in southwestern Idaho. Environ Entomol, 1991, 20: 1699~1710

3 Feng M G, Nowierski R M, Johnson J B, et al. Epizootics caused by entomophthoralean fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) in populations of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in irrigated small grains of southwestern Idaho, USA. J Appl Entomol, 1992, 113: 376~390

4 Pickering J, Dutcher D, Ekbohm B S. An epizootic caused by *Erynia neoaphidis* and *E. radicans* (Zygomycetes, Entomophthorales) on *Acyrtosiphon pisum* (Hom., Aphididae) on legumes under overhead irrigation. J Appl Entomol, 1989, 107: 331~333

5 Wilding N, Perry J N. Studies on *Entomophthora* in populations of *Aphis fabae* on field beans. Ann Appl Biol, 1980, 94: 367~378

6 Feng M G, Johnson J B, Kish L P. Survey of entomopathogenic fungi naturally infecting cereal aphids in irrigated cereal crops in southwestern Idaho. Environ Entomol, 1990, 19: 1534~1542

7 Humber R A. Synopsis of a revised classification for the Entomophthrales (Zygomycotina). Mycotaxon, 1989, 34: 441~460

8 Latteur G, Godefroid J. Trial of field treatments against cereal

aphids with mycelium of *Erynia neoaphidis* (Entomophthorales) produced *in vitro*. In: Ravalloro R, ed. Aphid Antagonists. Rotterdam: A A Balkema, 1983. 2~10

9 Latg  J P, Perry D, Papierok B, et al. Germination d'azygospore d'*Entomophthora obscura* Hall & Dunn, role du soil. C R Acad Sci Paris Ser D, 1978, 287: 946

10 Perry D F, R gn  re J. The role of fungal pathogens in spruce budworm population dynamics: frequency and temporal relationships. In: Samson R A, Vlcek J M, Peters D, eds. Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology. Wageningen, Netherlands, 1986. 167~170

11 Bitton S, Kennen R G, Ben-Ze'ev I. Zygospores overwintering and sporulative germination in *Triplosporium fresenii* (Entomophthoraceae) attacking *Aphis spiraeicola* on citrus in Israel. J Invertebr Pathol, 1979, 34: 295~302

12 冯明光, 李惠萍. 安徽虫瘟霉诱发的桃蚜流行病与流行模型. 生态学报, 2001, 21(10): 1607~1612

13 Keller S. Observation on the overwintering of *Entomophthora plachoniana*. J Invertebr Pathol, 1987, 50: 333~335

14 李增智. 中国真菌志, 第 13 卷, 虫霉目. 北京: 科学出版社, 2000. 1~168

15 Wilding N. The survival of *Entomophthoa* spp. in mummified aphids at different temperatures and humidities. J Invertebr Pathol, 1973, 21: 309~311

16 Feng M G, Nowierski R M, Klein R E, et al. Spherical hyphal bodies of *Pandora neoaphidis* (Remaudi re & Hennebert) Humber (Zygomycetes: Entomophthorales) on *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae): a potential overwintering form. Pan-Pac Entomol, 1992, 68: 100~104

17 Robert Y. Dispersion and migration. In: Minks A K, Harrewijn P, eds. Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control, Volume A. Amsterdam: Elsevier, 1987. 299~313

18 Feng M G, Johnson J B. Bioassay of four entomophthoralean fungi (Entomophthorales) against *Diuraphis noxia* and *Metopolophium dirhodum* (Homoptera: Aphididae). Environ Entomol, 1991, 20: 338~345

19 Feng M G, Liu C L, Xu J H, et al. Modeling and biological implication of the time-dose-mortality data for the entomophthoralean fungus, *Zoophthora anhuiensis* on the green peach aphid, *Myzus persicae*. J Invertebr Pathol, 1998, 72: 246~251

20 Matsui T, Sato H, Shimazu M. Isolation of an entomogenous fungus, *Erynia delphacis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae), from migratory planthoppers collected over the Pacific Ocean. Appl Entomol Zool, 1998, 33: 545~549

21 Blackman R L, Eastop V F. Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide. New York: John Wiley & Sons, 1984. 1~466

(2002-04-02 收稿, 2002-07-08 收修改稿)