

泰安郊区小麦田蚜虫两类天敌发生 与流行的初步研究*

李 伟^{1,2}, 王红托², 宣维健², 盛承发^{2**}

(1. 中国海洋大学海洋生命学院, 青岛 266003; 2. 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害
综合治理国家重点实验室, 北京 100080)

摘要 对泰安郊区小麦田蚜虫病原真菌和寄生蜂的发生情况进行了2年的调查,探讨了天敌的发生与气候因子和生物因素的关系。结果显示:麦蚜真菌病的发生水平与温度和降雨量成显著的正相关关系,与蚜虫密度成极显著的负相关。寄生蜂的寄生率与温度成极显著的正相关,而与蚜虫密度、相对湿度和降雨量均成显著的负相关。定量地描述了感菌有翅蚜在整个真菌病发生期间所发挥的作用。

关键词 麦蚜; 病原真菌; 寄生蜂; 发生; 流行

中图分类号 S 435.122.2; S 476.3; S 476.12

A preliminary study on the occurrence and epizootics of two natural enemies of cereal aphids in Tai'an

Li Wei^{1,2}, Wang Hongtuo², Xuan Weijian², Sheng Chengfa²

(1. College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract Based on two years' survey on the occurrence and epizootics of two natural enemies of cereal aphids, entomophthoralean fungi and hymenopterous parasitoids, the relationship between the natural enemies and weather conditions and biological factors were presented in this paper. Fungal infection was positively related to temperature and rainfall significantly, but negatively related to aphid density. Significant negative correlation between the mortality caused by parasitoids and aphid density, relative RH and rainfall were found. But the occurrence of parasitoids was positively related to temperature. Meanwhile, the important role of the alatae infected with fungi during epizootics was quantitatively described.

Key words wheat aphid; pathogenic fungi; parasitoid; occurrence; epizootic

国外众多的研究表明,虫霉目真菌可以导致小麦田蚜虫种群数量的快速下降,有的学者甚至认为,处于密度高峰期的小麦蚜虫种群的下降,75%归因于真菌疾病的控制作用,所以病原真菌被认为是调控蚜虫种群动态变动的关键因子^[1-4]。

然而,我国关于小麦田蚜虫真菌流行病的研究资料相当缺乏。王习文等报道,山东省高密县小麦

田的麦长管蚜[*Macrosiphum miscanthi* Takahashi]约有5.95%的种群个体感染虫霉菌死亡。陆文华等发现,块状耳霉(*Conidiobolus thromboides* Drechsler)和新蚜虫病霉[*Pandora neoaphidis* (Remaudière & Hennebert) Humber]可以诱发田间麦蚜真菌流行病^[5]。这些研究并未就麦蚜真菌流行病与环境因子和其他生物因素(蚜虫寄主密度、寄

收稿日期: 2007-08-23

基金项目: 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理国家重点实验室开放课题(ChineseIPM0705);中国海洋大学引进人才科研启动基金(1203-814084)

* 致谢: 感谢中国科学院动物研究所朱朝东博士帮助鉴定寄生蜂种类。

** 通讯作者: E-mail: shengcf@ioz.ac.cn

生蜂)之间的相互关系做深入探讨,极大限制了人为调节自然天敌对蚜虫实施有效的控制。为此,作者对泰安郊区小麦田蚜虫病原真菌和寄生蜂的自然发生情况开展了两年的调查,探讨了影响两类天敌发生的环境因子与生物因素,并比较了小麦穗与叶秆部位蚜虫真菌病和寄生蜂发生的异同。

1 材料与方法

田间调查:在泰安郊区选择3块小麦田(宅子、范家庄和上家寨),每块面积为0.5~1.0 hm²,全部为生长季节不喷施农药的地块。2003年和2004年4月初,仅对麦田抽查,待到发现田间有感菌蚜虫出现时,即对所有地块展开详细调查。在距离每个地块边缘5 m的位置,采取“Z”字形随机取样,选取5~10个点,每点抽查5~15个蘖株(随蚜虫多寡而定),共抽查40~109个蘖株(2004年范家庄4月28日和5月19日仅分别取样28个蘖株和16个蘖株)。穗部和叶秆部单独计算蚜虫密度、感菌蚜虫、僵蚜数量等统计量,用于比较两个部位的差异。蚜虫虫霉菌的鉴定依据李增智的方法^[6]。查虫尸、僵蚜数量和计算感病率、寄生率的方法同Feng等^[3-4]。调查的时间间隔为4~7 d。

气象数据:从泰安气象局设立在旧镇结庄村的一个气象站(距离最远的一个调查地点2 500 m)获得,同时用温湿度自动记录仪(台湾产CENTER-313)记录被调查地块的田间小气候状况。

数据处理:平均温度、平均相对湿度、降雨量等环境因子均为两次调查时间间隔内的平均数据。所得数据进行如下转换:感病率和寄生率经反正弦平方根转换;蚜虫密度经 $\lg(x+1)$ 对数转换。对感病率、寄生率与寄主密度、环境因子如平均温度、平均相对湿度、降雨量等进行Pearson相关分析和多元线性回归方程的模拟(与第一次田间调查相对应的环境因子数据取调查前5 d的平均值),显著性检验采用相关样本的非参数检验方法Wilcoxon Signed Ranks Test(SPSS10.0)。

2 结果与分析

2.1 麦蚜发生情况

2003年小麦田蚜虫在5月上旬数量缓慢增长,5月中旬以后田间蚜虫数量进入快速增长期(图1a、b、c),6月初随着小麦成熟,麦蚜大量迁飞到周围作

物田或地边杂草上。5月中旬以后,麦蚜的发生主要集中在穗部,蚜虫数量显著地多于叶秆部($p < 0.01, n=18$)。麦长管蚜为优势种,数量明显多于禾谷缢管蚜[*Rhopalosiphum padi* (L.)]。

2004年蚜虫发生时间早于2003年,但发生数量远远小于2003年,5月上旬蚜虫密度在经历了一个小幅度的上升后迅速下降(图2a、b、c)。5月中旬以后,蚜虫数量迅速减少,5月26日以后,田间难以见到蚜虫。这种现象的出现主要是由于小麦植株成熟期提前,导致蚜虫大量迁飞。另外,作者发现穗部与叶秆部的麦长管蚜数量无显著性差异($p=0.75, n=12$)。禾谷缢管蚜的发生量明显小于2003年,特别在小麦穗部,数量更为稀少。

2.2 蚜虫病原真菌和寄生蜂种类

共检查656头蚜虫虫尸,感染麦蚜的病原真菌有5种,均为虫霉目真菌,分别是:诺氏虫病霉[*Pandora noursyi* (Remaudière & Hennebert) Humber](276头)、新蚜虫病霉(200头)、普朗肯虫霉(*Entomophthora planchoniana* Cornu)(48头)、块状耳霉(8头)和暗孢耳霉(*Conidiobolus obscurus*)(2头)。其他为多种虫霉菌混生的蚜虫尸体(122头),其中诺氏虫病霉和新蚜虫病霉混生的蚜虫个体为86头。诺氏虫病霉和新蚜虫病霉是优势种,被这2种病原真菌感染的麦蚜占总感菌蚜虫85.67%(不包括这2种虫霉与其他病原真菌的混生蚜虫个体)。普朗肯虫霉也是麦蚜重要的病原真菌,感染比例约为7.32%。

133头从僵蚜中孵出的寄生蜂共鉴定出4个种类,2种初寄生蜂:燕麦蚜茧蜂(*Aphidius avenae* Haliday)(96头)和烟蚜茧蜂(*A. gifuensis* Ashmead)(35头),2种重寄生蜂:蚜虫宽缘金小蜂[*Pachyneuron aphidis* (Bouche)](1头)和食蚜蝇跳小蜂[*Syrphophagus aphidivorus* (Mayr)](1头)。燕麦蚜茧蜂占总数的72.18%,是优势种。

2.3 两类麦蚜天敌发生与流行的特点及其影响因子

2.3.1 病原真菌发生与流行特点

2003年5月16日首先在上家寨的小麦田中发现感菌麦长管蚜,全部为有翅蚜(图1c)。5月下旬,田间感菌麦蚜数量迅速增加,6月初最后一次调查时,单株蚜虫虫尸数量达到最多,如6月2日宅子麦田平均单蘖株蚜尸22.68头。2003年由于小麦穗部蚜虫密度较大,有利于病原真菌在蚜虫种群中的扩散,导致穗部感病率显著地高于叶秆部($p=0.03$,

$n=18$)。

2004年病原真菌在麦蚜种群中出现早于2003年,4月底就有零星的发生(图1d、e、f)。5月上旬病原真菌在麦蚜种群扩散较快,下旬以后全部地块的感病率均超过40%。麦长管蚜在穗部的感病率与叶秆部无显著性差异($p=0.24, n=12$)。

2.3.2 感菌有翅蚜对真菌流行病的影响

在麦蚜真菌病发生初期,田间发现的感菌蚜虫

绝大多数为有翅蚜,有的地块甚至全部为有翅蚜。2003年上家寨和宅子2个地块,2004年范家庄地块(图1a、c、e)。相关分析表明,感病率与感菌有翅蚜比例成极显著的负相关($p<0.01, n=27$)。感菌有翅蚜的迁飞为麦田蚜虫真菌病的发生提供了大量的初始菌源,随着病原真菌在无翅麦蚜种群中的迅速扩散,感菌的无翅蚜增多,导致感菌有翅蚜比例下降。

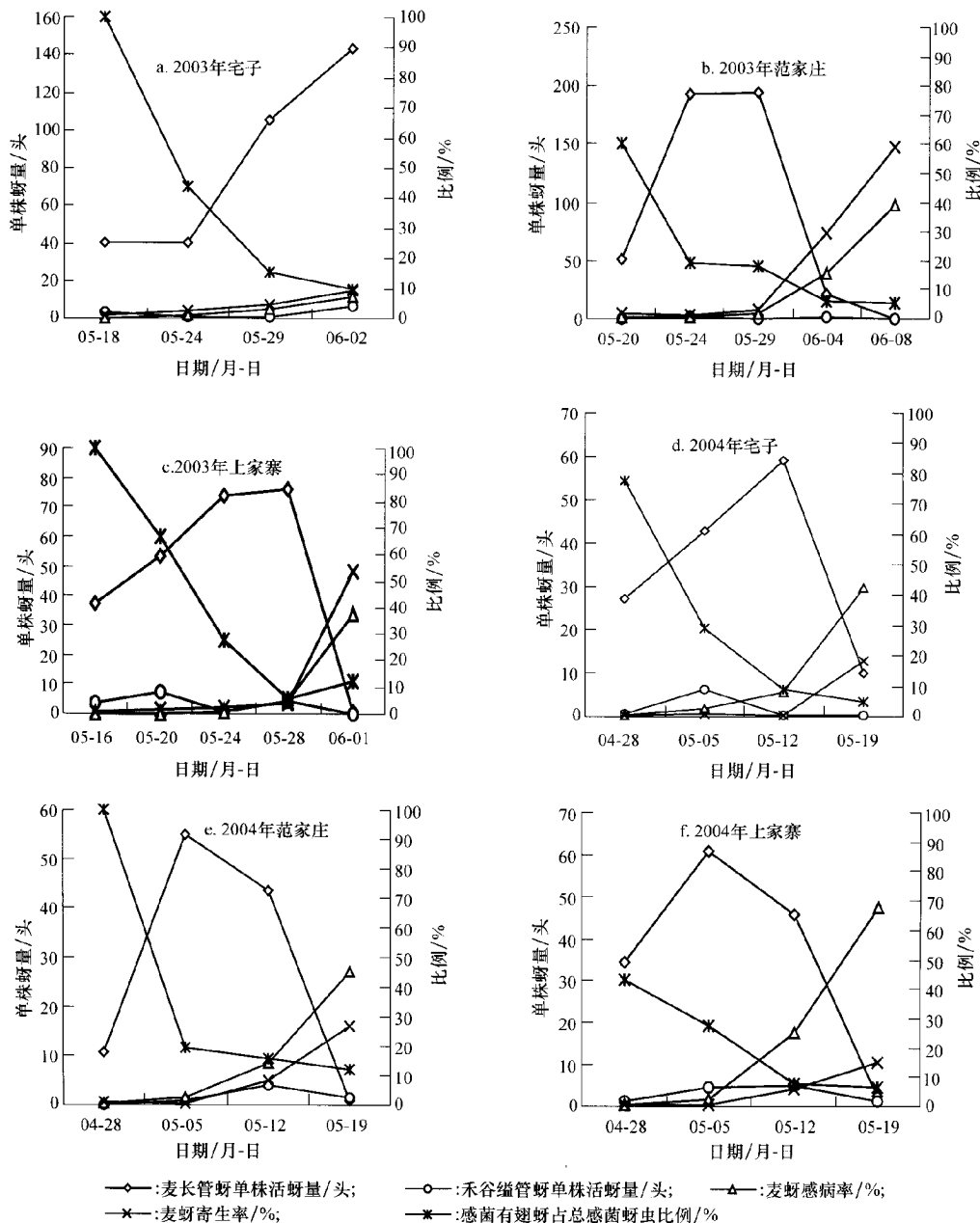


图1 2003—2004年泰安郊区麦田蚜虫及两类天敌的消长情况

2.3.3 影响真菌病流行的因素

相关分析与回归分析均表明(表1),感病率与蚜虫密度呈极显著的负相关关系($p<0.01$),与温度成极显著的正相关($p=0.01$),与降雨量成显著的正相关($p=0.03$),而与大气相对湿度相关性不显著($p=0.05$)。田间浇水能显著提高田间真菌病的发生水平。2003年5月中下旬由于雨量少,大多数田块在5月18日采取浇水措施以满足小麦对水分的需求,7d后所有地块的感菌水平有明显地提高。2004年5月份雨量较多,且分布比较均匀(图2),对真菌病的流行十分有利,田间感菌水平显著高于寄生水平($p=0.01, n=12$)。

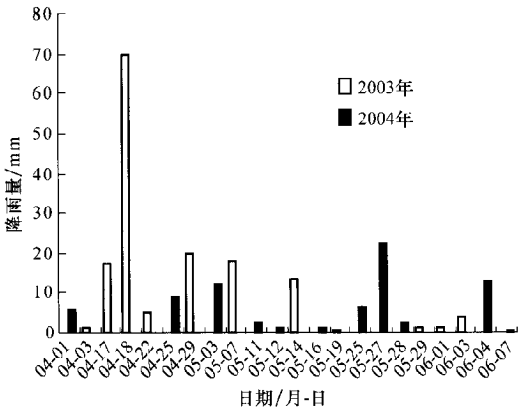


图2 2003—2004年蚜虫病原真菌发生期间降雨情况

2.3.4 寄生蜂的发生情况及影响因子

2003年寄生蜂的寄生水平显著地高于病原真菌的感病水平(图1a、b、c, $p<0.01, n=18$)。2004年由于雨水较多,不利于寄生蜂的发生,但促进了病原真菌的流行,导致田间寄生水平低于感病水平(图1d、e、f)。经显著性检验表明,2003年($p=0.45, n=18$)和2004年($p=0.35, n=12$)穗部麦长管蚜的寄生水平与叶秆部均无差异,说明寄生蜂在麦田搜索蚜虫寄主的能力不会因为蚜虫寄主所处的位置以及密度大小的不同而受到影响。相关分析和回归分析表明(表1),寄生率与温度成极显著的正相关,而与虫口密度和降雨量成极显著的负相关,说明温度的上升能提高寄生水平,降雨抑制寄生。

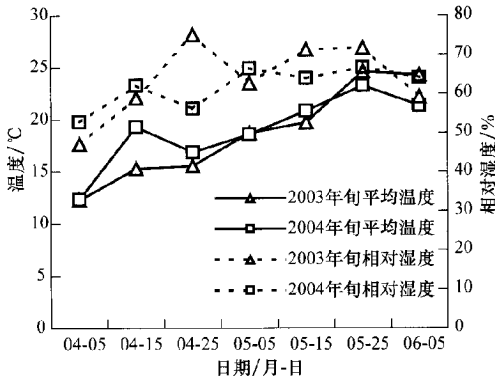


图3 2003—2004年蚜虫病原真菌发生期间温湿度情况

表1 小麦田蚜虫两类天敌的发生情况与生物因子和环境因素之间的相关分析¹⁾

天敌种类	常数项及独立变量	多元回归			相关分析	
		方程系数	标准误	p 值	系数	p 值
虫霉菌 (判定系数 $R^2=0.607$ 回归检验 $F=9.645$ Sig. = 0)	常数项	0.367	0.448	0.421	—	—
	蚜虫密度	-0.295	0.073	0	-0.684**	0
	温度	0.022	0.017	0.205	0.471**	0.009
	相对湿度	-0.103	0.551	0.853	-0.359	0.052
	降雨量	-0.009	0.010	0.378	-0.403*	0.027
寄生蜂 (判定系数 $R^2=0.901$ 回归检验 $F=57.09$ Sig. = 0)	常数项	-0.118	0.191	0.542	—	—
	蚜虫密度	-0.231	0.031	0	-0.748**	0
	温度	0.050	0.007	0	-0.698**	0
	相对湿度	-0.468	0.234	0.057	-0.430*	0.018
	降雨量	0.002	0.004	0.575	-0.473**	0.008

1) *表示在0.05水平上差异显著,**表示在0.01水平上差异显著。

3 结论与讨论

病原真菌和寄生蜂是泰安地区小麦蚜虫的重要天敌,对蚜虫控制作用的强弱会因年份不同而发生

变化。2003年麦蚜发生期间降雨较少,温度高,有利于寄生蜂繁殖,寄生蜂对蚜虫的控制作用明显强于病原真菌;2004年降雨较多,且分布较为均匀,适合真菌病的发展,感菌水平高于寄生水平。此外,捕

食性天敌如瓢虫、蜘蛛等对蚜虫数量起到一定的控制作用。

陆文华等认为小麦田蚜虫真菌病的发生不依赖于大气中的湿度^[5]。Feng 等研究发现麦田蚜虫真菌病的发生与气候因子的相关性较弱^[3]。本研究也表明,相对湿度与真菌的感染水平无显著的相关性,但温度与降雨量均能在一定程度上影响真菌病的发生。通过测量田间小麦田内部的相对湿度发现,植株间的相对湿度远远高于大气中的相对湿度,在炎热的中午,大气相对湿度仅为 30% 左右,而植株间的相对湿度则可能达到 90% 以上。大气与植株间相对湿度的巨大差别是产生上述结论的主要原因。

寄主密度与聚集程度在调控真菌流行病的发展过程中发挥着重要的作用^[7]。2003 年小麦穗部麦长管蚜密度显著高于叶秆部,此时穗部感病率显著高于叶秆部。2004 年穗部麦长管蚜密度与叶秆部无差异,同时这两个不同部位的感病率也无显著差异,表明穗部和叶秆部的感病率差异很大程度上取决于两者蚜虫密度的差异。与病原真菌不同是,穗部的寄生水平与叶秆部无显著差异,说明寄生蜂的寄生水平没有因为蚜虫密度和所处位置的不同而受到影响。

带菌蚜虫的长距离迁飞和地块间的短距离移动对蚜虫真菌病的发生与流行产生重要的影响^[8-10]。调查发现,在麦蚜真菌病发生初期,田间发现的感菌蚜虫绝大多数为有翅蚜,有的地块甚至全部为有翅蚜,如 2003 年上家寨和宅子 2 个地块,2004 年范家庄地块。说明迁飞的感菌有翅蚜为小麦田蚜虫真菌病的发生与流行提供了初始菌源,是麦田蚜虫真菌病流行的“引子”。虽然土壤可以为病原真菌提供很好的越冬场所,感染了新蚜虫病菌的麦长管蚜和甘蓝蚜 [*Brevicoryne brassicae* (L.)] 蚜虫虫尸被放置在土壤中,在 5℃ 下保存 64 d 后仍具有感染活蚜的能力^[11]。但是,田间的实际情况是:随着小麦的收割,大量附着在小麦植株上的感菌虫尸被转移出地块;从 6 月初小麦收割到 10 月中旬下茬小麦出苗,时间跨度长达 5 个月,期间要经历干燥炎热的夏季;

小麦播种前要进行翻地,少量散落在土壤中的感病虫尸被掩埋,降低了病原真菌与敏感蚜虫接触的机会。因此,对于我国小麦田生态系统,作者认为土壤中存在的病原真菌对最初的诱导田间蚜虫发病起很小的作用。

参考文献

- [1] Plantegenest M, Pierre J S, Deryver C A, et al. Assessment of the relative impact of different natural enemies on population dynamics of the grain aphid *Sitobion avenae* in the field[J]. Ecol Entomol, 2001, 26: 404 - 410.
- [2] Deang J W, Wilding N. *Entomophthora* infecting the cereal aphids *Metapphophium dirhodum* and *Sitobion avenae*[J]. J Invertebr Pathol, 1971, 18: 169 - 176.
- [3] 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[J]. Environ Entomol, 1991, 20(6): 1699 - 1710.
- [4] Feng M G, Nowierski R M, Johnson J B, et al. Epizootics caused by entomophthoralean fungi (Zygomycetes, Entomophthorales) in populations of cereal aphids (Hom., Aphididae) in irrigated small grains of southwestern Idaho, USA[J]. J Appl Entomol, 1992, 113: 376 - 390.
- [5] 陆文华,王未名,赵 瑾. 蚜虫的几种虫霉流行病初探[C]//中国虫生真菌研究与应用(第 1 卷). 北京: 学术期刊出版社, 1988: 168 - 171.
- [6] 李增智. 中国真菌志[M]. 第 13 卷虫霉目. 北京: 科学出版社, 2000: 3 - 25.
- [7] Hajek A E, St Leger R J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts[J]. Ann Rev Entomol, 1994, 39: 293 - 322.
- [8] 陈 春,冯明光. 有翅蚜携带病原真菌长距离迁飞的证据[J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1332 - 1334.
- [9] Chen C, Feng M G. *Sitobion avenae* alatae infected by *Pandora neoaphidis*: their flight ability, post-flight colonization, and mycosis transmission to progeny colonies [J]. J Invertebr Pathol, 2004, 86: 117 - 123.
- [10] 李 伟,王秀芳,李照会,等. 山东省常见虫霉目真菌调查[J]. 昆虫知识, 2004, 41(4): 350 - 354.
- [11] Nielsen C, Hajek A E, Humber R A, et al. Soil as an environment for winter survival of aphid-pathogenic Entomophthorales [J]. Biol Control, 2003, 28: 92 - 100.