

应用罩笼法定量评价天敌对麦蚜的控害作用*

于汉龙^{1,2**} 李林懋¹ 张思聪¹ 于毅¹ 张安盛¹ 李丽莉¹ 周仙红¹
庄乾营¹ 门兴元^{1***} 叶保华^{2***}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 济南 250100;

2. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018)

摘要 【目的】定量分析麦田自然天敌对麦蚜的控制作用。【方法】系统调查和罩笼接虫法。【结果】龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Thunberg 是麦蚜的主要天敌。在麦蚜发生平稳期、盛发期、消退期, 自然天敌对麦蚜有稳定的控制作用, 控害指数分别为 35%、42% 和 32%。【结论】在制定麦蚜的防治策略时, 应充分考虑自然天敌的控害作用, 加强对自然天敌的保护利用。

关键词 麦蚜, 自然天敌, 龟纹瓢虫, 控害指数

Effect of suppression of natural enemies on wheat aphids using enclosures in wheat fields

YU Han-Long^{1,2**} LI Lin-Mao¹ ZHANG Si-Cong¹ YU Yi¹ ZHANG An-Sheng¹ LI Li-Li¹
ZHOU Xian-Hong¹ ZHUANG Qian-Ying¹ MEN Xing-Yuan^{1***} YE Bao-Hua^{2***}

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Plant Virology, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract [Objectives] To evaluate the effects of suppressing the natural enemies of wheat aphids. [Methods] Systematic investigation and enclosures. [Results] The results indicate that *Propylaea japonica* Thunberg was the most dominant natural enemy of wheat aphids. Natural enemies could effectively suppress the population of wheat aphids; achieving biocontrol services indices of 35%, 42% and 32% during the aphid population's steady period, peak period and decline period, respectively. [Conclusion] The suppression of wheat aphids by natural enemies should be considered as part of the overall wheat aphid control strategy.

Key words wheat aphid, natural enemy, *Propylaea japonica*, biocontrol services index

麦蚜是一种世界性害虫, 在我国分布于山东、河南、安徽等主要麦区(国伟和沈佐锐, 2004), 麦蚜通过刺吸小麦穗、茎和叶为害, 同时传播小麦黄矮病毒病等病害(王锡锋等, 2010), 每年造成的小麦减产十分严重(郭予元等, 1988; 杨益众等, 1995; 曲耀训等, 1997)。麦蚜的防治主要采用化学防治, 化学农药频繁施用往往引起农药残留污染、害虫抗药性和害虫再

猖獗等一系列问题。小麦作为世界上分布最广泛、播种面积最大的粮食作物, 化学杀虫剂的大量使用不仅会直接影响其食用安全, 而且会引起大面积的污染, 因此合理利用自然天敌控制麦蚜, 减少化学药剂的使用量, 对于小麦安全生产和环境安全均具有重要意义。

自然天敌对害虫的控制作用评价是合理利用自然天敌控害功能的重要前提。自然天敌对害

* 资助项目: 国家自然科学基金重点项目(31030012)和公益性行业项目(201303024)

**E-mail: anquandejia2364@sina.com

***通讯作者, E-mail: menxy2000@hotmail.com; baohua@sdaa.edu.cn

收稿日期: 2013-10-08, 接受日期: 2013-00-00

虫控害作用评价方法主要有室内功能反应、田间生命表、ELISA 法、生态能量分析法、害虫与天敌的种群时空关系分析等(邹运鼎, 1997; 戈峰, 2008), 国内关于麦蚜天敌的控害作用应用这些方法进行了大量研究(章炳旺和邹运鼎, 1990; 胡冠芳, 1992; 田正仁和刘万仁, 1998; 高孝华等, 2000; 孙福来等, 2005; 任月萍和刘生祥, 2006; 吕文彦等, 2010; 赵紫华等, 2012)。尽管通过田间种群动态和群落调查, 可以定性分析天敌与害虫的跟随作用等时空关系, 但无法定量分析天敌的控害作用; 通过室内捕食功能分析虽然能够定量评价天敌对害虫的捕食能力, 但其结果往往不能反映天敌田间的实际控害作用情况。

罩笼接虫法就是通过人工接入相同数量的目标害虫一段时间后, 比较罩笼处理和开放处理中害虫种群数量, 评价天敌控害作用的方法。其中, 罩笼处理笼架全部用网罩罩住, 阻止天敌的自由通过, 罩笼后清除所有天敌。开放处理的笼架仅顶部用网罩罩住, 其余开放让自然天敌自由通过。Fox 等(2004) 通过罩笼接虫法成功地评价了大豆田自然天敌对豆蚜的控制作用, 该方法操作简单, 结果直观。Gardiner 等(2009) 利用这一方法研究发现农田景观多样性能够增加美国中北部自然天敌对豆蚜的控制作用。本研究尝试通过罩笼接虫法, 定量研究麦田自然天敌对麦蚜的控害作用, 为合理利用麦田自然天敌的控害作用, 制定麦田害虫综合防治策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及供试虫源

试验于 2013 年 4 月至 6 月在山东省农业科学院植物保护研究所试验田完成(36°43'9.64"N, 117°07'8.29"E)。试验用麦蚜采自试验麦田, 试验麦田不施用任何杀虫剂, 其他按照常规农事操作管理。

1.2 研究方法

试验主要包括系统调查与罩笼接虫试验两部分。通过麦田主要害虫和自然天敌的种类和种

群调查, 分析自然天敌与麦蚜的种群数量动态, 确定麦蚜主要天敌的种类; 通过罩笼接虫试验, 定量评价自然天敌不同时期的控害作用。

1.2.1 系统调查 从 4 月到 6 月进行系统调查, 调查田面积 667 m², 设置 5 个小区(每个小区 133 m²) 为 5 个重复, 每个小区用随机五点取样的方法, 每点面积 1 m², 每 3 d 调查 1 次, 记录所有害虫和天敌的种类和数量。

1.2.2 罩笼试验 罩笼的制作和设置参考 Fox 等(2004)。实验所用罩笼框架由 PVC 管材焊接而成, 笼架为 1 m×1 m×1.5 m(长×宽×高), 网为 60 目。其中, 封闭的笼子用网罩全部罩住; 开放时, 笼架顶部用 1 m×1 m×0.6 m 笼罩罩住, 让自然天敌自由通过, 同时减少封闭处理和开放处理的温度、湿度差异以及罩笼对作物生长影响差异。每个罩笼处理的小麦面积为 1 m²。

罩笼试验田面积 667 m², 在小麦返青期(4 月 28 日) 开始罩笼接虫试验, 试验田中随机选取 1 m² 的长势整齐小麦进行罩笼, 罩笼后即清除笼内所有天敌和害虫, 然后进行接虫, 用毛笔将大小体型相似的成蚜均匀接到笼罩内小麦嫩叶上。每个笼罩接入 10 头蚜虫, 控制初始蚜虫数量相同, 保证在相同的初始条件下进行试验。

试验共设 8 个处理, 分别为①一直罩笼; ②一直开放; ③罩笼 10 d 后开放; ④罩笼 20 d 后开放; ⑤罩笼 30 d 后开放; ⑥开放 10 d 后罩笼; ⑦开放 20 d 后罩笼; ⑧开放 30 d 后罩笼。每个处理 5 次重复。每 3 d 调查 1 次, 记录各重复上的蚜虫的数量、天敌的种类及其数量。

1.3 数据分析

优势度计算公式为: $D=N_i/N$,

其中, N_i 为第 i 种的个体数; N 为功能团全部物种的个体数。

控害指数(Biocontrol services index, BSI) 计算公式为: $BSI=(A_c-A_o)/A_c$,

其中, A_c 表示调查时间点罩笼处理内的蚜虫数量的平均值; A_o 表示调查时间点开放处理内的蚜虫数量的平均值。

2 结果与分析

2.1 麦蚜主要天敌

田间天敌种类的调查结果表明:麦蚜的天敌主要有龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Thunberg、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas、黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* De Geer 等。麦蚜发生的前中后三个时期优势天敌均为龟纹瓢虫,其优势度均在 70%以上,5 月中旬高达 94% (表 1)。

2.2 麦蚜种群与龟纹瓢虫种群田间发生动态

通过对调查数据的分析得出,麦蚜的数量总体呈现先上升后下降的趋势,整个发生过程可以分为平稳期、盛发期和消退期 3 个阶段。

从 4 月 28 日开始调查麦蚜种群到 5 月 10 日麦蚜处于平稳期,种群变化不大;5 月 10 日到 5 月 17 日麦蚜处于盛发期,5 月 10 日到 5 月 13 日麦蚜种群急剧增加,5 月 13 日达到最高峰 (81.8 头/m²),5 月 17 日后麦蚜处于消退期,数量开始下降。5 月 31 日蚜虫种群基本消失。龟纹瓢虫的田间发生动态显示,龟纹瓢虫种群数量有明显的跟随现象,前期麦蚜数量很少,龟纹瓢虫的数量也很少,麦蚜进入发生高峰期后龟纹瓢虫跟随麦蚜随后也进入发生高峰期,当麦蚜数量开始减少时龟纹瓢虫数量也开始减少,龟纹瓢虫发生高峰滞后于麦蚜的发生高峰约 3 d (图 1)。

表 1 不同时期自然天敌的优势度

Table 1 Dominance of natural enemies in different periods

日期 (月.日) Date (month.day)	龟纹瓢虫 <i>Propylaea japonica</i>	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	黑带食蚜蝇 <i>Episyrphus balteatus</i>	蜘蛛 Araneae
4.28-5.7	0.71	0.14	0.11	0.04
5.10-5.17	0.94	0.06	0.00	0.00
5.21-5.28	0.90	0.10	0.00	0.00

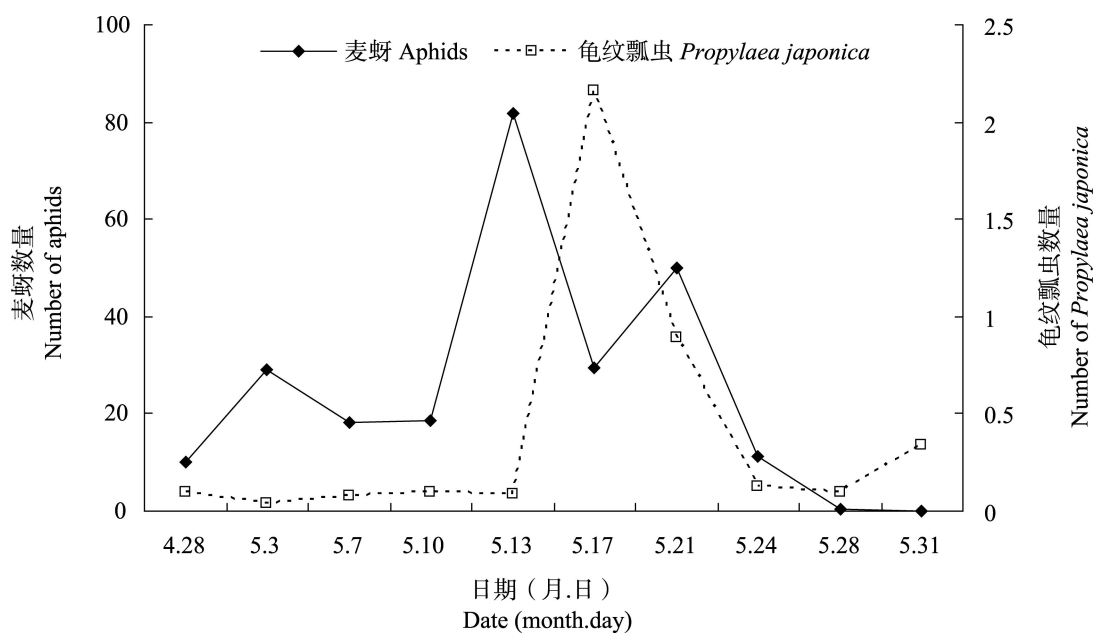


图 1 麦蚜与龟纹瓢虫发生动态

Fig. 1 Population dynamics of wheat aphid and *Propylaea japonica*

进一步分析龟纹瓢虫与麦蚜的益害比发现, 在 4 月 28 日到 5 月 13 日益害比较平稳, 数值较小, 益害比均在 1 : 100 之下; 在麦蚜盛发期益害比增加很快, 在 5 月 17 日益害比达到最大值, 约为 8 : 100 ; 在 5 月 17 日后益害比开始下降 (图 2)。

2.3 罩笼试验

罩笼 10 d 后开放处理, 蚜虫数量继续增加, 但增加速度低于罩笼处理; 5 月 13 日和 5 月 17 日麦蚜数量低于罩笼处理。5 月 17 日后蚜虫数量有所反弹, 5 月 21 日后数量开始下降 5 月末蚜虫基本消失 (图 3); 罩笼 20 d 后开放处理, 5 月 17 日开启罩笼后, 与罩笼相比蚜虫数量没有下降, 突然上升, 高于罩笼处理, 很快蚜虫数

量下降; 罩笼 30 d 开笼, 与一直罩笼处理的基本相同 (图 3)。

对于先开放再罩笼的处理分析得出, 10 d (5 月 7 日) 罩笼后蚜虫数量上升而且整个发生过程数量基本比其他的处理要多 (图 4)。20 d (5 月 17 日) 和 30 d 罩笼后, 麦蚜数量与一直开放处理的没有显著性差异。

2.4 自然天敌控害作用

在初始蚜虫数量相同的条件下计算了平稳期 (5 月 7 日)、盛发期 (5 月 17 日)、消退期 (5 月 28 日) 的 BSI 和益害比 (表 2)。结果表明: 在 5 月 7 日麦蚜增长较平缓的时期自然天敌

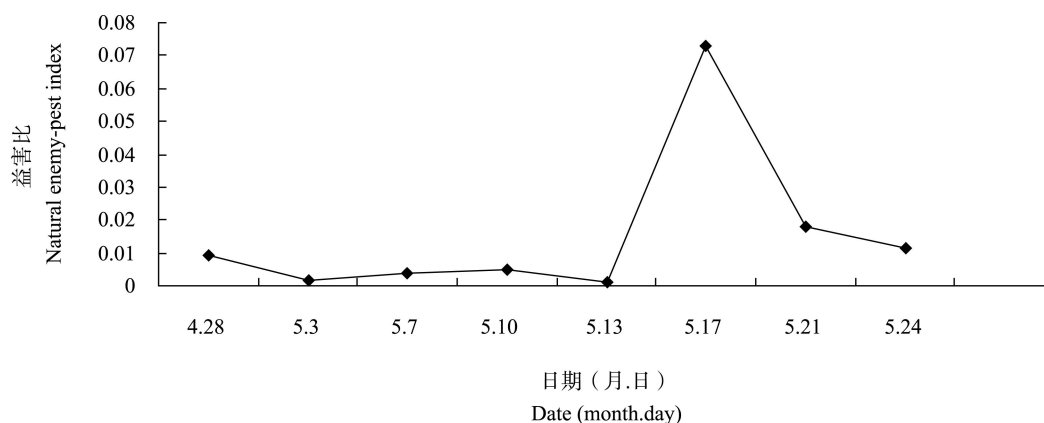


图 2 麦田益害比动态

Fig. 2 Dynamics of natural enemy-pest index in wheat fields

* 资助项目: 国家自然科学基金重点项目 (31030012) 和公益性行业项目 (201303024)

**E-mail: anquandejia2364@sina.com

***通讯作者, E-mail: menxy2000@hotmail.com; baohua@sdaa.edu.cn

收稿日期: 2013-10-08, 接受日期: 2013-00-00

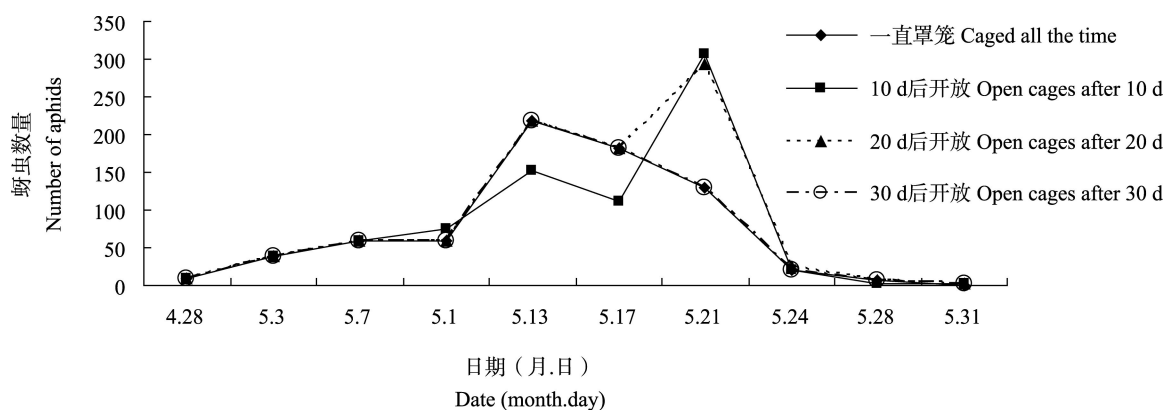


图 3 在不同时间打开罩笼处理麦蚜种群动态

Fig. 3 Dynamics of wheat aphids opened at different times

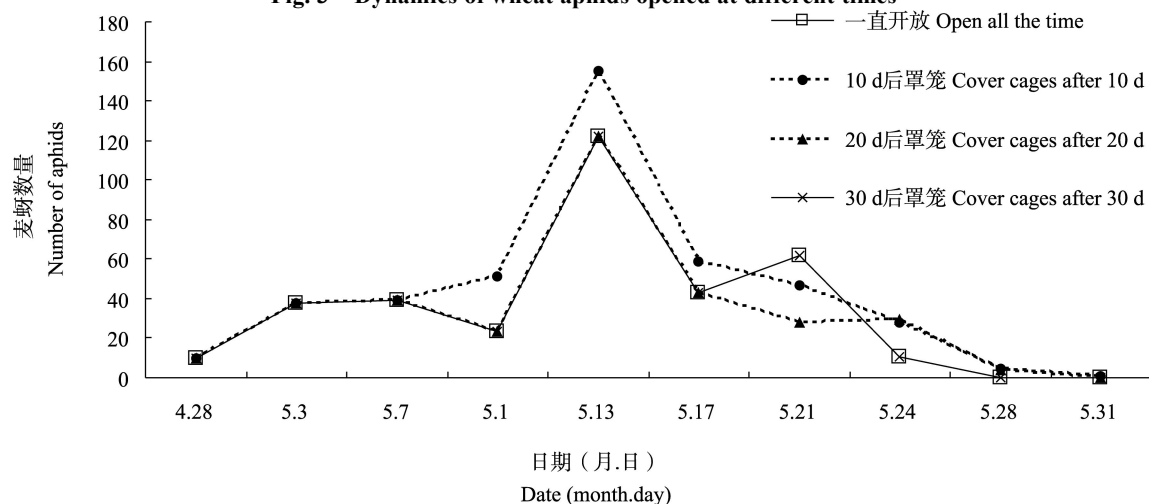


图 4 在不同时间罩上罩笼麦蚜的种群动态

Fig. 4 Dynamics of wheat aphid covered at different times

表 2 不同时期的 BSI
Table 2 The BSI in different periods

日期 (月.日) Date (month.day)	控害指数 BSI	益害比 Natural enemy-pest index
5.7	0.35	1:252
5.17	0.42	1:14
5.24	0.32	1:89

害指数 (BSI) 为 0.35, 自然天敌能控制将近 35% 的麦蚜, 益害比为 1:252; 在 5 月 17 日麦蚜盛发期控害指数 (BSI) 为 0.42, 自然天敌能控制 42% 左右的麦蚜, 益害比为 1:14; 在 5 月 24

日麦蚜数量下降的时期, 自然天敌的控害指数 (BSI) 为 0.32, 自然天敌能控制 32% 的麦蚜, 益害比为 1:89。

进一步对一直开放和一直罩笼两个处理进

行比较发现,一直罩笼的蚜虫数量一直高于开放。罩笼处理,麦蚜种群增长迅速,在5月7日即达到防治指标,之后一直在防治指标以上,持续到5月21日,约有15 d的时间,而一直开放处理,种群数量一直处于比较低的水平,仅有两个调查时间点(5月13日和5月21日)高于防治指标(图5)。

3 讨论

本研究利用罩笼接虫法分析了天敌对麦蚜的控制能力,其中开放处理的笼架顶部仍用笼罩

罩住,让自然天敌自由通过,同时减少罩笼处理和开放处理的温度、湿度差异以及罩笼对作物生长影响差异,而且大大减少了降雨对于试验结果的影响,因为雨水冲刷作用对蚜虫及其自然天敌均有较强影响(卢子华等,2009),雨水冲刷对天敌的影响往往比对麦蚜的影响更显著(印毅,2004)。

本文系统调查了麦田的天敌种类和优势度,明确了龟纹瓢虫是麦田的最优势天敌,其优势度一直在70%以上,并且与麦蚜种群有明显的跟随现象,表明其是控制麦蚜的主要天敌。邹运鼎等

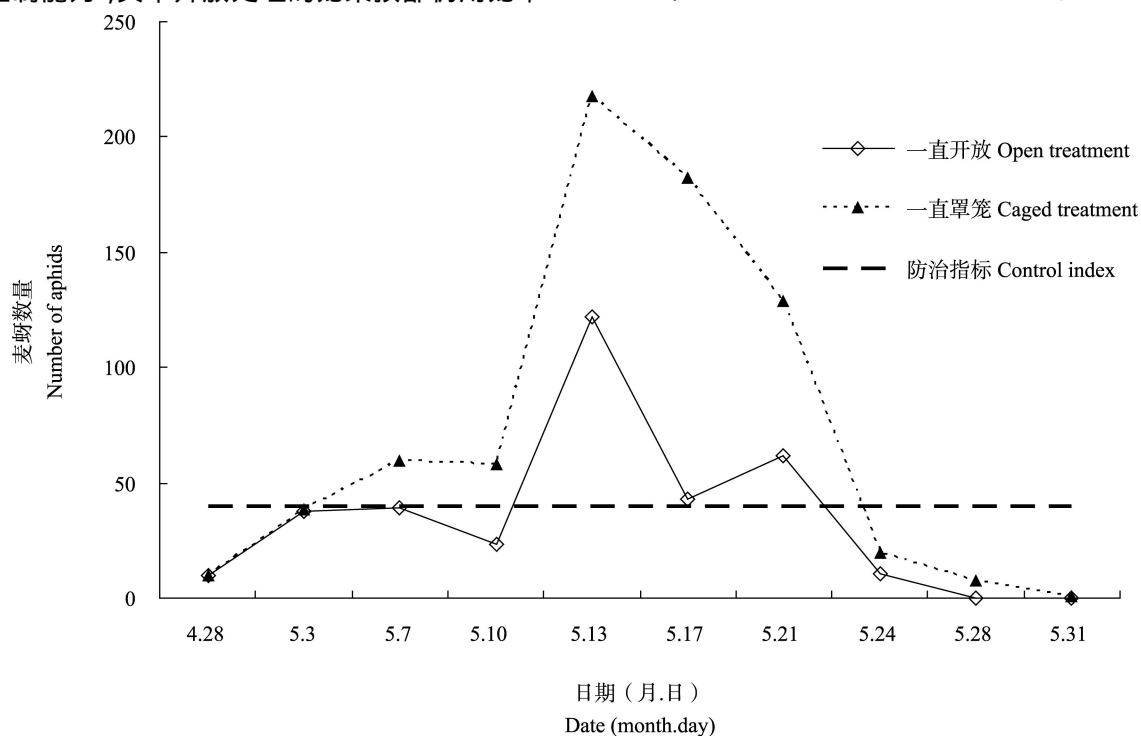


图5 一直罩笼和一直开放处理下蚜虫种群数量

Fig. 5 Wheat aphids densities at the covered treatment and open treatment

(1998)采用灰色关联分析法,发现对麦长管蚜 *Sitobion avenae*(Fabricius)种群数量影响最大的是龟纹瓢虫,毕守东等(2000)利用灰色局势决策理论,对麦蚜的优势种天敌作了灰色评判,从捕食强度看,麦长管蚜与麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rondani)的优势种天敌为龟纹瓢虫。邹运鼎等(1999)通过麦蚜与其天敌种群在三维空间格局上的关系分析,发现多种天敌中只有龟

纹瓢虫对麦二叉蚜聚集部位有明显的追随跟踪攻击作用。

罩笼和开发处理麦蚜种群变化趋势显示,罩笼后麦蚜在增长期增长速度就加快,在消退期消退速度减慢,表明罩笼后清除了天敌后,棉蚜种群控制作用明显降低;罩笼开放后麦蚜种群在增长期增长速度减缓,麦蚜在消退期则消退速度加快,说明罩笼开放后,天敌的控制作用使得麦蚜

增长减缓或消退加快。由此可以看出天敌在控制麦蚜上具有重要作用。

本研究根据麦蚜的种群动态,将其分为平稳期、盛发期和消退期,并分别计算了不同阶段的控害指数和益害比,发现自然天敌对麦蚜的控害指数在各个时期比较稳定(30%~42%),在麦蚜发生高峰期其控害指数达到最大。对一直开放和一直罩笼两个处理进行比较发现,一直开放处理中,自然天敌的控制作用使麦蚜数量大部分时间低于防治指标,而一直罩笼处理麦蚜数量则相反,其麦蚜种群数量大部分时间高于防治指标。以上结果说明,麦田天敌对麦蚜有很强的控制作用,而且控制作用稳定。一旦缺少自然天敌的作用,那么需要更多的化学杀虫剂防治麦蚜,在有天敌作用下,可以放宽对麦蚜的防治指标。有研究显示了类似结果,在麦蚜和天敌共存的农田系统内,由于天敌捕食控制作用,原来仅以麦蚜为害单因素所制定的防治指标可有较大幅度的放宽(李世功等,1994)。

益害比是反应自然天敌与害虫数量关系的常用指数,任月萍和刘生祥(2006)根据龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应及寻找效应,提出在利用龟纹瓢虫成虫防治麦蚜时,1:50的益害比参考值,它没有考虑麦蚜自身种群增长的因素。本研究发现在麦蚜增长较平缓的时期,1:252的益害比能控制35%的麦蚜;在麦蚜数量下降的时期,1:89的益害比,可以控制32%的麦蚜;而在麦蚜盛发期,益害比为高达1:14,仅仅控制42%左右的麦蚜。结果提示在释放天敌时,应根据害虫的种群发生状态确定释放的比例,在害虫种群盛发期应加大释放天敌数量。

综上所述,本文通过系统调查和罩笼接虫,定量分析了麦田自然天敌对麦蚜的控制作用,发现龟纹瓢虫是麦蚜的主要天敌。在麦蚜发生平稳期、盛发期和消退期,自然天敌对麦蚜有稳定的控制作用,控害指数分别为35%、42%和32%。因此,在制定麦蚜的防治策略时,应充分考虑自然天敌的控害作用,加强保护利用。

参考文献 (References)

- Fox TB, Landis DA, Cardoso FF, Difonzo CD, 2004. Predators suppress *Aphis glycines* Matsumura population growth. *Environmental Entomology*, 33(3): 608–618.
- Gardiner MM, Landis DA, Gratton C, DiFonzo CD, O'Neal M, Chacon JM, Wayo MT, Schmidt NP, Mueller EE, Heimpel GE, 2009. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. *Ecological Applications*, 19(1): 143–154.
- Liu J, Wu KM, Hopper KR, Zhao K, 2004. Population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in soybean in northern China. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(2): 235–239.
- 毕守东, 邹运鼎, 陈高潮, 孟庆雷, 王公明, 2000. 麦蚜天敌捕食强度的灰色评判. 运筹与管理, 9(1): 48–52. [Bi SD, Zou YD, Chen GC, Meng QL, Wang GM, 2000. The grey judgment on the predacious strength of natural enemies to wheat aphid. *Operations Research and Management Science*, 9(1): 48–52.]
- 戈峰, 2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社. 201–223. [Ge F, 2008. Principle and methods of insect ecology. Beijing: High Education Press. 201–223.]
- 国伟, 沈佐锐, 2004. 麦蚜迁飞的研究进展. 中国农学通报, 20(6): 251–253. [Guo W, Shen ZR, 2004. Advances in long-distance migration of wheat aphids. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 20(6): 251–253.]
- 郭予元, 曹雅忠, 李誉功, 武予清, 刘爱芝, 胡毅, 1988. 麦蚜混合种群对小麦穗期的危害和动态防治指标初步研究. 植物保护, 14(3): 2–5. [Guo YY, Cao YZ, Li YG, Wu YQ, Liu AY, Hu Y, 1988. Studies on wheat aphid mixed population to the harm on wheat earing stage and the dynamic control index. *Plant Protection*, 14(3): 2–5.]
- 高孝华, 曲耀训, 牟少敏, 刘进展, 王霞, 2000. 龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应与寻找效应研究. 莱阳农学院学报, 17(2): 103–106. [Gao XH, Qu YX, Mou SM, Liu JZ, Wang X, 2000. Studies on the predatory functional responses and searching efficiency of propylaea japonica on macrosiphum granarium. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 17(2): 103–106.]
- 胡冠芳, 1992. 三种瓢虫幼虫捕食麦二叉蚜的功能反应. 昆虫天敌, 14(4): 180–185. [Hu GF, 1992. Functional responses of larvae of three ladybirds, *Adonia Variegata*, *Coccinella Septempunctata* and *C. Transversogutata* to the aphid *Schizaphis Graminum*. *Natural Enemies of Insects*, 14(4): 180–185.]
- 吕文彦, 秦雪峰, 杜开书, 2010. 麦田害虫与天敌群落动态变化研究. 中国生态农业学报, 18(1): 111–116. [Lv WY, Qin XF, Du KS, 2010. Dynamics of pest and natural enemy community in

- wheat field. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 18(1): 111-116.]
- 李世功, 刘爱芝, 刘素梅, 1994. 麦蚜与天敌相互关系研究及麦蚜防治指标初报. *植物保护学报*, 21(1): 15-18. [Li SG, Liu AZ, Liu SM, 1994. Study on the relationships among wheat aphids, natural enemy and yield loss of wheat and the action threshold of aphid. *Acta phytomycolica sinica*, 21(1): 15-18.]
- 卢子华, 印毅, 杨益众, 2009. 雨水冲刷对麦蚜与捕食性天敌的影响. *安徽农业科学*, 37(35): 17547-17548. [Lu ZH, Yin Y, Yang YZ, 2009. The effects of rain wash on cereal aphids and predators. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 37(35): 17547-17548.]
- 曲耀训, 高孝华, 牟少敏, 牟吉元, 张培祯, 1997. 天敌-麦蚜-产量三者之间关系及控蚜指标的研究. *华东昆虫学报*, 6(1): 44-49. [Qu YX, Gao XH, Mou SM, Mou JY, Zhang PZ, 1997. Relationships among the natural enemies, aphid and wheat yield and its controlling threshold. *Entomological Journal of East China*, 6(1): 44-49.]
- 任月萍, 刘生祥, 2006. 龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应及寻找效应研究. *农业科学研究*, 27(1): 20-21. [Ren YP, Liu SX, 2006. Research of the predated and hunted functional response of propylaea japonica to wheat aphid. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(1): 20-21.]
- 孙福来, 田方文, 李金枝, 张秀慧, 2005. 滨州市麦蚜天敌种类调查与分析. *植物保护*, 31(4): 76-77. [Sun FL, Tian FW, Li JZ, Zhang XH, 2005. Investigations and analysis of the natural enemy species of wheat-aphid in Binzhou town. *Plant Protection*, 31(4): 76-77.]
- 田正仁, 刘万仁, 1998. 蚜虫天敌复合种群对麦蚜的跟随现象. *植保技术与推广*, 18(1): 6-8. [Tian ZR, Liu WR, 1998. Following phenomenon of the natural enemy population against wheat aphid. *Plant Protection Technology and Extension*, 18(1): 6-8.]
- 王锡锋, 刘艳, 韩成贵, 吴云峰, 赵中华, 2010. 我国小麦病毒病害发生现状与趋势分析. *植物保护*, 36(3): 13-19. [Wang XF, Liu Y, Han CG, Wu YF, Zhao ZH, 2010. Present situation and development strategies for the research and control of wheat virus diseases. *Plant Protection*, 36(3): 13-19.]
- 杨益众, 戴志一, 黄东林, 韩娟, 陈小波, 1995. 麦蚜的阶段性为害对小麦产量和品质影响的研究. *昆虫知识*, 32(1): 10-13. [Yang YZ, Dai ZY, Huang DL, Han J, Chen XB, 1995. Studies on effects of cereal aphids on wheat yields and quality at various wheat growth stages. *Entomological Knowledge*, 32(1): 10-13.]
- 印毅, 2004. 麦蚜种群的发生为害与主要影响因子分析. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学. [Yin Y, 2004. Analysis on the harm of the wheat aphid's occurrence and the main impact factors. Master's degree thesis. Yangzhou: Yangzhou University.]
- 章炳旺, 邹运鼎, 1990. 龟纹瓢虫成虫对麦蚜捕食作用的研究. *昆虫知识*, 27(5): 277-279. [Zhang BW, Zhou YD, 1990. Studies on the predation of *Propylea japonica* to wheat aphid. *Entomological Knowledge*, 27(5): 277-279.]
- 赵紫华, 欧阳芳, 贺达汉, 2012. 农业景观中不同生境界面麦蚜天敌的边缘效应与溢出效应. *中国科学: 生命科学*, 42(10): 825-840. [Zha ZH, Ou YF, He DH, 2012. Edge effects and spillover effects of natural enemies on different habitat interfaces of agricultural landscape. *Scientia Sinica Vitae*, 42(10): 825-840.]
- 邹运鼎, 1997. 害虫管理中的天敌评价理论与应用. 北京: 中国林业出版社. 127-157. [Zhou YD, 1997. The theory and application of the evaluation on natural enemy in pest management. Beijing: China Forestry Press. 127-157.]
- 邹运鼎, 毕守东, 孟庆雷, 耿继光, 陈高潮, 王公明, 李甲林, 1998. 天敌对麦长管蚜和麦二叉蚜种群数量影响程度的分析. *应用生态学报*, 9(6): 613-616. [Zhou YD, Bi SD, Meng QL, Geng JG, Chen GC, Wang GM, Li JL, 1998. Influence of natural enemies on populations of wheat aphid and greenbug. *Chinese Journal of applied ecology*, 9(6): 613-616.]
- 邹运鼎, 耿继光, 1999. 麦蚜与其天敌种群在三维空间格局上的关系. *安徽农业大学学报*, 26(2): 117-123. [Zhou YD, Geng JG, 1999. Relationship between wheat aphids and their natural enemies in three-dimensional spatial distribution pattern. *Journal of Anhui Agricultural University*, 26(2): 117-123.]