

不同初始密度棉蚜种群动态过程*

高桂珍^{1,2} 马吉宏^{1,2} 吕昭智^{1**} 赵煜³

(¹ 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; ² 中国科学院研究生院, 北京 100039; ³ 新疆农业大学科技学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要 为探索棉蚜初始密度对其种群过程的影响, 在棉田控制 1 和 20 头·叶⁻¹ 2 个初始密度, 通过尼龙网纱袋构建在封闭(套袋)与开放(不套袋)条件下, 监测棉蚜在不同初始密度和不同环境条件下种群动态。结果表明: 初始密度越大, 棉蚜种群峰值越高, 封闭条件和开放条件棉蚜种群峰值没有显著性差异; 初始密度越大种群高峰期越早, 开放条件比封闭条件种群高峰期提前; 封闭条件下, 初始密度越大, 种群崩溃越快。种群发展初期, 初始密度越小, 种群增长率越大, 开放条件比封闭条件棉蚜种群增长快; 种群高峰期和崩溃期, 不同初始密度棉蚜种群增长率没有显著差异。初始密度影响有翅蚜形成, 初始密度越大, 有翅蚜比例越高; 但封闭条件和开放条件有翅蚜比例没有显著性差异。

关键词 棉蚜; 种群增长率; 初始密度; 有翅蚜; 种群崩溃

中图分类号 Q968.1 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)10-2138-04

Population process of *Aphis gossypii* with different initial density. GAO Gui-zhen^{1,2}, MA Ji-hong^{1,2}, LÜ Zhao-zhi¹, ZHAO Yu³ (¹ Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; ² Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; ³ College of Science and Technology, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10) 2138-2141.

Abstract: To approach the effects of *Aphis gossypii*'s initial density on the population process of this aphid, two initial densities (1 and 20 aphids per leaf) were installed in a cotton field under open and nylon net-closed conditions, and the population dynamics of *A. gossypii* was monitored. At the initial density 20 aphids per leaf, the peak value of the population was larger, with no significant difference between open and nylon net-closed conditions, and the peak period occurred earlier, and advanced under open condition. Under nylon net-closed condition, the population with the initial density 20 aphids per leaf collapsed more rapidly. At the early stage of the population process, the population growth rate was higher at the initial density 1 aphid per leaf, and the population increased more rapidly under open condition. In the peak period and collapse period of the population, no significant differences were observed in the population growth rate at the two initial densities. The proportion of alate aphids was larger at the initial density 20 aphids per leaf, but no significant difference was found between open and nylon net-closed conditions.

Key words: *Aphis gossypii*; population growth rate; initial density; alate aphid; population collapse.

棉蚜(*Aphis gossypii*)是世界性棉花害虫, 主要以刺吸叶片汁液和分泌蜜露的方式影响棉花的生长和品质。棉蚜种群动态过程复杂, 受温度、降雨、天敌等因素的共同作用。国内外已有大量的有关棉蚜

种群动态的研究(朱昌亮和沈中建, 1989; 王林霞等, 2004; 郑立飞等, 2008), 戈峰和谢宝瑜(1995)研究表明, 不同播种时间、间套作和免耕措施影响棉蚜种群密度; 棉蚜基数越大, 年内蚜虫累计数量越大(邹运鼎等, 1999), 在新疆多年的野外数据也表明, 越冬基数是棉蚜大发生的重要前提(冯志超和姚丽花, 2004)。初始密度是影响种群过程的重要因子

* 科技部重大国家合作项目(2007DFA31280)、新疆自治区高技术研究发展计划项目(200712111)和新疆自治区重大专项资助项目(200731133-3)。

** 通讯作者 E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

收稿日期: 2009-01-16 接受日期: 2009-06-16

之一,但目前还未见关于田间控制条件下初始密度对棉蚜种群过程影响的报道。仲夏蚜虫种群数量会在繁盛期后仅几天内种群崩溃(Müller *et al.*, 1999; Karley *et al.*, 2004),天气变化、天敌数量的增加和植物营养质量的下降可能是蚜虫种群崩溃的关键因子(Karley *et al.*, 2004),这些因子导致蚜虫繁殖力降低、死亡率升高以及有翅蚜迁飞。新疆地区棉蚜每年种群崩溃现象是否与有翅蚜形成有关,未见相关的报道。本文在田间控制条件下,研究不同初始密度对棉蚜种群过程以及有翅蚜形成的影响,以提高对棉蚜种群过程、预测及其成灾的理解,帮助对棉花科学的管理。

1 材料与方法

1.1 试验材料

样地:阜康荒漠生态试验站棉花试验田(44°17'N 87°56'E)。阜康荒漠生态试验站位于天山北麓,准噶尔盆地南缘,该区为典型的大陆性干旱气候。试验棉田不喷洒任何化学药剂,其他农业措施操作同大田管理。

供试虫源:采自阜康荒漠生态试验站棉花试验田(没有农药处理),选取形色大小相近的无翅成蚜供接种。

1.2 试验设计

将供试棉蚜用毛笔轻轻接至棉花倒4叶,设置1和20头2个密度,每个密度20个重复(开放条件)。接蚜方式与密度设置同开放条件,用质量好的透明细密尼龙网将接蚜叶片套住,防止有翅蚜迁移以及天敌与棉蚜的接触(封闭条件)。7月22日开始每隔一天统计棉蚜数量,一次分别记录有翅蚜和无翅蚜数量变化,试验持续到棉蚜种群消亡。

1.3 数据处理

采用种群增长率描述棉蚜种群过程。以1周为时间间隔,计算种群增长率:

$$r = \ln N_{t+1} - \ln N_t$$

式中: N_t 为第 n 天棉蚜种群数量, N_{t+1} 为第 $n+6$ 天棉蚜种群数量; $r > 0$,种群增长; $r = 0$,种群数量不变; $r < 0$,种群下降。

采用线性回归方程中的斜率描述种群崩溃过程。选取高峰期后5次调查数据(包含最大值),用 $y = a + bx$ 对棉蚜种群崩溃过程进行线性拟合, a 值表示种群最大值, b 值表示崩溃速率, b 的绝对值越大,崩溃越快。

采用 two-way ANOVA 分析密度和封闭、开放条件对棉蚜种群过程的影响;用 two sample *t*-Test 分别分析不同的初始密度、封闭与开放条件对种群增长率和有翅蚜比例的影响。以上分析在 Origin 7.5 软件系统下进行。

2 结果与分析

2.1 不同初始密度棉蚜种群发展动态

初始密度影响棉蚜种群动态过程,初始密度越大,棉蚜种群峰值越大,到达峰值需要时间越短。有翅蚜迁移和天敌的存在对棉蚜种群峰值没有显著性影响(图1)。双因素方差分析结果表明,初始密度为20头·叶⁻¹棉蚜种群峰值显著高于1头·叶⁻¹,平均分别为774.98和634.26头,达到最大值时间为20头·叶⁻¹(21.90 d) < 1头·叶⁻¹(25.65 d) ($P < 0.01$)。封闭条件和开放条件棉蚜种群峰值平均分别为695.38和713.83头,没有显著性差异,到达峰值时间开放条件(18.40 d) < 封闭条件(29.15 d)。

由表1可知,封闭条件下,初始密度不同,棉蚜种群峰值没有显著性差异;初始密度越大,到达峰值需要时间越短($P < 0.01$)。初始密度为20头·叶⁻¹时种群崩溃最快,崩溃速率为-71.26。开放条件下,初始密度越大,种群峰值越大,到达峰值需要时间越短($P < 0.01$);初始密度对种群崩溃速率没有显著影响。

初始密度为1或20头·叶⁻¹时,开放条件与封闭条件棉蚜种群峰值均无显著性差异,即有翅蚜迁移和天敌的存在对种群峰值没有影响,到达峰值需要时间为开放条件 < 封闭条件。

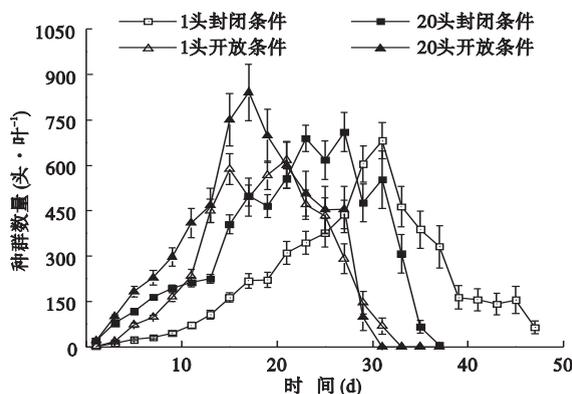


图1 不同初始密度棉蚜种群数量发展动态
Fig. 1 Population dynamics of *Aphis gossypii* with different initial density
数据为平均值 ± 标准误。下同。

表 1 不同初始密度棉蚜种群过程参数

Tab.1 Parameters of the population process of *Aphis gossypii* with different initial density

环境	密度 (头· 叶^{-1})	峰值 (头)	到达峰值 时间 (d)	崩溃速率
封闭条件	1	681.30 ± 59.00	31.50 ± 1.02	-36.99
	20	709.45 ± 64.26	26.80 ± 0.94	-71.26
开放条件	1	587.15 ± 51.00	19.80 ± 0.66	-52.47
	20	840.50 ± 93.90	17.00 ± 0.32	-55.78

2.2 不同初始密度棉蚜种群增长率

初始密度不同,棉蚜种群增长率存在差异(图 2)。封闭条件和开放条件下,不同初始密度对棉蚜种群增长率影响一致。种群发展初期(第 1、2 周)初始密度越小,棉蚜种群增长率越大。第 3 周和第 4 周,初始密度不同,棉蚜种群增长率无显著性差异。

棉蚜种群发展初期(第 1、2 周),初始密度为 1 头· 叶^{-1} 的棉蚜种群增长率为 20 头· 叶^{-1} 的 1.76 倍(第 1 周)和 2.87 倍(第 2 周),种群增长率开放条件 > 封闭条件,第 3 周种群增长率封闭条件 > 开放条件,第 4 周封闭条件下棉蚜种群仍处于增长阶段,而开放条件下棉蚜种群已开始崩溃。

2.3 不同初始密度棉蚜种群有翅蚜动态

初始密度影响有翅蚜的形成,但对不同环境条件下有翅蚜形成的影响不同(图 3)。开放条件下,

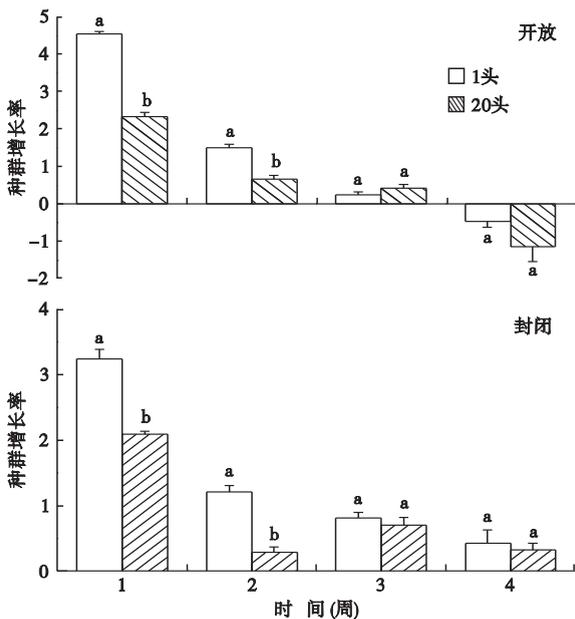


图 2 开放与封闭条件下不同初始密度棉蚜种群增长率

Fig.2 Population growth rates of *Aphis gossypii* with different initial density at open and close conditions

不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

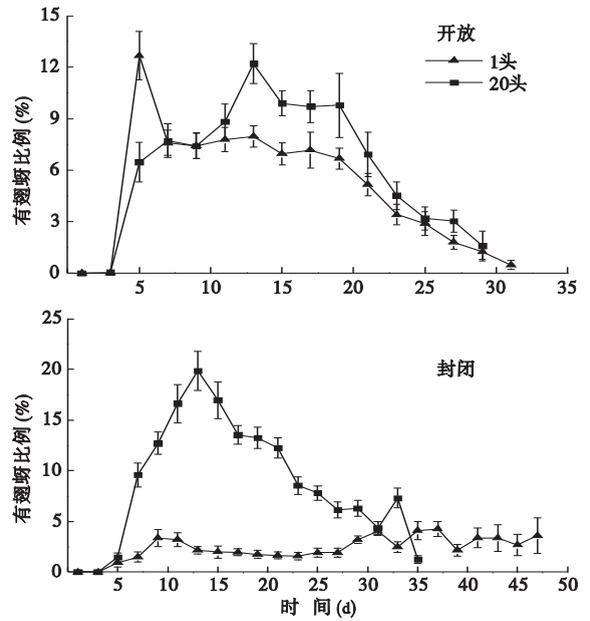


图 3 开放与封闭条件下棉蚜种群有翅蚜比例

Fig.3 Proportion of alate aphids at open and close conditions

初始密度为 20 和 1 头· 叶^{-1} 的棉蚜种群有翅蚜比例平均值分别为 6.1% 和 5.0%,没有显著性差异。封闭条件下,初始密度 20 头· 叶^{-1} 棉蚜种群有翅蚜比例平均值(8.8%)是初始密度 1 头· 叶^{-1} (2.4%)的 3.67 倍。

双因素方差分析结果表明,初始密度 20 头· 叶^{-1} 棉蚜种群有翅蚜比例高于 1 头· 叶^{-1} ($P < 0.0001$),平均分别为 7.55% 和 3.42%。封闭条件和开放条件有翅蚜比例分别为 5.12% 和 5.50%,无显著性差异。即:初始密度越大,有翅蚜比例越高。有翅蚜迁移和天敌的存在对有翅蚜比例无显著影响(图 2)。

3 讨论

3.1 初始密度与种群增长

初始密度是影响棉蚜种群过程的重要因子之一。本试验表明,种群发展初期(第 1、2 周)初始密度越小,棉蚜种群增长率越大。初始密度大,棉蚜种内竞争相对激烈,繁殖力降低,种群增长率小。种群高峰期和崩溃阶段,初始密度对棉蚜种群增长率没有显著影响。

种群发展初期(第 1、2 周),由于有翅蚜的迁入,开放条件比封闭条件棉蚜种群增长快。棉蚜种群初始密度越大,达到的种群最大值越大,初始密度越大,高峰期时间提前。由于试验只设置了 2 个不

同初始密度,无法确定棉蚜种群增长及崩溃的密度阈值,在外界环境一致条件下,不能揭示 r 值与密度之间存在何种函数关系,在以后的研究中,需要合理增设密度梯度。

3.2 初始密度与种群崩溃

仲夏蚜虫种群的数量突然下降,恶劣的天气尤其是强烈的暴雨和强风,会导致大量蚜虫死亡(Jones,1979;Ba-Angood & Stewart,1980),但是这些异常的天气无法解释连续多年和多个地点发生的种群崩溃现象。由于蚜虫主要营孤雌生殖并且世代重叠,蚜虫种群很可能是密度制约调节过程(Sequeira & Dixon,1997)。目前已报道了在许多蚜虫种类上存在着密度制约效应(Maudsley *et al.*,1996;Alyokhin *et al.*,2005;Bommarco *et al.*,2007)。Rhains和Messing(2005)研究表明棉蚜具有密度制约性,Mashanova等(2008)报道密度制约分布也许可以解释仲夏蚜虫种群崩溃的现象,并认为母代效应是仲夏蚜虫种群崩溃的关键因子。本研究表明,排除有翅蚜迁移和天敌对棉蚜种群的影响(封闭条件),棉蚜初始密度越大,种群崩溃速率越快。随着棉蚜种群数量的增加,种群增长率逐渐降低,说明棉蚜种群可能存在着密度制约效应,但还需要通过多密度试验和严格的数学描述支持。

3.3 初始密度与有翅蚜形成

密度对有翅蚜的形成具有重要作用,密度越大,蚜虫间接触越多,有翅蚜比例越高(Johnson,1965)。孟玲和李保平(2000)研究发现棉蚜有翅蚜的数量随种群密度的增大而增加。本研究表明,初始密度越大,棉蚜有翅蚜比例越高。随着棉蚜种群数量的增加,有翅蚜比例随之增加,有翅蚜迁飞在一定程度上加速了棉蚜种群的崩溃,这与Hughes(1968)观点一致。但有翅蚜数量平均约占棉蚜种群数量的2%~9%,最高不超过种群的20%,不会导致棉蚜种群在几天内迅速减少,所以有翅蚜迁飞不是仲夏棉蚜种群崩溃的关键因子。由于未监测天敌的数量,天敌对棉蚜种群过程的调节,尤其是对种群崩溃的作用仍需要深入研究。

参考文献

冯志超,姚丽花. 2004. 新疆奎屯棉蚜大发生的原因及防治措施. 中国棉花,31(10):9-11.
戈峰,谢宝瑜. 1995. 不同类型棉田棉蚜种群动态研究. 昆虫知识,32(6):330-332.
孟玲,李保平. 2000. 棉蚜种内竞争对其种群数量的影

响. 新疆农业大学学报,23(3):42-44.
王林霞,田长彦,马英杰,等. 2004. 棉田棉蚜种群动态及瓢虫对棉蚜种群数量的影响. 干旱区研究,21(4):421-424.
郑立飞,赵惠燕,刘光祖,等. 2008. 棉蚜种群数量的动态分析. 西北农林科技大学学报,36(7):207-218.
朱昌亮,沈中建. 1989. 棉蚜在棉株上数量动态的初步研究. 生态学杂志,8(6):31-33.
邹运鼎,周夏之,李桂亭,等. 1999. 棉蚜在木槿上的扩散迁飞动态. 应用生态学报,10(6):699-702.
Alyokhin A, Drummond FA, Sewell G. 2005. Density-dependent regulation in populations of potato-colonizing aphids. *Population Ecology*, 47:257-266.
Ba-Angood SA, Stewart RK. 1980. Occurrence, development, and distribution of cereal aphids on early and late cultivars of wheat, barley, and oats in southwestern Quebec. *Canadian Entomologist*, 112:615-620.
Bommarco R, Wetterlindand S, Sigvald R. 2007. Cereal aphid populations in non-crop habitats show strong density dependence. *Journal of Applied Ecology*, 44:1013-1022.
Hughes RD, Gilbert N. 1968. A model of an aphid population: A general statement. *Journal of Animal Ecology*, 37:553-563.
Johnson B. 1965. Wing polymorphism in aphids. II. Interaction between aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 8:49-64.
Jones MG. 1979. Abundance of aphids on cereals from before 1973 to 1977. *Journal of Applied Ecology*, 16:1-22.
Karley AJ, Parker WE, Pitchford JW, *et al.* 2004. The mid-season crash in aphid populations: Why and how does it occur? *Ecological Entomology*, 29:383-388.
Mashanova A, Gange AC, Jansen VAA. 2008. Density-dependent dispersal may explain the mid-season crash in some aphid populations. *Population Ecology*, 50:285-292.
Maudsley MJ, Mackenzie A, Thacker JI, *et al.* 1996. Density dependence in cereal aphid populations. *Annals of Applied Biology*, 128:453-463.
Müller CB, Adriaanse ICT, Belshaw R, *et al.* 1999. The structure of an aphid-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, 68:346-370.
Rhains M, Messing RH. 2005. Spatial and temporal density dependence in a population of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), on established and sentinel taro plants. *Applied Entomology and Zoology*, 40:273-282.
Sequeira R, Dixon AFG. 1997. Population dynamics of tree-dwelling aphids: The importance of seasonality and time scale. *Ecology*, 78:2603-2610.

作者简介 高桂珍,女,1984年生,硕士研究生,主要从事昆虫生态学研究. E-mail: gaoguizhen1984@163.com
责任编辑 刘丽娟