播期对大豆蚜及其天敌种群动态的影响*

刘兴龙** 王克勤 刘春来 邵天玉 王 爽 夏吉星 杨 帆
刘 宇 李新民 徐伟钧***
（黑龙江省农业科学院植物保护研究所 哈尔滨 150086）

摘 要 **【目的】** 研究大豆播期对大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 及其天敌的影响。**【方法】** 试验在2012 年、2013 年进行，设置了 3 个大豆播期处理。每周调查播期处理田大豆蚜种群及天敌种类和数量，分析大豆蚜种群数量、种群增长率的时序动态、大豆蚜和天敌的关联度。**【结果】** 不同播期条件下大豆蚜有翅蚜及无翅蚜的种群动态趋势基本一致，有翅蚜蚜量高峰期要早于无翅蚜 1 周。处理间的大豆蚜田间始见期与终见期随着播期推后而延迟，大豆蚜在田间扩散和消退的时期也随着大豆播期延后。晚播的两个处理高峰期蚜量多于或等于正常播期处理的蚜量。大豆蚜与天敌关联度随着播期的推后而变高。在调查的 7 种天敌中大豆蚜与异色瓢虫的关联度最高，草蛉、小花蝽和蚜茧蜂也表现较高的关联度。**【结论】** 播期会显著影响大豆蚜的田间始见期和终见期，随着播期的推迟大豆蚜种群高峰期蚜量以及大豆蚜与天敌的关联度都会提高。

关键词 大豆蚜，大豆播期，天敌，种群动态，关联度

Effect of planting date on the population dynamics of the soybean aphid and its natural enemies

LIU Xing-Long** WANG Ke-Qin LIU Chun-Lai SHAO Tian-Yu WANG Shuang
XIA Ji-Xing YANG Fan LIU Yu LI Xin-Min XU Wei-Jun***
(Plant Protection Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract [**Objectives**] To determine the influence of planting date on the population dynamics of the soybean aphid (*Aphis glycines* Matsumura) and its natural enemies. [**Methods**] Soybeans were planted on three different dates and the numbers of aphid and natural enemies on soybean plants were recorded weekly. The population dynamics of apterate and alate *A. glycines*, the rate of increase and the correlation between numbers of soybean aphids and their natural enemies were analyzed. [**Results**] There was no difference in the population dynamics of soybean aphids between the three planting date treatments. The peak period for alates was earlier than that for apterates. The appearance and disappearance of aphids on soybean plants was delayed by the planting date, as was their general spread and decline. Numbers of aphids on plants with a delayed planting date was more than, or equal to, that of those on plants with a normal planting date. The degree of correlation between aphids and natural enemies increased with planting date. The correlation was highest between aphids and *Harmonia axyridis* and was also high between aphids and *Oruis sauteri*, *Chrysopa* spp., and *Aphidiidae* spp. [**Conclusion**] Planting date had a strong effect on when aphids appeared and disappeared from soybean plants. Peak aphid numbers and the correlation between aphid numbers and those of their natural enemies increases if the planting date delayed.

Key words *Aphis glycines*, planting date of soybean, natural enemy, dynamic of population, correlation degree

---

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项经费资助（201103022）
**E-mail: 13804505330@163.com
***通讯作者，E-mail: xu.weijun@163.com
收稿日期：2014-01-20，接受日期：2014-02-06

大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 为异寄主全周期昆虫，其冬寄主为鼠李科植物，夏寄主为大豆（张履鸿，1993），在枝叶部吸食汁液，严重发生时可使大豆植株发育不良、生长停滞，导致减产。同时，大豆蚜可传播扩散大豆花叶病毒。大豆蚜在全球的大豆产区几乎都有分布，是大豆的重要害虫之一（Rutledge *et al*., 2004）。

寄主植物是影响蚜虫种群发育的主要因素之一（胡奇和张为，1992）。通过控制播期可以影响蚜虫在作物上的发生水平。有研究发现，棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 在较晚播种的旱地棉上种群发生数量最大，这可能是晚播棉花的叶片较嫩，叶片中含氮量和含水量高的原因（Slosser *et al*.，1992）。桃蚜 *Myzus persicae* Sulzer 在不同播期的茄子上危害时，随着播期的推迟发生程度逐渐加重（Rahman *et al*.，2011）；桃蚜在生菜上的发生也会受寄主播期的影响（Palumbo，2004）。

本研究通过对不同播期条件下大豆蚜的种群数量动态及天敌数量动态调查，分析处理间大豆蚜种群参数的差异，了解大豆播期对大豆蚜种群动态的影响，为防控大豆蚜，保障大豆安全生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验大豆品种为黑农 48，生育日数 115 d，活动积温 2 380℃，是黑龙江第 2、第 3 积温带的主栽品种。大豆蚜为田间自然发生的种群。

1.2 研究方法

试验地安排在位于哈尔滨市道外区民主乡的黑龙江省农业科学院科技示范园区内。试验中的大豆播期设 3 个处理。2012 年试验中播期 1 处理为 5 月 3 日、播期 2 处理为 5 月 23 日、播期 3 处理为 6 月 10 日；2013 年试验中播期 1 处理为 5 月 9 日、播期 2 处理为 5 月 23 日播种、播期 3 处理为 6 月 9 日。每个播期处理种植面积为 2 000 m^2，机械播种。苗前采用土壤处理剂除草一次，中期人工除草一次，中耕两次。整个生长期不喷洒任何药剂。

采用“Z”字型取样调查法，每个处理取 6 点，每点连续调查 10 株，记录大豆植株上大豆蚜有翅蚜和无翅蚜的数量，天敌种类及数量。每隔 7 d 调查一次，2012 年调查从 6 月 5 日开始至 9 月 25 日结束，2013 年调查从 6 月 4 日开始至 9 月 24 日结束。

1.3 数据分析方法

1.3.1 大豆蚜种群增长率　大豆蚜的种群增长为 $N_t=e^{rt}N_0$，其中 N_0 初始蚜量，t 为两次调查间隔的时间，e 为自然底数，r 为大豆蚜的种群增长率，N_t 为 t 时间后的蚜量（陈敦德等，1989）。由此可得大豆蚜的种群增长率 $r=\ln(N_t/N_0)/t$。

1.3.2 大豆蚜与天敌关联度　大豆蚜和天敌的灰色关联度分析中，以大豆蚜的种群数量时间序列 $\{Y(t)\}$ (t=1, 2, …, N)为母序列，以天敌昆虫的数量时间序列$\{X_1(t)\},\{X_2(t)\}, \ldots, \{X_m(t)\}$ (t=1, 2, …, N)为子序列（赵鹏等，2009）。其中 N 为时间各序列的长度即调查次数，m 个序列代表 m 个因素（变量）即天敌的种类，所有数据采用均值化变换，即原始数据与本数列的平均值相除所得的新数列。据此来计算每个数列各值相对应的关联系数，综合计算数列的关联度，从而分析出天敌的关联排序。

2 结果与分析

2.1 不同播期处理对大豆蚜田间种群动态的影响

无翅蚜占种群总量的很大比例，大豆蚜虫在田间出现的时期随大豆播期推迟而推迟（图 1，图 2）。2012 年各处理田，出现大豆蚜的时间依次为 6 月 12 日、6 月 19 日和 6 月 26 日。2013 年各处理田，出现大豆蚜的时间依次为 6 月 11 日、6 月 18 日和 6 月 25 日。不同播期处理的大豆蚜田间始见期间隔 1 周左右。2012 年的试验中，3 个处理的高峰期蚜量基本相当，播期 1 和播期 2 两个处理的蚜量高峰期相同，播期 3 处理高峰期则晚于前两个处理一周；2013 年的

试验中，播期 2 处理蚜量高峰期早于其他两

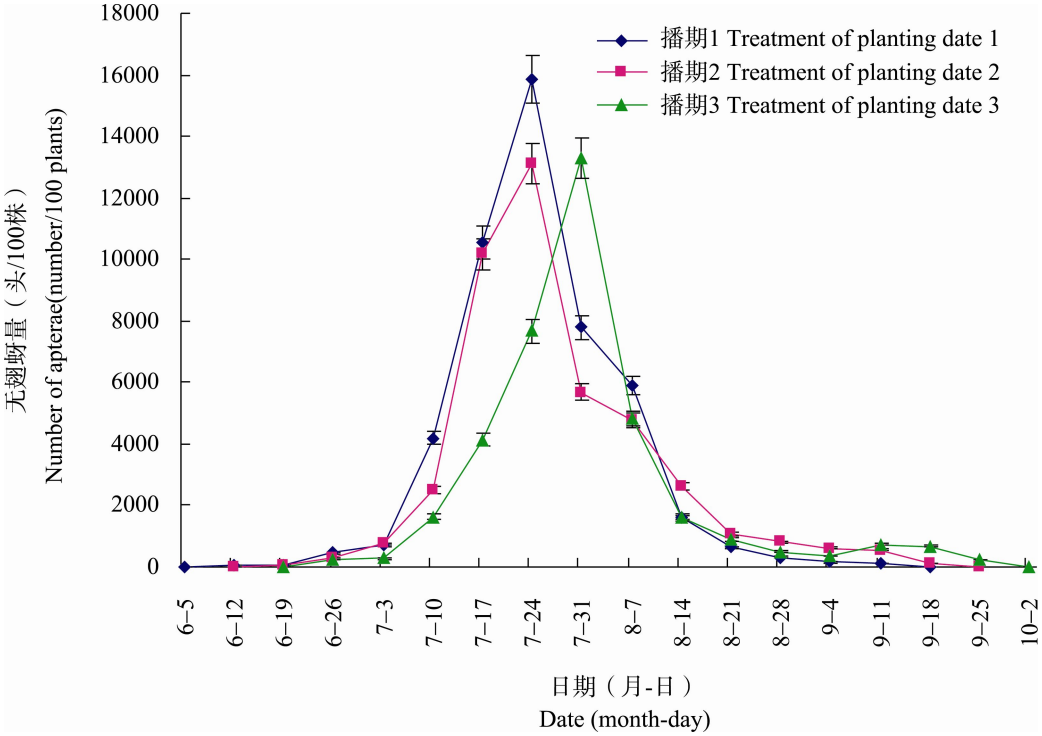

图 1　不同播期条件下无翅蚜动态（2012）

Fig. 1　Apterae population dynamic of *Aphis glycines* in 2012

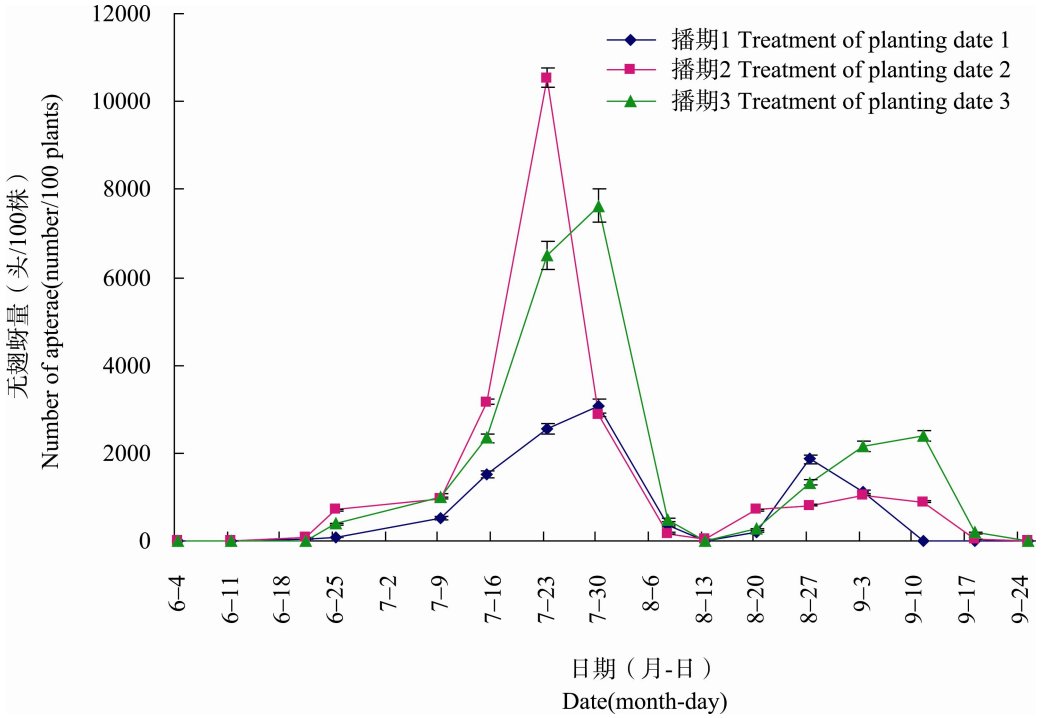

图 2 不同播期条件下无翅蚜动态（2013）

Fig. 2 Apterae population dynamic of *Aphis glycines* in 2013

个处理 1 周，播期 1 处理的高峰期蚜量较另外两个处理低。

3 个播期处理有翅蚜动态在两年的试验中表现出较强的一致性。3 个处理的有翅蚜高峰期基本相同，播期 3 处理有翅蚜高峰蚜量高于另外两个处理。后两个播期处理的有翅蚜量在 9 月中旬有一个较明显的小高峰（图 3，图 4）。

2.2 不同播期处理对大豆蚜田间扩散情况的影响

大豆田间有蚜株率反应了大豆蚜在田间的分布状况，有蚜株率的动态在一定程度上可以反应大豆蚜在田间的扩散和迁移。前两个播期处理有蚜株率在发生初期几乎呈现一样的趋势。播期 3 处理达到全田发生时期最晚。在大豆蚜发生后期田间有蚜株率逐步开始下降，播期 1 处理下降最早，播期 2 处理居中，播期 3 处理下降最晚（图 5，图 6）。

2.3 不同播期对大豆蚜种群增长率的影响

3 个播期处理的大豆蚜种群增长率总体变化趋势具有一致性，在发生初期表现出较高的水平，之后有一个回落，继而逐步上升。在大豆蚜达到全田发生期间，种群增长率出现高值。播期 3 处理的种群增长率变化较另外两个处理表现出了一定的迟滞性（图 7，图 8）。

2.4 不同播期条件下大豆蚜天敌动态

基于 2012 年的调查数据，对田间较为常见的 8 类天敌，即龟纹瓢虫、异色瓢虫、小花蝽、草蛉、蚜茧蜂、捕食性蜘蛛和黑带食蚜蝇调查结果表明，各处理天敌的动态趋势基本一致，在田间的动态基本为单峰形态。调查的 8 种天敌在田间的始见期要晚于大豆蚜，终见期早于大豆蚜，种群数量的高峰期基本与蚜量的高峰期一致。三个播期处理中，较晚的播期处理的天敌终见期晚于之前的播期处理。

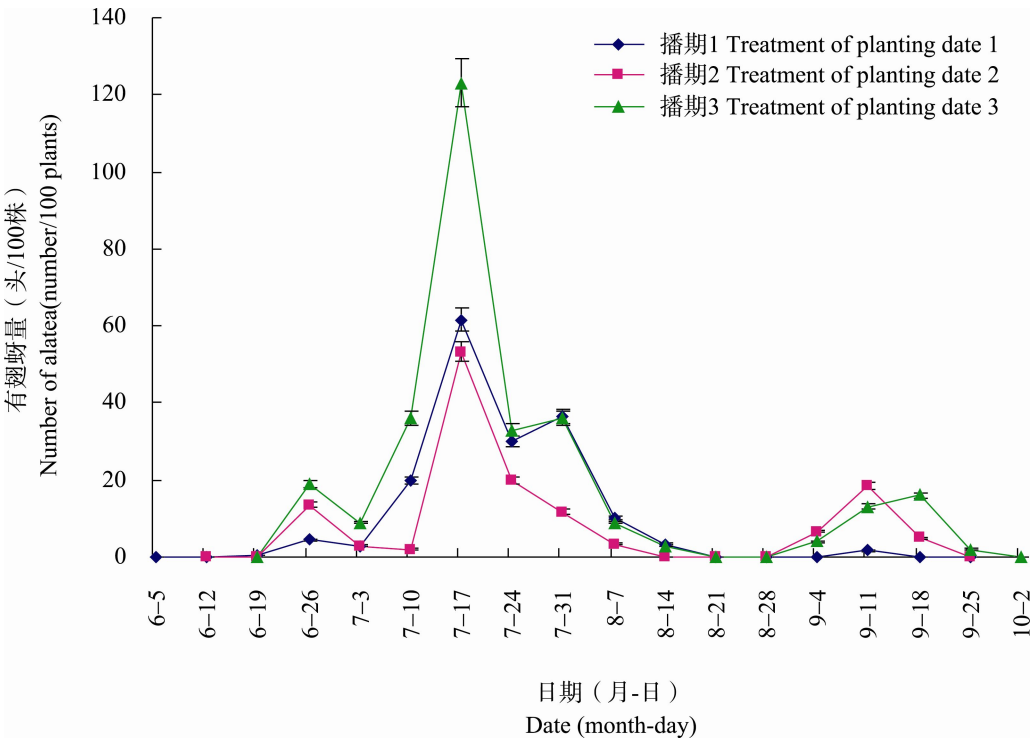

图 3　不同播期条件下有翅蚜动态（2012）

Fig. 3　Alatae population dynamic of *Aphis glycines* in 2012

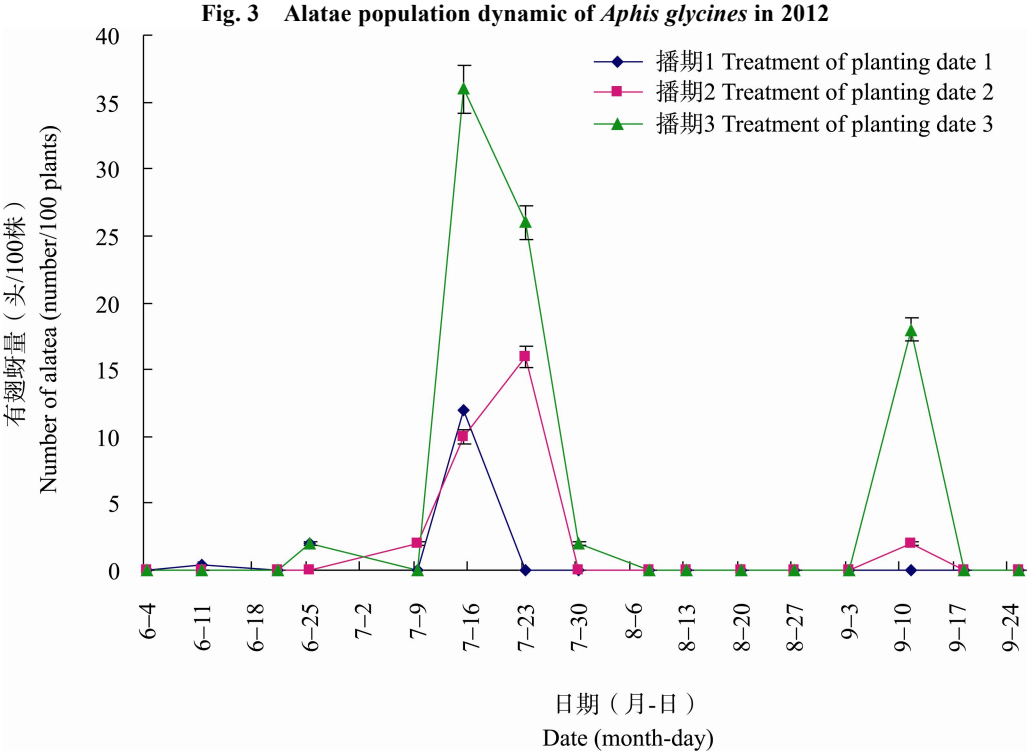

图 4　不同播期条件下有翅蚜动态（2013）

Fig. 4　Alatae population dynamic of *Aphis glycines* in 2013

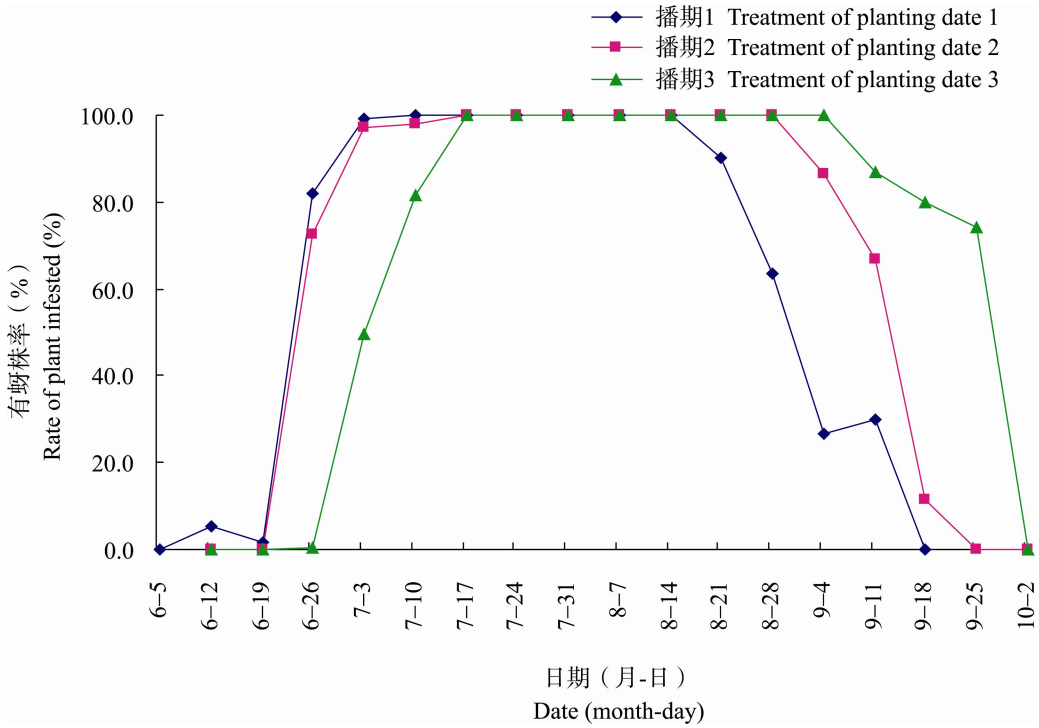

图 5 不同播期条件下田间有蚜株率（2012）

Fig. 5 Rate of plant infested by *Aphis glycines* in 2012

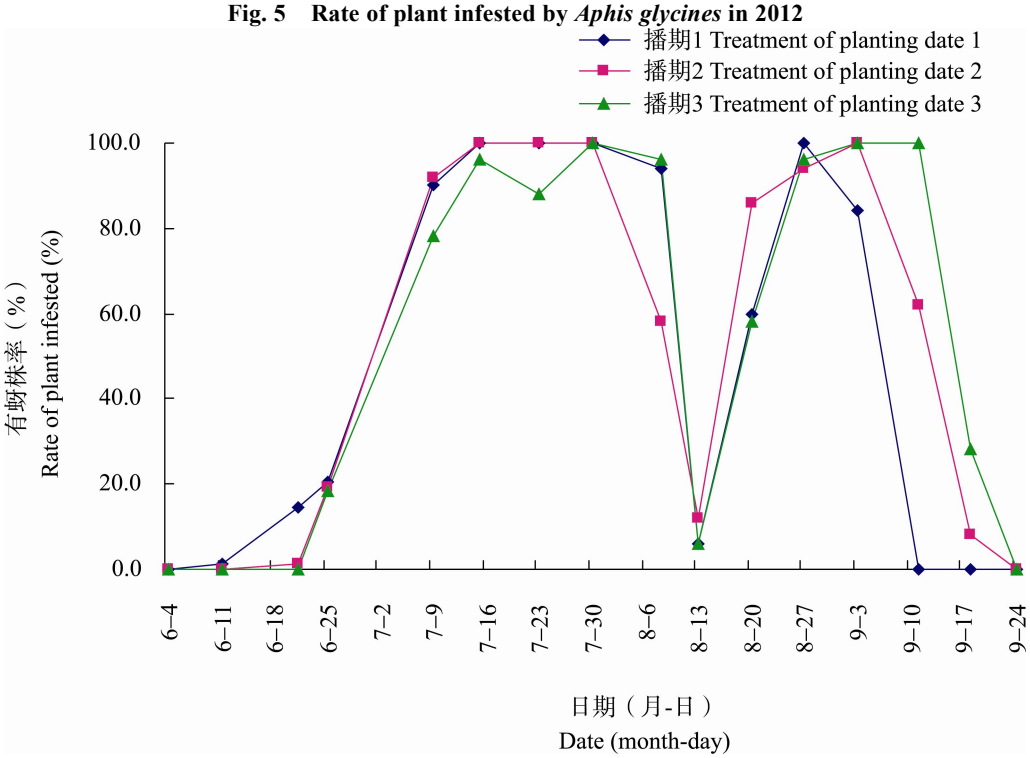

图 6 不同播期条件下田间有蚜株率（2013）

Fig. 6 Rate of plant infested by *Aphis glycines* in 2013

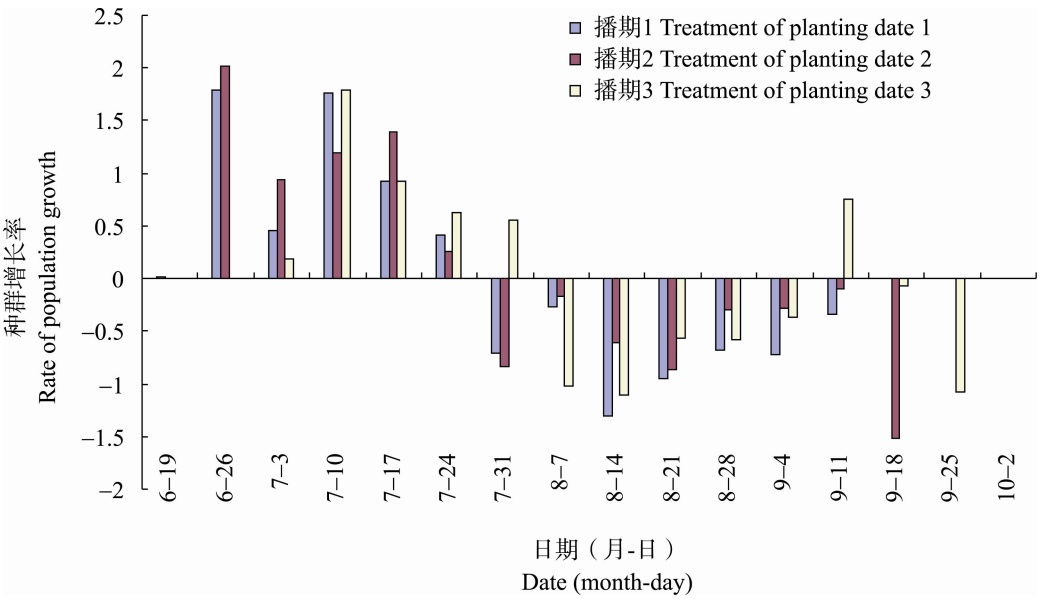

图 7 不同播期条件下田间种群增长率（2012）

Fig. 7 Rate of population growth of *Aphis glycines* in 2012

2.5 不同播期条件对大豆蚜与天敌关联度的影响

大豆蚜与天敌之间的关联度反应了二者之

间的相互联系。关联度越高，大豆蚜与天敌之间的联系越密切，影响程度越强。利用 DPS 数据处理系统分析结果见表 4。播期处理 1 的天敌与大豆蚜的关联度顺序为异色瓢虫 0.9045 >小花蝽 0.8804 >草蛉 0.8486 >蚜茧蜂 0.8277 >黑带食蚜蝇 0.7890 >龟纹瓢虫 0.7768 >捕食性蜘蛛 0.7574；播期 2 处理天敌与大豆关联度顺序为异色瓢虫 0.9308 >草蛉 0.9109>小花蝽 0.9082>蚜茧蜂 0.8841>龟纹瓢虫 0.8300 >黑带食蚜蝇 0.8169>捕食性蜘蛛 0.8072 ;播期 3 处理天敌与大豆蚜关联度的顺序为异色瓢虫 0.9558 >蚜茧蜂 0.9288>草蛉 0.9179 >小花蝽 0.8737 >黑带食蚜蝇 0.8732 >龟纹瓢虫 0.8704>捕食性蜘蛛 0.8529。异色瓢虫、小花蝽、草蛉以及蚜茧蜂与大豆蚜的关联度都比较高，其中异色瓢虫与大豆蚜的关联度最高。从表 4 中可以看出，播期的推后会使天敌与大豆蚜的关联度变高。

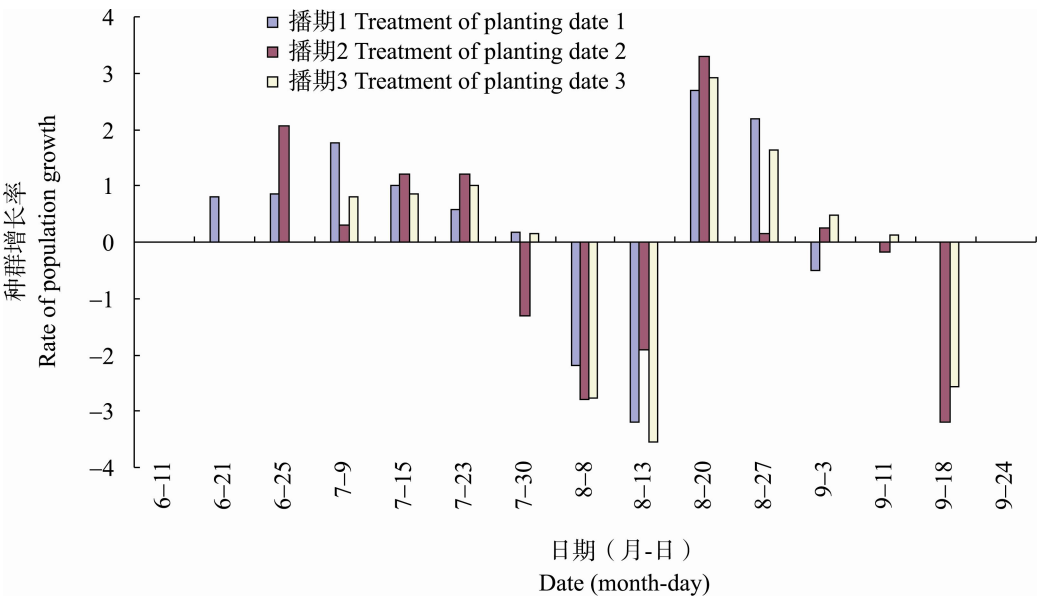

图 8　不同播期条件下田间种群增长率（2013）
Fig. 8　Rate of population growth of *Aphis glycines* in 2013

表 1　2012 年播期 1 处理田大豆蚜及其天敌数量动态（头/100 株）
Table 1　Population dynamic of soybean aphid and natural enemies by treatment 1 in 2012 (unit/100 plants)

物种 Species	日期（月-日）Date(month-day)													
	6-19	6-26	7-3	7-10	7-17	7-24	7-31	8-7	8-14	8-21	8-28	9-4	9-11	9-18
X_1	9	4	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0
X_2	1	9	0	5	25	27	12	8	0	2	3	3	0	0
X_3	0	6	2	0	17	15	5	8	0	0	3	0	0	0
X_4	1	5	0	0	3	13	27	10	2	3	2	0	0	0
X_5	0	1	2	0	2	12	10	30	0	17	2	0	0	0
X_6	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	8	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_1	76	455	718	4 190	10 545	15 843	7 787	5 925	1 618	627	317	153	110	0

X_1 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg); X_2 异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas); X_3 小花蝽 *Oruis sauteri* (Poppius）;

X_4 草蛉 *Chrysopa* spp.; X_5 蚜茧蜂 *Aphidiidae* spp.; X_6 捕食性蜘蛛 Predaceous spiders; X_7 黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteata* De Geer; Y_1、Y_2 、Y_3 分别为播期 1、播期 2、播期 3 处理的大豆蚜; 下表同。Y_1、Y_2 、Y_3: *A. glycines* by planting date treatment 1, 2 and 3; the same below.

表 2 2012 年播期 2 处理田大豆蚜及其天敌数量动态（头/100 株）

Table 2 Population dynamic of soybean aphid and natural enemies by treatment 2 in 2012 (unit/100 plants)

物种 Species	日期（月-日）Date(month-day)													
	6-19	6-26	7-3	7-10	7-17	7-24	7-31	8-7	8-14	8-21	8-28	9-4	9-11	9-18
X_1	1	3	3	0	2	0	4	2	0	0	0	0	2	0
X_2	1	7	0	2	44	82	19	30	3	1	0	1	3	0
X_3	0	1	4	12	20	5	13	9	2	4	11	0	0	0
X_4	0	0	2	0	14	27	27	26	3	4	4	2	0	0
X_5	0	1	0	0	0	23	14	3	4	5	5	1	0	0
X_6	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Y_2	40	298	759	2 514	10 170	13 140	5 687	4 787	2 610	1 093	815	613	560	123

表 3 2012 年播期 3 处理田大豆蚜及其天敌数量动态（头/100 株）

Table 3 Population dynamic of soybean aphid and natural enemies by treatment 3 in 2012 (unit/100 plants)

物种 Species	日期（月-日）Date(month-day)												
	6-26	7-3	7-10	7-17	7-24	7-31	8-7	8-14	8-21	8-28	9-4	9-11	9-18	9-25
X_1	1	0	0	0	4	1	3	2	0	0	0	0	0	0
X_2	0	0	6	25	19	57	17	8	3	9	3	1	1	0
X_3	0	0	2	0	3	4	9	4	0	4	1	0	0	0
X_4	0	0	1	0	12	16	11	14	5	2	0	1	0	0
X_5	0	0	0	6	10	13	4	8	3	3	3	2	1	0
X_6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	6	0	0	12	1	0	0	0	1	0	1	0
Y_3	225	271	1 629	4 128	7 671	13 308	4 808	1 584	898	503	346	734	684	234

表 4 各播期处理条件下天敌与大豆蚜的关联度（2012 年）

Table 4 Correlation degree between aphid and natural enemies in 2012

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
Y_1	0.7768	0.9045	0.8804	0.8486	0.8277	0.7574	0.7890
Y_2	0.8300	0.9308	0.9082	0.9109	0.8841	0.8072	0.8169
Y_3	0.8704	0.9558	0.8737	0.9179	0.9288	0.8529	0.8732

分辨率系数ρ=0.5。The identification coefficient ρ=0.5.

3 讨 论

试验中不同播期处理使大豆的生育时期拉开了差距，较晚播种的大豆出苗时间和生长发育阶段会有不同程度的延后（表 5）。出苗的时间直接影响大豆蚜迁入豆田的时期。研究表明，大

豆植株各个器官在不同的生育阶段中干物质积累及各元素转运的特点不同（孙大靖等，2004）。寄主植物营养条件的差异会不同程度影响大豆蚜的种群发育，从而造成种群动态的各种参数的变化（张峰等，2001）。

田间蚜虫的种群发育受气候、天敌等因素的影响，多种因素的交互作用以及蚜虫自身的生物特性决定了其动态规律。2013 年 8 月持续的急降雨和大风天气使大豆蚜数量和田间有蚜株率急剧下降，导致蚜虫种群动态在年度间产生较大差异。播期是影响寄主植物的一个子因素，对蚜虫发生的影响力也很有限。两年的试验中，年度内大豆蚜的种群动态趋势在各播期处理间基本是一致的，尤其是有翅蚜表现的更为明显。而在种群动态的一些参数上，播期处理的作用有所显现，大豆蚜在田间的始见期、终见期、种群增长率的变化及大豆蚜在田间扩散及消退的时期显现了一定的规律性。

表 5　不同处理大豆生育时期（2012 年）

Table 5　The plant stage of soybean in the three planting date treatment in 2012

日期 Date	播期 1 Treatment 1	播期 2 Treatment 2	播期 3 Treatment 3
6-5	V1	—	—
6-12	V3	Vc	—
6-19	V4	V2	—
6-26	V8	V4	Vc
7-3	R1	V5	V2
7-10	R2	R1	V4
7-17	R3	R1	V7
7-24	R4	R2	R1
7-31	R5	R3	R2
8-7	R5	R4	R3
8-14	R5	R4	R3
8-21	R6	R5	R5
8-28	R6	R6	R5
9-4	R6	R6	R5
9-11	R7	R6	R6
9-18	R8	R7	R6
9-25	—	R8	R7

营养阶段以叶片的数量来划分，例如：V2 表示此时植株有两片完全展开的三出复叶，Vc 为子叶期；R1 为始花期，R2 为盛花期，R3 为初荚期，R4 为盛荚期，R5 为鼓粒期，R6 为鼓粒盛期，R7 为成熟期，R8 为完熟期。

Vegetable is determined by the number of fully expanded trifoliates, for example: V2, the plant has two fully expanded trifoliates; Vc, cotyledon stage；R1, first flower; R2, full bloom; R3, pod formation; R4, full pod; R5, pod fill; R6, full size pod; R7, pod maturation; R8, mature.

蚜虫对天敌有吸引作用，寄主植物的挥发性物质在天敌昆虫搜寻作物的过程中也起到引诱作用（Vet and Dick，1992)。播期处理通过影响寄主植物和大豆蚜而间接影响天敌在田间的发生。天敌昆虫在田间的出现时间和存在时间随着播期而拖后。在较晚播种处理田，大豆蚜与天敌表现出了更强的关联性。

试验中最早的播期处理是哈尔滨地区正常播种时期，其它两个处理都晚于正常的播种时期。在相同的地理和气候条件下，晚播植株发育

进程慢，耐蚜能力较正常发育的植株弱（林存銮等，1993），有可能因蚜害造成较高的产量损失。因此，大豆蚜发生较重的地区不适合过晚播种。

参考文献 (References)

Palumbo JC, 2004. Impact of planting date on aphid infestations and contamination in head lettuce. Vegetable Report. University of Arizona. http://hdl.handle.net/10150/215230

Rahman MM, Pankoj KS, Bidhan CD, 2011. Effect of planting date on the incidence of eggplant aphid, *Aphis gossypii* Glover and yield of eggplant. *Bangladesh Journal of Zoology*, 39(2): 187–194.

Rutledge CE, O'Neil RJ, Fox TB, Douglas AL, 2004. Soybean aphid predators and their use in integrated pest management. *Annals of the Entomological Society of Americ*a, 97(2): 240–248.

Slosser JE, Pinchak WE, Frank WA, 1992. Effect of planting date on cotton aphid and bandedwinged whitefly populations in dryland cotton. *Southwestern Etomologist*, 17(2): 89–100.

Vet LEM, Dicke M, 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37(1): 141–172.

陈敦德, 熊尚玖, 李宗友, 1989. 农作物病虫害统计方法及应用. 成都: 四川科学技术出版社. 41–52.[Chen DD, Xiong SJ, Li ZY,1989. Statistical method of crop pests and diseases and its application. Chengdu: *Sichuan Science and Technology Press*. 41–52.]

胡奇, 张为, 1992. 大豆叶片全氮素含量与大豆蚜发生量的关系. 吉林农业大学学报, 14(4): 103–104.[Hu Q, Zhang W, 1992. Relationship between total nitrogen content of soybean leaves and occurrence of soybean aphid. *Journal of Jilin Agricultural University,* 14(4): 103–104.]

林存銮, 李令堂, 王延鹏, 寻振山, 张广信, 李素真, 1993. 蚜虫数量对大豆主要经济性状的影响. 大豆科学, 12(3): 252–254.[Lin CL, Li LT, Wang YP, Xun ZS, Zhang GX, Li SZ, 1993. Influence of aphid quantity on the main economic traits of soybean. *Soybean Science*, 12(3): 252–254.]

孙大靖, 龚振平, 马春梅, 2004. 大豆植株氮素积累与转动动态的研究. 东北农业大学学报, 35(5): 517–521.[Sun DJ, Gong ZP, Ma CM, 2004.Studies on the nitrogen accumulation and rotational dynamics of soybean plants. *Journal of Northeast Agricultural University,* 35(5): 517–521.]

张峰, 阚炜, 张钟宁, 2001. 寄主植物—蚜虫—天敌三重营养关系的化学生态学研究进展. 生态学报, 21(6): 1026–1034. [Zhang F, Kan W, Zhang ZN, 2001. Progress in chemical ecology of tritrophic interactions among hostplants, aphids and natural enemies. *Acta Ecologica Sinica*, 21(6): 1026-1034.]

张履鸿, 1993. 农业经济昆虫学. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社. 211–215.[Zhang LH, 1993. Agricultural entomology. Harbin : *Harbin Ship Engineering Institute Press*.211-215.]

赵鹏, 付文锋, 赵燕红, 徐增恩, 邹运鼎, 耿继光, 毕守东, 巫厚长, 2009. 不同播期辣椒和番茄上烟粉虱成虫与捕食性天敌之间的关系. 生态学报, 29(10): 5455–5462. [Zhao P, Fu WF, Zhao YH, Xu ZE, Zou YD, Di JG, Bi SD, Wu HZ, 2009. Relationships among bemisia tabaci adults and its predatory natu ral enemies between pepper and tomato in different seasons. *Acta Ecologica Sinica*, 29(10): 5455-5462.]