应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(4): 731–738. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2016.091

气候变暖对寒地大豆作物两种害虫发生的影响*

王 荣[1**] 郝 操[2] 牛琳琳[1] 赵佳男[1]
付 雪[2***] 叶乐夫[1***] 赵奎军[1***]

（1. 东北农业大学农学院 哈尔滨 150030；2. 黑龙江大学农业资源与环境学院 哈尔滨 150080）

摘 要 **【目的】**研究温度上升对中国寒地大豆作物上植食性害虫种群发生及种间关系的影响，有利于做好田间多种害虫发生的长期预测预报。**【方法】**本研究在人工气候箱内模拟气候变暖，调查了低温和高温对大豆蚜 *Aphis glycines* (Matsumura)及朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)种群在大豆植株上的发生及二者种间关系的影响；并用“叶子圆片法”测试了两种害虫在不同大豆品种上共同发生时的相互作用影响。**【结果】**低温有利于大豆蚜种群发展，高温有利于朱砂叶螨的种群发生；在高温下，两种害虫的种间竞争系数下降，即环境容纳量会增大。另外，在现有的气温条件下，两种害虫在大豆上的发生关系是“偏利共存”，易于共同发生的，特别是大豆蚜更易于成灾，尤其是一些感虫性比较高的当地主栽大豆品种，即不同大豆品种的抗虫性有显著差异。**【结论】**这些情况表明：当前寒地大豆作物上不甚严重的几种害虫在未来有较高的成灾风险，需要准备一些防控预案，譬如，选育一些抗虫性较高而又适宜本地栽种的大豆品种。

关键词 大豆蚜，朱砂叶螨，种间竞争，温度，大豆品种

Influences of climate warming on co-occurrence of *Aphis glycines* (Matsumura) and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) on different soybean strains in cold area of China

WANG Rong[1**] HAO Cao[2] NIU Lin-Lin[1] ZHAO Jia-Nan[1]
FU Xue[2***] YE Le-Fu[1***] ZHAO Kui-Jun[1***]

(1. Agriculture College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;
2. College of Agricultural Resource and Environment, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate the effects of temperature increase on the occurrence of phytophagous arthropod pests, and their interspecific interactions, on soybean crops in cold areas of China in order to improve the long term prediction and forecasting of multiple local arthropod pest species. **[Methods]** We simulated climate warming in an artificial climatic chamber and investigated the effects of both high and low temperatures on the co-occurrence and interspecific interactions of *Aphis glycines* and *Tetranychus cinnabarinus*. In addition, we tested interactions between these two arthropod pest species on “leaf discs” from different soybean strains. **[Results]** The results of our experiments suggest that relatively low temperatures will benefit aphid populations but higher temperatures will benefit tetranychid mites. At higher temperatures the interspecific competition coefficient is predicted to decrease, that is to say, the environmental carrying capacity will increase significantly. Under current temperature conditions, the interaction between these two arthropod pest species should be defined as

*资助项目 Supported projects：大豆生物学教育部重点实验室开放基金（SB14B04）；国家自然基金青年项目（31100304）；现代农业产业技术体系建设专项资金（CARS-04）；东北农业大学“学术骨干”项目（15XG01）；黑龙江大学创新训练项目（2015NY06）
**第一作者 First author，E-mail：15546033523@163.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：snowfx@yeah.net；yelefuneau@foxmail.com；kjzhao@163.com
收稿日期 Received：2016-04-18，接受日期 Accepted：2016-06-29

"commensalism", i.e., they are likely to co-occur in the field, and the soybean aphid especially is more likely to outbreak while co-existing with the mite on local, pest-sensitive, soybean strains. In other words, there is a substantial difference in the resistance of different local soybean strains to arthropod pests. **[Conclusion]** These results suggest that: Although not currently an issue, there is a high risk of future outbreaks of several arthropod pests on soybean crops in cold areas of China. We need to prepare some management measures for the future, such as selecting pest resistant strains that are suitable for local cultivation.

Key words *Aphis glycines*, *Tetranychus cinnabarinus*, interspecific competition, temperature, soybean strain

大豆 *Glycine max* 是世界重要的经济作物，在我国有几千年的种植历史。黑龙江省是我国大豆主产区之一，近年来大豆害虫为害严重，给当地的大豆生产带来经济损失。大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 属半翅目 Hemiptera，蚜科，蚜属昆虫，是大豆作物上的主要害虫之一，在东北地区、河北省及内蒙古自治区发生都较为严重（中国科学院动物研究所，1986），近些年传播到美国、加拿大等地（David *et al.*，2004；Bamphitlhi *et al.*，2012）。大豆蚜的成蚜和若蚜主要集中在大豆植株嫩茎、叶片和叶柄上危害；大豆蚜还是植物病原病毒田间扩散、传播的媒介，通过在寄主植物间转移刺吸试食传播多种病毒，从而造成更大的危害（Davis *et al.*，2005）。2004 年黑龙江省种植大豆 340 万 hm^2，大豆蚜大发生面积达到了 139.3 万 hm^2，重发生的地块有蚜株率达 100%，百株蚜量达 20 万头以上（王春荣等，2004）。朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 属于节肢动物门，蛛形纲 Arachnida，蜱螨亚纲 Acari，叶螨科 Tetranychidae，叶螨属 *Tetranychus* 的植食螨类。刺吸性口器，吸食叶片汁液，种类多，发生地理范围广，寄主植物种类多，几乎在所有阔叶植物上都有发生，为害季节长，年发生代数多，有性繁殖和孤雌生殖同时存在，具有个体小、发育快和繁殖力强等特点。

黑龙江省近几年的大田调查表明，朱砂叶螨和大豆蚜经常共同危害大豆植株；两种害虫均属于微型害虫，朱砂叶螨种群和大豆种群在大豆植株上占有不同的生态位。黑龙江属于高纬度地区，受全球气候变化的影响明显，气温出现异常波动，温度的变化对植物和以植物为食的害虫的种群动态产生一定的影响，相同寄主植物上不同害虫的种群动态同时还受到种间竞争能力的影响。本研究既在实验室内对不同温度下大豆植株上的朱砂叶螨（何林等，2005，2008）和大豆蚜种群发生的变化进行观察，又探讨了两种害虫在大豆植株上共同发生时的实际种间关系。我们参考了"叶子圆片法"，在不同大豆品种的叶片上短期饲养蚜虫和叶螨（刘孝纯和吴孔明，1988；庞保平等，2004；秦素研和刘妍，2006），探讨发生密度较低时真实的种间关系：竞争还是互利共存，及其在不同的作物品种上的变化；并且明确两种害虫共同发生时，种群参数会如何受温度上升的影响。这些工作是做好害虫发生长期预测预报，确定不同特异性杀虫剂生产配额，节约防治成本的研究基础；也能为全球变化背景下大豆害虫防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 和朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 种群为实验室种植大豆苗长期饲养。在早期的"温度影响"的试验中，大豆品种采用当地市场上购买的"不知名品种"；人工气候箱温度低温设置：28℃/24℃，光周期 14L：10D，RH：70%；人工气候箱温度高温设置：32℃/28℃，光周期 14L：10D，RH：70%。在后期的"叶子圆片法"试验中大豆品种采用了当地主栽品种"黑农 48"与"高产一号"(分别简称 HN48 和 GC1)；饲养条件：人工气候箱（温度（32±1）℃/（27±1）℃，光周期 L：D=14：10，RH: 50%±10%。

1.2 试验方法

室内种植大豆苗，分别选取 5 头无翅成蚜（蚜虫处理）和 5 头雌成螨（叶螨处理）和无翅

成蚜雌成螨（竞争处理）接于 2~4 叶期大豆叶片上，每个处理 6 个重复。3 d 后除去成蚜和成螨，每 5 d 观察记录一次每株植物上的蚜虫和螨卵及成螨的数量。

室内种植两个品种的大豆苗，至 6~10 叶期，采用新的“叶子圆片法”（刘树生，1987），把植物营养液加琼脂配成固体培养基，叶片用营养液贴在培养基表面，叶背面朝上。分别选取 5 头无翅成蚜（蚜虫处理）和 5 头雌成螨（叶螨处理）和无翅成蚜、雌成螨（竞争处理）接于 2~4 叶期大豆叶片上，每个处理 6 个重复。24 h 后除去成蚜和成螨及多余的若蚜及螨卵，分别保留 10 头新生若蚜（蚜虫处理）和 10 枚螨卵（叶螨处理）以及 10 头若蚜和 10 枚螨卵（竞争处理）。逐日观察记录每片叶片上的蚜虫蜕皮数、若蚜、成蚜数量和螨卵、若螨及成螨的数量。

本试验中的大豆蚜的存活率= 成蚜数/10；繁殖率 = 下一代若蚜总数/10；孵化率 = 若螨数/10。

1.3　数据统计

生态位宽度 $B = 1 \Big/ s\sum_{i=1}^{s} P_i^2$，

式中 B = 物种生态位宽度；S = 资源序列等级数；P_i = 物种利用第 i 等级资源占利用总资源的比例。

生态位重叠 $L_{ij} = \sum_{h=1}^{s} P_i h \cdot P_j h(B_i)$，

式中 L_{ij} = 物种 i 重叠物种 j 的生态位重叠指数；P_{ih}，P_{jh} = 物种 i 和 j 在第 h 资源序列中利用资源占利用总资源的比例，B_i = 物种 i 的生态位宽度。

生态位相似性比例

$$C_{ij} = 1 - \frac{1}{2}\sum_{h=1}^{s}\left|P_i h - P_j h\right|,$$

式中 C_{ij} = 物种 i 和物种 j 的生态位相似性比例，且有 $C_{ij} = C_{ji}$；P_{ih} 同前。

种间竞争系数 $\alpha_{ij} = \dfrac{\sum P_i \cdot P_j}{\sqrt{\left(\sum P_i^2\right)} \cdot \sqrt{\sum P_j^2}}$，

式中 α_{ij} 代表物种 i 和物种 j 在相同资源中的竞争系数，P_i，P_j = 物种 i 和 j 在资源序列的比例。

2　结果与分析

2.1　不同温度条件下大豆蚜和朱砂叶螨的种群动态

不同温度条件下大豆蚜和朱砂叶螨的种群动态如图 1 所示，低温处理组（28℃/24℃）和高温处理组（32℃/28℃）朱砂叶螨和大豆蚜种群数量逐渐增高，低温处理组接叶螨的植株上，蚜虫在第 4 次调查中出现，并且迅速扩大种群，超越叶螨（图 1：A）；在接蚜虫的植株上，叶螨未能侵入（图 1：B）；在接蚜虫和叶螨的植株上，蚜虫在第 2 次调查中就成为优势种（图 1：C）。在高温处理组接叶螨的植株上，蚜虫也出现了一定数量，但一直不高，甚至在后期下降消亡（图 1：D）；在接蚜虫的植株上，蚜虫种群增长相对平缓，在后期出现叶螨，叶螨数量增长迅速（图 1：E）；在接蚜虫和叶螨的植株上，第 3 次调查中叶螨（包括卵螨）就明显成为优势种，而蚜虫种群增长缓慢，且到第 4 次调查后就停止增加（图 1：F）。

2.2　大豆蚜和大豆朱砂叶螨的生态位

两种温度条件下朱砂叶螨和大豆蚜虫的生态位见表 1，低温处理时叶螨和蚜虫在大豆植株上的时间生态位宽度和生态位重叠指数较为相近，高温处理时蚜虫生态位宽度高于叶螨，两者的生态位相似性比例中等，说明两种害虫在大豆上危害的时间分布上存在差异。两种温度处理下种间竞争系数较高，说明两者存在较激烈的种间竞争，且温度高时种间竞争系数由低温时的 0.9109 变化为 0.8412，即大豆蚜与朱砂叶螨两种害虫的种间竞争将趋于缓和。

2.3　大豆蚜和朱砂叶螨取食不同品种大豆的发育情况

蚜虫单独为害和与朱砂叶螨共存为害两个品种的大豆叶片的生活参数如图 2 所示。

朱砂叶螨单独为害和与大豆蚜共存为害两个品种时在大豆叶片上的生活参数如图 3 所示。

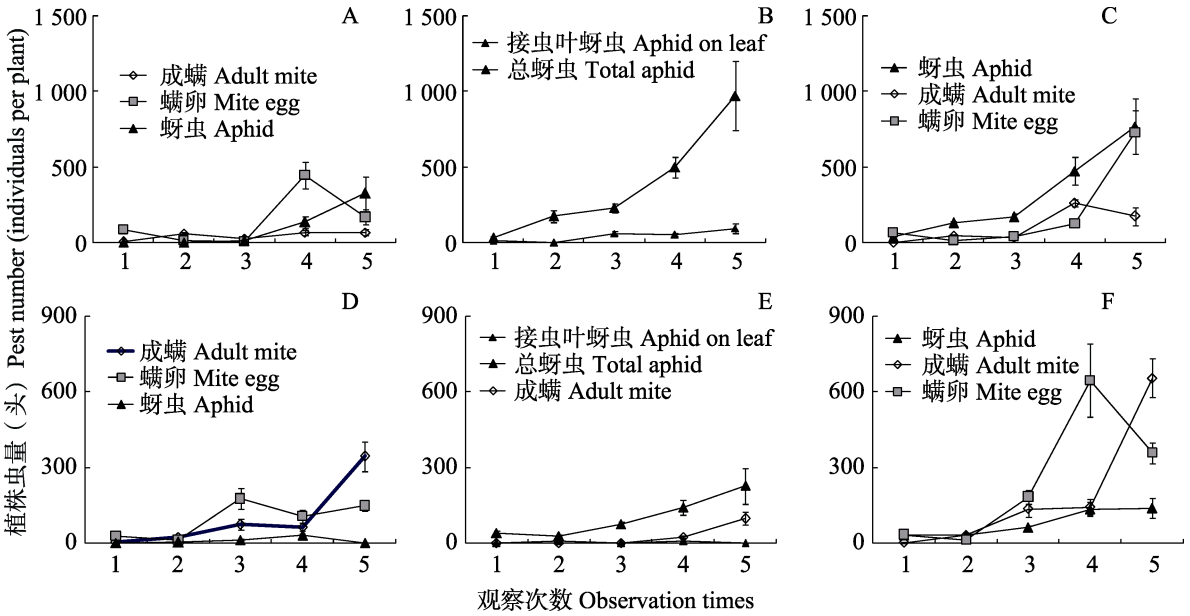

图 1 不同温度条件下大豆蚜和朱砂叶螨的种群动态

Fig. 1 Population dynamics of *Aphis glycines* and *Tetranychus cinnabarinus* under different temperature

A. 低温接叶螨处理； B. 低温接蚜虫处理；C. 低温接叶螨和蚜虫处理；D. 高温接叶螨处理；E. 高温接蚜虫处理；F.高温接叶螨和蚜虫处理。

A. Treatment with mite under lower temperature; B. Treatment with aphid under lower temperature; C. Treatment with both mite and aphid under lower temperature; D. Treatment with mite under higher temperature; E. Treatment with aphid under higher temperature; F. Treatment with both mite and aphid under higher temperature .

表 1 大豆蚜和大豆朱砂叶螨的时间生态位

Table 1 Temporal niche of *Aphis glycines* and *Tetranychus cinnabarinus*

		生态位宽度 Niche breadth		生态位重叠 Niche overlap		生态位相似性比例 Similarity ratio of niche		种间竞争系数 Interspecific competition coefficient	
		蚜虫 Aphid	叶螨 Mite	蚜虫 Aphid	叶螨 Mite	蚜虫 Aphid	叶螨 Mite	蚜虫 Aphid	叶螨 Mite
低温处理 Lower temperature treatment	蚜虫 Aphid	0.5789	/	1	0.1895	1	0.7920	1	0.9109
	叶螨 Mite	/	0.5352	0.1752	1.0000	0.7920	1.0000	0.9109	1.0000
高温处理 Higher temperature treatment	蚜虫 Aphid	0.7343	/	1.0000	0.2280	1.0000	0.6724	1.0000	0.8412
	叶螨 Mite	/	0.3998	0.1242	1.0000	0.6724	1.0000	0.8412	1.0000

大豆蚜或朱砂叶螨单独取食一个大豆品种和蚜虫与叶螨共同取食一个大豆品种的叶片的生活参数的比较见表 1，可以发现，对于两个大豆品种，蚜虫和叶螨共同为害时，蚜虫的存活率（88%和 80%）和繁殖率（9.4 倍和 5.4 倍）均高于只有蚜虫单独取食（54%和 60%；4.97 倍和 4.2 倍）的处理。叶螨卵的孵化率（75%和 85%）均高于只有叶螨单独为害（68%和 80%）的处理。从以上结果中看出：大豆蚜和朱砂叶螨共存对两种有害生物均有利。由此可见，在 HN48 大豆品种上，大豆蚜与朱砂叶螨共同发生时，其种群世代繁殖率为单独发生时的 3.1 倍，在 GC1 上是单独发生时的 1.7 倍；而朱砂叶螨在 HN48 和 GC1 上皆表现为单独发生的约 1.1 倍。说明两种害虫

在不同大豆品种上共同发生相对于单独发生表现一致：对叶螨影响不明显，而蚜虫受益较大，且在 HN48 上表现更为明显。

大豆蚜或朱砂叶螨单独取食和大豆蚜与朱砂叶螨共同取食两个大豆品种间的生活参数的比较见表 2，可以发现，蚜虫单独为害时，从蚜虫的存活率来看，HN48（54%）较 GC1（60%）对蚜虫抗性稍强；从蚜虫的繁殖率来看，GC1（4.2

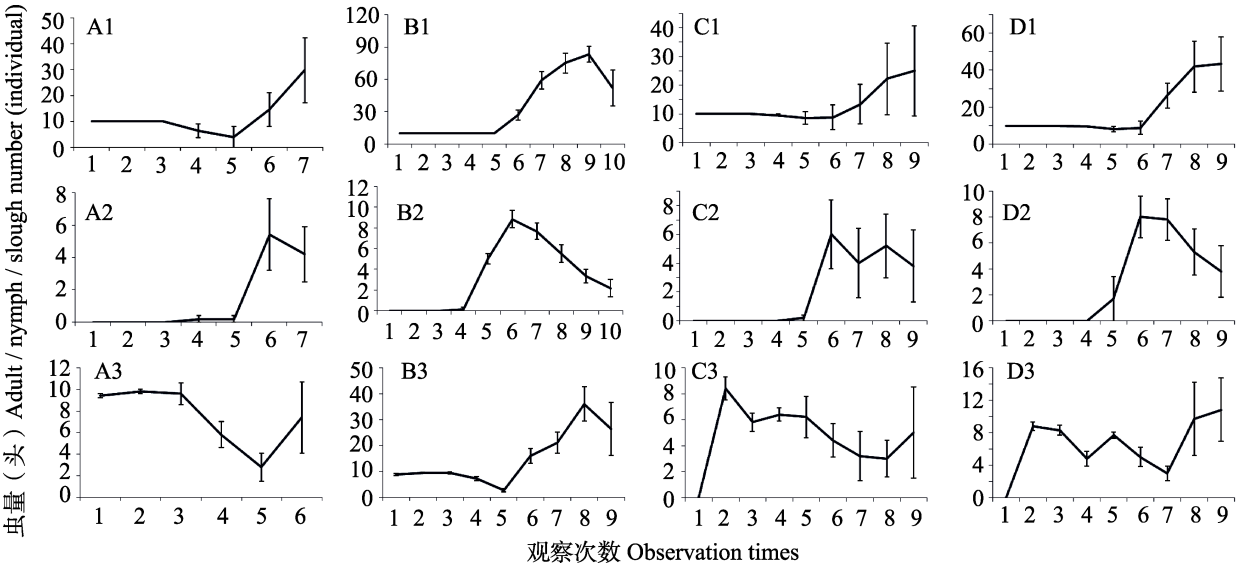

图 2　大豆蚜取食不同品种大豆叶片的生活参数（单独为害与竞争为害）

Fig. 2　Life parameters of *Aphis glycines* on different soybean strains（individual and competitive feeding）

A1.大豆蚜单独取食 HN48 叶片若蚜数；A2. 大豆蚜单独取食 HN48 叶片成蚜数；A3. 大豆蚜单独取食 HN48 叶片蚜蜕数；B1. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 HN48 叶片若蚜数； B2. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 HN48 叶片成蚜数；B3. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 HN48 叶片蚜蜕数；C1. 大豆蚜单独取食 GC1 叶片若蚜数；C2. 大豆蚜单独取食 GC1 叶片成蚜数；C3.大豆蚜单独取食 GC1 叶片蚜蜕数；D1. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 GC1 叶片若蚜数；D2. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 GC1 叶片成蚜数；D3. 大豆蚜与朱砂叶螨共存为害 GC1 叶片蚜蜕数。

A1. Nymph aphid number in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain HN48; A2. Adult nymph aphid number in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain HN48; A3. Slough number of aphid in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain HN48; B1. Nymph aphid number in treatment of both aphid and mite coexisting on HN48; B2. Adult aphid number in treatment of both aphid and mite coexisting on HN48; B3. Slough number of aphid in treatment of both aphid and mite coexisting on HN48; C1. Nymph aphid number in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain GC1; C2. Adult nymph aphid number in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain GC1; C3. Slough number of aphid in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain GC1; D1. Nymph number of aphid in treatment of soybean aphid feeding alone on leaf of strain GC1; D2. Adult aphid number in treatment of both aphid and mite coexisting on GC1; D3. Slough number of aphid in treatment of both aphid and mite coexisting on GC1.

倍）较 HN48（4.97 倍）对蚜虫抗性稍强；共存的情况下，GC1（80%）较 HN48（88%）抗蚜性强，繁殖率亦如此（5.4 倍 < 9.4 倍）。对叶螨而言，单独叶螨为害时，HN48 抗性高（孵化率 68% < 80%）；共同为害时，HN48 也表现较高抗性（75% < 85%）；其它指标由于观察时间的局限，未得出明确结论。

由此可见，不同的本地大豆主栽品种对两种害虫单独发生和共同发生的影响是不同的：单独发生时，大豆蚜在 HN48 上的世代增殖率是在 GC1 上的 1.1 倍，叶螨在 GC1 上的世代增殖率是 HN48 上的 1.2 倍；共同发生时，大豆蚜在 HN48 上的世代增殖率是在 GC1 上的 1.9 倍，而叶螨在 GC1 上的世代增殖率是 HN48 上的 1.1 倍。即两个品种上只有在两种害虫共同发生时，大豆蚜的生活参数在 HN48 上比在 GC1 上明显要高，说明田间多种害虫共同发生时 HN48 比较感虫，即 HN48 抗蚜性较低。

3 讨论

结果表明：低温有利于大豆蚜种群发展；高温有利于朱砂叶螨的种群发生，会提高叶螨相对于大豆蚜的种间竞争力（高密度时才属于竞争关系）。叶螨和蚜虫都有一定的转移扩散能力，在人工气候箱内的小环境，尽管已经注意大豆植株避免叶片接触，叶螨和蚜虫仍然能够从接虫植株转移到未接虫的植株上，但是否能够在这些已有另一害虫的植株上建立种群甚至竞争取代原来的害虫很大程度上由环境温度决定：如果温度是利于蚜虫的低温，后转移来的蚜虫就可能取得竞争的胜利，后转移来的叶螨则难以同先前就有的蚜虫竞争；反之，如果是利于叶螨的高温环境，则只对叶螨的竞争获胜起到积极作用。若成螨和螨卵的关系：低温处理时若成螨数量不高，但螨卵数量较大；而高温处理时若成螨仍处于上升阶段，螨卵数量已经急剧下降。到观察后期，低温处理中的成螨卵量高于若成螨数量；而高温处理中的若成螨数量明显少于螨卵量。这可能意味着螨卵数量没有决定性意义，高温下若成螨存活率较高，若成螨密度很快到达环境容纳量，形成严重为害。

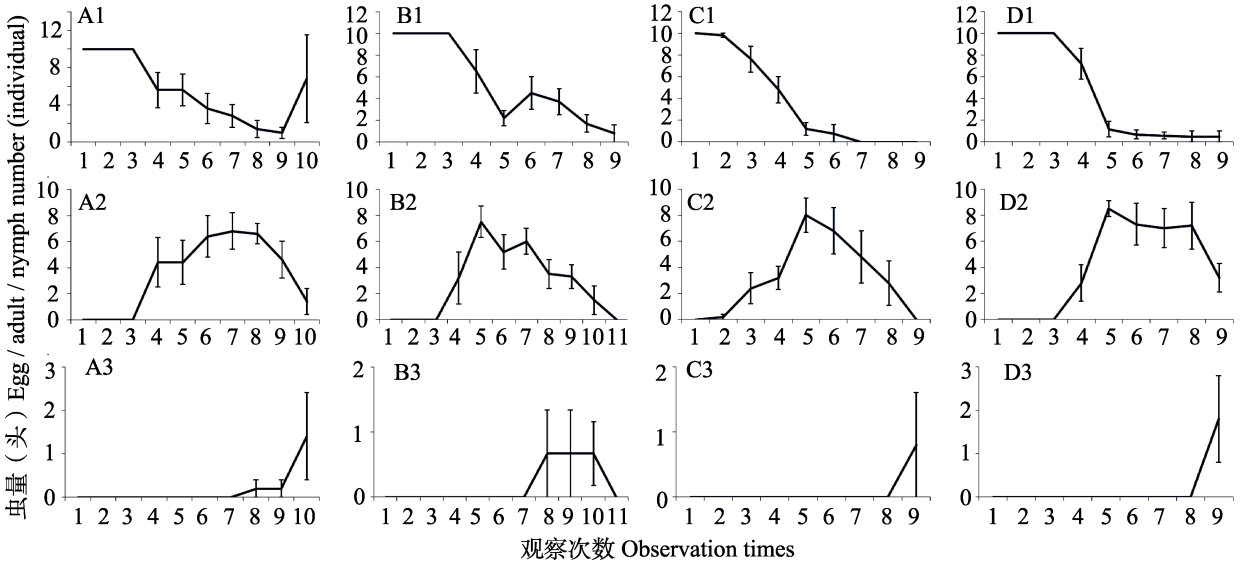

图 3 朱砂叶螨取食不同品种大豆叶片的生活参数（单独为害与竞争为害）

Fig. 3 Life parameters of *Tetranychus cinnabarinus* on different soybean strains（individual and competitive feeding）

A1. 朱砂叶螨单独取食 HN48 叶片螨卵数；A2. 朱砂叶螨单独取食 HN48 叶片若螨数；A3. 朱砂叶螨单独取食 HN48 叶片成螨数；B1. 朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 HN48 叶片螨卵数；B2.朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 HN48 叶片若螨数；B3. 朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 HN48 叶片成螨数；C1.朱砂叶螨单独取食 GC1 叶片螨卵数；C2. 朱砂叶螨单独取食 GC1 叶片螨若螨数；C3. 朱砂叶螨单独取食 GC1 叶片成螨数；D1. 朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 GC1 叶片螨卵数；D2. 朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 GC1 叶片螨若螨数；D3. 朱砂叶螨与大豆蚜共存为害 GC1 叶片螨成螨数。

A1. Number of mite egg in treatment of mite alone feeding on leaf of strain HN48 ; A2. Number of mite nymph in treatment of mite alone feeding on leaf of strain HN48; A3. Number of mite adult in treatment of mite alone feeding on leaf of strain HN48 ; B1. Number of mite egg in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain HN48; B2. Number of mite nymph in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain HN48; B3. Number of mite adult in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain HN48; C1. Number of mite egg in treatment of mite alone feeding on leaf of strain GC1; C2. Number of mite nymph in treatment of mite alone feeding on leaf of strain GC1; C3. Number of mite adult in treatment of mite alone feeding on leaf of strain GC1; D1. Number of mite egg in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain GC1; D2. Number of mite nymph in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain GC1; D3. Number of mite adult in treatment of both mite and aphid coexisting on leaf of strain GC1.

另一方面，本试验实践了“叶子圆片法”，用以快速评估作物抗虫性，得出了初步明确的结论：被评估的两个本地主栽大豆品种对大豆蚜和

朱砂叶螨的抗性情况为（1）对大豆蚜的抗性两个品种相当，HN48 对朱砂叶螨的抗性较高；(2) 在田间多种害虫共同发生时，GC1 对大豆蚜有较高抗性，对朱砂叶螨则较易感，HN48 的情况相反。我们的测试还表明：两种害虫共同发生初期，害虫之间关系是互利的，共存比单独发生时为害情况更为严重；而种群密度高时，二者竞争关系明显，在高温下竞争系数下降，可能意味着两种害虫的发生将会更加严重。在此，我们没有设置高温下的“叶子圆片法”作物抗虫性评估检查，主要考虑温度升高的影响，作物和虫子都会做出适应性的调整，假设的条件得出的结果意义有限。

试验中得出：(1) 两种害虫在两种大豆品种上共同发生时，尤其在中后期，种群密度较高时，种间竞争激烈（罗志明等，2014），温度高时种间竞争系数为 0.8412，而低温时为 0.9109，说明

表 2　大豆蚜和叶螨在两个大豆品种上单独为害和共同为害时生活参数比较

Table 2　Life parameters comparison of *Aphis glycines* and *Tetranychus cinnabarinus* on different strains while feeding alone and coexisting

大豆品种 Soybean strains		生活参数 Life parameter	单独为害：共同为害 Alone：Coexist	单指标结论 Single index conclusion	特定害虫结论 Specific pest conclusion	综合结论 Integrated conclusion
HN48	蚜 Aphid	存活率 Survival ratio	54%：88%	有利于共存	有利于共存	共存有利于大豆蚜和叶螨，即二者互利。因此预测田间二者更易于同时发生
		繁殖率 Reproduction rate	4.97：9.4	有利于共存		
	螨 Mite	孵化率 Hatching ratio	68%：75%	有利于共存	有利于共存	
		成螨 Mite adult	1.4：0.67	未知		
		下一代卵 Egg laying	有：无	未知		
GC1	蚜 Aphid	存活率 Survival ratio	60%：80%	有利于共存	有利于共存	
		繁殖率 Reproduction rate	4.2：5.4	有利于共存		
	螨 Mite	孵化率 Hatching ratio	80%：85%	有利于共存	稍有利于共存	
		成螨 Mite adult	0.8：1.8	未知		
		下一代卵 Egg laying	无：无	未知		

表 3　大豆蚜和朱砂叶螨在两个大豆品种上生活参数比较

Table 3　Life parameters comparison of *Aphis glycines* and *Tetranychus cinnabarinus* on different soybean strains

害虫 Pest	为害方式 Treatment	生活参数 Life parameter	HN48：GC1	单指标结论 Single index conclusion	特定害虫结论 Specific pest conclusion	综合结论 Integrated conclusion
大豆蚜 Soybean aphid	蚜 Aphid	存活率 Survival ratio	54%：60%	HN48 抗虫性稍高	两个品种抗虫性相当	现实中两虫共存，前一品种 HN48 感蚜，稍抗螨；后品种感叶螨，抗大豆蚜
		繁殖率 Reproduction rate	4.97：4.2	GC1 抗虫性稍高		
	蚜+螨 Aphid+Mite	存活率 Survival ratio	88%：80%	GC1 抗虫性稍高	GC1 抗虫性高	
		繁殖率 Reproduction rate	9.4：5.4	GC1 抗虫性高		
叶螨 Mite	螨 Mite	孵化率 Hatching ratio	68%：80%	HN48 抗虫性稍高	HN48 抗虫性稍高	
		成螨 Mite adult	1.4：0.8	未知		
		下一代卵 Egg laying	有：无	未知		
	蚜+螨 Aphid+Mite	孵化率 Hatching ratio	75%：85%	HN48 抗性稍高	HN48 抗性稍高	
		成螨 Mite adult	0.67：1.8	未知		
		下一代卵 Egg laying	无：无	未知		

在未来高温条件下，大豆蚜与朱砂叶螨两种害虫的种间竞争将趋于缓和，“环境容纳量”更大，即多种害虫发生量会在高温条件下更大，形成的为害更严重。(2) 两种害虫在两种大豆品种上共同发生时（初期，种群密度较低时）相对于单独发生而言都表现为：对叶螨影响不显著，而大豆蚜受益相对较大，且在某些品种上表现更甚。(3) 田间多种害虫共同发生时 HN48 比较感虫，即 HN48 抗蚜性较低。即：在现有的气温条件下，大豆蚜和朱砂叶螨是易于共同发生的，特别是大豆蚜更易于成灾，尤其是一些感虫性比较高的当地主栽大豆品种；而在未来气温条件下，两种重要的大豆害虫的种间竞争趋于平缓，害虫发生会愈加严重。这些情况表明：当前寒地大豆作物上不甚严重的几种害虫在未来有较高的成灾风险，需要准备一些防控预案，譬如，选育抗虫性较高（张文辉，2003）而又适宜本地栽种的大豆品种。

本试验在快速检测作物品种抗虫性方面尚属于初步探讨，评估不同大豆品种抗虫性的试验持续时间偏短，作物与昆虫都会对取食和食物的变化做出适应性调整变化（李典谟和周立阳，1997），中长期的效应有待于开展进一步的试验来进行研究。

参考文献 (References)

Bamphitlhi T, Thomas EH，Robert W, Erin EB, John EF, 2012. The soybean aphid，*Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) : Population dynamics on edamame soybeans in Nebraska, Usa. *Afr. J. Agr. Res*., 7(44): 5912–5918.

David WR, David JV, Robert JO, 2004. Soybean aphid biology in north America. *Ann. Entomol. Soc. Am*., 97(2): 204–208.

Davis JA, Radcliffe EB, Ragsdale DW, 2005. Soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, a new vector of potato virus Y in potato. *American Journal of Potato Research*, 82(3): 197–201.

He L, Xue CH, Zhao ZM, Wang JJ, 2008. Relative fitness of *Tetranychus cinnabarinus* resistant strains at different temperatures. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 19(11): 2449–2454. [何林, 薛传华, 赵志模, 王进军, 2008. 朱砂叶螨抗性品系不同温度下的相对适合度. 应用生态学报, 19(11): 2449–2454.]

He L, Zhao ZM, Cao XF, Deng XP, Wang JJ, 2005. Effect of temperature on development and fecundity of resistant *Tetranychus cinnabarinus* (Boiduval). *Acta Entomol. Sin.,* 48(2): 203–207. [何林, 赵志模, 曹小芳, 邓新平, 王进军, 2005. 温度对抗性朱砂叶螨发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 48(2): 203–207.]

Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, 1986. Agricultural insects of China. Bejing: Agricultural Press. 1–3. [中国科学院动物研究所, 1986. 中国农业昆虫. 北京: 农业出版社. 1–3.]

Li DM, Zhou LY, 1997. Coevolution-relationship between insects and plants. *Chinese Journal of Applied Entomoogy.*, 34(1): 45–49. [李典谟, 周立阳, 1997. 协同进化——昆虫与植物的关系. 昆虫知识, 34(1): 45–49.]

Liu SS, 1987. Introduction of aphid feeding method-new method of round leaf piece. *Chinese Bulletin of Entomology*, 24(2): 113–115. [刘树生, 1987. 介绍一种饲养蚜虫的方法-新的叶子圆片法. 昆虫知识, 24(2): 113–115.]

Liu XC, Wu KM, 1988. The influences of different host plant to development and reproduction of carmine spider mite. *Acta. Agri. Boreali-Sin.*, 3(4): 86–86. [刘孝纯, 吴孔明, 1988. 不同寄主植物对朱砂叶螨种群增殖作用研究. 华北农学报, 3(4): 86–86.]

Luo ZM, Shen K, Huang YK, Li WF, Yin J, Zhang RY, Wang XY, Shan HL, 2014. The ecological niches of *Sesamia inferens* Walker and *Argyroploce schistaceana* Snellen and their interspecific competition on sugarcane. *Chinese Journal of Applied Entomoogy*, 51(4): 1046–1051. [罗志明, 申科, 黄应昆, 李文凤, 尹炯, 张荣跃, 王晓燕, 单红丽, 2014. 大螟和黄螟在蔗苗上的生态位及其种间竞争. 应用昆虫学报, 51(4): 1046–1051.]

Pang BP, Zhou XR, Shi L, Mu HB, 2004. Performance of *Tetranychus truncatus* Ehara (Acarina:Tetranychidae) reared with different host plants. *Acta Entomol. Sin.*, 47(1): 55–58. [庞保平, 周晓榕, 史丽, 穆洪波, 2004. 不同寄主植物对截形叶螨生长发育及繁殖的影响. 昆虫学报, 47(1): 55–58.]

Qin SY, Liu H, 2006. Studies on the history and predatory capacity of *Teranychus cinnabarinus* on *Euseius nicholsi* (Ehara *et* Lee). *J. Southwest Agr. Uni.* (*Natural Science*), 28(1): 87–88. [秦素研, 刘怀, 2006. 食物对尼氏真绥螨发育繁殖和朱砂叶螨捕食量的研究. 西南农业大学学报(自然科学版), 28(1): 87–88.]

Wang CR, Deng XC, Yin LJ, Song YH, Zhang DY, Shen HB, 2005. Analysis on outbreak factors of *Aphis glycines* in Heilongjiang provience in 2004. *Soybean Bulletin*, (3): 19−20. [王春荣, 邓秀成, 殷丽娟, 宋玉华, 张东英, 沈海波, 2005. 2004 年黑龙江省大豆蚜虫爆发因素分析. 大豆通报, (3): 19−20.]

Zhang WH, Liu GJ, 2003. A review on plant secondary substances in plant resistance to insect pests. *Chin. Bul. Botany,* 20(5): 522–530. [张文辉, 刘光杰, 2003. 植物抗虫性次生物质的研究概况. 植物学通报, 20 (5): 522–530.]