应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(3):579—587

西花蓟马、二斑叶螨与黄瓜新小绥螨的相互关系研究*

徐学农[1,2**] Christian Borgemeister[2,3] Hans-Michael Poehling[2]

(1. 中国农业科学院植物保护研究所/农业部生物防治重点开放实验室 北京 100193;
2. 德国汉诺威莱布尼茨大学,植物病害与植物保护研究所 德国汉诺威 30419
3. 国际昆虫生理生态中心 肯尼亚内罗毕)

摘 要 西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)和二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 是温室花卉与蔬菜上的重要害虫(螨)。植物常被两者同时危害。黄瓜新小绥螨 *Amblyseius cucumeris* (Oudemans)是世界上广泛应用的温室蓟马的生物防治物,有时也被用来防治二斑叶螨。本研究中,在人工气候室盆栽条件下利用黄瓜新小绥螨防治西花蓟马和/或二斑叶螨。结果显示,当每豆株上接入 10 或 20 头二斑叶螨时,按照 1∶4的益害比释放黄瓜新小绥螨可有效控制二斑叶螨。同样密度比的情况下,5 和 10 头黄瓜新小绥螨的释放量可显著控制西花蓟马的接入量。二斑叶螨密度的增加没有显著影响到黄瓜新小绥螨对西花蓟马的控制作用。西花蓟马可捕食黄瓜新小绥螨的卵,日捕食量达 1.2 粒。本文对利用黄瓜新小绥螨防治温室中西花蓟马进行了讨论。

关键词 二斑叶螨,西花蓟马,黄瓜新小绥螨,相互关系,生物防治

Interactions of western flower thrips, two-spotted spider mites and the predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) on beans

XU Xue-Nong[1,2**] Christian Borgemeister[2,3] Hans-Michael Poehling[2]

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory for Biological Control of Ministry of Agriculture, West Yuanmingyuan Road, Beijing 100094, China;
2. Institute of Plant Diseases and Plant Protection, Leibniz University of Hannover, Herrenhäuser Str. 2, Hannover 30419, Germany; 3. icipe—African Insect Science for Food and Health, Nairobi, Kenya)

Abstract The western flower thrip *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (WFT) and the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (TSSM) are notorious pests of ornamentals and vegetables in greenhouses. Plants are often simultaneously infested by both pests. The predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) has been widely used as a biological control agent for thrips in greenhouses and has sometimes also been used to control TSSM. We here report the results of investigations on the biological control of WFT and TSSM by *A. cucumeris* on kidney beans in pot trails. At low and moderate, but not high, TSSM densities, *A. cucumeris* released at a predator∶prey ratio of 1∶4 significantly suppressed TSSM populations. 5 and 10 *A. cucumeris* could also significantly suppress 20 and 40 WFT after 8 days. The control efficiency of WFT by *A. cucumeris* was not significantly affected by the presence of TSSM. WFT larvae can successfully prey on the eggs of *A. cucumeris*, consuming an average number of 1.2 eggs per day. The potential for the biological control of WFT in greenhouses by *A. cucumeris* is discussed.

Key words *Tetranychus urticae*, *Frankliniella occidentalis*, *Amblyseius cucumeris*, interactions, biological control

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)和二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)是花卉和蔬菜上经济上重要的有害生物。西花蓟马为北美的本

* 资助项目:汉诺威大学"科学与艺术青年后备人才资金"。
**通讯作者,E-mail: xnxu@ippcaas.cn
收稿日期:2011-04-03,接受日期:2011-04-17

土种，自 20 世纪 70 年代后成为世界性害虫（Kirk and Terry，2003）。目前，西花蓟马被认为是多种作物特别是温室作物上最重要的害虫（Beshear，1983；Reitz，2009）。二斑叶螨也是世界上广泛发生的，常侵入温室并对一些经济重要的作物造成巨大的危害。

二害虫（螨）对药剂均产生了广泛的抗性（Cranham and Helle，1985；Brødsgaard，1994；Zhao *et al.*，1995），难以用系统性杀虫剂控制。而且，两者危害的隐蔽性，如西花蓟马常在花中、芽中和叶腋中，二斑叶螨躲在丝网中，这些地方的庇护使化学防治更为困难。此外，化学防治还常导致在新鲜蔬果上高残毒，杀灭有益生物如天敌及传粉昆虫等的负作用。因此，生物防治成为二者治理中的重要措施。

黄瓜新小绥螨 *Amblyseius cucumeris*（Oudemans）（Acarina：Phytoseiidae）是一种多食性捕食者，可捕食多种昆虫和螨类（McMurtry and Croft，1997）。它被广泛用来防治花卉（Hessein and Parrella，1990；De Courcy Williams，1993，2001）、蔬菜如甜椒（Ramakers，1987）、黄瓜（Gillespie，1989；Ramakers *et al.*，1989；Bennison and Jacobson，1991；Jacobson，1995，Jacobson *et al.*，2001）和西红柿（Shipp and Wang，2003）上的蓟马。然而，黄瓜新小绥螨用来防治植食性的螨类的报道不多。一些研究显示，黄瓜新小绥螨对草莓上的樱草植食螨、二斑叶螨（Croft *et al.*，1998；Easterbrook *et al.*，2001）和甜椒上的侧多食跗线螨 *Polyphagotarsonemus latus*（Banks）（Acari：Tarsonemidae）（Weintraub *et al.*，2003）有一定的控制作用。

西花蓟马和二斑叶螨危害的植物种类很多，植物常受到二者的同时危害（Trichilo and Leigh，1986；Sterk and Meesters，1997）。作为两者的共同捕食者，当两者共发时，黄瓜新小绥螨是否可同时对两者进行控制，一种密度变化是否影响到黄瓜新小绥螨对另一种的控制作用。对此，本文进行了初步的研究。

此外，西花蓟马作为一种多食性的生物，除可刺吸植物汁液、取食花粉外，还可捕食植食性螨类的卵（Trichilo and Leigh，1986；Agrawal *et al.*，1999；Agrawal and Klein，2000）。一些研究还报导它甚至还可取食植绥螨如 *Iphiseius degenerans*（Berl.）（Faraji *et al.*，2001，2002）和智利小植绥螨 *Phytoseiulus presimilis* Athias-Henriot（Janssen *et al.*，1998）的卵。西花蓟马是否可取食黄瓜新小绥螨的卵，本文作了初步探索。

1 材料与方法

1.1 植物材料

具有二片真叶的芸豆（*Phaseolus vulgaris*［Fabaceae］cv. Merona）苗作为试验植物。植物种植在汉诺威大学植物病害与植物保护研究所的苗圃中。苗圃温湿光保持在 20℃，湿度 75% 和 L∶D＝16∶8条件下。在西花蓟马对黄瓜新小绥螨卵的捕食试验中，叶片取自同样的苗圃。为了减少叶表面对西花蓟马幼虫行为的影响，取叶碟时避开叶面中脉。

1.2 试虫

西花蓟马和二斑叶螨取自所多代饲养的试验种群。二者在（23 ± 1）℃，湿度 65% ± 5% 和 L∶D＝16∶8条件下分别用豆株及豆荚饲养多代。所有试验中接入的初始虫态为低于 2 日龄的西花蓟马初孵幼虫及初“羽化”的二斑叶螨成螨。黄瓜新小绥螨购自 Katz Biotech. Services（Baruth，Germany）公司，并保存在 9℃ 条件下，保存期不超过一周时间。保存期间，除商品中自身所含的粉螨（*Tyrophagus putrescentiae*）外，不供给其它任何食物。接入植物上的试验前一天，从饲养料中分离出黄瓜新小绥螨与粉螨。试验时选择活性强的雌成螨。

西花蓟马幼虫对黄瓜新小绥螨卵的取食试验中，黄瓜新小绥螨用离体叶片上的二斑叶螨饲养。因为黄瓜新小绥螨的卵在试验温室条件下约2.5 d 孵化，因此，本试验中仅取 18 h 内的捕食螨卵。西花蓟马幼虫取 3 ~ 7 d 不同日龄的第二若虫。

1.3 试验步骤

单株含二片展开的真叶的豆苗种植在塑料花盆（口外径 11 cm）中。花盆罩上一有机玻璃的圆柱（直径 10 cm，高 30 cm）。为了保证通风和便于接入试虫，圆柱壁开 8 个圆洞（直径 3.5 cm），其中 7 个用网纱（pore size ca. 60 μm，Sefar Ltd.，Rüschlikon，Switzerland）封上，另一个接虫后用纸及胶带封口。试验开始时，用细毛笔挑取刚“羽化”的二斑叶螨雌成螨接入一片叶上，1 d 后在同一叶上接入西花蓟马初孵若虫，紧接着再接上黄

瓜新小绥螨雌成螨。没有接入捕食螨的作为对照。接虫后植株置于人工气候室(23℃ ±1℃,湿度65% ±5% 和 L∶D =16∶8)中培养。8 d 后整株剪下,立即检查植株上是否有西花蓟马若虫、预蛹或蛹。若发现,立即把它们连同一片干净叶片放回其原花盆中。Berndt 等(2004)发现,大约 98% 的老熟若虫都会入土化蛹和羽化,羽化的成虫具有向光性。因此,豆株切下后的花盆用另一等大的花盆扣上。上面花盆的底切掉,再用一稍大一点的培养皿盖上。培养皿内底面用昆虫胶涂抹薄薄一层,这样羽化后的西花蓟马成虫就会向光(向上)飞粘在培养皿的底面上。为防止花盆内部湿度过大,在上面的塑料花盆壁上开 3 个小洞(直径 1.5 cm),同样用纱网封上。为了防止蓟马成虫从 2 个扣在一起的花盆间的缝隙处跑掉,缝隙用橡皮泥封上。每日检查花盆中的羽化蓟马数直到不再有羽化的成虫出现。切下的植物部分,因不能立即检查完,封存置 5℃冷库中待检。

试验设置二斑叶螨 3 个密度(10、20、40 头/株),西花蓟马 2 个密度(20、40 头/株),黄瓜新小绥螨 2 个密度(5、10 头/株)。共 27 个处理,分别是:叶螨与蓟马分别 3 个及 2 个处理;叶螨与捕食螨 6 个组合(处理),蓟马与捕食螨 4 个组合;叶螨、蓟马与捕食螨共 12 个组合。每一试验处理重复 5 次。

西花蓟马对黄瓜新小绥螨卵的捕食作用采用常用的隔水法。在培养皿(直径 6 cm)中放入充分吸水的海绵(3 cm × 3 cm × 0.7 cm),海绵上放一片滤纸片(直径 2.1 cm)。一片豆叶碟(直径 2 cm)正面向下贴于滤纸上,作为试验平台。每一叶碟上挑入 20 粒黄瓜新小绥螨卵,然后接入 2 头西花蓟马相同日龄的幼虫。试验中设置了 5 个处理,即仅有捕食螨卵而无西花蓟马幼虫的对照,接入 3 ~ 4、4 ~ 5、5 ~ 6 和 6 ~ 7 d 的西花蓟马幼虫。每一处理 15 次重复。24 h 后检查卵被取食数。试验在(23 ± 1)℃,湿度 65% ±5% 和 L∶D = 16∶8 条件下进行。

1.4　统计分析

叶螨控制率采用 Colfer 等 (2000)的公式,西花蓟马的效正死亡率采用 Schneider-Orelli 公式(Schneider-Orelli, 1947)。不同时间重复的试验数据先用 SAS 中的 HOVTEST 进行方差同质性测定,当方差具同质性时,不同时间调查数据可合并计算。二斑叶螨的控制率或西花蓟马校正死亡率经方差分析,平均数比较采用 Dunnett 检验。二斑叶螨、西花蓟马和黄瓜新小绥螨三者间关系采用 GLM 法(Buehl and Zoefe, 2000)。若方差分析某因子显著,用 Tukey 多重比较。黄瓜新小绥螨 2 密度下的控制效果比较采用 t 测验。西花蓟马对黄瓜新小绥螨卵的取食作用,为了满足方差分析条件,数据先进行平方根转换。所有的统计分析都在 $\alpha = 0.05$ 的水平下进行。

2　结果与分析

2.1　试验 I

2.1.1　黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制作用

在二斑叶螨接入量 10 和 20 头的条件下,黄瓜新小绥螨 2 个释放密度均能有效控制二斑叶螨种群,但在二斑叶螨高密度条件下,即接入量为 40 头时,黄瓜新小绥螨不能对二斑叶螨进行有效控制(表 2)。二斑叶螨被黄瓜新小绥螨显著控制与二斑叶螨的密度有关,而与捕食螨试验密度及两者间的相互关系无关(表 1)。在 3 个接入密度下,二斑叶螨被控制差异显著(表 2)。

表 1　二斑叶螨与黄瓜新小绥螨关系方差分析

Table 1　Summary of ANOVA results of the percentages of TSSM suppression at three different mite densities (i.e., 10, 20 and 40) caused by 5 or 10 *Amblyseius cucumeris* adults

Source	*df*	*F*	*P*
二斑叶螨 TSSM	2	18.504	< 0.001
黄瓜新小绥螨 *A. cucumeris*	1	3.110	0.091
二斑叶螨 × 黄瓜新小绥螨 TSSM × *A. cucumeris*	2	0.067	0.935

2.1.2 黄瓜新小绥螨对西花蓟马的控制作用

与对照相比,黄瓜新小绥螨在 2 种释放密度下均可显著控制西花蓟马($P < 0.01$, Dunnett 检验)。西花蓟马被控制程度与捕食螨密度显著相关,而与猎物及两者间相互关系无显著相关(表 3)。因为猎物密度没有显著影响到捕食螨的捕食程度,因此,不考虑西花蓟马的起始密度,把两密度放在一起进行计算。释放的捕食螨量越大,效果越好。

释放 10 头捕食螨时可达到 40% 以上的控制效果 (表 4)。

表 2 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制作用

Table 2 Suppression of TSSM at three initial densities (i. e., 10, 20 and 40) by 5 or 10 *Amblyseius cucumeris* adults

	二斑叶螨接入头数 Number of TSSM transferred		
	10	20	40
二斑叶螨被控制率% (平均数 ± 标准误) % TSSM suppression (mean ± *SE*)	33.8 ± 3.0 a	21.9 ± 3.3 b	6.5 ± 3.2 c

注:同一行平均数(±标准误)后的不同英文字母表示在 α = 0.05 的水平上差异显著。

Data are means (± *SE*), and followed by different letters within a row show significant difference at 0.05 level among different densities of TSSM, irrespective of the density of *A. cucumeris* (Dunnett test).

表 3 黄瓜新小绥螨二密度控制西花蓟马的方差分析表

Table 3 Summary of ANOVA results of the corrected mortalities of WFT at two different densities (20 and 40) caused by 5 and 10 *Amblyseius cucumeris* adults

Source	*df*	*F*	*P*
西花蓟马 WFT	1	1.347	0.263
黄瓜新小绥螨 *A. cucumeris*	1	7.728	0.013
西花蓟马 × 黄瓜新小绥螨 WFT × *A. cucumeris*	1	1.351	0.262

表 4 不同密度黄瓜新小绥螨导致西花蓟马校正死亡率(不考虑蓟马接入密度)

Table 4 Corrected mortalities (CM) of WFT caused by 5 and 10 *Amblyseius cucumeris* adults irrespective of the thrips densities

黄瓜新小绥螨 *A. cucumeris*	西花蓟马效正死亡率 (%) CM of WFT (mean ± *SE*)
5	29.9 ± 3.2 a
10	43.1 ± 3.6 b

注:同列数值(平均数 ± 标准误)后不同字母表示差异显著。

Data are means (± *SE*), and followed by different letters within the same column indicate significant difference between two predatory mite densities (i. e., 5 and 10), irrespective of the thrips densities (*t* test).

2.1.3 黄瓜新小绥螨在西花蓟马存在条件下对二斑叶螨的控制作用 在西花蓟马与二斑叶螨共存的条件下,黄瓜新小绥螨在 2 释放密度下,都能显著地压低二斑叶螨在低与中等接入密度下的试验种群。在释放 10 头捕食螨时甚至可显著控制 40 头叶螨的接入种群($P < 0.05$, Dunnett 检验)。统计分析显示,仅二斑叶螨与捕食螨密度可显著影响到二斑叶螨的控制程度,西花蓟马及所有的交互作用都不显著(表 5)。因此,二斑叶螨被控制程度放在一起计算,而不考虑蓟马的接入密度。当黄瓜新小绥螨以 5 头/株释放时,二斑叶螨在 3 个不同密度下被控制程度显著不同。而以 10 头/株释放时,二斑叶螨仅在接入 10 头/株和 20 头/株时与 40 头/株的接入密度下被控制程度显著不同(图 1)。此外,在 40

表 5 二斑叶螨在西花蓟马共存时被黄瓜新小绥螨控制的方差分析

Table 5 Summary of ANOVA results of the percentages of TSSM suppression at three initial different mite densities (i. e., 10, 20 and 40) caused by 5 or 10 *Amblyseius cucumeris* adults in the presence of WFT at three densities of WFT (i. e., 0, 20 and 40)

Source	*df*	*F*	*P*
二斑叶螨 TSSM	2	20.860	< 0.001
西花蓟马 WFT	2	2.598	0.081
黄瓜新小绥螨 *A. cucumeris*	1	5.863	0.018
二斑叶螨 × 西花蓟马 TSSM × WFT	4	0.895	0.471
二斑叶螨 × 黄瓜新小绥螨 TSSM × *A. cucumeris*	2	0.465	0.630
西花蓟马 × 黄瓜新小绥螨 WFT × *A. cucumeris*	2	0.028	0.973
二斑叶螨 × 西花蓟马 × 黄瓜新小绥螨 TSSM × WFT × *A. cucumeris*	4	0.150	0.962

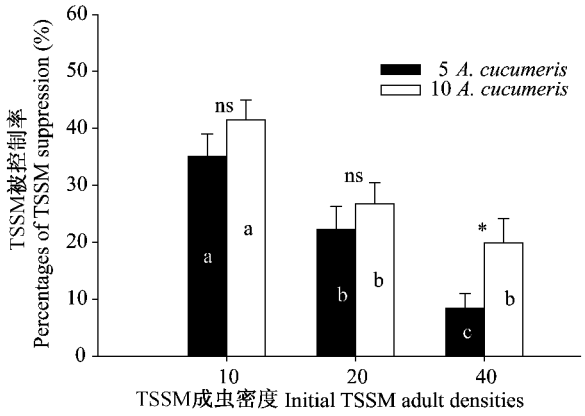

图 1　黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制作用(不考虑蓟马密度)

Fig. 1　Percentages of TSSM suppression (mean ± *SE*) at three spider mite densities (i. e., 10, 20 and 40) by *Amblyseius cucumeris* at two densities (i. e., 5 and 10), irrespective of the thrips densities

注:同色柱形图中的不同英文字母表示黄瓜新小绥螨同种释放密度下对 3 种密度二斑叶螨的控制差异显著。ns 和* 分别表示 2 种不同密度的黄瓜新小绥螨对同一二斑叶螨密度控制无显著或显著差异。

Means of percentages of TSSM suppression at a given density of *Amblyseius cucumeris* marked by different letters are significantly different (Tukey test). ns and * indicate non-significant and significant difference in TSSM suppression by 5 and 10 *Amblyseius cucumeris* at a given density of TSSM (*t* test).

头二斑叶螨接入密度下,5 与 10 头黄瓜新小绥螨间对二斑叶螨的控制显著不同。

2.1.4　二斑叶螨存在时对黄瓜新小绥螨控制西花蓟马的影响　西花蓟马与二斑叶螨共发时,黄瓜新小绥螨在 2 种释放密度下均能显著压制西花蓟马的 2 种接入密度下的种群($P < 0.01$, Dunnett test)。试验条件下接入的二斑叶螨及西花蓟马自身密度没有显著影响到西花蓟马种群的被控制程度。统计分析显示,所有的交互作用都不显著(表 6)。因此,在比较西花蓟马的校正死亡率时不考虑二斑叶螨及西花蓟马自身的密度。试验空间里释放 10 头黄瓜新小绥螨可以压制 45.9% 的西花蓟马试验种群,而释放 5 头仅可控制 32.7% 的西花蓟马种群(图 2)。

2.2　试验 II 西花蓟马对黄瓜新小绥螨卵的捕食

在对照试验中,没有发现黄瓜新小绥螨卵的自然死亡,即都是正常椭球形,没有出现卵的瘪壳现象。西花蓟马各试验日龄段的幼虫对黄瓜新小绥

表 6　西花蓟马在二斑叶螨共存时被黄瓜新小绥螨控制的方差分析

Table 6　Summary of ANOVA results of the corrected mortalities of WFT at two densities (i. e., 20 and 40) caused by 5 and 10 *Amblyseius cucumeris* adults in the presence of TSSM at four different initial densities (i. e., 0, 10, 20 and 40)

Source	*df*	*F*	*P*
二斑叶螨 TSSM	3	1.577	0.204
西花蓟马 WFT	1	2.090	0.153
黄瓜新小绥螨 *A. cucumeris*	1	29.349	< 0.001
二斑叶螨 × 西花蓟马 TSSM × WFT	3	0.128	0.943
二斑叶螨 × 黄瓜新小绥螨 TSSM × *A. cucumeris*	3	0.163	0.921
西花蓟马 × 黄瓜新小绥螨 WFT × *A. cucumeris*	1	2.138	0.149
二斑叶螨 × 西花蓟马 × 黄瓜新小绥螨 TSSM × WFT × *A. cucumeris*	3	0.200	0.896

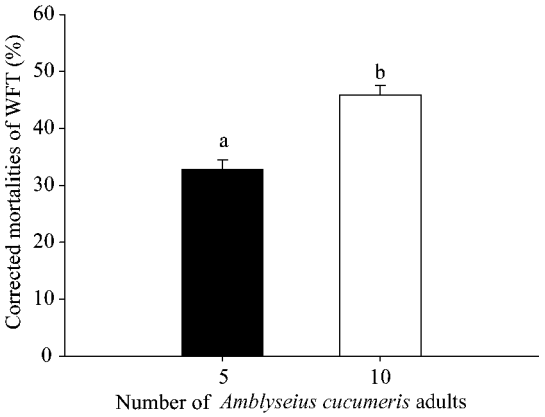

图 2　释放黄瓜新小绥螨引起的西花蓟马效正死亡率(不考虑二斑叶螨与西花蓟马的起始密度)

Fig. 2　Corrected mortalities (CM) of WFT caused by *Amblyseius* cucumeris, irrespective of the TSSM and WFT densities

注:柱形图上的不同字母表示捕食螨 2 释放密度间差异显著。Means marked by different letters indicate significant difference between two predator densities (i. e., 5 and 10) (*t* test).

螨卵都有捕食现象，但未发现显著差异（$F_{3,49}$ = 0.02，P = 0.996）。在试验条件下，一头西花蓟马幼虫日平均可捕食（1.2 ± 0.1）粒黄瓜新小绥螨卵。

3 讨论

智利小植绥螨常被用来防治叶螨（Helle and Sabelis，1985），尽管在有些植物上，加州钝绥螨 *Neoseiulus californicus* McGregor（García-Marí and González-Zamora，1999；Easterbrook *et al.*，2001）和虚伪钝绥螨 *N. fallacis* Garman（Acarina：Phytoseiidae）（Raworth，1990；Cooley *et al.*，1996；Croft *et al.*，1998）也被用来防治叶螨。然而，智利小植绥螨对叶螨有高度的专食性（McMurtry and Croft，1997；Cross *et al.*，2001），而且，它与上述的另外 2 种捕食螨也都不能捕食蓟马。与此成对照的是，黄瓜新小绥螨是一种多食性的捕食者，而且被广泛用于防治西花蓟马。不仅如此，黄瓜新小绥螨还被用来防治草莓上缨草植食螨 *Phytonemus pallidus*（Banks）（Croft *et al.*，1998；Easterbrook *et al.*，2001）和甜椒上的侧多食跗线螨 *Polyphagotarsonemus latus*（Banks）（Acari：Tarsonemidae）（Weintraub *et al.*，2003）。在作者的试验中，黄瓜新小绥螨可显著地控制二斑叶螨与西花蓟马单独发生的种群。然而，捕食螨仅在二斑叶螨低至中等密度时起到一定程度的控制作用。而且，甚至在高的黄瓜新小绥螨释放密度与低的二斑叶螨接入密度时，二斑叶螨被控制率亦不超过 34%。此外，试验的时间差不多是二斑叶螨发生一代的时间，下一代的发生数量要远远大于当代的数量。因此，黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制程度可能十分有限。

黄瓜新小绥螨对高密度的二斑叶螨不能显著地控制。高密度的二斑叶螨种群更容易聚集，而且产生更多的丝网。McMurtry 和 Croft（1997）根据取食习性把植绥螨分为四大类。在黄瓜新小绥螨所属的类群中，很多种类都受到叶螨丝网密度的负面影响（Sabelis and Bakker，1992）。这也许可部分解释为什么在叶螨高密度时黄瓜新小绥螨不能进行有效地控制。本试验得到的结果给我们的启示是：生物防治成功不仅仅与益害比有关，猎物的起始密度也可能是重要因素之一。另外一个可佐证的例子是 García-Marí 和 González-Zamora（1999）的研究报道。用加州钝绥螨防治草莓上的二斑叶螨，在高的起始密度下（1 ~ 10 头/叶），益害比按 1∶5 ~ 1∶10 时可以 1 ~ 2 周内有效地控制二斑叶螨。然而，在低密度情况下（0.1 ~ 1/叶），益害比要按 1∶1 ~ 1∶5的比例释放，高的释放率是因为捕食螨要花费更多的时间在搜索上。

西花蓟马单独发生时，黄瓜新小绥螨可显著压低其数量。然而，在试验的西花蓟马密度下，不考虑具体密度的大小，释放 5 和 10 头黄瓜新小绥螨仅能导致 29.9% 和 43.1% 的西花蓟马死亡率。因此，在整个试验期间，每头黄瓜新小绥螨成螨平均仅能捕食 1.3 ~ 1.8 头西花蓟马幼虫。而 Van Houten 等（1995）报道黄瓜新小绥螨对西花蓟马的初孵幼虫的日均捕食量达 6 头。两者的差异很可能是由试验空间的不同引起的。他们的结果是在小叶碟且二维空间里得到的，而本试验的三维空间里很显然对于黄瓜新小绥螨来说更难以发现猎物。在实际防治操作中，黄瓜新小绥螨通常的释放量是非常巨大的。如在温室番茄上，每 4 周释放 1 次，每次每株上挂放 1 000 头的缓释袋，当每株西花蓟马起始虫量为 120 头时，释放的黄瓜新小绥螨将会在 11 周内减少 77.6% 的西花蓟马种群（Shipp and Wang，2003）。因此，要在豆株上取得更好的西花蓟马防治效果，应加大黄瓜新小绥螨的释放量。

试验中，西花蓟马与二斑叶螨共发时，西花蓟马受黄瓜新小绥螨的控制没有显著地受到二斑叶螨存在的影响。Janssen 等（1998）报道，由于二斑叶螨网的存在使得西花蓟马幼虫被黄瓜新小绥螨的捕食率降低了 48.6%。作者归结这一现象是由于西花蓟马幼虫把二斑叶螨网作为隐匿场所而避免了被黄瓜新小绥螨的捕食。而在作者的试验中，在接入二斑叶螨后的第 2 天就接入西花蓟马和捕食螨，这时叶面上没有充足的丝网供给西花蓟马躲藏。另外一个原因可能是相对于二斑叶螨来说黄瓜新小绥螨更偏向于捕食西花蓟马初孵幼虫。黄瓜新小绥螨可捕食所有虫态的二斑叶螨（Blaeser and Sengonca，2001；Blaeser *et al.*，2002），但仅能捕食西花蓟马初孵幼虫（Gillespie and Ramey，1988；Bakker and Sabelis，1989；Van der Hoeven and Van Rijn 1990）。假如黄瓜新小绥螨喜食二斑叶螨，那么与蓟马单独发生相比，在复合发生时，蓟马的控制就会受到负面影响。但这

一现象未在本试验中出现。同样,黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制作用也没有受到同时存在的西花蓟马幼虫的影响,但原因有异:1)黄瓜新小绥螨对西花蓟马的捕食仅限于初孵若虫,在试验这段时间内对西花蓟马的捕食时间短,因此没有显著影响到对二斑叶螨的捕食;2)西花蓟马本身也可捕食二斑叶螨的卵,黄瓜新小绥螨在捕食西花蓟马时所减少的对二斑叶螨取食的部分可能由西花蓟马高龄若虫对二斑叶螨卵的捕食而补充。因此,从上述的结果及分析的原因看,似乎初步可以得出这样的结论:与二斑叶螨相比,黄瓜新小绥螨更喜欢取食西花蓟马的初孵幼虫。如果事实如此,那么,在环境中不断供给西花蓟马初孵若虫,二斑叶螨是否就会完全从黄瓜新小绥螨的压制下解放出来呢?高龄西花蓟马若虫在二斑叶螨种群变动中又起到多大的作用?作物的营养状况可能影响到西花蓟马食性的从植食性向肉食性的转变与偏移(Agrawal *et al.*, 1999; Janssen *et al.*, 2003),那么不同时期的作物又对蓟马与叶螨间关系产生何种程度的影响?

多物种种群间的关系是非常复杂的,尤其是涉及到像西花蓟马这样食性复杂的生物。要彻底弄清西花蓟马、二斑叶螨与其共同的天敌 - 黄瓜新小绥螨之间的关系还需要在更大时空上进行研究。

致谢:二斑叶螨由联邦农林生物研究中心(BBA)提供、西花蓟马由汉诺威大学植物病害和植物保护研究所提供。本研究第一作者得到汉诺威大学奖学金支持。在此一并致谢。

参考文献(References)

Agrawal AA, Klein CN, 2000. What omnivores eat: direct effects of induced plant resistance on herbivores and indirect consequences for diet selection by omnivores. *J. Anim. Ecol.*, 69: 525—535.

Agrawal AA, Kobayashi C, Thaler JS, 1999. Influence of prey availability and induced host plant resistance on omnivory by western flower thrips. *Ecology*, 80: 518—523.

Bakker FM, Sabelis MW, 1989. How larvae of *Thrips tabaci* reduce the attack success of phytoseiid predator. *Entomol. Exp. Appl.*, 50: 47—51.

Bennison JA, Jacobson R, 1991. Integrated control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in UK cucumber crops-evaluation of a controlled release system of introducing *Amblyseius cucumeris*. *Mededelingen van de Faculeit Landbouw-wentenschappen, Riijsuniversityteit Gent*, 56 (2a): 251—258.

Berndt O, Meyhöfer R, Poehling HM, 2004. The edaphic phase in the ontogenesis of *Frankliniella occidentalis* and comparison of *Hypoaspis miles* and *H. aculeifer* as predators of soil-dwelling thrips stages. *Biol. Control*, 30: 17—24.

Beshear RJ, 1983. New records of thrips in Georgia (Thysanoptera: Terebrantia: tubulifera). *Journal of the Georgia Entomological Society*, 18: 342—344.

Blaeser P, Sengonca C, 2001. Laboruntersuchungen zur Prädationsleistung von vier *Amblyseius* Raubmilbenarten gegenüber *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidaae) und *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) als Beute. *Gesunde Pflanzen*, (7/8): 218—223.

Blaeser P, Sitjar ML, Sengonca, C, 2002. Laboruntersuchungen zur Entwicklung, Lebensdauer und Reproduktion von vier Amblyseius-Raubmilbenarten bei Ernährung mit *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychiidae) und *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 54(12):307—311.

Brødsgaard HF, 1994. Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residual on glass test. *J. Econ. Entomol.*, 87: 1141—1146.

Buehl A, Zoefel P, 2000. SPSS Version 10-Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows, Addison Wesley, Munich, Germany. 734 .

Colfer RG, Rosenheim JA, Godfrey LD, 2000. The evaluation of biological control of spider mites Vol. 2. Proceedings Beltwide Cotton Conference, San Antorio, USA. 1151—1157.

Cooley DR, Wilcox WF, Kovach J, Schloemann SG, 1996. Integrated pest management programs for strawberries in the northeastern United States. *Plant Disease*, 80: 228—237.

Cranham JE, Helle W, 1985. Pesticide resistance in Tetranychidae, in World Crop Pests 1B//Helle W, Sabelis MW (eds.). Spider Mites: Their Biology, Natural History and Control. Elsevier, Amsterdam. 405—421.

Croft BA, Pratt PD, Koskela G, Kaufman D, 1998. Predation, reproduction, and impact of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on cyclamen mite (Acari:

Tarsonemidae) on strawberry. *J. Econ. Entomol.*, 91(6): 1307—1314.

Cross JV, Easterbrook MA, Crook AM, Crook D, Fitzgerald JD, Innocenzi PJ, Jay CN, Solomon MG, 2001. Review: Natural enemies and biocontrol of pests of strawberry in northern and central Europe. *Biocontrol Science and Technology*, 11: 165—216.

De Courcy Williams M, 1993. *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) in the control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) on cyclamen. *Bulletin OILB/SROP*, 16:48—52.

De Courcy Williams M, 2001. Biological control of thrips on ornamental crops: interactions between the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on cyclamen. *Biocontrol Science and Technology*, 11: 41—51.

Easterbrook MA, Fitzgerald JD, Solomon MG, 2001. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 25: 25—36.

Faraji F, Janssen A, Sabelis MW, 2001. Predatory mites avoid ovipositing near counterattacking prey. *Exp. Appl. Acarol.*, 25: 613—623.

Faraji F, Janssen A, Sabelis MW, 2002. Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey. *Ecological Entomology*, 27: 660—664.

García-MaríF, González-Zamora JE, 1999. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry planting in Valencia, Spain. *Exp. and Appl. Acarol.*, 23: 487—495.

Gillespie DR, 1989. Biological control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber by *Amblyseius cucumeris*. *Entomophaga*, 34, 185—192.

Gillespie JA, Ramey CA, 1988. Life history and cold storage of *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 85: 71—76.

Helle W, Sabelis MW, 1985. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1B. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. 1—458.

Hessein NA, Parrella MP, 1990. Predatory mites help control thrips on floriculture crops. *California Agriculture*, 44(6): 19—21.

Jacobson RJ, 1995. Integrated pest management in cucumbers-prevention of establishment of *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Mededelingen Favculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent*, 60(3): 857—863.

Jacobson RJ, Croft P, Fenlon J, 2001. Suppressing establishment of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in cucumber crops by prophylactic release of *Amblyseius cucumeris* Oudemans (Acarina: Phytoseiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 11: 27—34.

Janssen A, Pallini A, Venzon M, Sabelis MW, 1998. Review: Behavior and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. *Exp. Appl. Acarol.*, 22: 497—521.

Janssen A, Willemse E, van der Hammen T, 2003. Poor host plant quality causes omnivore to consume predator eggs. *J. Anim. Ecol.*, 72: 478—483.

Kirk WDJ, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5: 301—310.

McMurtry JA, Croft BA, 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, 42: 291—321.

Ramakers PM, Dissevelt M, Peeters K, 1989. Large scale introduction of phytoseiid predators to control thrips on cucumber, Mededelingen van de Faculteit Landbouwwentenschappen. *Riijsuniversityteit Gent*, 54(3): 923—929.

Ramakers PMJ, 1987. Control of spider mites and thrips with phytoseiid predators on sweet pepper. *SROP/WPRS, Bull. X/2*, 10:158—159.

Raworth DA, 1990. Predators associated with the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, on strawberry at Abbotsford, BC, and development of non-chemical mite control. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 87: 59—67.

Reitz SR, 2009. Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest. *Florida Entomologist*, 92(1): 7—13.

Sabelis MW, Bakker FM, 1992. How predatory mites cope with the web of their tetranychid prey: a functional view on dorsal chaetotaxy in the Phytoseiidae. *Exp. Appl. Acarol.*, 16: 203—225.

Schneider-Orelli O, 1947. Entomologisches Praktikum: Einfühung in die land-und forstwirtschaftliche Insektenkunde. Sauerländer and Co., Aarau, Germany. 237.

Shipp JL, Wang K, 2003. Evaluation of *Amblyseius cucumeris*

(Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse tomatoes. *Biological Control*, 28: 271—281.

Sterk G, Meesters P, 1997. IPM on strawberries in glasshouses and plastic tunnels in Belgium, new possibilities. Proceedings of the Third International Strawberry Symposium, Veldhoven, Netherland, 29, April-4, May, 1996. *Acta Horticulturae*, 905—911.

Trichilo PL, Leigh TF, 1986, Predation on spider mite eggs by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton agroecosystem. *Environ. Entomol.*, 15: 821—825.

Van der Hoeven WAD, van Rijn PCJ, 1990. Factors affecting the attack success of predatory mites on thrips larvae. *Proc. Exp. Appl. Entomol.* (*NEV Amsterdam*), 1: 25—30.

Van Houten YM, van Riji PCJ, Tanigoshi L K, Van Stratum P, Bruin Y, 1995. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. *Entomol. Exp. Appl.*, 74: 225—234.

Weintraub PG, Kleitman S, Mori R, Shapira N, Palevsky E, 2003. Control of the broad mite (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) on organic greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) with the predatory mite, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemands). *Biological Control*, 27: 300—309.

Zhao G, Liu M, Brown JM, Knowles CO, 1995. Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.*, 88: 1164—1170.