

寄主钾营养对烟粉虱发育、存活和寄主选择的影响

卢伟^{1,2}, 侯茂林^{1,*}, 文吉辉^{1,2}, 黎家文²

(1. 中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100094;

2. 湖南农业大学生物安全科技学院, 长沙 410128)

摘要: 为了探讨寄主钾营养对烟粉虱发育、存活和寄主选择的影响, 设置了 K0(0 mg/L)、K30(30 mg/L)、K60(60 mg/L)、K120(120 mg/L) 和 K240(240 mg/L) 5 种不同钾浓度, 研究了烟粉虱在不同处理黄瓜上的发育历期、存活率、体形以及成虫的寄主选择。结果表明: 在温度(26 ± 1)°C、相对湿度 80% ± 5% 的条件下, 取食不同钾营养水平黄瓜的烟粉虱在发育历期、存活率、体形上均有差异, 其中在 K240 处理黄瓜上烟粉虱若虫发育最慢, 从卵到成虫的时间最长, 为 21.4 天, 而在 K60 处理黄瓜上最快, 为 18.3 天。在不同钾浓度处理寄主上从卵到成虫存活率以 K30 处理黄瓜上最高(84.7%), 其次依次为 K60(83.8%)、K120(76.2%)、K0(71.4%) 和 K240(64.8%)。在体形上以 K30 处理黄瓜上最大, K240 处理黄瓜上最小。寄主选择性试验结果表明, 在温室条件下, 烟粉虱成虫喜欢在 K60 处理黄瓜上取食和产卵。这些结果提示在一定范围内可以通过调节寄主钾营养状况来调控烟粉虱种群。

关键词: 烟粉虱; 钾营养; 黄瓜; 生长发育; 存活率; 体形; 寄主选择

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2007)03-0253-06

Effects of host potassium nutrition on development, survival and host selection of *Bemisia tabaci* (Gennadius)

LU Wei^{1,2}, HOU Mao-Lin^{1,*}, WEN Ji-Hui^{1,2}, LI Jia-Wen² (1. State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 2. College of Bio-Safety Sciences and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: To understand the effects of potassium nutrition of host-plant on the duration, survivorship, nymph body size and adult host selection of *Bemisia tabaci*, we conducted experiments with different potassium concentrations, K0(0 mg/L), K30(30 mg/L), K60(60 mg/L), K120(120 mg/L) and K240(240 mg/L). The results showed that duration, survivorship and body size of the whitefly nymphs on the cucumber plants treated with different potassium concentrations were different. The total duration from egg to adult on plants with K240 potassium concentration was 21.4 days, and with K60 potassium concentration, 18.3 days. The total survival rates of the whiteflies from egg to adult were 71.4%, 84.7%, 83.8%, 76.2% and 64.8% on plants treated with K0, K30, K60, K120 and K240 potassium concentrations, respectively. In the host choice experiment, the number of adults and deposited eggs per plant were significantly higher on plants with K60 potassium concentration than on those with other concentrations. Implications of the current results in regulating sweetpotato whitefly populations through adjusting plant potassium nutrition were discussed.

Key words: *Bemisia tabaci*; potassium nutrition; cucumber; growth and development; survivorship; size; host selection

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 又名棉粉虱、甘薯粉虱, 属同翅目粉虱科, 在热带、亚热带及温带地区均有分布(罗晨和张芝利, 2000)。该虫 1 年发

生 11~15 代, 世代重叠严重, 寄主范围广, 至 1998 年被记载的寄主植物超过 600 种(Olivera *et al.*, 2001)。20 世纪 90 年代以来, 其中的 B 型烟粉虱因

基金项目: 中央科研院所社会公益研究专项项目(2004DIB4J156); 国家留学回国科研基金项目

作者简介: 卢伟, 男, 1981 年 7 月生, 瑶族, 广西恭城瑶族自治县人, 硕士研究生, 研究方向为昆虫生态学

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: maolinhou@ciac.org.cn

收稿日期 Received: 2006-09-21; 接受日期 Accepted: 2007-02-23

寄主范围广、产卵量大和传播病毒能力强在美国成为优势生物型,年均危害损失达 5 亿美元之多 (Perring *et al.*, 1993)。目前,烟粉虱已成为美国、印度、巴基斯坦、苏丹和以色列等国家农业生产的重要害虫 (Brown *et al.*, 1995)。我国烟粉虱记载始于 1949 年 (周尧, 1949),但自 1996 年以来,烟粉虱在我国危害逐年加重并且有继续扩大蔓延之势,近年来烟粉虱已成为我国棉花、烟草和蔬菜等作物上的主要害虫,对国民经济构成了严重威胁 (Xu, 1996; 陈连根, 1997; 张芝利, 2000)。

害虫种群的持续增长与其自身的生物学特性有很大关系,但是与农业生产的发展,特别是耕作栽培水平的提高不无关系。如在温室生产中,人们大量施用化肥来提高作物产量和品质,这也为植食性昆虫的发育和繁殖提供了良好的营养条件 (Bentz and Larew, 1992; Bentz *et al.*, 1995a)。植物营养与植食性昆虫之间关系的研究表明植物氮营养是影响昆虫生长发育的关键因子 (White, 1993)。但越来越多的研究表明,植食性昆虫种群增长不仅与植物中的氮营养有关,与其他的营养成分也有关 (Jansson and Ekblom, 2002)。如蚜虫的各项生命表参数及其对寄主的选择性随着植物中钾营养水平的提高而降低 (Myers *et al.*, 2005; Myers and Gratton, 2006); 美洲斑潜蝇较喜欢选择低钾水平处理的植株,随着植株钾水平的提高,其选择性呈下降趋势 (戴小华等, 2002); Facknath 和 Lallje (2005) 研究表明,植物钾营养过高对斑潜蝇幼虫、蛹存活率及蛹和成虫的体形大小有负作用。同时,植物钾营养对鳞翅目昆虫也有不利影响,主要表现为降低体重、存活率、产卵量等 (Conceicao *et al.*, 1997; Sudhakar *et al.*, 1998; Denke *et al.*, 2000)。因此可以通过调节植物的钾营养来对害虫种群进行调控。就烟粉虱而言,前人在植物氮营养对烟粉虱的影响方面进行了研究 (Blua and Toscano, 1994; Bentz *et al.*, 1995a, 1995b; Bi *et al.*, 2001, 2005),但植物钾营养对烟粉虱发育、行为和繁殖的影响尚不明了。为此,本实验设置 5 个钾浓度处理,探讨植物不同钾浓度处理对烟粉虱发育、存活、体形及寄主选择的影响,以期通过调节植物营养来调控烟粉虱种群提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试寄主、虫源和钾肥

采用黄瓜作为供试寄主。育苗时,先将黄瓜种

子 (品种为中农 16) 用温水催芽,然后播种于装有蛭石的塑料培养钵 (上部直径 10 cm,底部直径 6 cm,高 10 cm) 中。播种时每钵均装入等量的蛭石,黄瓜播种后用清水浇灌至子叶完全张开,然后分别用不同浓度的钾肥溶液浇灌并做好相应标记,每次浇灌量以溶液刚刚渗出钵底为准。3 叶前每周浇 2 次,此后每周 3 次,直至试验结束。蛭石使用前在 120℃ 恒温下消毒 2 h。供试黄瓜苗用网笼 (120 cm × 60 cm × 60 cm,六个面皆罩以 120 目的尼龙纱网,网笼正面有两个直径为 35 cm,长为 40 cm 的袖套) 置于温室中培养,网笼顶端内置 2 盏 30 W 植物生长荧光灯补充光源。供试烟粉虱为温室内采用黄瓜苗饲养多代的种群。温室内光照周期为 L:D = 14:10,温度为 22℃ ~ 34℃,相对湿度为 40% ~ 80%。

试验中对黄瓜苗设置 5 种钾浓度处理,分别为 (以 K_2O 含量计): K0 为 0 mg/L, K30 为 50 mg/L, K60 为 60 mg/L, K120 为 120 mg/L, K240 为 240 mg/L。本试验所用钾肥为硫酸钾 (北京中农科创投资有限公司生产),含钾 (K_2O) 32%。

1.2 寄主钾营养水平对烟粉虱发育历期、存活率和性比的影响

将不同浓度钾处理的同日龄无虫黄瓜苗各 10 钵置于养虫笼内,让烟粉虱自由产卵 24 h 后将植株移出并驱赶叶片上的烟粉虱成虫,然后用记号笔对卵进行标记 (每处理标记 100 ~ 120 粒卵),并移入人工气候箱内培养。从第 4 天开始逐日在解剖镜下观察,记录各虫态和龄期发育的起止日期及存活状况。成虫羽化后统计性比。其中若虫龄期的区分参考 Thompson (2000)。为了便于辨别成虫的雌雄,当若虫发育到伪蛹后期时将其连同少量叶片一起剪下,置于透明小玻璃试管中,管口用脱脂棉塞好,并做好相应标记,置于人工气候箱内。人工气候箱内温度为 $(26 \pm 1)^\circ C$,相对湿度为 $80\% \pm 5\%$,光照周期为 L:D = 14:10,光照强度为 12 000 lx。统计计算不同处理植株上的烟粉虱各个虫期的存活率、发育历期及性比。

1.3 寄主钾营养水平对烟粉虱若虫体形大小的影响

采用与上述同样的方法获得同龄烟粉虱种群,在上述人工气候箱中培养。卵孵化后每天在显微镜下观察若虫的发育情况,待若虫进入不同龄期的第 2 日将若虫和少量叶片一起剪下,在带光刻度显微镜 (0.01 mm) 下测量体长和体宽,每个处理每个龄期测量 30 头。

1.4 寄主钾营养水平对烟粉虱寄主选择的影响

本试验设计参考 Butler 等 (1983) 的方法,并作

了部分改进。选发育一致的不同处理 3~5 片真叶黄瓜植株各 1 株,摘除下部叶片及顶叶,只留下第 2、3 片真叶(从底部往上),在解剖镜下去除供试叶片上的烟粉虱卵和若虫。在温室内的小网笼中(60 cm × 60 cm × 60 cm)将 5 种处理各 1 株供试植株随机排列,围成一个半径为 30 cm 的圆形,植株之间距离均等。然后用吸虫管采集供试烟粉虱成虫 50 对装入透明玻璃管中,管口朝上,用细绳悬挂于网笼中心顶部,使管口在第三片真叶上方约 30 cm 处,让烟粉虱从管口自由飞出寻找寄主(Omondi *et al.*, 2005)。烟粉虱释放后立即扎紧袖套,以防成虫逃逸。分别记录每株植物上烟粉虱成虫释放 1 h、24 h、48 h、72 h 后的成虫数量和 72 h 后的产卵量。重复 5 次。

1.5 数据处理

计算各处理不同观察值的平均值和标准误。采用单因素方差分析检验不同施钾水平对寄主钾营养、烟粉虱各观察指标是否存在影响,用 Duncan 多重比较区分各处理间的差异显著性(SPSS13.0 for Windows)。

2 结果与分析

2.1 寄主钾营养水平对烟粉虱发育历期、存活率和性比的影响

烟粉虱在不同钾浓度处理黄瓜上的发育历期见表 1。烟粉虱各龄若虫在 5 种不同钾浓度处理黄瓜上的发育时间存在显著差异。卵期在 K240 处理黄瓜上发育时间最长,为 7.23 天;在 K60 处理黄瓜上发育时间最短,为 6.18 天。1 龄若虫在 K240 处理黄瓜上发育时间显著长于其他四种处理,而其他处理之间差异不显著。2 龄若虫在不同处理黄瓜上的发育时间由长到短依次为:K120(2.21 天) > K240

(2.14 天) > K30(2.08 天) > K0(2.03 天) > K60(1.98 天)。3 龄若虫在 K240 处理黄瓜上发育时间显著长于其他处理。4 龄若虫发育时间以 K240 处理黄瓜上的最长,为 5.68 天,显著长于其他 4 种处理($P < 0.001$)。从一个世代来看,从卵到成虫羽化,不同处理黄瓜上发育历期的顺序为 K240(21.44 天) > K120(19.64 天) > K0(18.97 天) > K30(18.39 天) > K60(18.26 天),历期最长与最短相差 3.18 天,差异极显著。不同虫态和若虫龄期中以卵期和 4 龄期发育历期最长,卵期 6~7 天,4 龄期 4~5 天。这些结果说明施用高浓度钾和不施用钾肥时,烟粉虱发育缓慢,施用中等浓度钾肥时烟粉虱发育较快。

不同钾浓度处理黄瓜对烟粉虱 1 龄、2 龄若虫的存活率没有显著影响,但对 2、3 龄若虫及整个若虫期总体的存活率有显著影响(表 2)。2 龄若虫期,烟粉虱在 K0 处理黄瓜上存活率显著低于其他处理,而其他处理间存活率差异不显著,其中以 K30 处理黄瓜上存活率最高,达 100%。3 龄若虫期, K30、K60 处理黄瓜上的存活率显著高于其他处理,而其他处理间存活率差异不显著,其中以 K60 处理上的存活率最高,达 100.0%,K240 处理上的最低,仅为 91.3%。从卵发育到成虫羽化,不同处理之间也表现出显著差异,其中 K240 处理黄瓜上烟粉虱存活率显著低于 K30 和 K60 两种处理黄瓜上的存活率,而其他 4 种处理之间差异不显著。在所有处理植株中,从卵至成虫羽化, K30 处理黄瓜上的存活率最高(84.7%),其次依次为 K60(83.8%)、K120(76.2%)、K0(71.4%)和 K240(64.8%)。不同虫态在同一钾浓度处理黄瓜上的存活率以卵、2 龄若虫及 3 龄若虫的相对较高(K240 处理上 3 龄若虫的存活率除外),而以 1、4 龄若虫的较低。存活率结果表明,在中等浓度钾处理黄瓜植株上烟粉虱种群的存活率较高。

表 1 不同钾浓度处理黄瓜植株上烟粉虱各虫态或龄期的发育历期(d)

Table 1 Developmental durations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants treated with different concentrations of potassium

寄主钾处理 K treatment of host	发育历期 Developmental duration (d)					
	卵 Egg	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	卵至成虫 Egg to adult
K0	6.46 ± 0.06 b	3.32 ± 0.08 a	2.03 ± 0.05 ab	2.31 ± 0.07 b	4.82 ± 0.11 bc	18.97 ± 0.13 b
K30	6.22 ± 0.04 a	3.50 ± 0.07 a	2.08 ± 0.05 abc	2.38 ± 0.06 bc	4.25 ± 0.06 a	18.39 ± 0.10 a
K60	6.18 ± 0.04 a	3.40 ± 0.07 a	1.98 ± 0.04 a	2.13 ± 0.04 a	4.60 ± 0.07 b	18.26 ± 0.06 a
K120	6.52 ± 0.05 b	3.55 ± 0.10 a	2.21 ± 0.06 c	2.31 ± 0.06 b	4.89 ± 0.09 c	19.64 ± 0.11 c
K240	7.23 ± 0.04 c	3.91 ± 0.07 b	2.14 ± 0.06 bc	2.52 ± 0.07 c	5.68 ± 0.08 d	21.44 ± 0.10 d

表中数据为平均值 ± 标准误,同列数据后字母相同表示差异不显著($P = 0.05$),下表同。The data in the table were expressed as mean ± SE and the means in each column followed by the same letter were not significantly different at 0.05 level when tested by Duncan's multiple rang test. The same for the following tables.

试验中还发现,寄主不同钾营养水平对烟粉虱的雌雄性比有一定的影响。其中雌虫占总数的百分

比分别为 K0(69.6%)、K30(68.5%)、K60(53.4%)、K120(66.3%)和 K240(50.0%)。

表 2 不同钾浓度处理黄瓜植株上烟粉虱各虫态或龄期的存活率(%)

Table 2 Survival rates of *Bemisia tabaci* on cucumber plants treated with different concentrations of potassium

寄主钾处理 K treatment of host	存活率 Survival rate(%)					
	卵 Egg	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	卵至成虫 Egg to adult
K0	97.1 ± 1.65 a	95.2 ± 1.86 a	94.9 ± 1.01 a	94.5 ± 2.26 a	88.2 ± 5.18 a	71.4 ± 5.95 ab
K30	96.9 ± 3.13 a	94.2 ± 1.40 a	100.0 ± 0.00 b	99.1 ± 0.90 b	93.8 ± 1.67 a	84.7 ± 1.92 b
K60	95.8 ± 4.17 a	95.1 ± 2.44 a	98.1 ± 0.96 b	100.0 ± 0.00 b	93.6 ± 1.64 a	83.8 ± 5.51 b
K120	96.2 ± 2.51 a	92.1 ± 1.93 a	97.9 ± 1.06 ab	95.6 ± 2.20 a	92.0 ± 4.82 a	76.2 ± 4.76 ab
K240	97.1 ± 1.65 a	92.0 ± 5.09 a	96.0 ± 2.67 ab	91.3 ± 4.53 a	82.9 ± 7.70 a	64.8 ± 7.79 a

2.2 寄主钾营养水平对烟粉虱若虫体形大小的影响

不同钾浓度处理黄瓜植株上烟粉虱若虫体形上差异很大(表 3)。取食不同钾浓度处理黄瓜的烟粉虱 1 龄、2 龄、3 龄若虫无论体长和体宽(2 龄体宽除外, $P = 0.137$) 差异均达到极显著水平。1 龄若虫在

K30 处理黄瓜上体形最大(长 0.277 ± 0.003 mm, 宽 0.158 ± 0.002 mm), 在 K240 处理黄瓜上体形最小(长 0.261 ± 0.002 mm, 宽 0.147 ± 0.001 mm); 2 龄、3 龄、4 龄若虫的体形差异大致情况基本和 1 龄若虫一样, 但是 4 龄若虫体宽与体长在不同处理之间没有显著差异。

表 3 寄主不同钾营养水平下烟粉虱若虫各龄期的体形差异(mm)

Table 3 Body size of *Bemisia tabaci* nymphs on cucumber plants treated with different concentrations of potassium

寄主钾处理 K treatment of host	1 龄 1st instar		2 龄 2nd instar		3 龄 3rd instar		4 龄 4th instar	
	宽 Width	长 Length	宽 Width	长 Length	宽 Width	长 Length	宽 Width	长 Length
K0	0.151 ± 0.003 a	0.264 ± 0.003 ab	0.224 ± 0.004 ab	0.349 ± 0.004 a	0.331 ± 0.005 b	0.492 ± 0.005 ab	0.514 ± 0.013 a	0.759 ± 0.013 a
K30	0.158 ± 0.002 b	0.277 ± 0.003 c	0.235 ± 0.004 b	0.365 ± 0.003 b	0.343 ± 0.006 b	0.520 ± 0.006 c	0.548 ± 0.010 a	0.775 ± 0.010 a
K60	0.159 ± 0.001 b	0.271 ± 0.003 bc	0.230 ± 0.003 ab	0.364 ± 0.003 b	0.339 ± 0.004 b	0.504 ± 0.006 bc	0.538 ± 0.009 a	0.773 ± 0.009 a
K120	0.158 ± 0.002 b	0.275 ± 0.003 c	0.228 ± 0.004 ab	0.360 ± 0.003 b	0.342 ± 0.005 b	0.514 ± 0.006 c	0.544 ± 0.013 a	0.776 ± 0.012 a
K240	0.147 ± 0.001 a	0.261 ± 0.002 a	0.222 ± 0.003 a	0.348 ± 0.003 a	0.308 ± 0.004 a	0.478 ± 0.005 a	0.527 ± 0.014 a	0.752 ± 0.017 a

2.3 寄主钾营养水平对烟粉虱寄主选择的影响

由表 4 看出, 在释放烟粉虱成虫后, 1 h 内烟粉虱成虫对不同钾浓度处理黄瓜尚未表现出选择性, 但 12 h 后则开始表现出明显的偏好性, 在 K30 和 K60 处理黄瓜上烟粉虱成虫数量较多, 在 K0 和 K240 处理黄瓜上相对较少, 而在 K120 处理黄瓜上则处于中间水平。方差分析结果表明, 12 h 后不同钾浓度处理对烟粉虱成虫寄主选择和产卵选择均有显著影响。多重比较发现, K60 处理黄瓜上烟粉虱成虫数量和最终产卵量均显著高于其他处理。12 h

和 24 h 后不同钾浓度处理黄瓜上烟粉虱成虫数量由高到低的次序相同, 为: K60 > K120 > K30 > K0 > K240; 48 h、72 h 后不同钾浓度处理黄瓜上烟粉虱成虫数量及 72 h 后不同钾浓度处理黄瓜上烟粉虱成虫产卵量由高到低的排列顺序相同, 为: K60 > K30 > K120 > K0 > K240。由此表明, 烟粉虱成虫在释放初始阶段对不同钾浓度处理黄瓜没有明显的喜好性, 但经过一段时间适应后则逐渐趋向于 K30、K60 处理黄瓜植株上取食和产卵, 并对 K60 处理的黄瓜表现出强烈的偏好性。

表 4 不同钾浓度处理黄瓜植株上烟粉虱成虫的数量和产卵量

Table 4 Numbers of *Bemisia tabaci* adults and deposited eggs on cucumber plants treated with different concentrations of potassium

寄主钾处理 K treatment of host	成虫数量(头/株) Number of adults per plant					72 h 产卵量(粒/株) Number of eggs deposited in 72 h per plant
	1 h	12 h	24 h	48 h	72 h	
K0	7.4 ± 1.86 a	8.2 ± 1.11 a	9.0 ± 1.54 a	7.0 ± 1.04 a	4.8 ± 1.32 a	97.8 ± 9.08 a
K30	10.4 ± 1.72 a	11.8 ± 1.85 a	16.6 ± 2.11 bc	16.2 ± 2.22 b	17.8 ± 2.62 c	250.6 ± 47.02 b
K60	10.0 ± 1.10 a	17.8 ± 2.78 b	20.4 ± 2.77 c	23.4 ± 2.60 c	28.0 ± 1.41 d	406.2 ± 50.81 c
K120	10.2 ± 0.66 a	12.2 ± 1.74 a	12.0 ± 1.48 ab	12.0 ± 2.14 ab	10.6 ± 1.03 b	166.8 ± 22.42 ab
K240	7.0 ± 1.73 a	6.8 ± 1.56 a	8.2 ± 1.74 a	7.2 ± 0.66 a	6.4 ± 0.93 ab	93.8 ± 10.76 a

3 讨论

大量报道表明,植物在不同钾营养水平条件下对昆虫表现出不同的作用。增施钾肥对某些种类的昆虫有正效应,如 Cardoso 等(2002)报道指出高钾水平的大豆能够加快 *Piezodorus guildinii* 的种群增长;而对另一些种类的昆虫则起到抑制作用,表现为降低存活率、生殖力、体形大小等(Rosseto *et al.*, 1997; Sudhakar *et al.*, 1998; Thyagaraj and Chakravarthy, 1999; Denke *et al.*, 2000; Ali *et al.*, 2001; Parihar and Upadhyay, 2001; Slamn, 2002)。在本试验中,从生长发育及体形的实验结果可以看出,在一定钾浓度范围内,寄主对烟粉虱生长发育起到促进作用,但寄主接受高浓度钾处理时对烟粉虱则起到负作用,这与其他作者在蚜虫和斑潜蝇上的研究结果基本一致(Facknath and Lalljee, 2005; Myers *et al.*, 2005; Myers and Gratton, 2006)。在我们的试验中,虽没有对植物本身的营养成分进行分析,但据资料报道(Dale, 1988),高浓度钾在植物体内能阻碍蛋白质的合成;主要表现为在一定范围内,随着钾肥施用量的增加,植物叶片中可溶性糖减少、氨基酸浓度升高,果实中可溶性糖增加,这是由于增施钾肥可以促进叶片中的碳营养向果实中运输;另增施钾肥会增加植物体表硅的含量,提高植物体表的骨质化程度,从而不利于植食性昆虫(尤其是刺吸式口器的昆虫)的取食和产卵。

随着设施栽培技术的推广,在大棚和温室条件下烟粉虱发生为害日趋严重。但目前,对烟粉虱防治主要依赖化学农药,在华北日光温室,防治黄瓜上的烟粉虱一般 3~6 天喷药一次,不但成本高,而且因为黄瓜是连续采摘蔬菜,频繁施药易导致农药残留高,严重影响黄瓜的品质,同时致使烟粉虱抗药性发展快(Prabhaker *et al.*, 1985; Cahill *et al.*, 1996),这给烟粉虱的防治和黄瓜生产之间带来了矛盾。从本试验的结果我们可以发现,寄主钾营养水平较高时,烟粉虱从卵到成虫的发育时间明显延长,这使得烟粉虱若虫暴露于天敌的时间增多,从而有利于提高烟粉虱天敌的寄生和捕食机会;死亡率在高钾(K240)处理寄主上也较高,这本身对烟粉虱种群的繁殖就是一个有利的制约因子。另据资料显示,黄瓜是需钾量大的作物,适量的增施钾肥有利于提高黄瓜的产量和品质。如王喜枝(2003)报道指出在氮、磷肥适量施用的基础上,随着钾肥施用量的增

加,黄瓜还原糖和维生素 C 含量及产量增加,且当施钾肥 720 kg/hm² 时,肥料增产效益最佳。另王凤婷等(2005a, 2005b)的研究结果表明,在一定范围内增施钾肥可以提高黄瓜果实的干物质、可溶性糖、维生素 C 和可溶性蛋白质等的含量,显著降低硝酸盐含量,从而使黄瓜综合品质明显提高。因此,在温室黄瓜生产中,我们可以通过提高钾肥施用量与综合运用生物防治措施来解决烟粉虱的防治和黄瓜生产之间的矛盾。不过,通过增施钾肥是否能成为控制烟粉虱的有效措施,还需要对“施肥成本—作物产值—烟粉虱造成的损失”三者之间的关系进行进一步的研究。本试验结果对今后完善烟粉虱及其他刺吸式口器害虫的防治措施有着重要的参考价值。

参考文献(References)

- Ali AG, Abdel-Hafiz NA, Abdel-Rahman MAA, 2001. Effect of fertilization on the borer infestation in sugarcane plantation. *Assiut J. Agric. Sci.*, 32: 19-27.
- Bentz JA, Larew HG, 1992. Ovipositional preference and nymphal performance of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on *Dendranthema grandiflora* under different fertilizer regimes. *J. Econ. Entomol.*, 85: 514-517.
- Bentz JA, Reeves J III, Barbosa P, Francis B, 1995a. Within-plant variation in nitrogen and sugar content of poinsettia and its effects on the oviposition pattern, survival, and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.*, 24: 271-277.
- Bentz JA, Reeves J III, Barbosa P, Francis B, 1995b. Effect of nitrogen fertilizer source and level on ovipositional choice of poinsettia by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, 88: 1388-1392.
- Bi JL, Ballmer GR, Hendrix DL, Henneberry TJ, Toscano NC, 2001. Effect of cotton nitrogen fertilization on *Bemisia argentifolii* populations and honeydew production. *Entomol. Exp. Appl.*, 99: 25-36.
- Bi JL, Lin DM, Lii KS, Toscano NC, 2005. Impact of cotton planting date and nitrogen fertilization on *Bemisia argentifolii* populations. *Insect Sci.*, 12: 31-36.
- Blua MJ, Toscano NC, 1994. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) development and honeydew production as a function of cotton nitrogen status. *Environ. Entomol.*, 23: 316-321.
- Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC, 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex. *Annu. Rev. Entomol.*, 40: 511-534.
- Bulter GD Jr, Henneberry TJ, Clayton TE, 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): Development, oviposition and longevity in relation to temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 76: 310-313.
- Cahill M, Denholm I, Byrne FJ, Devonshire AL, 1996. Insecticide Resistance in *Bemisia tabaci*-Current Status and Implications for Management. Proceedings Brighton Crop Protection Conference. 1: 75-80.

- Cardoso AM, Cividanes FJ, Natale EW, 2002. Influence of phosphate-potassic fertilization on the occurrence of soybean insect pest. *Neotropical Entomol.*, 31: 441 – 444.
- Chen LG, 1997. The damage and morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on ornamental plants. *J. Shanghai Agri. College*, 15: 186 – 208. [陈连根, 1997. 烟粉虱在园林植物上为害及其形态变异. 上海农学院学报, 15: 186 – 208]
- Chou I, 1949. Listo de la konataj Aleurodoj " Homoteroj " en cinio. *Entomologia Sinica*, 3(4): 1 – 181. [周尧, 1949. 中国粉虱名录. 中国昆虫学, 3(4): 1 – 181]
- Conceicao CHC, Schlieper PEFM, Calafiori MH, 1997. Different potassium sources in maize (*Zea mays* L.) influencing the development of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797). *Ecosistema*, 22: 9 – 12.
- Dai XH, You MS, Fu LJ, 2002. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium via leaf on host-selection by *Liriomyza sativae*. *Acta Entomol. Sinica*, 45(1): 145 – 147. [戴小华, 尤民生, 傅丽君, 2002. 氮、磷、钾对美洲斑潜蝇寄主选择性的影响. 昆虫学报, 45(1): 145 – 147]
- Dale D, 1988. Plant mediated effects of soil mineral stress on insects. In: Heinrichs EA ed. *Plant Stress-Insect Interactions*. Wiley, New York. 35 – 110.
- Denke D, Schulthess F, Bonato O, Gounou S, Smith H, 2000. Effect of the application of potassium on the development, survival and fecundity of *Sesamia calamistis* Hampson and of *Eldana saccharina* Walker on maize. *Insect Sci. Appl.*, 20: 151 – 156.
- Facknath S, Lalljee B, 2005. Effect of soil-applied complex fertilizer on an insect-host plant relationship: *Liriomyza trifolii* on *Solanum tuberosum*. *Ent. Exp. Appl.*, 115: 67 – 77.
- Jansson J, Ekbohm B, 2002. The effect of different plant nutrient regimes on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* growing on petunia. *Ent. Exp. Appl.*, 104: 109 – 116.
- Luo C, Zhang ZL, 2000. Study progress on *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Beijing Agri. Sci.*, 18(Suppl.): 4 – 13. [罗晨, 张芝利, 2000. 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 研究概述. 北京农业科学, 18(增刊): 4 – 13]
- Myers SW, Gratton C, 2006. Influence of potassium fertility on soybean aphid, *Aphis glycine* Matsumura (Hemiptera: Aphididae), population dynamics at a field and regional scale. *Environ. Entomol.*, 35(2): 219 – 227.
- Myers SW, Gratton C, Wolkowski RP, Hogg DB, Wedberg JL, 2005. Effect of soil potassium availability on soybean aphid, *Aphis glycine* (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. *J. Econ. Entomol.*, 98: 113 – 120.
- Olivera MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.*, 20(9): 709 – 723.
- Omondi AB, Obeng-Oforil D, Kyerematen RA, Danquah EY, 2005. Host preference and suitability of some selected crops for two biotypes of *Bemisia tabaci* in Ghana. *Ent. Exp. Appl.*, 115: 393 – 400.
- Parihar SBS, Upadhyay NC, 2001. Effect of fertilizers (NPK) on incidence of leafhoppers and mite in potato crop. *Insect Environ.*, 7: 10 – 11.
- Perring TM, Cooper AD, Rodriguez RJ, Farrar CA, Bellows TS, 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science*, 259(1): 74 – 77.
- Prabhakar N, Coudriet DL, Meyerdirk DE, 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, 78: 748 – 752.
- Rosseto D, Florcovski JL, Calafiori MH, 1997. Influence of fertilizer on *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) and *Aphis gossypii* (Glover, 1876) infestation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants. *Ecosistema*, 22: 52 – 58.
- Slamm FAA, 2002. Effect of some agricultural practices on the population density of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch infesting broad bean plants in upper Egypt. *Assiut J. Agric. Sci.*, 33: 13 – 20.
- Sudhakar K, Punnaiah KC, Krishnappa PV, 1998. Influence of organic and inorganic fertilizers and certain insecticides on the incidence of shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* Guen. infesting brinjal. *J. Entomol. Res.*, 22: 283 – 286.
- Thompson WMO, 2000. Development, morphometrics and other biological characteristics of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cassava. *Insect Sci. Appl.*, 20: 251 – 258.
- Thyagaraj NE, Chakravarthy AK, 1999. Effect of different levels of NPK on shoot-and-fruit borer, *Conogethes punctiferalis* Guenée (Pyralidae: Lepidoptera) infestation on small cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton). *Insect Environ.*, 4: 139 – 140.
- Wang FT, Ai XZ, Liu JL, Xu KF, 2005a. Effects of potassium on sugar, vitamin C, nitrate contents and their relevant enzymes of cucumber in solar-greenhouse. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 11(5): 682 – 687. [王凤婷, 艾希珍, 刘金亮, 徐坤范, 2005a. 钾对日光温室黄瓜糖、维生素 C、硝酸盐及其相关酶活性的影响. 植物营养与肥料学报, 11(5): 682 – 687]
- Wang FT, Ai XZ, Liu JL, Xu KF, 2005b. Effect of potassium fertilization on quality of cucumber in solar-greenhouse. *J. Shandong Agri. Univ. (Natural Sci.)*, 36(1): 93 – 96. [王凤婷, 艾希珍, 刘金亮, 徐坤范, 2005b. 钾营养对日光温室黄瓜品质的影响. 山东农业大学学报(自然科学版), 36(1): 93 – 96]
- Wang XZ, 2003. Preliminary study on effect of different application amount of potassium fertilizer on solar greenhouse cucumber's character. *J. Henan Agri. Univ.*, 37(4): 379 – 382. [王喜枝, 2003. 不同钾肥用量对日光温室黄瓜生长性状影响初探. 河南农业大学学报, 37(4): 379 – 382]
- White TCR, 1993. *The Inadequate Environment: Nitrogen and the Abundance of Animals*. Springer, Berlin.
- Xu RM, 1996. The occurrence and distribution of *Bemisia* in China. In: Gerling D, Mayer RT eds. *Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Andover, Hants, UK. 125 – 131.
- Zhang ZL, 2000. Some thoughts on the outbreaks of tobacco whitefly. *Beijing Agri. Sci.*, 18(Suppl.): 1 – 3. [张芝利, 2000. 关于烟粉虱大发生的思考. 北京农业科学, 18(增刊): 1 – 3]