

烟草钾营养对 Q 型烟粉虱发育、存活和寄主选择性的影响*

金 鹏¹ 林华峰^{1**} 李 毅¹ 李茂业¹ 陈德鑫²

(1. 安徽农业大学植物保护学院 合肥 230036; 2. 中国农业科学院烟草研究所 青岛 266101)

摘 要 【目的】明确烟草钾营养对 Q 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的寄主选择性、发育和存活的影响,旨在为通过调节寄主植物营养控制 Q 型烟粉虱种群数量提供理论依据。【方法】水培法培养经 K1 (0 mmol/L)、K2 (3 mmol/L)、K3 (6 mmol/L)、K4 (9 mmol/L) 及 K5 (12 mmol/L) 5 个不同钾浓度处理的烟草,研究 Q 型烟粉虱在不同处理烟草上的寄主选择性、发育历期和存活率。【结果】Q 型烟粉虱在不同钾浓度处理烟草上的寄主选择性、发育历期和存活率均有显著差异,取食和产卵偏好性顺序为 K2>K1>K3>K4>K5,卵到成虫羽化发育历期顺序为 K5(22.54 d)>K4(21.96 d)>K1(20.92 d)>K2(20.32 d)>K3(20.23 d),卵到成虫羽化存活率顺序为 K3(88.72%)>K2(85.05%)>K1(82.03%)>K4(77.02%)>K5(69.92%)。【结论】可以通过调节钾营养来控制 Q 型烟粉虱在烟草上的种群数量。

关键词 烟草, 钾营养, Q 型烟粉虱, 发育, 存活率, 选择性

The effects of potassium levels in tobacco plants on the development, survival and host selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius)

JIN Peng¹ LIN Hua-Feng^{1**} LI Yi¹ LI Mao-Ye¹ CHEN De-Xin²

(1. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Tobacco Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, China)

Abstract 【Objectives】In order to provide a theoretical foundation for the control of Q-biotype *Bemisia tabaci* by regulating the nutrition of its host plant, the effects of potassium levels in tobacco plants on host selection, development and survival rate of Q-biotype *B. tabaci* were examined. 【Methods】The host selection, development and survival rate of Q-biotype *B. tabaci* were investigated on water-cultured tobacco plants provided with five different concentrations of potassium: K1 (0 mmol/L), K2 (3 mmol/L), K3 (6 mmol/L), K4 (9 mmol/L) and K5 (12 mmol/L). 【Results】Host preference, developmental duration and survival rate of Q-biotype *B. tabaci* on tobacco plants treated with different concentrations of potassium were significantly different. Relative feeding and oviposition preferences were K2>K1>K3>K4>K5, while the length of developmental duration from egg to adult on different plants was K5 (22.54 d)>K4 (21.96 d)>K1 (20.92 d)>K2 (20.32 d)>K3 (20.23 d). Survival rates from egg to adult on different plants were K3 (88.72%)> K2 (85.05%)> K1 (82.03%)> K4 (77.02%)> K5 (69.92%). 【Conclusion】Q-biotype *B. tabaci* populations can be managed by regulating the potassium content of tobacco plants.

Key words tobacco, potassium nutrition, Q-biotype *Bemisia tabaci*, development, survival rate, selectivity

* 资助项目: 中国烟草总公司科研重点项目 (110201202003); 广西壮族自治区烟草公司科技项目专项 (2012-08)

**通讯作者, E-mail: hf.lin@163.com

收稿日期: 2013-10-31, 接受日期: 2014-01-02

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 属半翅目 Hemiptera, 粉虱科 Aleyrodidae, 是由许多生物型组成的快速进化的复合种(褚栋等, 2005a)。依据其寄主范围、生殖力、为害习性和传毒能力等方面的差异, 至少可以分为 24 种生物型 (Perring, 2001)。虽然烟粉虱生物型种类众多, 但 B 型和 Q 型在世界范围内入侵性最强、为害最重、分布范围最广(孔海龙等, 2013)。我国自 2003 年首次在云南发现 Q 型烟粉虱以来(褚栋等, 2005b), 此虫已在国内多个地区蔓延, 造成严重危害(徐婧等, 2006; 沈媛等, 2011)。最新研究表明, 在我国大部分地区(如北京、河北、山东、江苏等), Q 型烟粉虱逐渐替代了 B 型烟粉虱成为蔬菜、烟草等作物及园林花卉上的优势生物型(Teng *et al.*, 2010; Pan *et al.*, 2011)。

烟粉虱的寄主植物多达 600 余种(Oliveira *et al.*, 2001), 其中烟草是其嗜食寄主之一。烟草是我国重要的经济作物, 在国民经济中占有举足轻重的地位。烟粉虱若虫和成虫可直接刺吸危害烟草, 并可分泌蜜露污染叶片, 影响叶片光合作用(王承香等, 2009)。自 2000 年以来, 烟粉虱严重危害山东、河南等烟区, 对烟叶生产造成重大损失(王秀芳等, 2010)。

植物营养及其比例影响烟粉虱对寄主植物的适应性, 进而影响其对寄主植物的选择、发育、存活和繁殖。在施用较高浓度钾肥条件下, 烟粉虱的发育历期显著延长、存活率显著下降(卢伟等, 2007)。烟草是喜钾作物, 缺钾会造成烟株生长不良甚至严重减产, 钾营养充足不仅可增强烟草的抗逆能力, 还可改善烟叶品质(周冀衡等, 1998), 因此研究烟草钾营养的变化与烟粉虱种群

数量的关系有重要意义。本实验采用水培法研究了不同钾浓度培养的烟草对 Q 型烟粉虱发育、存活和寄主选择的影响, 以期为通过调节寄主植物营养控制 Q 型烟粉虱的种群数量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

烟粉虱虫源: 采自安徽省和县温室蔬菜大棚, 在安徽农业大学植物保护学院人工气候室内的黄瓜上连续饲养 10 代以上, 经 mtCOI 基因序列测序方法鉴定生物型为 Q 型。

供试植物: 烤烟 K326 (C8) (中国农业科学院青岛烟草研究所提供), 使用泥炭营养土育苗至 5~6 片真叶。

主要试剂及设备: KNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 MgSO_4 、 KH_2PO_4 、 K_2SO_4 、 CaCl_2 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、Fe-Na-EDTA、 H_3BO_3 、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 ZnCl_2 、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 H_2MoO_4 , 试剂购于国药集团试剂有限公司。氧气泵 (HOPAR H-6900 型, 排气量 1 L/min)、解剖镜 (OPTEC)、纯水机 (优普系列超纯水机)。

1.2 试验处理

在 Hoagland 缺钾营养液的基础上, 配制 5 个不同钾浓度营养液, 分别为 0、3、6、9、12 mmol/L, 用 K1、K2、K3、K4、K5 表示。选取长势基本一致的烟苗, 洗净根系后栽植至蓝色塑料水箱 (35 cm × 25 cm × 10 cm) 内进行悬浮水培, 悬浮盘为 2 cm 厚的泡沫板, 按 2 cm × 2 cm 规格打 4 个孔, 用海绵固定幼苗。先用 1/2 浓度的 Hoagland 全素营养液培养一周, 待烟苗恢复

正常生长后用不同钾浓度营养液进行培养, 培养 15 d 待用。培养期间定期更换营养液, 用小气泵通气保证氧气充足, 每个浓度处理 12 株烟苗, 所有试验均在人工气候室内进行, 人工气候室昼、夜温度分别为 26℃、22℃, 光照周期为 L : D=14 : 10, 相对湿度为 80%。

1.3 钾营养水平对 Q 型烟粉虱选择性的影响

从不同钾浓度处理组中各选取一株长势和叶面积基本一致的烟苗, 置于蓝色水箱内悬浮培养(方法同 1.2), 置入养虫笼(100 cm×80 cm×80 cm)内, 再取 Q 型烟粉虱成虫 60 头释放到笼子内任其自由扩散, 接虫后紧闭笼门, 分别在接虫 24、48、72 h 后记录每株植物上试虫数量, 以及 72 h 后的产卵量, 试验重复 4 次(庞淑婷等, 2008)。

1.4 钾营养水平对 Q 型烟粉虱发育历期和存活率的影响

选取不同浓度处理的长势基本一致的烟苗, 水箱内悬浮培养, 放入养虫笼, 接入烟粉虱雌雄成虫各 10 头, 使其自由产卵, 24 h 后移去成虫, 检查卵量。选取寄主卵分布均匀的叶片, 标记 30~50 粒卵(多余的卵粒移除), 从第 4 天开始逐日在解剖镜下观察, 记录试虫各龄期发育的起止日期及存活状况, 其中若虫龄期的区分参考 Thompson(2000)。计算 Q 型烟粉虱在不同处理烟草上各个虫态的发育历期及存活率, 试验重复 4 次。

1.5 数据处理

实验数据使用 DPS 统计分析软件(Tang and Zhang, 2013)进行方差分析, 并采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 钾营养水平对 Q 型烟粉虱选择性的影响

在不同钾浓度处理的烟草上, Q 型烟粉虱成虫数量及产卵量均存在显著差异(表 1), 表明烟粉虱成虫对不同钾浓度处理的烟草有不同的选择趋性及产卵选择性。接虫 24、48 和 72 h 后, K4、K5 处理组烟草上的成虫数量始终显著低于 K1、K2 处理组。72 h 后, 烟粉虱在不同钾浓度处理的烟草上成虫数量由多到少及产卵量由高到低顺序均为: K2>K1>K3>K4>K5。这些结果表明, 高水平钾营养不利于 Q 型烟粉虱的取食和产卵。

2.2 钾营养水平对 Q 型烟粉虱发育历期和存活率的影响

Q 型烟粉虱在不同钾浓度处理的烟草上发育历期差别很大(表 2)。卵和若虫(除 2 龄)在 K5 处理组烟草上的发育时间均长于其他浓度处理组, 其中 3、4 龄若虫发育时间增加幅度最明显; 2、3 龄若虫在 K3 处理组烟草上发育最快。从卵到成虫羽化一个世代来看, 不同浓度处理烟草上发育历期由长到短依次为 K5(22.54 d)>K4(21.96 d)>K1(20.92 d)>K2(20.32 d)>K3(20.23 d), 发育历期最长和最短相差 2.31 d, 差异显著, 这些结果说明在高水平和无钾营养条件下, Q 型烟粉虱发育缓慢, 中等水平钾营养条件下, 烟粉虱发育较快。

烟粉虱在不同钾浓度处理的烟草上存活率不同。对于卵和 1 龄若虫来说, 不同钾浓度对其存活率的影响并不显著(表 3)。但对 2~4 龄若虫, 不同处理组试虫的存活率表现出显著差异, 以 K5 处理组烟草上的试虫存活率最低。总体来看, 从卵期至成虫羽化, 烟粉虱在不同钾浓度处

理的烟草上存活率由高到低顺序为 K3 (88.72%) > K2 (85.05%) > K1 (82.03%) > K4

表 1 Q 型烟粉虱对不同钾浓度处理烟草的选择性

Table 1 Selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* on tobacco treated with different concentrations of potassium

处理 Treatment	成虫数量 (头/株) Adult number			卵粒数 (粒/株) Egg number
	24 h	48 h	72 h	72 h
K1	13.25±1.38 ab	14.25±1.44 a	13.25±1.32 ab	162.25±6.14 b
K2	15.50±2.63 a	13.50±2.53 a	14.25±1.25 a	237.25±24.73 a
K3	9.00±1.91 bc	9.25±1.38 ab	10.50±0.65 b	153.25±25.12 b
K4	7.50±1.26 c	7.25±1.25 b	6.25±1.11 c	112.75±15.44 bc
K5	6.50±1.50 c	6.50±2.89 b	4.75±0.85 c	89.50±12.24 c

表中数据为平均值±标准误, 同列数据后标有相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 下表同。

The data in the table are mean ±SE and followed by the same letters in the same column indicate no significant difference at 0.05 level by LSD test. The same below.

表 2 Q 型烟粉虱各虫态在不同钾浓度处理烟草上发育历期

Table 2 Developmental durations of Q-biotype *Bemisia tabaci* on tobacco treated with different concentrations of potassium

处理 Treatment	发育历期 Developmental duration (d)					
	卵 Egg	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	卵至成虫 Egg to adult
K1	7.55±0.07 b	3.41±0.04 b	2.42±0.09 bc	3.43±0.07 b	4.11±0.08 c	20.92±0.07 c
K2	7.36±0.09 b	3.38±0.10 b	2.64±0.05 a	3.36±0.08 b	3.83±0.06 d	20.32±0.12 d
K3	7.10±0.11 c	3.71±0.12 a	2.16±0.04 d	3.09±0.07 c	4.16±0.10 c	20.23±0.09 d
K4	7.58±0.07 b	3.67±0.08 a	2.61±0.11 ab	3.68±0.12 a	4.40±0.04 b	21.96±0.06 b
K5	7.83±0.29 a	3.88±0.09 a	2.30±0.07 cd	3.85±0.06 a	4.67±0.07 a	22.54±0.16 a

表 3 Q 型烟粉虱各虫态在不同钾浓度处理烟草上存活率 (%)

Table 3 Survival rate of Q-biotype *B. tabaci* on tobacco treated with different concentrations of potassium

处理 Treatment	存活率 Survival rate (%)					
	卵 Egg	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	卵至成虫 Egg to adult
K1	96.50±0.81 a	98.58±0.84 a	98.73±0.74 a	97.22±1.06 a	90.08±1.12 ab	82.03±1.12 bc
K2	96.75±0.73 a	97.90±0.70 a	97.78±1.41 a	98.55±0.84 a	93.25±1.39 a	85.05±1.53 ab
K3	96.15±0.66 a	100.00±0.00 a	98.73±0.74 a	99.12±0.88 a	94.25±1.36 a	88.72±2.04 a
K4	95.10±0.46 a	98.60±0.81 a	97.60±0.82 a	93.85±1.25 b	89.77±1.97 ab	77.02±1.43 c
K5	96.07±0.67 a	98.45±0.89 a	94.10±1.60 b	90.93±1.27 b	86.30±2.36 b	69.92±3.34 d

(77.02%) > K5 (69.92%), 存活率最高和最低 相差 18.80% , 差异显著。这些结果说明, Q 型

烟粉虱在高水平钾营养条件下, 存活率较低; 在中等水平钾营养条件下, 存活率较高。

3 讨论

本研究结果表明, 使用较低浓度的钾处理烟草, 对 Q 型烟粉虱的生长发育起到促进作用, 而使用高浓度钾处理的烟草对烟粉虱的生长发育显示出抑制效应, 表现为卵期和若虫龄期显著延长, 总发育历期也显著增加, 这与卢伟等 (2007) 的报道基本一致。烟粉虱发育历期延长将导致若虫接触天敌的机会增多, 进而造成烟粉虱被天敌寄生和捕食的概率升高, 这有利于对该虫进行防治。此外, 烟粉虱在高钾浓度处理的烟草上产卵量及存活率均显著降低, 可见寄主植物钾营养水平高本身就对烟粉虱的种群发展有制约作用, 而烟草是需钾量较大的植物, 较高的钾营养水平更有利于烟草植株的生长和品质的形成。因此, 通过提高钾肥施用量进而控制烟粉虱的种群数量, 在理论上是可行的。

Q 型烟粉虱在高浓度钾处理烟草上不利于发育和繁殖的具体原因还有待探究, 可能是因增施钾肥改变了烟草的化学组分, 增施钾肥可使烟叶中的总糖、还原糖升高, 烟碱、总氮和蛋白质含量下降 (颜合洪等, 2005; 何承刚和辛培尧, 2006), 且已有研究表明烟草体内的部分含氮化合物 (蛋白质、氨基酸、总氮) 与烟粉虱虫量呈正相关 (任广伟等, 2011)。因此, 将来可从烟草化学组成如烟草次生代谢物、挥发物等方面进行研究, 探明这些物质的变化是否会影响及如何影响 Q 型烟粉虱发育、繁殖以及对寄主的识别。另一方面, 本研究尚未明确其他营养元素对 Q 型烟粉虱在烟草上生理特征及种群数量的影响, 后续研究的重点是深入探索营养元素、烟草与烟

粉虱种群三者之间的关系, 以及探讨烟草所需的其它营养元素与钾之间是否存在交互作用, 为烟粉虱的无公害防治提供理论依据。

参考文献 (References)

- Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.*, 20(9): 709–723.
- Pan H, Chu D, Ge D, Wang S, Wu Q, Xie W, Jiao X, Liu B, Yang N, Su Q, Xu B, Zhang Y, 2011. Further spread of and domination by *Bemisia tabaci* biotype Q on field crops in China. *J. Econ. Entomol.*, 104(3): 978–985.
- Perring TM, 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.*, 20(9): 725–737.
- Tang QY, Zhang CX, 2013. Data processing system (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research. *Insect Sci.*, 20(2): 254–260.
- Teng X, Wang FH, Chu D, 2010. *Bemisia tabaci* biotype Q dominates other biotypes across China. *Fla. Entomol.*, 93(3): 363–368.
- Thompson WMO, 2000. Development, morphometrics and other biological characteristics of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cassava. *Insect Sci. Appl.*, 20(4): 251–258.
- 褚栋, 毕玉平, 张友军, 姜蕴萍, 2005a. 烟粉虱生物型研究进展. *生态学报*, 25(12): 3398–3405.
- CHU D, BI YP, ZHANG YJ, LOU YP, 2005a. Research progress on *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes. *Acta Ecologia Sinica*, 25(12): 3398–3405.
- 褚栋, 张友军, 丛斌, 徐宝云, 吴青君, 2005b. 云南 Q 型烟粉虱种群的鉴定. *昆虫知识*, 42(1): 54–56.
- CHU D, ZHANG YJ, CHONG B, XU BY, WU QJ, 2005b. Identification for Yunnan Q-biotype *Bemisia tabaci* population. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(1): 54–56.
- 何承刚, 辛培尧, 2006. 不同用量硝酸钾追肥对烤烟产量质量的影响. *干旱地区农业研究*, 24(1): 70–72.
- HE CG, XIN PY, 2006. Effect of different application of topdressing potassium nitrate on yield and quality in flue-cured tobacco. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 24(1): 70–72.
- 孔海龙, 周奋启, 尤希宇, 胡荣利, 吕敏, 吴琳, 祝树德, 2013. Q 型烟粉虱对加个茄子品种的选择性. *植物保护*, 39(2): 67–71.
- KONG HL, ZHOU FQ, YOU XY, HU RL, Lü M, WU L, ZHU SD, 2013. The selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* for

- twenty varieties of eggplant, *Solanum melongena*. *Plant Protection*, 39(2): 67–71.
- 卢伟, 侯茂林, 文吉辉, 黎家文, 2007. 寄主钾营养对烟粉虱发育、存活和寄主选择的影响. *昆虫学报*, 50(3): 253–258.
- LU W, HOU ML, WEN JH, LI JW, 2007. Effect of host potassium nutrition on development, survival and host selection of *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Acta Entomologica Sinica*, 50(3): 253–258.
- 庞淑婷, 王树芹, 郭玉玲, 施祖华, 2008. 不同番茄品种对 B 型烟粉虱适应性的影响. *浙江大学学报*, 34(4): 423–430.
- PANG ST, WANG SQ, GUO YL, SHI ZH, 2008. Fitness of B-biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius) to different varieties of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Zhejiang University*, 34(4): 423–430.
- 任广伟, 王新伟, 王秀芳, 陈丹, 2011. 烟草对烟粉虱的抗性 with 烟草化学成分的相关性. *应用昆虫学报*, 48(4): 948–955.
- REN GW, WANG XW, WANG XF, CHEN D, 2011. Correlations between resistance of tobacco whitefly and chemical components of tobacco leaves. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 948–955.
- 沈媛, 杜予州, 任顺祥, 邱宝利, 2011. 江苏地区烟粉虱生物型演替研究初报. *应用昆虫学报*, 48(1): 16–21.
- SHEN Y, DU YZ, REN SX, QIU BL, 2011. Preliminary study of succession of *Bemisia tabaci* biotypes in Jiangsu Province, China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 16–21.
- 王承香, 薛明, 耿小红, 王洪涛, 李玲玲, 李庆亮, 2009. 烟草品种和温度对型烟粉虱和温室白粉虱生物学参数的影响. *生态学报*, 29(2): 720–726.
- WANG CX, XUE M, GENG XH, WANG HT, LI LL, LI QL, 2009. Effects of tobacco variety and temperature on biological parameters of *Bemisia tabaci* biotype B and *Trialeurodes vaporariorum*. *Acta Ecologia Sinica*, 29(2): 720–726.
- 王秀芳, 任广伟, 王新伟, 管恩森, 2010. 烟粉虱在山东烟区的发生动态及为害调查. *植物保护*, 36(3): 145–147.
- WANG XF, REN GW, WANG XW, GUAN ES, 2010. Population dynamics of and damages caused by *Bemisia tabaci* in tobacco fields in Shandong. *Plant Protection*, 36(3): 145–147.
- 徐婧, 王文丽, 刘树生, 2006. Q 型烟粉虱在浙江局部地区大量发生危害. *植物保护*, 32(4): 121.
- XU J, WANG WL, LIU SS, 2006. Occurrence and damages caused by *Bemisia tabaci* biotype Q in part of Zhejiang. *Plant Protection*, 32(4): 121.
- 颜合洪, 胡雪平, 张锦韬, 2005. 不同施钾水平对烤烟生长和品质的影响. *湖南农业大学学报*, 31(1): 20–23.
- YAN HH, HU XP, ZHANG JT, 2005. Effects of different potassium levels on the flue-cured tobacco growth and quality. *Journal of Hunan Agriculture University*, 31(1): 20–23.
- 周冀衡, 汪邓民, 吕国新, 阳向旭, 1998. 不同烤烟品种苗期对钾素响应能力的研究. *中国烟草科学*, 19(3): 8–12.
- ZHOU JH, WANG DM, LÜ GX, YANG XK, 1998. The study of different varieties of flue-cured tobacco seedling stage of potassium response ability. *Chinese Tobacco Science*, 19(3): 8–12.