应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(3):518—523

接种番茄斑萎病毒番茄植株对西花蓟马生物学特性的影响*

朱秀娟[1,2]** 张治军[1] 吕要斌[1]***

(1. 浙江省植物有害生物防控重点实验室 省部共建国家重点实验室培育基地 植物保护与微生物研究所 浙江省农业科学院 杭州 310021; 2. 杭州师范大学生命与环境科学学院 杭州 310018)

摘 要 西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)是我国的一种重要入侵害虫。本文研究了西花蓟马在番茄3种处理(健康CK、机械接种番茄斑萎病毒MI、机械损伤MD)叶片上的生长发育、存活及种群增长。结果表明:健康、机械接种番茄斑萎病毒、机械损伤叶片上的发育历期依次为12.68、12.99和11.79 d。雌雄成虫寿命和雌虫繁殖能力在各处理叶片上差异不显著($P > 0.05$)。健康、机械接种番茄斑萎病毒、机械损伤叶片上的内禀增长率依次为0.1362、0.1526和0.1292 d^{-1}。本研究表明,接种番茄斑萎病毒的番茄叶片未缩短西花蓟马发育历期,也不能延长寿命及提高产卵量,不能明显加速种群数量增长。这意味着番茄斑萎病毒对西花蓟马在番茄叶片上的生物学特性未能产生明显的有利作用。

关键词 西花蓟马,番茄斑萎病毒,番茄,生物学特性

The effects of tomato plants inoculated by tomato spotted wilt virus on biological characteristics of western flower thrips

ZHU Xiu-Juan[1,2]** ZHANG Zhi-Jun[1] LV Yao-Bin[1]***

(1. State Key Laboratory Breeding Base for Zhejiang Sustainable Pest and Disease Control, Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China;
2. College of Life and Environmental Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310018, China)

Abstract The western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), is an invasive pest in China. The effects of these thrips feeding on three kinds of mature excised pepper foliage; healthy (CK), mechanically damaged (MD) and mechanically damaged and inoculated with tomato spotted wilt virus (MI) was studied. Developmental periods of preadult thrips fed on CK, MI and MD foliages were 12.68, 12.99 and 11.79 d, respectively. There were no significant differences in adult longevity and female fecundity between thrips fed on the different diets ($P > 0.05$). The intrinsic rate of increase (r_m) of thrip populations fed on CK, MI and MD were 0.1362, 0.1526, 0.1292 d^{-1}, respectively. In conclusion, the results indicate that although infection of host plants by TSWV doesn't shorten developmental time, prolong adult longevity, or increase the fecundity of western flower thrips, it does accelerate population growth.

Key words *Frankliniella occidentalis*, tomato spotted wilt virus, host plant, biological characteristics

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)属缨翅目(Thysanoptera),蓟马科(Thripidae),花蓟马属 *Frankliniella*。西花蓟马食性杂、寄主范围广、繁殖力强(Pergande, 1895; Loomans and van Lenteren, 1995; Moritz, 2002; Kirk and Terry, 2003; 吕要斌等,2004; Zhang *et al.*, 2007),不仅直接锉食农作物茎、叶、花、果实等器官,导致减产和产品商品价值降低,而且传播番茄斑萎病毒(tomato spotted wilt virus, TSWV)和凤仙花坏死斑点病毒(impatiens necrotic spot virus, INSV)等多

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803025, 201103026)。

**E-mail: skily.927@163.com

***通讯作者,E-mail: luybcn@163.com

收稿日期:2011-02-28,接受日期:2011-04-28

种番茄斑萎病毒属(Tospovirus)病毒,是番茄斑萎病毒最有效的传播媒介(Wijkamp *et al.*, 1995),通过传播植物病毒对农作物的危害远远超过其直接取食造成危害(Mound, 2001)。

媒介昆虫与其传播的植物病毒存在复杂的相互作用关系(Whitfield *et al.*, 2005)。如寄主植物发病可以改变媒介昆虫的趋性行为和生物学特性(Maris *et al.*, 2004; Belliure *et al.*, 2005)。已有研究表明,番茄斑萎病毒的寄主植物发病后,西花蓟马发育历期缩短,未成熟期的存活率和雌虫的繁殖能力提高(Sakimura, 1963; Robb, 1989; Wijkamp *et al.*, 1996; Maris *et al.*, 2004; Belliure *et al.*, 2005),西花蓟马取食机械接种番茄斑萎病毒的辣椒植株叶片后,可提高西花蓟马的种群增长(朱秀娟等,2010)。番茄与辣椒同属茄科,而对接种番茄斑萎病毒的番茄是否亦可以影响西花蓟马的种群增长动态,尚无系统报道。为此,本研究以我国常见蔬菜作物番茄为寄主植物,以采自我国云南的番茄斑萎病毒作为病毒源,系统研究了番茄斑萎病毒对西花蓟马发育历期、存活、成虫寿命、雌虫产卵和种群增长动态参数等生物学指标的影响,为明确西花蓟马在我国的生物学特性、探讨西花蓟马的有效防控措施等提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

1.1.1　西花蓟马　2007 年采自北京,用四季豆(*Phaseolus vulgaris* L.)饲养于养虫室内,饲养条件为:温度(27 ± 1)℃、相对湿度 75% ± 5%、光照周期 L∶D = 16∶8。

1.1.2　病毒　从云南田间采回发病症状明显的辣椒果实,经 ELISA 检测确定为番茄斑萎病毒后,一部分用锡箔纸包好置于 -70℃ 冰箱中保存,一部分通过摩擦接种于烟草枯斑寄主(三生烟)(*Nicotiana tabacum* var. Samsun NN)分离病原,挑取单个枯斑转接到黄花烟(*Nicotianal rustica* L.)上扩繁病毒,然后再转接到试验植株番茄上。

1.1.3　寄主植物　番茄 *Lycopersicon esculentum* Miller 品种为合作 903(上海番茄研究所);将种子播种于温室(温度(27 ± 1)℃、相对湿度 75% ± 5%、光照周期 L∶D = 12∶12),温室保持无害虫危害状态,待 2 ~ 3 片真叶时(约 2 周)供试。

1.2　处理设置

试验设机械接毒植株(MI)、机械损伤植株(MD)和健康植株(CK)共 3 个处理,每处理重复若干次。其中机械接毒采用人工摩擦接种番茄斑萎病毒,首先选取全株染毒症状明显的黄花烟植株,称取带毒叶片 1 g,并用 10 mL 接种缓冲液(0.01 m $NaPO_4$, PH7.0)碾磨叶片制成接种液;然后取供试番茄植株,在顶端 3 片真叶上撒上金刚砂粉末(500 目),用棉签沾取接种液沿着叶脉轻轻摩擦叶片,约 10 min 后用清水冲洗摩擦过的叶片;接种 3 ~ 4 周后若植株出现明显发病症状:萎黄色轮纹、萎黄色镶嵌、叶片出现色斑、生长受阻,畸形,并经 ELISA 检测确认发病,即为机械接毒植株。机械损伤植株按上述方法进行摩擦处理,但不沾取接种液,经确认不带番茄斑萎病毒的植株作为机械损伤植株。健康植株不进行任何处理。

1.3　试验方法

1.3.1　未成熟期发育与存活　取健康、机械接毒和机械损伤 3 个处理的番茄成熟叶 5 ~ 8 片,分别置于不带毒的西花蓟马实验室饲养种群中,产卵 8 h 后将叶片取出,分别置于含有湿润滤纸的大培养皿(直径 9.0 cm)中,3 d 后卵孵化时分别挑取初孵 1 龄若虫 100 头,单独饲养于含湿润的滤纸的小培养皿(直径 3.5 cm)中,并分别用相应处理的番茄叶片(约 1.5 cm^2)进行饲养,用帕拉膜封住培养皿口。每 24 h 更换 1 次新鲜叶片,并观察记录各虫态数量和存活情况,直至羽化为成虫。

1.3.2　成虫繁殖与存活　分别取上述各处理刚刚羽化的成虫,雌雄单独配对于玻璃管(直径 3.0 cm × 高 4. 0 cm)中,以相应处理的番茄叶片作为食物,帕拉膜封口。每 24 h 更换 1 次新鲜叶片,并观察记录成虫存活情况,直到成虫全部死亡。

将每次更换出的叶片分别置于有湿润的滤纸的小培养皿(直径 3.5 cm)中,帕拉膜封口。5 d 后卵全部孵化,记录孵出的若虫数,用孵化出的一龄若虫数表示雌虫的繁殖能力(Watts, 1934)。

1.3.3　实验条件　温度(27 ± 1)℃、相对湿度 75% ± 5%、光照周期 L∶D = 16∶8。

1.4　数据分析

应用特定年龄 - 龄期及两性生命表分析软件(age-stage, two-sex life table analysis)(Chi and Liu, 1985; Chi, 1988)计算分析各处理西花蓟马

的生长发育历期、繁殖能力、寿命与种群参数等的平均值和标准误，并用 DPS 数据分析软件进行方差分析（Turkey 检验，$P < 0.05$）。

2 结果与分析

2.1 生长发育和存活

西花蓟马在健康、机械接毒与机械损伤 3 种处理番茄叶片上的发育历期见表 1。机械接毒叶片（12.99 d）上与健康叶片（12.68 d）上发育历期差异不显著，与机械损伤叶片上发育历期差异显著。卵期均为 3 d，无差异；1 龄若虫期与预蛹期在健康叶片上最短，为 2.71 与 0.99 d；2 龄若虫期与蛹期在机械损伤叶片上最短，分别为 2.61 与 2.45 d。总之，从卵到蛹的未成熟期在机械接毒叶片上最长，比机械损伤叶片上长 1.2 d。

西花蓟马从卵发育到成虫的存活率曲线如图 1，机械损伤叶片上存活率最低，仅 71%，机械接毒叶片上存活率为 84%，健康叶片上存活率最高，为 90%。以上数据说明，在此 3 种处理中，取食机械接毒番茄叶片并未明显缩短西花蓟马的发育历期。

表 1 西花蓟马在 3 种处理叶片上不同虫态的发育历期

Table 1 Developmental duration of different stages of *Frankliniella occidentalis* on three different treated leaves

处理 Treatment	发育历期（d）Developmental duration					
	卵 Egg	1 龄若虫 1st instar	2 龄若虫 2nd instar	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa	未成熟 Preadult
CK	3	2.71 ± 0.07 b	3.45 ± 0.10 a	0.99 ± 0.02 b	2.52 ± 0.05 ab	12.68 ± 0.10 a
MI	3	2.82 ± 0.06 ab	3.37 ± 0.07 a	1.13 ± 0.04 a	2.69 ± 0.05 a	12.99 ± 0.11 a
MD	3	2.94 ± 0.05 a	2.61 ± 0.08 b	1.04 ± 0.04 ab	2.45 ± 0.06 b	11.79 ± 0.10 b
F		3.47	29.02	4.35	4.85	32.46
d.f		2 287	2 270	2 261	2 242	2 242
P		0.030	0	0.014	0.009	0

注：同一列平均值后不同的小写字母表示差异显著（$P < 0.05$，Turkey 检验）。CK 健康对照；MI 机械接毒；MD 机械损伤。下表同。

Mean values within the same column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$, Turkey test). CK-healthy control; MI-mechanical inoculated by TSWV; MD-mechanical damaged. The same below.

2.2 成虫寿命及雌虫繁殖力

西花蓟马雌雄成虫寿命在 3 种不同处理叶片上差异不显著（$P > 0.05$）（表 2），在健康叶片上最长（雌：（15.45 ± 0.96）d，雄：（9.40 ± 0.92）d），其次为机械接毒叶片。

如图 1 所示，在 3 种处理叶片上西花蓟马的特征年龄繁殖能力 Mx 的分布趋势基本一致。产卵前期（POP）与总产卵前期（TPOP）在各处理叶片上差异显著（表 2），产卵前期在机械接毒叶片上最短，健康叶片上最长；健康叶片与机械接毒叶片上的总产卵前期差异不显著，约为 14.19 d。各处理叶片上雌虫的产卵量差异不显著，在机械接毒叶片上产卵量最低，为（31.18 ± 1.52）头 1 龄若虫/雌。

2.3 种群生命表参数

根据所得生物学数据，分别计算各处理上生命表参数（表 3）。从表 3 可以看出：西花蓟马在此 3 种处理叶片上的内禀增长率（r_m）均大于零，种群呈明显增长趋势。其中，机械接毒叶片上的内禀增长率最大，种群增长能力强，健康叶片上次之，机械损伤叶片上 r_m 最小，但三者之间差异未达显著水平。西花蓟马在 3 种处理叶片上的平均世代历期为 17.55 ~ 20.20 d，每经一个世代种群会增殖（R_0）15.54 ~ 9.47 倍，总生殖率差异不显著，健康叶片上最大，机械接毒叶片上次之，机械损伤叶片上最小。以上种群参数表明，机械接毒没有使番茄叶片上西花蓟马种群增长加速和繁殖能力增强。

3 讨论

内禀生长率 r_m 和净生殖率 R_0 是表征昆虫种群动态的重要参数（Ricbard，1961；Morris and

表 2　各处理叶片上西花蓟马的成虫寿命及雌虫繁殖力

Table 2　Adult longevity and female fecundity of *Frankliniella occidentalis* on three different treated leaves

处理 Treatment	产卵前期(d) Pre-oviposition period	总产卵前期(d) Total pre-oviposition period	繁殖能力(1 龄若虫/雌) Fecundity (1 st instar larvae/female)	成虫寿命(d) Adult longevity(d)	
				雌成虫 Female adult	雄成虫 Male adult
CK	2.52 ± 0.17 a	14.27 ± 0.56 a	33.15 ± 3.00 a	15.45 ± 0.96 a	9.40 ± 0.92 a
MI	1.27 ± 0.08 b	14.13 ± 0.27 a	31.18 ± 1.52 a	14.29 ± 0.52 a	8.36 ± 0.60 a
MD	1.33 ± 0.19 b	11.89 ± 0.79 b	35.56 ± 3.94 a	12.59 ± 1.12 a	7.39 ± 0.73 a
F	27.19	5.53	0.605	2.40	1.74
d.f	2 124	2 124	2 127	2 127	2 112
P	0	0.005	0.550	0.095	0.181

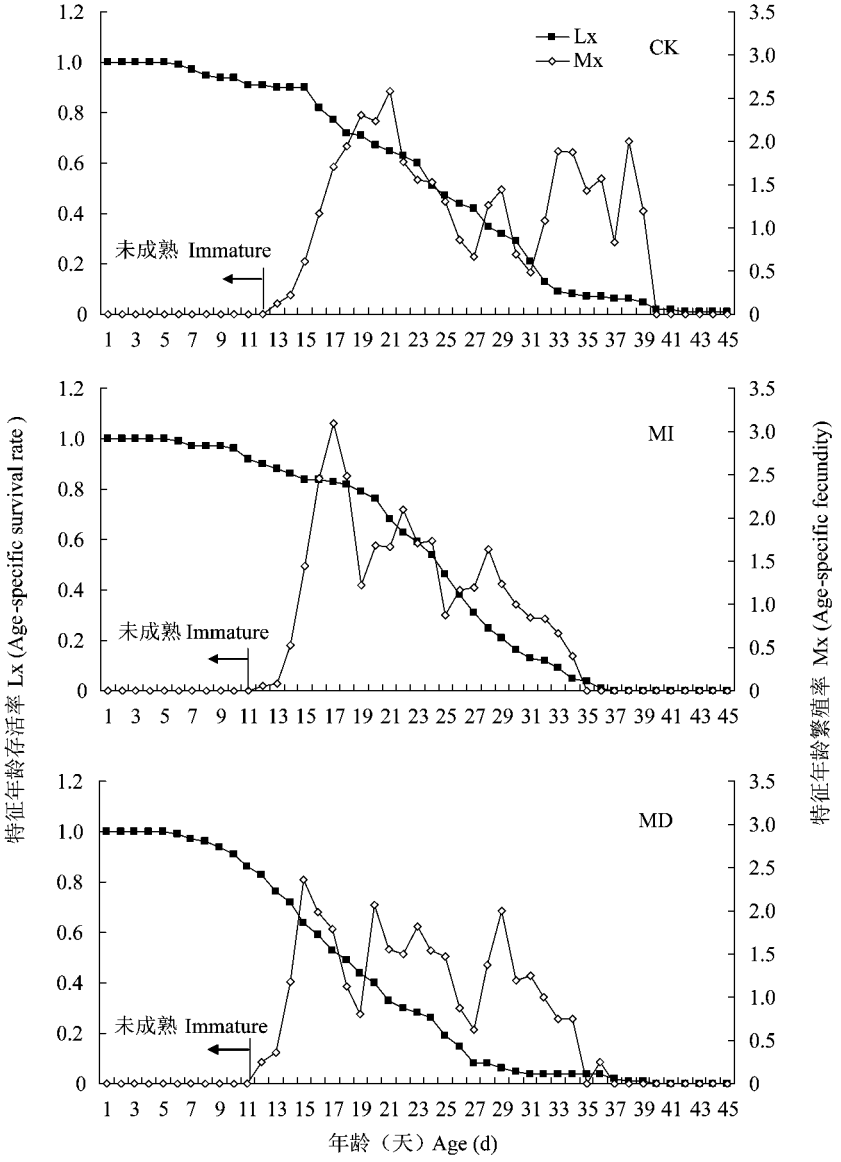

图 1　西花蓟马在各处理叶片上的特征年龄存活率 Lx 和特征年龄繁殖率 Mx

Fig. 1　Age-specific survival rate (Lx) and fecundity (Mx) of *Frankliniella occidentalis* on three different treated leaves

表 3 西花蓟马在各处理叶片上的种群生命表参数

Table 3 Population parameters of *Frankliniella occidentalis* on three different treated leaves

处理 Treatment	内禀增长率 (r_m/d^{-1}) The intrinsic rate of increase	周限增长率 (λ /d^{-1}) The finite rate of increase	净生殖率 (R_0/offspring) The net reproduction rate	平均世代历期 (T/d) The mean generation time	总生殖率 (GRR/offspring) The gross reproduction rate
CK	0.1362 ± 0.0071 a	1.1460 ± 0.008 a	15.5400 ± 2.17 ab	20.2000 ± 0.44 a	36.3100 ± 5.90 a
MI	0.1526 ± 0.0058 a	1.1650 ± 0.007 a	17.4500 ± 1.77 a	18.7700 ± 0.28 b	30.1200 ± 2.49 a
MD	0.1292 ± 0.0117 a	1.1380 ± 0.013 a	9.4700 ± 1.88 b	17.5500 ± 0.46 b	29.8600 ± 6.16 a
F	1.954	1.997	4.570	10.898	0.510
d.f	2 297	2 297	2 297	2 297	2 297
P	0.1436	0.1375	0.0100	0	0.6000

Fulton, 1970; Varley and Gradwell, 1970; Tsai and Wang, 2001)。种群内禀增长率综合考虑了种群的出生率和死亡率、种群的年龄组配、繁殖力及发育速度等诸多因素,因此能敏感地反映出各种因素对种群的综合影响。本研究表明,西花蓟马在番茄 3 种不同处理叶片上的生长发育、繁殖能力、成虫寿命及种群参数等差异不显著,机械接毒叶片上发育历期长于健康叶片上 0.31 d,成虫寿命与繁殖能力低于健康叶片,这不同于在辣椒植株叶片上的结果(朱秀娟等,2010),也与 Bautista 等(1995)和 Maris 等(2004)研究结果不同。但 Belliure 等(2005)指出,侵染了番茄斑萎病毒的寄主植物对蓟马产生的那些正面影响只会在寄主质量差(比如辣椒)或者是那些诱导防御反应强烈的植株上。也就是说在寄主质量较好或诱导防御机制不强烈的植株上不存在病毒植株缩短西花蓟马发育历期、提高存活率、增加产卵量及加强种群增长能力等情况。而与健康辣椒相比,健康番茄是西花蓟马较适宜的寄主植物(Zhang *et al.*, 2007)。因此,本文的研究结果与 Belliure 等(2005)及 Zhang 等(2007)的研究结果一致。番茄斑萎病毒对西花蓟马在番茄叶片上的生物学特性未能产生明显的有利作用,但有利于其在辣椒叶片上种群增长的营养学机制有待进一步研究。

参考文献(References)

Bautista RC, Mau RFL, Cho JJ, Custer DM, 1995. Potential of tomato spotted wilt tospovirusplant hosts in Hawaii as virus reservoirs for transmission by *Frankliniella occidentalis*. *Phytopathology*, 85: 953—958.

Belliure B, Janssen A, Maris PC, Peters D, Sabelis MW, 2005. Herbivore arthropods benefit fromvectoring plant viruses. *Ecol. Lett.*, 8: 70—79.

Chi H, Liu H, 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Acad. Sin. Bull. Inst. Zool.*, 24: 225—240.

Chi H, 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.*, 17(1): 26—34.

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

Loomans AJM, van Lenteren JC, 1995. Biological control of thrips pests: a review on thrips parasitoids// Loomans AJM, Van Lenteren JC, Tommasini MG, Maini S, Riudavets J (eds.). Biological Control of Thrips Pests. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Agricultural University Papers, printed by Veenman Drukkers. 88—201.

吕要斌,贝亚维,林文彩,章金明,2004. 西花蓟马的生物学特性、寄主范围及危害特点. 浙江农业学报,16(5): 317—320.

Maris PC, Joosten NN, Goldbach RW, Peters D, 2004. Tomato spotted wilt virus infection improves host suitability for its vector *Frankliniella occidentalis*. *Phytopathology*, 94: 706—711.

Moritz Q, 2002. The biology of thrips is not the biology of their adults: a developmental view // Marullo R, Mound L (eds.). Thripsand Tospoviruses: Proceedings of the 7th international symposium on Thysanoptera. Australian National Insect Collection(ANIC), Canberra. 259—267.

Morris RF, Fulton NC, 1970. Models for the development and survival of Hyphantrla cunea in relation to temperature and humidity. *Mem. Entomol. Sco. Can.*, 70: 1—60.

Mound LA, 2001. So many thrips-so few tospoviruses in thrips and tospoviruses // Marullo R, Mound L (eds.).

Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. Australian National Insect Collection (ANIC), Canberra. 15—18.

Pergande T, 1895. Oberservations on certain Thripidae. *Insect life*, 7: 390—395.

Ricbard OW, 1961. The theoretical and practical study of natural insect populations. *Annu. Rev. Entomol.*, 6: 147—162.

Robb KL, 1989. Analysis of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) as a pest of Floriculture thrips in California greenhouses. PhD thesis, University of California, Riverside, CA, USA.

Sakimura K, 1963. *Frankliniella fusca* an additional vector for the tomato spotted wilt virus with notes on *Thrips tabaci*, another vector. *Phytopathology*, 53: 412—415.

Tsai JH, Wang JJ, 2001. Effects of host plants on biology and life table parameters of *Aphid spiraecola* (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.*, 30: 45—50.

Varley GC, Gradwell GR, 1970. Recent advance in insect population dynamics. *Annu. Rev. Entomol.*, 15: 1—24.

Watts JG, 1934. Comparison of the life cycles of *Frankliniella tritici* (Fitch), *F. fusa* (Hind) and *Thrips Tabaci* Lind. (Tysanoptera: Thripidaein) in south Carolina. *J. Econ. Entomol.*, 27: 1158—1159.

Whitfield AE, Ullman DE, German TL, 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 43:459—489.

Wijkamp INA, Goldbach R, Peters D, 1995. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses. *Phytopathology*, 85: 1069—1074.

Wijkamp I, Goldbach R, Peters D, 1996. Propagation of tomato spotted wilt virus in *Frankliniella occidentalis* does neither result in pathological effects nor in transovarial passage of the virus. *Entomol. Exp. Appl.*, 81: 285—292.

Zhang ZJ, Wu QJ, Li XF, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, 2007. Life history of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripae), on five different vegetable leaves. *J. Appl. Entomol.*, 131(5): 347—354.

朱秀娟,张治军,吕要斌,2010. **番茄斑萎病毒诱导寄主植物反应对西花蓟马生物学特性的影响. 中国植物保护学会** 2010 **年学术年会. 河南鹤壁:**837.