

日光温室番茄褪绿病毒病的发生规律及其与 Q 型烟粉虱种群动态关系

李娇娇¹ 张秀霞¹ 周仙红¹ 于毅¹ 国家进² 张安盛^{1*}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 济南 250100;

2. 山东省蔬菜工程技术研究中心, 寿光 262700)

摘要: 为有效控制日光温室番茄褪绿病毒病, 于 2014—2015 年通过 RT-PCR 检测方法研究了济南市日光温室番茄褪绿病毒(*Tomato chlorosis virus*, ToCV) 的发生规律、其与 Q 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* 种群动态的关系及防虫网对该病毒病的防控效果。结果表明, 春季日光温室番茄植株上 Q 型烟粉虱成虫数量呈增长趋势, 5 月下旬最高达到 0.10 头/叶, 秋季日光温室番茄植株上 Q 型烟粉虱成虫数量 9 月上旬达最高 7.42 头/叶, 后逐渐下降; 日光温室 Q 型烟粉虱带毒率随着定植时间的延长而逐渐上升, 之后维持相对稳定状态, 即春季为 20.00%~24.14%, 秋季为 30.00%~40.00%。日光温室 ToCV 发生与 Q 型烟粉虱成虫数量和带毒率密切相关, 春季番茄最高发病率为 12.00%; 秋季番茄植株最高发病率为 93.02%。番茄育苗和生长期用 100 目防虫网隔离可显著降低番茄植株带毒率。因此, 秋季是日光温室 ToCV 防控关键期, 覆盖防虫网阻隔烟粉虱可有效防治 ToCV, 推荐在日光温室使用。

关键词: 番茄褪绿病毒病; 发生规律; Q 型烟粉虱; 种群动态; 防虫网

Occurrence regularity of *Tomato chlorosis virus* (ToCV) disease and its relations with population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype Q in solar greenhouses

Li Jiaojiao¹ Zhang Xiuxia¹ Zhou Xianhong¹ Yu Yi¹ Guo Jiajin² Zhang Ansheng^{1*}

(1. Shandong Key Laboratory of Plant Virology, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China; 2. Vegetable Technology and Engineering Center of Shandong Province, Shouguang 262700, Shandong Province, China)

Abstract: In order to control *Tomato chlorosis virus* (ToCV) disease effectively in solar greenhouses, the occurrence regularity of ToCV disease, its relationship with population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype Q and the control effect of insect-proof net were studied by using RT-PCR detection in Jinan, Shandong Province from 2014 to 2015. The results showed that the number of *B. tabaci* biotype Q increased in spring and reached the maximum 0.10 individual/leaf in late May, but the number of *B. tabaci* biotype Q decreased in autumn and the maximum was 7.42 individual/leaf in early September. The viruliferous percent of *B. tabaci* biotype Q increased firstly as the growth of tomato plant and then remained stable (20.00%–24.14% in spring and 30.00%–40.00% in autumn). The occurrence of ToCV disease was closely related to the number and the viruliferous percent of *B. tabaci* biotype Q. The incidence of ToCV increased with the time, the highest values of which were 12.00% in spring and 93.02% in autumn. The viruliferous percent of ToCV was reduced by using 100 mesh insect-proof net for blocking *B. tabaci* biotype Q during seedling and growth stages of tomato plants. Therefore, autumn is the

key period for controlling the ToCV disease in solar greenhouses, and covering insect-proof net to prevent *B. tabaci* biotype Q before the outbreak of ToCV is an effective measure and recommended for solar greenhouses.

Key words: *Tomato chlorosis virus*; occurrence regularity; *Bemisia tabaci* biotype Q; population dynamics; insect-proof net

番茄褪绿病毒(*Tomato chlorosis virus*, ToCV)隶属于长线性病毒科毛形病毒属,可侵染包括茄科、菊科在内的多种作物(Lozano et al., 2006; Wintermantel & Wisler, 2006)。番茄褪绿病毒侵染寄主后导致作物下部叶片黄化,叶脉间严重褪绿且有坏死斑点,其症状类似于作物生理性缺素或营养失调(周涛等, 2014);发病后期整株表现褪绿,果实品质明显下降。该病毒于1998年在美国佛罗里达州被首次发现(Wisler et al., 1998),随后在意大利、古巴和日本等国相继被报道(Accotto et al., 2001; Martínezzubiaur et al., 2008; Hirota et al., 2010)。在我国,番茄褪绿病毒2004年在台湾番茄植株上最早被发现,2012年在北京市番茄上发生,而后相继在江苏、河南、山东、河北、天津等省市蔬菜产区被报道(Zhao et al., 2013; Karwitha et al., 2014; Zhao et al., 2014)。调查显示,2014年山东省蔬菜产区日光温室番茄病株率达20%~100%,造成番茄减产10%~40%,给番茄生产造成了巨大的经济损失(刘永光等, 2014)。番茄褪绿病毒病已成为我国日光温室番茄、菜椒上的重要病毒病,严重影响我国蔬菜安全生产。

在自然条件下,番茄褪绿病毒不能通过摩擦传播,主要依靠自然媒介纹翅蜡粉虱 *Trialeurodes abutilonea*、B型烟粉虱 *Bemisia tabaci* biotype B、A型烟粉虱 *B. tabaci* biotype A 和温室白粉虱 *T. vaporariorum* 等进行半持久式传播(Orfanidou et al., 2014)。粉虱的寄主范围广,活动性强,在病毒植株和健康植株之间扩散迅速,加速了番茄褪绿病毒病在寄主植物间的传播蔓延。

近年来,国外学者对番茄褪绿病毒病的研究主要集中在对该病毒检测技术的探究(Kil et al., 2014)、番茄褪绿病毒全序列的测定以及侵染性克隆的构建(Lozano et al., 2006; Karwitha et al., 2014; Orilio et al., 2014)、对该病毒沉默抑制子p22的研究(Cañizares et al., 2008; Landeo-Ríos et al., 2015a, b)以及该病毒在不同传播介体内留存时间的关系(Wintermantel & Wisler, 2006)等方面;国内学者对其发生危害(刘永光等, 2014; 周涛等, 2014)、不同地区分离物的检测与鉴定(高利利等, 2015; 李洁等,

2015; 孙国珍等, 2015)、检测技术优化(Zhao et al., 2015)等方面开展了初步研究,但由于番茄褪绿病毒病在我国发生时间较短,国内学者对其缺乏系统性研究,对于该病毒在日光温室蔬菜上的发生规律尚不清楚,烟粉虱带毒情况及该病毒与烟粉虱种群动态的关系亦不明确,导致菜农对该病毒病的防治缺乏科学性依据。因此,本试验在明确山东省济南市ToCV传播介体为Q型烟粉虱的基础上,研究日光温室内番茄褪绿病毒病的发生规律、其发生规律与Q型烟粉虱的种群动态关系、番茄苗期和生长期罩防虫网隔离Q型烟粉虱对该病毒病的控制效果,以期对番茄褪绿病毒的有效防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植株:番茄品种为金棚,购买自济南市大江种子公司。

试剂:植物RNA提取试剂盒、DL2000 Marker、反转录试剂盒,江苏溥博生物科技有限公司;Trizol,美国Invitrogen公司;Taq PCR Master Mix,北京天根生化科技有限公司;其它试剂均为国产分析纯。

仪器:RXZ-280D-LED光照培养箱,宁波江南仪器厂;TP600 PCR仪,大连宝生物工程有限公司;凝胶成像仪,美国Alpha Innotech公司;5804R低温冷冻离心机,德国Eppendorf公司;MDF-U4086S -80℃冰箱,日本SANYO公司;DYY-6C电泳仪,北京市六一仪器厂。100目及60目防虫网,分别加工成75 cm×40 cm×55 cm、70 cm×50 cm×200 cm的防虫网罩,100目用于番茄苗期罩网,60目用于番茄生长期罩网,浙江省台州市路桥区德农防虫网厂。

1.2 方法

1.2.1 ToCV发生规律与Q型烟粉虱种群动态关系调查

调查地点在山东省济南市历城区董家镇张而村番茄日光温室,分春、秋两季进行,日光温室面积均为1 hm²。番茄定植时间分别为2014年8月16日、2015年2月5日,株行距60 cm×40 cm,长势良好。自定植之日起开始调查,每10 d调查1次。采用定点定株调查方法:在日光温室东、西两侧分别保

留3垅番茄做保护行,将日光温室自东向西平均分为8个小区,在每个小区的中间位置选取番茄2行,在每行番茄的南、中、北各固定代表性番茄3株,调查番茄植株发病率;在每株番茄上、中部选取叶片5片,调查烟粉虱数量,并记录温室内温度;每次调查的同时采集烟粉虱,室内用PCR方法检测烟粉虱带毒率。

1.2.2 番茄苗期和生长期罩网对ToCV的防控效果

苗期罩防虫网:试验在育苗穴盘中进行,共3个处理,即供试番茄自播种至定植前分别用100目和60目防虫网罩苗,以始终不用防虫网罩苗为空白对照,每穴盘罩苗20株,每处理重复4次,番茄播种25 d后PCR检测ToCV带毒株率。

生长期罩防虫网:番茄定植时用100目防虫网罩将供试番茄苗罩防虫网隔离,每防虫网罩番茄苗2株。分别在定植后1、10、20、40 d在防虫网罩内释放带毒Q型烟粉虱,每处理重复3次,每重复防虫网3个,每防虫网内带毒Q型烟粉虱释放数量为5对;以罩防虫网后一直不释放Q型烟粉虱的番茄苗为空白对照,共罩防虫网45个。分别在释放Q型烟粉虱后10、20、30 d用PCR方法检测番茄植株带毒率。

1.2.3 番茄植株和烟粉虱带毒率检测

单头烟粉虱RNA提取参照邓顺等(2007)方法,将单头烟粉虱置于1.5 mL离心管中,加入10 μ L Trizol研磨均匀,再加入240 μ L Trizol混匀后室温放置5 min。加入50 μ L 氯仿混合物(氯仿:异戊醇=24:1),剧烈振荡混匀3 min,4℃、12 000 r/min离心10 min,将上清液转移至新的离心管中(约100 μ L),加入等体积异丙醇(-20℃预冷),-20℃冰箱放置30 min后,4℃、12 000 r/min离心10 min。弃上清液,加入70%预冷的酒精250 mL洗涤,4℃、12 000 r/min

离心5 min后,用移液器移走酒精,待管内酒精挥发后加入10 μ L RNase-free ddH₂O。

植物基因组RNA提取参照植物RNA提取试剂盒说明书。20 μ L反转录体系:模板RNA 10 μ L、随机引物1 μ L、dNTP 1 μ L、反转录酶1 μ L、反转录溶液4 μ L、RNase-free ddH₂O 3 μ L,将所有试剂轻轻混匀后,按照程序25℃,10 min;50℃,45 min;85℃,5 min进行反应。反应结束后cDNA于-20℃冻存。

PCR反应:使用生工生物工程(上海)股份有限公司合成的ToCV特异性引物,即上游引物5'-ATG-GAGAACAGTGCTGTT-3';下游引物5'-TAGCAAC-CAGTTATCGATGC-3'进行扩增,10 μ L反应体系为:cDNA 2 μ L、上下游引物各0.5 μ L、2 $\times$ PCR Master Mix 5 μ L、ddH₂O 2 μ L。PCR反应程序:94℃预变性3 min;94℃变性50 s,50℃退火50 s,72℃延伸90 s,循环35次;72℃延伸10 min。PCR扩增产物进行1.5%琼脂糖凝胶电泳检测并拍照。

1.3 数据分析

采用SPSS 17.0软件对试验数据进行统计分析,利用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 番茄日光温Q型烟粉虱种群动态

春季日光温室番茄植株上Q型烟粉虱种群数量呈逐渐增长趋势(图1-a),秋季日光温室Q型烟粉虱种群数量呈逐渐下降趋势(图1-b)。番茄植株上Q型烟粉虱平均单叶虫量在春季日光温室中2月下旬为0.003头,5月中、下旬增长迅速,5月下旬达到峰值,为0.10头;在秋季日光温室中8月下旬、9月上旬数量最高,分别为4.77、7.42头,9月中旬下降迅速,为1.93头,至11月中旬数量最低,仅为0.63头。

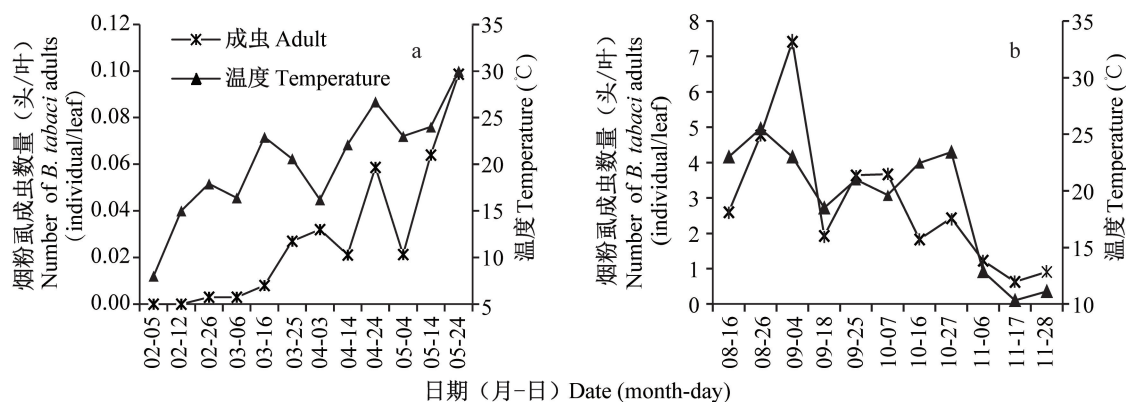


图1 春季(a)和秋季(b)番茄日光温室Q型烟粉虱种群动态与温度的关系

Fig. 1 The relationships between population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype Q and temperature in solar greenhouses in spring (a) and autumn (b)

Q 型烟粉虱种群动态与日光温室温度的变化趋势基本一致,春季 2 月上旬—4 月中旬,温度为 8~23℃,Q 型烟粉虱种群数量较低;5 月上旬—6 月中旬,温度为 23~30℃时,Q 型烟粉虱种群数量上升;秋季 8 月中旬—10 月中下旬,温度为 18~26℃,Q 型烟粉虱种群数量上升;11 月上旬至下旬,温度为 10~12℃时,Q 型烟粉虱种群数量下降。因此,温度是影响 Q 型烟粉虱种群动态的因素之一。

2.2 番茄日光温室 Q 型烟粉虱带毒率

春季和秋季日光温室 Q 型烟粉虱带毒率前期均

随着定植时间的延长而逐渐上升,而后呈相对稳定状态,春季烟粉虱带毒率低于秋季烟粉虱带毒率。春季日光温室 Q 型带毒烟粉虱 3 月上旬出现,但带毒率较低,为 4.35%,3 月下旬—4 月中旬烟粉虱带毒率略有上升,为 13.33%~16.67%,4 月下旬—5 月下旬,烟粉虱带毒率相对较高,为 20.00%~24.14%。秋季日光温室 Q 型烟粉虱带毒率在 8 月中旬较低,仅为 4.00%,8 月下旬—9 月下旬逐渐升高为 7.40%~13.33%,10 月上旬—11 月下旬相对稳定,为 30.00%~40.00%(表 1)。

表 1 春、秋季番茄日光温室 Q 型烟粉虱带毒率

Table 1 The percentage of viruliferous *Bemisia tabaci* biotype Q in solar greenhouses in spring and autumn

调查时间(月-日) Investigation time (month-day)	检测样品数量 No. of detected samples	烟粉虱带毒率(%) Percentage of viruliferous <i>B. tabaci</i>	调查时间(月-日) Investigation time (month-day)	检测样品数量 No. of detected samples	烟粉虱带毒率(%) Percentage of viruliferous <i>B. tabaci</i>
02-05	24	0.00	08-16	25	4.00
02-12	24	0.00	08-26	27	7.40
02-26	25	0.00	09-04	30	13.33
03-06	23	4.35	09-18	30	10.00
03-15	27	7.41	09-25	30	10.00
03-25	30	13.33	10-07	30	30.00
04-03	30	16.67	10-16	30	40.00
04-14	27	14.81	10-27	30	30.00
04-24	26	23.08	11-06	30	40.00
05-04	30	20.00	11-17	30	30.00
05-14	30	23.33	11-28	30	30.00
05-24	29	24.14			

2.3 ToCV 发生规律与 Q 型烟粉虱种群动态的关系

春、秋两季日光温室内番茄褪绿病毒病的发生规律一致,发病率均随着番茄定植时间的延长而上升,其中春季番茄褪绿病毒病发生较轻,秋季番茄褪绿病毒病发生较重。春季日光温室中,4 月上旬发现番茄褪绿病毒病植株,发病率为 4.00%,5 月下旬发病率达到最高峰,为 12.00%(图 2-a);秋季日光温室中 9 月中旬发现番茄褪绿病毒病植株,发病率为 12.96%,11 月下旬发病率达到最高峰,为 93.02%(图 2-b)。番茄褪绿病毒发病率与 Q 型烟粉虱种群数量密切相关:春季番茄生长初期,Q 型烟粉虱种群数量较小,番茄褪绿病毒病发病亦较轻,番茄生长后期是 Q 型烟粉虱发生高峰期,也是番茄发病率迅速增长期(图 2-a);秋季番茄生长初期,Q 型烟粉虱种群数量相对较多,番茄褪绿病毒病发病相应较重(图 2-b),而番茄生长后期 Q 型烟粉虱种群数量在波动中下降,植株发病率则呈逐渐增长趋势。

2.4 罩防虫网对番茄褪绿病毒病的防控作用

2.4.1 苗期罩防虫网

番茄苗期罩防虫网后,100 目防虫网处理的番茄植株带毒率为 0,显著低于其它处理;60 目防虫网处理的带毒率为 1.50%,显著高于 100 目处理,显著低于对照处理 3.75%(图 3)。

2.4.2 生长期罩防虫网

番茄植株生长期罩防虫网后,所有接虫处理的番茄植株均携带番茄褪绿病毒,接带毒 Q 型烟粉虱 30 d 后番茄苗带毒率达 83.33%~100.00%,均显著高于不接虫对照组(番茄苗带毒率为 0)。接毒时间对于番茄褪绿病毒病发病率有较大影响:接带毒 Q 型烟粉虱后 10 d,定植后 1 d 处理的番茄苗带毒率为 100.00%,显著高于定植后 10、20、40 d 接虫的处理,番茄苗带毒率分别为 33.33%、16.67%和 16.67%;接虫后 20 d,定植后 1、10、20 d 的番茄苗带毒率分别为 100.00%、100.00%、83.33%,处理间差异不显著,但

均显著高于定植后 40 d 接虫处理的 33.33%; 接虫后 30 d, 定植后 1、10、20、40 d 接虫番茄苗带毒率为

100.00%、100.00%、100.00% 和 83.33%, 处理间无显著差异(表 2)。

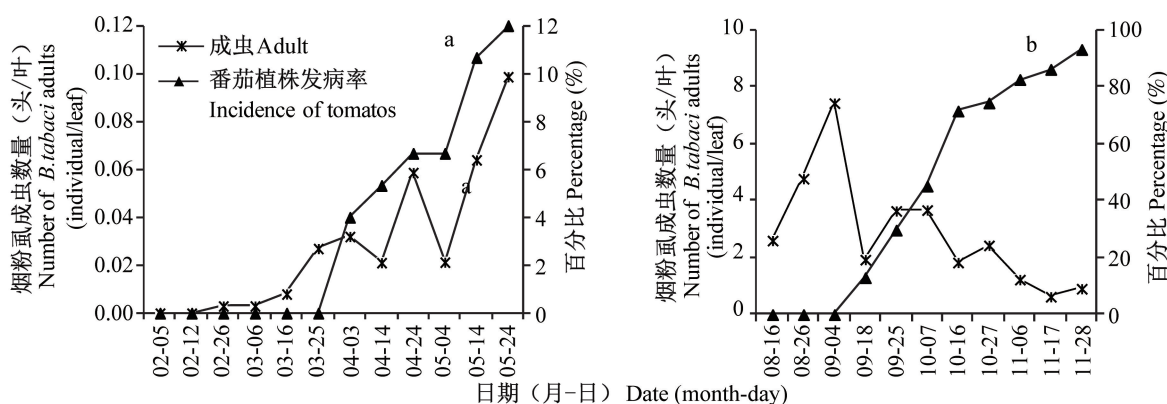


图 2 春季(a)和秋季(b)日光温室番茄褪绿病毒发病率与 Q 型烟粉虱种群动态之间的关系

Fig. 2 The relationships between incidence of ToCV and population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype Q in solar greenhouses in spring (a) and autumn (b)

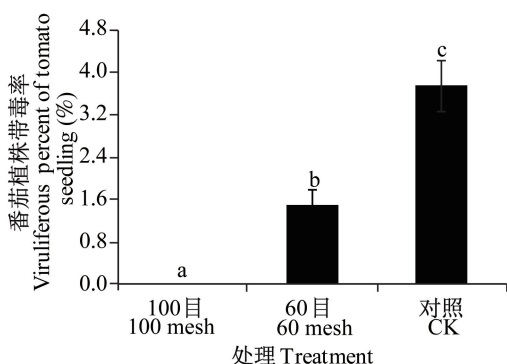


图 3 苗期罩防虫网对番茄褪绿病毒病的防控效果

Fig. 3 The control effect of insect-proof net to ToCV disease during the seedling stage of tomato plants

图中数据为平均数±标准误。不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are mean ± SE. Different letters indicate significant difference at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

番茄褪绿病毒病在我国北方蔬菜产区普遍发生且呈危害加重趋势, Q 型烟粉虱是该病毒重要传毒介体(刘永光等, 2014), 该虫传毒是导致日光温室番茄褪绿病毒病发生流行的主要原因, 查明日光温室 Q 型烟粉虱的种群动态, 对于番茄褪绿病毒病的预测预报和科学防控具有重要意义。本试验结果显示, Q 型烟粉虱种群动态与日光温室温度变化密切相关, 其在日光温室番茄植株上的数量, 春季前期较低, 后呈逐渐增长趋势, 秋季前期较高, 后呈逐渐下降趋势, 春季种群数量明显低于秋季, 与闫文茜等

(2012)关于北京市烟粉虱发生规律调查结果一致。

本研究结果表明, 日光温室春季 Q 型烟粉虱携带 ToCV 的最高带毒率仅为 24.14%, 秋季烟粉虱最高带毒率为 40%, 而报道显示山东省烟粉虱种群个体携带 TYLCV 的带毒率超过 85%(柳洋, 2015), 与本试验结果差异较大, 原因可能是烟粉虱携带这 2 种病毒的方式不同所致, TYLCV 通过持久性的方式由烟粉虱传播, 而 ToCV 通过半持久性方式传播。本试验结果同时表明在春季和秋季日光温室中, Q 型烟粉虱带毒率前期较低, 后期则处于相对稳定的水平, 其主要原因是前期带毒 Q 型烟粉虱主要从日光温室外侵入, 带毒 Q 型烟粉虱通过取食健康植株传播病毒, 使健康番茄植株带毒, 随着带毒番茄植株数量的增加, 健康 Q 型烟粉虱因取食带毒番茄植株而成为带毒 Q 型烟粉虱, 导致带毒 Q 型烟粉虱数量提高; 但 Q 型烟粉虱带毒率后期并非持续增长而是处于相对稳定的水平, 这可能与 Q 型烟粉虱对番茄褪绿病毒病的传毒特征密切相关, 有待进一步研究。

本试验结果显示, 济南市日光温室番茄褪绿病毒病在春季番茄上发病较晚, 发病时间短, 发病率较低, 与代惠洁等(2016)在山东省寿光市的调查结果有较大差异, 可能是番茄定植前苗期带毒率及日光温室环境条件不同所致; 济南市日光温室番茄褪绿病毒病在秋季番茄上发病率较高, 发病较早, 发病时间长, 则与代惠洁等(2016)在山东省寿光市的调查结果一致。

日光温室番茄褪绿病毒病的发生危害与 Q 型烟粉虱种群动态密切相关。本试验结果表明, 日光

温室内Q型烟粉虱发生达到一定种群密度后,番茄病株开始出现,表明带毒Q型烟粉虱的传毒造成了茄褪绿病毒病的发生和蔓延;春季日光温室番茄植株上Q型烟粉虱种群密度较低,番茄植株发病率也较低;秋季日光温室番茄植株上Q型烟粉虱种群密度较高,番茄植株发病率也相应较高,进一步表明番茄褪绿病毒病的发生危害程度取决于Q型烟粉虱的

种群密度高低。纠敏等(2006)研究表明,烟粉虱传播双生病毒的效率随着个体数量的增加而增加,与本研究结果相近。日光温室Q型烟粉虱种群数量随着温度的升高而增加,随着温度的降低而降低。因此,日光温室温度通过影响Q型烟粉虱种群的发生数量,从而间接影响番茄褪绿病毒病的发生危害程度。

表2 番茄生长期罩防虫网对番茄褪绿病毒病的防控效果

Table 2 The control effect of insect-proof net to ToCV disease during the growing stage of tomato plants

接毒时间 Inoculating time	番茄苗带毒率 Viruliferous percent of tomato plant (%)		
	接毒后 10 d 10 d after inoculating	接毒后 20 d 20 d after inoculating	接毒后 30 d 30 d after inoculating
定植后 1 d 1 d after planting	100.00±0.00 c	100.00±0.00 c	100.00±0.00 b
定植后 10 d 10 d after planting	33.33±9.62 b	100.00±0.00 c	100.00±0.00 b
定植后 20 d 20 d after planting	16.67±9.62 ab	83.33±9.62 c	100.00±0.00 b
定植后 40 d 40 d after planting	16.67±0.00 ab	33.33±9.62 b	83.33±9.62 b
空白对照 CK	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

防虫网隔离是防控害虫的重要措施,并能有效抑制蔬菜病毒病的发生(黄保宏等,2013),本试验用100目防虫网罩隔离Q型烟粉虱,苗期罩防虫网植株发病率明显降低,确保定植的番茄苗为无毒健康苗;生长期番茄植株罩防虫网后,番茄病株率降低;王承香(2013)研究结果表明,罩100目防虫网能显著降低TYLCV的发生率,与本试验结果一致,说明生长期罩防虫网能杜绝外来带毒Q型烟粉虱迁入,通过切断外界病毒传入日光温室途径,有效降低番茄生长期植株被侵染数量。同时,番茄不同生长期感染番茄褪绿病毒,植株发病率有较大差异,番茄植株受番茄褪绿病毒侵染越早,受危害越重。

番茄褪绿病毒病在我国北方蔬菜产区已大面积发生且呈危害加重趋势,亟需对该病开展系统研究。本研究从传毒介体Q型烟粉虱和番茄褪绿病毒病两方面着手,明确了番茄日光温室中Q型烟粉虱种群动态和带毒率变化趋势,探明了番茄褪绿病毒病的发生规律,并分析了该病的发生规律与Q型烟粉虱种群动态的关系,初步研究了罩防虫网对番茄褪绿病毒病的防控效果,为该病毒病的有效防控提供了理论参考。但要全面有效控制番茄褪绿病毒病的发生和蔓延,尚需在该病毒病的抗病育种、烟粉虱传毒机理、药剂筛选等方面开展进一步研究。

参 考 文 献 (References)

- Accotto GP, Vaira AM, Vecchiati M, Sialer MMF, Gallitelli D, Davino M. 2001. First report of *Tomato chlorosis virus* in Italy. *Plant Disease*, 85(11): 1208
- Cañizares MC, Navas-Castillo J, Moriones E. 2008. Multiple suppressors of RNA silencing encoded by both genomic RNAs of the crinivirus, *Tomato chlorosis virus*. *Virology*, 379(1):168-174
- Dai HJ, Liu YG, Zhu XP, Liu YJ, Zhao J. 2016. *Tomato chlorosis virus* (ToCV) transmitted by *Bemisia tabaci* biotype Q of Shouguang in Shandong Province. *Journal of Plant Protection*, 43(1): 162-167 (in Chinese) [代惠洁, 刘永光, 竺晓平, 刘永杰, 赵静. 2016. 山东寿光地区Q型烟粉虱对番茄褪绿病毒的传播. *植物保护学报*, 43(1): 162-167]
- Deng S, Zhang YJ, Chu D. 2007. An effective method to extract total RNA from small insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 44(4): 593-596 (in Chinese) [邓顺, 张友军, 褚栋. 2007. 一种提取小型昆虫总RNA的有效方法. *应用昆虫学报*, 44(4): 593-596]
- Gao LL, Sun GZ, Wang Y, Gao W, Zhang CX, Zhang AS, Zhu XP. 2015. Molecular detection and identification of *Tomato chlorosis virus* in Tianjin. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, (3): 211-215 (in Chinese) [高利利, 孙国珍, 王勇, 高苇, 张春祥, 张安胜, 竺晓平. 2015. 天津地区番茄褪绿病毒的分子检测和鉴定. *华北农学报*, (3): 211-215]
- Hirota T, Natsuaki T, Murai T, Nishigawa H, Niibori K, Goto K, Hartono S, Suastika G, Okuda S. 2010. Yellowing disease of tomato caused by *Tomato chlorosis virus* newly recognized in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, 76(2): 168-171

- Huang BH, Lin GK, Wang XH, Zhang XF. 2013. Control effects of fly nets to the pests of vegetables in greenhouses. *Plant Protection*, 39(6): 164–169 (in Chinese) [黄保宏, 林桂坤, 王学辉, 张先锋. 2013. 防虫网对设施蔬菜害虫控害作用研究. *植物保护*, 39(6): 164–169]
- Jiu M, Zhou XP, Liu SS. 2006. Acquisition and transmission of *Tomato curly shoot virus* by the B biotype of the whitefly, *Bemisia tabaci*. *Journal of Plant Protection*, 33(2): 168–172 (in Chinese) [糾敏, 周雪平, 刘树生. 2006. B型烟粉虱携带传播烟草曲茎病毒的能力. *植物保护学报*, 33(2): 168–172]
- Karwitha M, Feng Z, Yao M, Chen X, Zhang W, Liu X, Tao X. 2014. The complete nucleotide sequence of the RNA 1 of a Chinese isolate of *Tomato chlorosis virus*. *Journal of Phytopathology*, 162(6): 411–415
- Kil EJ, Kim S, Lee YJ, Kang EH, Lee M, Cho SH, Kim MK, Lee KY, Heo NY, Choi HS. 2014. Advanced loop-mediated isothermal amplification method for sensitive and specific detection of *Tomato chlorosis virus* using a uracil DNA glycosylase to control carry-over contamination. *Journal of Virological Methods*, 213: 68–74
- Landeo- Rios YM, Navas- Ccastillo J, Moriones E, Cañizares, MC. 2015a. The p22 RNA silencing suppressor of the crinivirus *Tomato chlorosis virus* preferentially binds long dsrnas preventing them from cleavage. *Virology*, 488: 129–136
- Landeo- Rios YM, Navas- Castillo J, Moriones E, Cañizares MC. 2015b. Genetic diversity and silencing suppression activity of the p22 protein of *Tomato chlorosis virus* isolates from tomato and sweet pepper. *Virus Genes*, 51(2): 283–289
- Li J, Li H, Ding TB, Zhang J, Zhang CY, Chu D. 2015. Rapid detection and identification of *Tomato chlorosis virus* (ToCV) in Jiaodong Peninsula. *Shandong Agricultural Sciences*, 47(2): 86–89 (in Chinese) [李洁, 李慧, 丁天波, 张静, 张传义, 褚栋. 2015. 胶东半岛地区番茄褪绿病毒的快速检测与鉴定. *山东农业科学*, 47(2): 86–89]
- Liu Y. 2015. Biotype, the ratio of vector-borne diseases and insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* populations in China. Master Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [柳洋. 2015. 中国烟粉虱生物型分布、带毒率及抗药性监测. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院]
- Liu YG, Wei JP, Qiao N, Li MQ, Liu XM, Zhu XP. 2014. The outbreaks and control measures of *Tomato chlorosis virus* in Shandong Province. *China Vegetables*, (5): 67–69 (in Chinese) [刘永光, 魏家鹏, 乔宁, 李美芹, 刘晓明, 竺晓平. 2014. 番茄褪绿病毒在山东暴发及其防治措施. *中国蔬菜*, (5): 67–69]
- Lozano G, Moriones E, Navas- Castillo J. 2006. Complete nucleotide sequence of the RNA2 of the crinivirus *Tomato chlorosis virus*. *Archives of Virology*, 151(3): 581–587
- Martínez-Zubiaur Y, Fiallo-Olivé E, Carrillo-Tripp J, Rivera-Bustamante R. 2008. First report of *Tomato chlorosis virus* infecting tomato in single and mixed infections with *Tomato yellow leaf curl virus* in Cuba. *Plant Disease*, 92(5): 836
- Orfanidou CG, Dimitriu C, Papayiannis LC, Maliogka VI, Katis NI. 2014. Epidemiology and genetic diversity of criniviruses associated with tomato yellows disease in Greece. *Virus Research*, 186: 120–129
- Orílio AF, Fortes IM, Navas-Castillo J. 2014. Infectious cDNA clones of the crinivirus *Tomato chlorosis virus* are competent for systemic plant infection and whitefly-transmission. *Virology*, 464/465: 365–374
- Sun GZ, Gao LL, Lu WL, Wang Y, Zhang AS, Zhu XP. 2015. Molecular detection and identification of *Tomato chlorosis virus* infecting greenhouse-grown tomato plants in Hebei Province. *Northern Horticulture*, (9): 95–98 (in Chinese) [孙国珍, 高利利, 陆文利, 王勇, 张安胜, 竺晓平. 2015. 河北省设施番茄褪绿病毒分子检测和鉴定研究. *北方园艺*, (9): 95–98]
- Wang CX. 2013. Control research of different physical measures on *Bemisia tabaci* and tomato TY virus disease. *Journal of the Staff and Worker's University*, (4): 100–102 (in Chinese) [王承香. 2013. 不同物理措施对烟粉虱和番茄TY病毒病的兼控研究. *职大学报*, (4): 100–102]
- Wintermantel WM, Wisler GC. 2006. Vector specificity, host range, and genetic diversity of *Tomato chlorosis virus*. *Plant Disease*, 90(6): 814–819
- Wisler GC, Li RH, Liu HY, Lowry DS, Duffus JE. 1998. *Tomato chlorosis virus*: a new whitefly-transmitted, phloem-limited, bipartite closterovirus of tomato. *Phytopathology*, 88(5): 402–409
- Yan WQ, Wang XJ, Zhang YJ, Wang SL. 2012. Population dynamics of the vegetable whitefly *Bemisia tabaci*, and its resistance to neonicotinoid insecticides in Beijing area. *Plant Protection*, 38(5): 154–157 (in Chinese) [闫文茜, 王相晶, 张友军, 王少丽. 2012. 北京地区蔬菜烟粉虱种群动态及其对烟碱类杀虫剂的抗药性监测. *植物保护*, 38(5): 154–157]
- Zhao LM, Li G, Gao Y, Liu YJ, Sun GZ, Zhu XP. 2014. Molecular detection and complete genome sequences of *Tomato chlorosis virus* isolates from infectious outbreaks in China. *Journal of Phytopathology*, 162(10): 627–634
- Zhao LM, Li G, Gao Y, Zhu Y, Liu J, Zhu XP. 2015. Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for detecting *Tomato chlorosis virus*. *Journal of Virological Methods*, 213: 93–97
- Zhao RN, Wang R, Wang N, Fan ZF, Zhou T, Shi YC, Chai M. 2013. First report of *Tomato chlorosis virus* in China. *Plant Disease*, 97(8): 1123
- Zhou T, Yang PY, Zhao RN, Shi YC, Yuan K, Fan ZF. 2014. Alaring the transmission and damage of *Tomato chlorosis virus* in China. *Plant Protection*, 40(5): 196–199 (in Chinese) [周涛, 杨普云, 赵汝娜, 师迎春, 原锴, 范在丰. 2014. 警惕番茄褪绿病毒在我国的传播和危害. *植物保护*, 40(5): 196–199]

(责任编辑:高 峰)