

新疆外来入侵害虫欧洲甘蓝粉虱主要生物学特性分析

阿布都热孜克·库玩 李敬桦 王盼盼 窦新玉 马德英*

(新疆农业大学农学院, 农林有害生物监测与安全防护重点实验室, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为明确近年来入侵我国蔬菜和园艺作物的新害虫——欧洲甘蓝粉虱 *Aleyrodes proletella* 的主要生物学特性, 于2017—2018年在新疆维吾尔自治区(简称新疆)乌鲁木齐市通过田间定点调查、随机调查以及室内饲养观察, 对其年生活史、越冬虫态及越冬场所等进行了研究。结果显示, 在室内不同温度条件下饲养, 欧洲甘蓝粉虱各龄期的发育历期存在显著差异, 在15、20、25、30℃下, 卵至羽化阶段的发育历期分别为56.12、25.63、22.00、20.95 d。欧洲甘蓝粉虱在新疆1年发生6~7代, 其中第7代的伪蛹少数能羽化为成虫后越冬, 其余各虫态入冬后就停止发育, 且不能越冬。欧洲甘蓝粉虱于新疆在夏季完成1代需要20~25 d, 从第2代开始在田间出现世代重叠; 该虫以雌性成虫在甘蓝 *Brassica oleracea*、青菜 *B. chinensis* var. *chinensis*、大蒜芥 *Sisymbrium loeselii*、晚期油菜(莴苣栽培变种) *Lactuca sativa* var. *longifolia*、晚期野莴苣 *L. serriola*、苦苣菜 *Sonchus oleraceus*、肥皂草 *Saponaria officinalis* 和蜀葵 *Althaea rosea* 等耐寒植物叶背越冬。表明欧洲甘蓝粉虱在乌鲁木齐市显示出极强的适生性, 而且其发生世代较国内外已报道的有所增加。

关键词: 欧洲甘蓝粉虱; 生活史; 发育历期; 繁殖能力; 形态特征

Biological characteristics of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae), a new invasive pest in Xinjiang

Abudurezike·Kuwang Li Jinghua Wang Panpan Dou Xinyu Ma Deying*

(Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control of Crops and Forests, College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China)

Abstract: To clarify the main biological characteristics of a new invasive pest on vegetables and horticulture plants in Urumqi in Xinjiang, China, the annual life cycle, overwintering stages and locations of the cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* were intensively investigated in combination with field observation and surveys in 2017—2018. The results showed that the development durations of different stages were significantly different at different temperatures; the total developmental durations (egg to emergence) were 56.12, 25.63, 22.00 and 20.95 d at 15, 20, 25 and 30℃, respectively. Field surveys indicated that there were approximately 6–7 generations a year in Xinjiang, and only a few pseudopupae of the 7th generation emerged to adult to overwinter, and the rest of individuals stop developing and could not survive winter. It took about 20–25 days for a generation in summer, and generations overlapped from the 2nd generation. Female adults overwintered on the lower surface of leaves of the cold tolerant plants such as *Brassica oleracea*, *B. chinensis* var. *chinensis*, *Sisymbrium loeselii*, *Lactuca sativa* var. *longifolia*, *L. serriola*, *Sonchus oleraceus*, *Saponaria officinalis*, *Althaea rosea*. The study indicated that *A. proletella* exhibited strong adaptability in Urumqi, and the number of generations increased compared with

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1200600), 新疆农业大学大学生创新训练计划项目(DXSCX2018005), 新疆农业大学作物学重点学科项目(XNCDKY2017007)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: mdyxnd@163.com

收稿日期: 2018-12-10

the previous reports.

Key words: *Aleyrodes proletella*; life cycle; developmental duration; fecundity; morphology

欧洲甘蓝粉虱 *Aleyrodes proletella*, 又称为芸苔粉虱, 属半翅目粉虱科粉虱属, 是一种危险性的入侵害虫 (Trehan, 1940; 张桂芬等, 2014)。该虫原产于英国南部 (Caldwell & Prentice, 1942), 20 世纪 90 年代之前是欧洲十字花科蔬菜的一种次要害虫 (de Barro & Carver, 1997)。随着国际蔬菜、花卉、草药以及林木贸易等活动的日益增多, 欧洲甘蓝粉虱扩散到世界各地 (Malumphy & Ostrauskas, 2013), 目前已广泛分布于除南极洲以外各大洲的 30 多个国家和地区 (Martin et al., 2000), 并对入侵地的蔬菜、花卉、草药以及林木生产构成了严重威胁。

欧洲甘蓝粉虱为多食性害虫, 据不完全统计, 可为害 12 科 38 种寄主植物 (Mound & Halsey, 1978; Chen et al., 2007), 尤为嗜食十字花科和菊科植物 (Nebreda et al., 2005)。近年来, 欧洲甘蓝粉虱已成为欧洲几种芸苔属作物的主要害虫 (Springate, 2016), 不仅直接刺吸寄主汁液, 严重影响蔬菜产量, 还分泌蜜露诱发煤污病导致蔬菜质量降低。张桂芬等 (2014) 在菊科杂草抱茎苦苣菜 *Ixeris sonchifolia* 和开花生菜 *Lactuca sativa* 上发现了该种粉虱, 且其成虫和各龄若虫均为害严重。

温度、湿度、CO₂ 浓度等不同的气候因素会直接或间接影响昆虫的形态结构、发育周期、发育速度、生殖率、行为、适应性、分布范围等生物学、生态学特性和其体内保护酶、解毒酶等生理指标 (林克剑等, 2004; 李宁等, 2016)。而欧洲甘蓝粉虱作为一种新入侵的蔬菜和园艺作物害虫, 在不同气候带地区有关该虫的寄主范围、分布及为害情况、生物学特性、种群数量动态变化的季节性规律等亟待明确。为此, 本研究通过田间定点调查和室内饲养观察相结合的方法, 对欧洲甘蓝粉虱在新疆维吾尔自治区 (简称新疆) 乌鲁木齐市特殊气候条件下的年生活史、越冬虫态及越冬场所等生物学特性进行分析, 并明确温度对其生长发育的影响, 以期为该种粉虱的发生预测及防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物: 油麦菜 *Lactuca sativa* var. *longifolia* 品种为四季油麦菜, 种子由甘肃省武威市祥林种苗有限责任公司提供。将其播种于塑料花盆中, 置于

无虫温室 (育苗室) 中以获取无粉虱及其它害虫污染的健康寄主植物。种植期间, 按苗所需浇水, 不使用任何化学农药。

供试昆虫: 于 2016 年在新疆农业大学家属院菜圃 (43°48'30" N, 87°34'4" E, 882.3 m) 油麦菜上采集欧洲甘蓝粉虱的伪蛹和成虫后, 放入 40 cm×30 cm×70 cm 养虫笼中的油麦菜上饲养, 参照江南等 (2009) 方法建立室内实验种群, 并于室内条件下续代饲养, 取第 9 代供试。

仪器: RXM 型智能人工气候箱, 宁波江南仪器厂; EasyLog USB-2 型温湿度记录仪, 英国 Lascar 电子有限公司; SZN45 型双目体视显微镜, 宁波舜宇仪器有限公司; SteREO Discovery V20 型体视显微镜, 德国卡尔·蔡司股份公司。

1.2 方法

1.2.1 欧洲甘蓝粉虱发育历期测定及形态特征观察

参照于江南等 (2009) 方法测定欧洲甘蓝粉虱的发育历期, 稍有改动。首先将 1 对初羽化、未交配的欧洲甘蓝粉虱雌雄成虫接于在长 12.5 cm×宽 8.0 cm×高 2.2 cm 水培育苗盒中培养的油麦菜上, 并放置于智能人工气候箱中, 分别设置 15±1℃、20±1℃、25±1℃、30±1℃、35±1℃ 共 5 个温度, 其中在 35±1℃ 下, 因水温升高引起寄主植物枯萎而未获得相应数据。光照周期为 16 L: 8 D、相对湿度为 (60±5)%。成虫接入 24 h 后观察其在寄主植物叶背的产卵情况, 同时将成虫移到新的水培育苗盒中油麦菜上续期观察成虫寿命。每张叶片标记 20 粒卵的位置并编号, 其余卵用毛笔刷除。每个温度处理设 8 次重复。每天观察 1 次, 用双目体视显微镜观察不同温度下欧洲甘蓝粉虱各虫态的发育历期以及单雌产卵量和成虫寿命。在试验过程中, 若雄虫死亡, 则补加新的雄虫, 若雌虫死亡, 则该试验处理结束。同时, 在每个温度梯度下各虫态均选取 10 粒 (头) 欧洲甘蓝粉虱用体视显微镜对其外型、体型、体色、体缘、腹部、管状孔、蜡质分泌物等特性, 成虫的头、胸、腹部长度及宽度、体色、触角、复眼、翅及足的形态特征进行观察, 测量并拍照。

1.2.2 欧洲甘蓝粉虱年生活史的观察

2017—2018 年, 自 3 月下旬欧洲甘蓝粉虱越冬结束开始到次年越冬结束为止, 采用定点定株观察法监测其年生活史。越冬结束后, 将室内育种的油

麦菜盆栽苗移到室外,生长出3~5片真叶时,接欧洲甘蓝粉虱越冬代成虫,观察其产卵繁殖情况。每一代产卵开始时,在每株上选取附有卵的3片叶,每片叶用无毒记号笔划圈标记20~30粒新产卵,每隔3 d观察1次,记录欧洲甘蓝粉虱各虫态的发育进度,计算各虫态的发育历期。每一代羽化之后重新标记,以同样的方法观察下一代。

1.2.3 欧洲甘蓝粉虱越冬虫态及越冬场所调查

于2016—2017年每年10月下旬(下雪之前)开始,对新疆农业大学农药学实验室试验田及校园内除油菜外的其它作物和杂草进行调查。首先选取20株在试验田已种植的晚期油菜,生长期为苗期,株高15 cm左右,统计整株上的欧洲甘蓝粉虱越冬前各虫态基数,并用长21 cm×宽16 cm的80目网纱罩住;其次在越冬前调查欧洲甘蓝粉虱在校园内的其它作物和杂草寄主,若发现就标记具体位置;于第2年观察早返青寄主上欧洲甘蓝粉虱的越冬情况。此外,越冬前和越冬结束后,在校园里的耐寒寄主和早返青寄主上采集1 000头欧洲甘蓝粉虱成虫,在体视显微镜下以外生殖器为判断依据对欧洲甘蓝粉虱的性别进行区分(El-Helaly et al., 1972a),并统

计雌/雄比例。

1.3 数据分析

欧洲甘蓝粉虱的形态参数、发育历期、成虫寿命、产卵量等试验数据运用SPSS 22.0统计分析软件进行单因素方差分析,并采用Duncan氏新复极差法对数据进行各处理间的差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 欧洲甘蓝粉虱各虫态的发育历期

欧洲甘蓝粉虱各虫态分别为卵、1龄若虫、2龄若虫、3龄若虫、4龄若虫(伪蛹)和成虫,在不同温度下各虫态的发育历期存在显著差异,一定范围内随着温度的升高,发育历期缩短。15℃时各虫态的发育历期均最长,卵、1龄若虫、2龄若虫、3龄若虫、伪蛹和卵至羽化期的发育历期分别为15.50、7.83、7.02、10.33、15.43、56.12 d;在30℃时卵、1龄若虫、2龄若虫、伪蛹及卵至羽化期的发育历期最短,分别为6.05、3.45、1.38、3.93、6.13、20.95 d,而3龄若虫在此温度下的发育历期相对于20℃与25℃下的发育历期有所延长。在25℃下单雌产卵量最多,平均为57.67粒;30℃下单雌产卵量最少,平均为27.83粒(表1)。

表1 不同温度条件下欧洲甘蓝粉虱各虫态的发育历期

Table 1 Developmental durations of *Aleyrodes proletella* under different temperatures

温度 Temperature (℃)	发育阶段 Development duration						成虫寿命 Adult longevity (d)		单雌产卵量 Fecundity per female
	卵 Egg (d)	1龄若虫 1st instar (d)	2龄若虫 2nd instar (d)	3龄若虫 3rd instar (d)	伪蛹 Pseudopupa (d)	卵至羽化期 Total duration (d)	雌虫 Female	雄虫 Male	
15	15.50±	7.83±	7.02±	10.33±	15.43±	56.12±	19.00±	14.17±	38.67±
	1.09 a	0.40 a	1.10 a	0.56 a	0.33 a	1.33 a	2.42 a	2.09 a	10.14 a
20	7.73±	5.15±	2.33±	3.63±	6.78±	25.63±	18.17±	9.50±	49.50±
	0.36 b	0.20 b	0.09 b	0.18 b	0.24 b	0.67 b	1.08 a	0.76 b	9.28 a
25	6.77±	3.62±	2.01±	3.25±	6.35±	22.00±	16.50±	10.50±	57.67±
	0.34 b	0.21 c	0.03 b	0.18 b	0.08 bc	0.58 c	0.67 a	0.43 b	15.29 a
30	6.05±	3.45±	1.38±	3.93±	6.13±	20.95±	20.00±	8.50±	27.83±
	0.16 b	0.19 c	0.13 b	0.06 b	0.08 c	0.42 c	1.16 a	0.43 b	4.53 a

表中数据为平均数±标准误($n=6$)。同列不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE ($n=6$). Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test

2.2 欧洲甘蓝粉虱的形态特征

欧洲甘蓝粉虱卵为椭圆形,平均大小为0.27 mm×0.13 mm,逐渐变尖细,有卵柄,可插入叶面组织中。新产卵呈乳白色,覆盖有白色蜡粉状物,垂直于植物叶片背面,卵柄端附着在叶片表面。随着胚胎发育,卵变成深褐色,逐渐改变其姿势至水平状,约45°至叶面,并观察到黄色含菌体靠近于卵中心(图1-A)。

欧洲甘蓝粉虱若虫共4龄,体椭圆形,呈淡黄色,管状孔为亚心形,腹部8个腹节分节明显,腹腔两侧有黄色含菌体。1龄若虫体长平均为0.35 mm,宽平均为0.21 mm;在新鲜标本中薄边缘为细圆齿状,并被整齐的玻璃状蜡质分泌物环绕(图1-B)。2龄若虫体长平均为0.49 mm,宽平均为0.32 mm,体边缘略呈细圆齿状,并在前缘、后缘和肛门各有1对

刚毛,触角及足缩小;舌状突延长,其部分被盖瓣覆盖,表面粗糙,末端增大,带2根舌状突刚毛(图1-B)。3龄若虫呈黄色,体长平均为0.75 mm,宽平均为0.55 mm,明显比前1龄期增大(图1-C)。4龄若虫(伪蛹)较厚,虫体变得更加凸起,体长平均为1.06 mm,宽平均为0.81 mm,最宽在基腹节处;复眼肾状,呈橙红色;腹部腹节分节明显(图1-E)。伪蛹的大小与性别有关,大多数体型小的伪蛹羽化成雄虫,而体型大的伪蛹羽化成雌虫;成虫从蛹头胸廓区背面的倒T型蜕裂线羽化而出(图1-F)。

欧洲甘蓝粉虱成虫体型微小,长约1.42 mm,头宽约0.26 mm,胸宽约0.35 mm,腹宽约0.79 mm,呈淡黄色。雌虫背部有2条棕色蜡板,雄虫有4条棕色蜡板,腹部末端有黄色的含菌体。成虫复眼橙红色,蝴蝶结状;触角淡黄色,共7节,第3节最长,第7节最短。翅上覆有蜡粉,前翅狭长,长约1.49 mm,宽约0.76 mm,具3个模糊的暗色斑纹以及易见的径脉和微弱的肘脉,径脉有2个弯曲;后翅长约1.48 mm,宽约0.56 mm,后翅中央处有1条径脉(图1-F)。

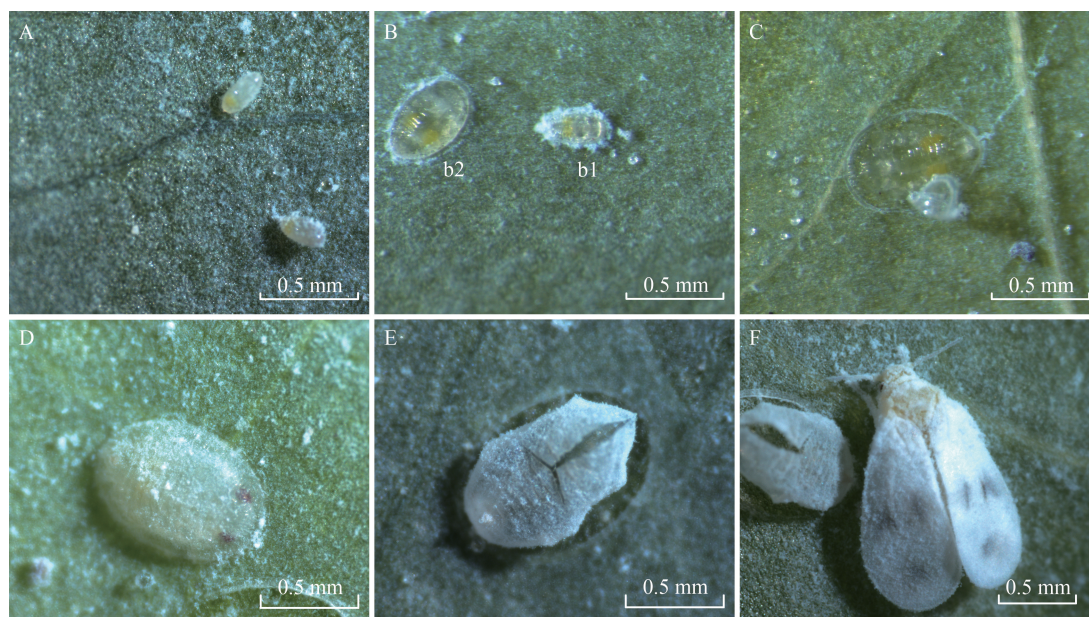


图1 欧洲甘蓝粉虱各发育阶段形态

Fig. 1 The morphological characteristics of *Aleyrodes proletella*

A: 卵; B: b1 为1龄若虫, b2 为2龄若虫; C: 3龄若虫; D: 4龄若虫(伪蛹); E: 伪蛹壳; F: 雌成虫。A: Egg; B: b1 is 1st instar, b2 is 2nd instar; C: 3rd instar; D: 4th instar (pseudopupa); E: puparium; F: female adult.

2.3 欧洲甘蓝粉虱的年生活史

欧洲甘蓝粉虱在新疆1年发生6~7代,6代可完成完整的世代,第7代的伪蛹少数可羽化为成虫,其余各虫态在入冬后即停止发育。欧洲甘蓝粉虱在新疆夏季完成1代约需20~25 d,从第2代开始田间出现世代重叠现象(表2)。以雌成虫在耐寒植物叶背越冬,翌春3月底至4月初,越冬代成虫逐渐从越冬寄主迁移到野苣荬上开始产卵繁殖(第1~6代),部分成虫在大蒜芥 *Sisymbrium loeselii* 上完成第1代,第1代若虫4月中旬始见,第1代成虫出现在5月上旬;第2代发生高峰期为5月中下旬,部分第2代成虫逐日迁移到油麦菜等菊科蔬菜上为害(5月下旬至10月中旬,第2~7代);第3代发生高峰期为6月中旬,部分第3代成虫迁移到青菜等十字花科蔬菜

上为害(6月下旬至10月中旬);第4代发生高峰期为7月上旬;第5代发生高峰期为8月上中旬;第6代发生高峰期为9月上中旬;发生盛期为7月下旬至9月中旬,主要在野苣荬、油麦菜等菊科和青菜等十字花科植物上为害;在9月中旬出现第7代若虫,随着温度降低10月中旬才出现少数羽化成虫,此后第6代和第7代成虫逐渐转入越冬态。

2.4 欧洲甘蓝粉虱的越冬场所

欧洲甘蓝粉虱以雌成虫在甘蓝 *Brassica oleracea*、青菜(原变种) *Brassica chinensis* var. *chinensis*、大蒜芥、晚期油麦菜(苣荬栽培变种)、晚期野苣荬、苦苣菜 *Sonchus oleraceus*、肥皂草 *Saponaria officinalis* 以及蜀葵 *Althaea rosea* 等耐寒植物的叶背越冬(图2)。

Fig. 2 Overwintering female adults of *Aleyrodes proletella* on *Brassia incana* (A) and *Sisymbrium loeselii* var. *loeselii* (B)

3 讨论

同一个物种在不同温度条件下,甚至在同一温度下不同寄主上的发育历期之间均存在差异(El-Helaly et al., 1972b; Alonso et al., 2009)。Iheagwam (1978)在英国的研究发现,在15、20、25℃等不同温度条件下欧洲甘蓝粉虱若虫阶段随着温度升高,其发育历期缩短,分别为52.1、25.30、19.00 d。本研究结果与Iheagwam(1978)的结果一致,即在一定温度范围内欧洲甘蓝粉虱各虫态的发育历期随着温度的升高而缩短。Baig et al.(2015)研究发现,在温度为28.6℃、相对湿度为54%的条件下,欧洲甘蓝粉虱雌成虫和雄成虫从卵至羽化阶段的平均发育历期分别为28.40 d和24.20 d。而本研究结果表明,在15、20、25、30℃温度条件下,卵至羽化阶段的发育历期分别为56.12、25.63、22.00、20.55 d。此外,本试验中15℃下欧洲甘蓝粉虱卵至羽化的发育历期约是其它温度条件下其发育历期的2倍以上;Adams(1985)也发现在15℃下欧洲甘蓝粉虱卵的发育速度较低,甚至会导致部分卵停止发育。表明低温条件会影响欧洲甘蓝粉虱的整个发育历期,使发育历期延长,而20~30℃较适合该害虫生存。

欧洲甘蓝粉虱在不同温度带1年发生的世代不同,在我国台湾省从5月起为害十字花科蔬菜,1年通常发生4~5代(Chen et al., 2007),在印度1年发生3~4代,夏季在酢浆草 *Oxalis corniculata* 上完成1代大约需要1个月(Baig, 2013)。本研究结果表明,欧洲甘蓝粉虱在我国乌鲁木齐市1年发生6~7代,6代可以完成全世代发育,基于该粉虱雌成虫寿命较长的生物学特点,以及当地夏季温度较高等原因,从第2代开始发生世代重叠,夏季20~25 d即完成了1代。试验中温湿度记录仪数据显示,6月中旬至9月上旬日平均温度达到了20℃以上,7月中下旬日平均温度甚至达到25℃以上,此高温条件大幅缩短了欧洲甘蓝粉虱的发育历期,增加了世代数。

光周期是引起昆虫滞育的主要因子,Richter & Hirth(2014)研究认为,短光周期引起欧洲甘蓝粉虱雌成虫卵巢滞育而停止产卵,9月下旬之后进入滞育越冬状态,并以雌成虫在芸苔属植物的叶片背面越冬。欧洲甘蓝粉虱越冬雌成虫要在很短的时间内能够承受低至-18℃的温度,而雄成虫对寒冷的耐受性相对较低,无法越冬(Butler, 1938; Iheagwam, 1977)。本研究于田间观察发现,在新疆乌鲁木齐市欧洲甘蓝粉虱随着天气温度的降低,自10月

下旬和11月上旬之后逐渐进入滞育越冬状态,以雌成虫在十字花科和菊科栽培蔬菜及野生杂草上越冬;在2年以上的室外观察发现,大蒜芥、肥皂草、蜀葵等野生植物只作为欧洲甘蓝粉虱的越冬寄主植物,早春时欧洲甘蓝粉虱就会迁移到其它十字花科和菊科的夏季寄主上繁殖为害,少部分越冬成虫在大蒜芥上完成第1代。另外,乌鲁木齐市2016年11月下旬和2017年12月下旬,地表最低温度降至-11.0℃和-11.5℃,并持续了2~3 d,且当时冬季积雪厚度约为20 cm以上,这为欧洲甘蓝粉虱在严寒的气候条件下提供了有利的越冬场所,也表明该粉虱具有较强的低温适应性。

目前,欧洲甘蓝粉虱在欧洲国家对球芽甘蓝 *Brassia oleracea* var. *gemmifera*、羽衣甘蓝 *B. oleracea* var. *sabellica*、花椰菜 *B. oleracea* var. *botrytis* 和西兰花 *B. oleracea* var. *italica* 的侵染尤其严重(Askoul et al., 2019),在国内虽然还未见欧洲甘蓝粉虱暴发成灾的报道,但其若虫和成虫分泌的白色蜡粉状物和蜜露不仅影响作物的光合作用、严重降低蔬菜产量和品质,还可导致农药在叶面上不易湿展,降低药液沉积量(Springate & Colvin, 2012)。欧洲甘蓝粉虱在新疆的寄主较为广泛,其最嗜食寄主是十字花科植物,其次是菊科植物。菊科是我国主要的观赏植物类型,而十字花科是我国主要的蔬菜类型,全国各省市均有种植,同时该粉虱越冬寄主大蒜芥、肥皂草、蜀葵、苦苣菜、野苣荬等野生植物在全国各地农场、蔬菜基地、公园、田边广泛生长,为欧洲甘蓝粉虱的生存和传播扩散提供了有利条件,因此需要高度警惕该害虫在新疆扩散并暴发成灾。

参 考 文 献 (References)

- Adams AJ. 1985. The photoperiodic induction of ovarian diapause in the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Insect Physiology*, 31(9): 693-700
- Alonso D, Gomez AA, Nombela G, Muniz, M. 2009. Temperature-dependent development of *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) on two cultivars of broccoli under constant temperatures. *Environmental Entomology*, 38(1): 11-17
- Askoul K, Richter E, Vidal S, Lusebrink I. 2019. Life history parameters of *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) on different host plants. *Journal of Economic Entomology*, 112(1): 457-464
- Baig MM. 2013. Evaluation of sexual dimorphism in *Aleyrodes proletella* (Linnaeus), *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Dialeurodes delhiensis* David and Sundararaj and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Master Thesis. New Del-

- hi: Indian Agricultural Research Institute
- Baig MM, Dubey AK, Ramamurthy VV. 2015. Biology and morphology of life stages of three species of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) from India. *The Pan-Pacific Entomologist*, 91(2): 168–183
- Butler CG. 1938. On the ecology of *Aleyrodes brassicae* Walk. (Hemiptera). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 87(13): 291–311
- Caldwell J, Prentice IW. 1942. A mosaic disease of broccoli. *Annals of Applied Biology*, 29(4): 366–373
- Chen CH, Dubey AK, Ko CC. 2007. Comparative morphological studies on two species of *Aleyrodes* (Hemiptera: Aleyrodidae). *The Pan-Pacific Entomologist*, 83(3): 244–254
- de Barro PJ, Carver M. 1997. Cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (L.) (Hemiptera: Aleyrodidae), newly discovered in Australia. *Austral Entomology*, 36(3): 255–256
- El-Helaly MS, El-Shazli AY, El-Gayar FH. 1972a. Morphological studies on a new pest in Egypt, *Aleyrodes proletella* L. (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 71(1/2/3/4): 12–26
- El-Helaly MS, El-Shazli AY, El-Gayar FH. 1972b. Biological studies on a new pest *Aleyrodes proletella* L. in Egypt (Aleyrodidae: Homoptera). *Journal of Applied Entomology*, 70(1/2/3/4): 323–327
- Iheagwam EU. 1977. Photoperiodism in the cabbage whitefly, *Aleyrodes brassicae*. *Physiological Entomology*, 2(3): 179–184
- Iheagwam EU. 1978. Effects of temperature on development of the immature stages of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 23(1): 91–95
- Lin KJ, Wu KM, Wei HY, Guo YY. 2004. Effects of temperature and humidity on the development, survival and reproduction of B biotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) from Beijing. *Journal of Plant Protection*, 31(2): 166–172 (in Chinese) [林克剑, 吴孔明, 魏洪义, 郭予元. 2004. 温度和湿度对B型烟粉虱发育、存活和生殖的影响. *植物保护学报*, 31(2): 166–172]
- Li N, Zhang SZ, Liu TX. 2016. Effects of elevated CO₂ concentration and temperature on protective enzymes and detoxification enzymes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Plant Protection*, 43(1): 99–104 (in Chinese) [李宁, 张世泽, 刘同先. 2016. 二氧化碳浓度和温度升高对烟粉虱主要保护酶和解毒酶活性的影响. *植物保护学报*, 43(1): 99–104]
- Malumphy C, Ostrauskas H. 2013. New data on whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Estonia, Latvia and Lithuania, including the first records of rhododendron whitefly *Massilieuroides chittendeni* (Laing). *Zoology and Ecology*, 23(1): 1–4
- Martin JH, Mifsud D, Rapisarda C. 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90(5): 407–448
- Mound LA, Halsey SH. 1978. Whitefly of the world: a systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. London: British Museum (Natural History) and Wiley, pp. 99–100
- Nebreda M, Nombela G, Muniz M. 2005. Comparative host suitability of some *Brassica* cultivars for the whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, 34(1): 205–209
- Richter E, Hirthe G. 2014. Hibernation and migration of *Aleyrodes proletella* in Germany. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 107: 143–149
- Springate S. 2016. The cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*: causes of outbreaks and potential solutions. Ph.D Thesis. London: University of Greenwich
- Springate S, Colvin J. 2012. Pyrethroid insecticide resistance in British populations of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*. *Pest Management Science*, 68(2): 260–267
- Trehan KN. 1940. Studies on the British white-flies (Homoptera: Aleyrodidae). *Ecological Entomology*, 90(22): 575–616
- Yu JN, Chen D, Sailikgli-Hurmanha, Li J, Sun XH. 2009. Biological characters of *Bemisia tabaci* (Gennadius) experimental population on cotton varieties in Xinjiang. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(6): 1471–1476 (in Chinese) [于江南, 陈丹, 赛里克古力·胡尔曼哈里, 李杰, 孙新华. 2009. 新疆不同棉花品种烟粉虱实验种群. *应用生态学报*, 20(6): 1471–1476]
- Zhang GF, Xian XQ, Zhang JL, Li XF, Ma DY, Wan FH. 2014. Cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* (L.) (Hemiptera: Aleyrodidae), invaded Mainland China. *Journal of Biosafety*, 23(1): 66–70 (in Chinese) [张桂芬, 洗晓青, 张金良, 李小凤, 马德英, 万方浩. 2014. 甘蓝粉虱入侵中国大陆. *生物安全学报*, 23(1): 66–70]

(责任编辑:李美娟)