应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(5): 730–741. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2017.089

斑翅果蝇自然种群生命表的初步研究*

吴 浩[1**] 方 圆[1] 谢冬生[3] 陈正军[1] 窦文珺[1] 张 峰[2] 陈国华[1***]

（1. 云南农业大学植物保护学院/云南生物资源保护与利用国家重点实验室，昆明 650201；2. 中国农业科学院植物保护研究所，农业部-CABI 生物安全联合实验室，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；3. 农业部对外经济合作中心，中国－欧洲联盟农业技术中心，欧洲合作处，北京 100125）

摘 要 **【目的】** 为了探究在自然环境中影响斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 种群的关键因子。**【方法】** 本研究于 2015 年 7—9 月，应用生命表技术，采用室内分段饲养和田间观察相结合的方法进行调查统计，组建了斑翅果蝇自然种群生命表。**【结果】** 室外斑翅果蝇各发育阶段的历期为：卵期（22.50±2.78）h、1 龄幼虫期（23.14±2.27）h、2 龄幼虫期（48.86±4.14）h、3 龄幼虫期（79.00±11.01）h、蛹期（99.00±6.00）h；斑翅果蝇为 A 型存活曲线；在果园，斑翅果蝇 7 月世代的关键虫期为卵期，8 月、9 月世代的关键虫期为 1~2 龄幼虫期；在杉树林，斑翅果蝇 8 月、9 月世代的关键虫期均为卵期；卵期的关键致死因子为自然死亡，1~2 龄幼虫的关键致死因子为竞争。**【结论】** 影响斑翅果蝇自然种群的关键致死因子为自然死亡和竞争。其存活曲线为 A 型，不同的生态环境的关键致死因子不同，不同发育阶段的关键致死因子也不同。

关键词 斑翅果蝇，自然种群，生命表，关键因子

A preliminary *Drosophila suzukii* life table

WU Hao[1**] FANG Yuan[1] XIE Dong-Sheng[3] CHEN Zheng-Jun[1] DOU Wen-Jun[1] ZHANG Feng[2] CHEN Guo-Hua[1***]

(1. College of Plant Protection,Yunnan Agricultural University, National Key Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources in Yunnan, Kunming 650201, China; 2. The Institute of Plant Protection,Chinese Academy of Agricultural Sciences, MOA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety, State Key Laboratory of Plant Diseases and Insect Pests, Beijing 100193, China; 3. Devision of European Affairs, Foreign Economic Cooperation Center Ministry of Agriculture, P. R. China China-EU Center for Agriculture Technology, Beijing 100125, China)

Abstract **[Objectives]** To explore the key factors that affect *Drosophila suzukii* populations in the natural environment. **[Methods]** From July to September 2015, demographic data collected from captive and wild *D. suzukii* populations were combined to create a life table. **[Results]** The developmental period of wild *D. suzukii* were: (22.50±2.78) h for the egg stage, (23.14±2.27) h for the 1st instar, (48.86±4.14) h for the 2nd instar, (79.00±11.01) h for the 3rd instar, and (99.00±6.00)h for the pupal period. The survival curve of *D. suzukii* was of the A-type. In orchards, the key developmental periods were: the egg period in July and the 1st -2nd instar periods in August and September, respectively. In cedar forest, the key development periods of *Drosophila suzukii* were the egg period in both August and September. The key lethal factor was natural death during the egg period, and competition in the 1st and 2nd instar periods. **[Conclusion]** The key factors that affect natural populations of *D. suzukii* are natural egg mortality and competition. This species has an A-type survival curve and key lethal factors vary with both environment and development period.

Key words *Drosophila suzukii*, natural population, the life table, the key factor

---

*资助项目 Supported projects：欧洲果树主要病虫害的高效实用创新型综合治理技术和策略项目（Dropsa, 613678）

**第一作者 First author，E-mail：wuhao911001@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：chenghkm@126.com

收稿日期 Received：2017-03-03，接受日期 Accepted：2017-09-07

斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* Matsumura，1931 隶属双翅目(Diptera)果蝇科(Drosophilidae)果蝇属（*Drosophila*），于 1916 年在日本山梨县草莓果园中被首次报道，现在亚洲其他地区均有发生。在 2008 年，斑翅果蝇于美国加利福尼亚州和西班牙地区有发生危害的报道，随后扩散到了欧洲和北美大部分地区（O'Grady *et al.*，2002；Martin *et al.*，2011；Alessandro *et al.*，2012；Calabria *et al.*，2012；Hannah *et al.*，2012）。斑翅果蝇在我国广西、贵州、河南、湖北、云南、浙江等地区也有发生为害报道（伍苏然等，2007；孙鹏等，2011；张开春等，2014）。据报道斑翅果蝇在海拔 27 m 至 1 550 m 的地区均有分布，在斑翅果蝇适宜环境以每年 1 400 km 的速度传播（Calabria *et al.*，2012），斑翅果蝇具有锯齿状的产卵器可以直接危害新鲜水果（Rachael *et al.*，2011；Joel *et al.*，2014），使果实腐烂变质，直接影响水果的产量和品质，对水果产业造成巨大的经济损失。且其寄主植物广泛，有记录的寄主植物有：猕猴桃、山茱萸、日本柿子、樱桃、无花果、草莓、苹果、桑葚、月橘、野樱桃、李子、桃子、梨、黑莓、杨梅、覆盆子、蓝莓、葡萄等（Anderson *et al.*，2010）。因此，斑翅果蝇已成为全球性的害虫，受到世界各国的广泛关注（Jana *et al.*，2011；Alessandro *et al.*，2012；Peter *et al.*，2012；Jeffrey *et al.*，2014）。

田间自然种群生命表以一定数量的卵作为起点，追踪了解各发育阶段个体数的变化，记载不同的死亡原因及其数量，以便分析某一昆虫的种群变化趋势和关键因子，进而为发展该虫的防治方法提供依据（陈龙稳等，1984；许再福等，2009）。

目前，关于斑翅果蝇的自然死亡因素知之甚少。这种现状不利发展该虫的生态控制技术。为此，我们通过室内观察与田间观察，系统观察影响了斑翅果蝇存活的自然因素。

1　材料与方法

供试虫源：斑翅果蝇采集于云南农业大学试验农场梨园，在实验室内继代饲养备用。

供试水果：采用斑翅果蝇喜食的蓝莓作为斑翅果蝇寄主，蓝莓从超市购买，用 5%的小苏打溶液浸泡 20 min，再用蒸馏水漂洗 3 次，沥干水分备用。

自制开放诱捕器：选取口径为 14 cm，高 15 cm 的圆口长方体塑料瓶，去掉瓶底，两端开放，将吹塑纸用铁丝固定在瓶体上面，防止雨水淋入瓶内。诱捕器用 75%酒精消毒备用。

自制封闭诱捕器：将自制开放诱捕器的两端开口用 400 目的纱网密封。诱捕器用 75%酒精消毒备用。

1.1　斑翅果蝇田间各发育阶段的历期测定

1.1.1　试验时间　试验时间为 2015 年 7 月 1 日至 7 月 15 日。

1.1.2　试验方法　将供试蓝莓若干放置于实验室内饲养斑翅果蝇的养虫笼中，让斑翅果蝇成虫产卵 6 h，取出蓝莓，在体视显微镜[OLYMPUS（SZX7）]下观察，挑选出产卵量为 1 粒/果的蓝莓，装入长 5 cm，直径 1 cm 塑料小管，两端用生物膜封口置于自制封闭诱捕器中。每 6 h 取回 9 个塑料小管，在体视显微镜下检查其中蓝莓上的斑翅果蝇的发育情况，当发现有蜕皮时，表明幼虫进入高一龄期（邓侨等，2015），当发现有 50%以上的幼虫化蛹即认为进入蛹期，50%的蛹羽化即认为蛹期结束，记录斑翅果蝇的发育情况，计算斑翅果蝇各发育阶段发育所需时间。

1.2　斑翅果蝇自然种群生命表组建

1.2.1　试验时间和地点　试验于 2015 年 7—9 月在云南农业大学试验农场梨园（简称为“果园”）进行；2015 年 8 月、9 月在昆明黑龙潭公园东门杉树林（简称为“杉树林”）进行。

1.2.2　试验方法　本实验参照 Sandrine 等（2007）对 *Cameraria ohridella* 生命表的构建方法进行斑翅果蝇自然种群生命表的构建。将清洗处理的供试蓝莓若干放置于实验室内饲养斑翅果蝇的养虫笼中，让斑翅果蝇成虫产卵 6 h，取出蓝莓，在体视显微镜下观察，挑选出产卵量在 3~5 粒/果的蓝莓，备用。

1.2.2.1 卵期 设置 1 个开放诱捕器和 1 个封闭诱捕器，分别放入带有 30 粒果蝇卵的蓝莓，挂于田间至卵孵化，取回诱捕器于实验室内直至果蝇成虫羽化，分别记录各诱捕器中羽化的斑翅果蝇成虫数量及其它昆虫的种类及其数量，分析斑翅果蝇的死亡原因。

1.2.2.2 **1~2** 龄幼虫期 设置 1 个开放诱捕器和 2 个封闭诱捕器，分别放入带有 30 粒果蝇卵的蓝莓，在实验室内饲养至卵孵化，在田间挂置 1 个开放诱捕器和 1 个封闭诱捕器，同时将另一封闭诱捕器中的蓝莓剖开，记录其中 1 龄幼虫数量，计算卵的孵化率，用于换算田间蓝莓中的 1 龄幼虫数。待挂于田间诱捕器中的斑翅果蝇发育至 3 龄幼虫时取回诱捕器于实验室内直至果蝇成虫羽化，分别记录各诱捕器中羽化的斑翅果蝇成虫数量及其它昆虫的种类及其数量、分析斑翅果蝇的死亡原因。

1.2.2.3 **3** 龄幼虫期 试验方法同 1.2.2.2。在实验室内将诱捕器中的斑翅果蝇饲养至 3 龄幼虫，挂置于田间至诱捕器中的斑翅果蝇发育至蛹取回诱捕器于实验室内直至果蝇成虫羽化，分别记录各诱捕器中羽化的斑翅果蝇成虫数量及其它昆虫的种类及其数量、分析斑翅果蝇的死亡原因。

1.2.2.4 蛹期 取挑选出带有斑翅果蝇卵粒的备用蓝莓若干，在实验室内饲养，每天检查斑翅果蝇的发育进度，待斑翅果蝇化蛹后，及时挑取化蛹 4 h 之内的斑翅果蝇蛹，将蛹插入清洗处理的备用蓝莓中（3 头/果）。设置 2 个开放诱捕器和 2 个封闭诱捕器，分别放入带有 30 头果蝇蛹的蓝莓，两种诱捕器分别置于地面和挂于距地面 1 m 的树枝上，以此来模拟果实受害后落果和仍挂于树枝上的两种情况。待诱捕器中的斑翅果蝇蛹发育至羽化前一天取回，将诱捕器置于实验室内直至果蝇成虫羽化，分别记录各诱捕器中羽化的斑翅果蝇成虫数量及其它昆虫的种类及其数量、分析斑翅果蝇的死亡原因。

其中自然死亡是通过封闭诱捕器得到的死亡数量换算而来，主要是指排除其他生物因素，完全是斑翅果蝇自身或者温度、湿度、日照等因素造成的死亡；捕食死亡是通过开放诱捕器中查看消失的蓝莓来作为捕食造成的死亡数量换算而来，主要指蚂蚁、蠼螋、蜘蛛等节肢动物对斑翅果蝇捕食造成的死亡；竞争死亡是通过开放诱捕器中查看由斑翅果蝇以外的节肢动物取食蓝莓，导致蓝莓干瘪从而导致斑翅果蝇死亡的数量换算而来，主要由黑腹果蝇及鼠妇等同斑翅果蝇竞争所致的死亡；其他为不明原因死亡。

1.2.3 数据分析方法 生命表中的起始虫数和死亡虫数均为调查数据换算而得。

采用 *K* 值图解法和叠加法进行斑翅果蝇种群关键因子和关键虫期分析（戈峰等，2003；张孝羲等，2011）。生命表中关键因子 *K* 值的计算方法为：

$$K = \mathrm{Lg}^{N} - \mathrm{Lg}^{Ns},$$

式中，*N* 为致死力作用前的个体数，*N*s 为从致死力作用下存活下来的数目。

$$K = K_1 + K_2 + \cdots + K_i$$

式中，*K* 为总 *K* 值，K_i 为各致死因子的 *K* 值。

2 结果与分析

2.1 斑翅果蝇各发育阶段历期的测定

通过室内饲养和田间定期观察斑翅果蝇幼虫脱皮、化蛹、羽化时间，测定得出斑翅果蝇室内及田间各发育阶段的发育历期，结果见表 1。

表 1 斑翅果蝇从卵至蛹阶段的发育历期

Table 1 The developmental duration from egg to pupae of *Drosophila suzukii*

发育阶段 Developmental duration	卵 Egg	1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar	蛹 Pupae
室内历期（h）In the lab (h)	22.08±3.08a	23.76±2.70b	48.98±6.75c	70.80±5.28d	97.68±9.39e
室外历期（h）Outside (h)	22.50±2.78a	23.14±2.27b	48.86±4.14c	79.00±11.01d	99.00±6.00e

表中数据为平均数±标准误，同列数据后标有相同字母表示经 *t*-检验差异不显著（*P*＞0.05）。

Data in the table are mean±SE, and followed by the same letters indicate no significant difference in the same column by *t*-test (*P*＞0.05).

从表 1 可知，7 月斑翅果蝇卵、各龄幼虫及蛹在室内外发育历期均差异不显著。室内发育历期为：卵期（22.08±3.08）h，1 龄幼虫期（23.76±2.70）h，2 龄幼虫期（48.98±6.75）h，3 龄幼虫期（70.80±5.28）h，蛹期（97.68±9.39）h；室外发育历期为：卵期（22.50±2.78）h，1 龄幼虫期（23.14±2.27）h，2 龄幼虫期（48.86±4.14）h，3 龄幼虫期（79.00±11.01）h，蛹期（99.00±6.00）h。

2.2　斑翅果蝇自然种群生命表

2.2.1　斑翅果蝇自然种群生命表　根据田间系统调查和实验室饲养观察组建的果园 7—9 月世代的生命表见表 2~表 4，杉树林 8 月世代、9 月世代的生命表见表 5、表 6。

如表 2~表 4 所示，在果园，7 月世代斑翅果蝇自然种群卵期、1~2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期（树上）和蛹期（地面）死亡率分别为 67%、56%、42%、44%、47%，卵期至蛹期的总死亡率 95.51%。8 月世代斑翅果蝇自然种群卵期、1~2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期（树上）和蛹期（地面）死亡率分别为 60%、65%、62%、35%、51%，卵期至蛹期总死亡率为 97.91%。9 月世代斑翅果蝇自然种群卵期、1~2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期（树上）和蛹期（地面）死亡率分别为 85%、92%、84%、82%、91%，卵期至蛹期的总死亡率为 99.97%。从卵期至蛹期的总死亡率看，9 月世代＞8 月世代＞7 月世代。从发育阶段看，1~2 龄幼虫阶段死亡率高于 3 龄幼虫死亡率，从蛹期诱捕器挂置位置看，放在地面的死亡率高于挂在树上的死亡率。

如表 5、表 6 所示，在杉树林，8 月世代斑翅果蝇自然种群卵期、1~2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期（树上）和蛹期（地面）死亡率分别为 57%、56%、56%、34%、52%，卵期至蛹期的总死亡率为 95.24%。8 月世代斑翅果蝇自然种群卵期、1~2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期（树上）和蛹期（地面）死亡率分别为 95%、73%、76%、64%、72%，卵期至蛹期总死亡率为 99.89%。从卵期至蛹期的总死亡率看，9 月世代＞8 月世代。从发育阶段来看，卵期的死亡率均高于其他虫期。从蛹期诱捕器挂置位置看，放在地面的死亡率高于挂在树上的死亡率。

2.2.2　存活曲线　根据斑翅果蝇不同世代存活率，以斑翅果蝇自然种群存活数绘制存活曲线，如图 1、图 2 所示。

对照 Price 概括的植食性昆虫自然种群生命表存活曲线的类型，得出 7—9 月果园和杉树林的斑翅果蝇存活曲线均属于 A 型曲线，其特点为卵期和 1~2 龄幼虫死亡率较高，3 龄后死亡率较低，存活曲线呈现下凹形，且 8 月世代的斑翅果蝇各虫期的存活率均高于 9 月世代。

2.2.3　斑翅果蝇关键虫期分析　利用 Varley 等提出的 K 值图解法和叠加法，计算出斑翅果蝇的各虫期不同死亡因子的 K 值（表 2~表 6），结果表明，在果园 7 月世代斑翅果蝇关键虫期为卵期，8 月世代及 9 月世代斑翅果蝇的关键虫期均为 1~2 龄幼虫期；在杉树林 8 月世代及 9 月世代斑翅果蝇的关键虫期均为卵期。斑翅果蝇产卵时，雌成虫用锯状产卵器将蓝莓果皮割开将卵产于果皮下方，卵的呼吸管或部分卵体暴露在果皮外，而 1~2 龄幼虫抗逆性弱，均易受外界环境的影响，故在卵期和 1~2 龄幼虫期的死亡率较高，成为关键虫期。

2.2.4　关键因子分析　根据 K 值图解法计算斑翅果蝇各关键虫期的各致死因子 K_i 值与总致死 K 值，并以不同世代的关键致死因子 K_i 值和总致死 K 值作图（图 3~图 7）

从图 3~图 5 可知，在果园斑翅果蝇卵期及卵期至蛹期的关键致死因子均为自然死亡，1-2 龄幼虫关键致死因子为竞争死亡；从图 6、图 7 可知在杉树林斑翅果蝇卵期及卵期至蛹期的关键致死因子均为自然因子。斑翅果蝇的卵期，由于其呼吸管或部分卵体暴露于果皮外，易受环境的影响，自然因子为关键致死因子；在果园，由于 7—9 月为果园盛果期，果园内黑腹果蝇等食果害虫较多，与斑翅果蝇竞争取食，斑翅果蝇 1~2 龄幼虫抗逆性弱，故竞争成为其致死的关键因子。说明环境不同，斑翅果蝇死亡的关键因子也会存在差异。

表 2　7 月世代斑翅果蝇自然种群生命表（2015 年，果园）
Table 2　Life table of *Drosophila suzukii* in July（2015, orchard）

虫期 Stage (X)	处理 Deal (Q)	起始虫数 Original number (n_x)	致死因子 Death factor (d_xF)	死亡数 Number of death factor (d_x)	死亡率 Death rate (Q_x)	存活率 Survival rate (S_x)	K 值 K-value (K)
卵期 Egg		3 000.00	自然死亡 Nature factor	161.36	0.05		0.02
			捕食死亡 Predation factor	193.55	0.06		0.03
			竞争死亡 Competition factor	580.65	0.19		0.09
			其他 Other factor	1 077.98	0.36		0.19
			累计 Total	2 013.53	0.67	0.33	0.34*
1~2 龄幼虫期 L1-2		986.47	自然死亡 Nature factor	276.39	0.28		0.14
			捕食死亡 Predation factor	66.03	0.07		0.03
			竞争死亡 Competition factor	32.47	0.03		0.01
			其他 Other factor	179.76	0.18		0.09
			累计 Total	554.65	0.56	0.44	0.27
3 龄幼虫期 L3		431.82	自然死亡 Nature factor	31.78	0.07		0.03
			捕食死亡 Predation factor	54.46	0.13		0.06
			竞争死亡 Competition factor	18.35	0.04		0.02
			其他 Other factor	78.90	0.18		0.09
			累计 Total	183.49	0.42	0.58	0.20
蛹期 Pupae	树上 Hang on the tree	124.17	自然死亡 Nature factor	49.67	0.40		0.22
			捕食死亡 Predation factor	4.01	0.03		0.01
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	1.07	0.01		0.00
			累计 Total	54.75	0.44	0.56	0.24
	地面 On the ground	124.17	自然死亡 Nature factor	38.63	0.31		0.16
			捕食死亡 Predation factor	13.35	0.11		0.05
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	6.77	0.05		0.02
			累计 Total	58.75	0.47	0.53	0.24
成虫 Adults		134.84					

*表示斑翅果蝇的关键虫期。下表同。
* means key period. The same below.

表 3　8 月世代斑翅果蝇自然种群生命表（2015 年，果园）

Table 3　Life table of *Drosophila suzukii* in August（2015, orchard）

虫期 Stage (X)	处理 Deal (Q)	起始虫数 Original number (n_x)	致死因子 Death factor (d_xF)	死亡数 Number of death factor (d_x)	死亡率 Death rate (Q_x)	存活率 Survival rate (S_x)	K 值 K-value (K)
卵期 Egg		3 000.00	自然死亡 Nature factor	100.00	0.03		0.01
			捕食死亡 Predation factor	88.24	0.03		0.01
			竞争死亡 Competition factor	777.57	0.26		0.13
			其他 Other factor	830.15	0.28		0.14
			累计 Total	1 795.96	0.60	0.40	0.30
1~2 龄幼虫期 L1-2		1 204.04	自然死亡 Nature factor	313.41	0.26		0.13
			捕食死亡 Predation factor	35.18	0.03		0.01
			竞争死亡 Competition factor	215.78	0.18		0.09
			其他 Other factor	222.83	0.19		0.09
			累计 Total	782.20	0.65	0.35	0.32*
3 龄幼虫期 L3		416.84	自然死亡 Nature factor	48.74	0.12		0.05
			捕食死亡 Predation factor	17.43	0.04		0.02
			竞争死亡 Competition factor	127.79	0.31		0.16
			其他 Other factor	63.50	0.15		0.07
			累计 Total	257.46	0.62	0.38	0.30
蛹期 Pupae	树上 Hang on the tree	79.69	自然死亡 Nature factor	15.05	0.19		0.09
			捕食死亡 Predation factor	7.03	0.09		0.04
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	6.04	0.08		0.03
			累计 Total	28.13	0.35	0.65	0.17
	地面 On the ground	79.69	自然死亡 Nature factor	27.45	0.34		0.18
			捕食死亡 Predation factor	7.81	0.10		0.04
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	5.36	0.07		0.03
			累计 Total	40.63	0.51	0.49	0.26
成虫 Adults		90.62					

表 4 9 月世代斑翅果蝇自然种群生命表（2015 年，果园）

Table 4 Life table of *Drosophila suzukii* in September（2015, orchard）

虫期 Stage (X)	处理 Deal (Q)	起始虫数 Original number (n_x)	致死因子 Death factor (d_xF)	死亡数 Number of death factor (d_x)	死亡率 Death rate (Q_x)	存活率 Survival rate (S_x)	K 值 K-value (K)
卵期 Egg		3 000.00	自然死亡 Nature factor	2 400.00	0.80		0.70
			捕食死亡 Predation factor	0.00	0.00		0.00
			竞争死亡 Competition factor	95.74	0.03		0.01
			其他 Other factor	57.45	0.02		0.01
			累计 Total	2 553.19	0.85	0.15	0.72
1~2 龄幼虫期 L1-2		446.81	自然死亡 Nature factor	112.14	0.25		0.13
			捕食死亡 Predation factor	49.31	0.11		0.05
			竞争死亡 Competition factor	246.57	0.55		0.35
			其他 Other factor	4.22	0.01		0.01
			累计 Total	412.24	0.92	0.08	0.92*
3 龄幼虫期 L3		34.57	自然死亡 Nature factor	2.60	0.08		0.03
			捕食死亡 Predation factor	4.71	0.14		0.06
			竞争死亡 Competition factor	14.14	0.41		0.23
			其他 Other factor	7.36	0.21		0.10
			累计 Total	28.82	0.83	0.17	0.43
蛹期 Pupae	树上 Hang on the tree	2.88	自然死亡 Nature factor	1.79	0.62		0.42
			捕食死亡 Predation factor	0.28	0.10		0.04
			竞争死亡 Competition factor	0.18	0.06		0.03
			其他 Other factor	0.11	0.04		0.02
			累计 Total	2.36	0.82	0.18	0.51
	地面 On the ground	2.88	自然死亡 Nature factor	2.05	0.71		0.54
			捕食死亡 Predation factor	0.18	0.06		0.03
			竞争死亡 Competition factor	0.28	0.10		0.04
			其他 Other factor	0.13	0.04		0.02
			累计 Total	2.64	0.91	0.09	0.63
成虫 Adults		0.76					

表 5　8 月世代斑翅果蝇自然种群生命表（2015 年，杉树林）

Table 5　Life table of *Drosophila suzukii* in August（2015, cedar forest）

虫期 Stage (X)	处理 Deal (Q)	起始虫数 Original number (n_x)	致死因子 Death factor (d_xF)	死亡数 Number of death factor (d_x)	死亡率 Death rate (Q_x)	存活率 Survival rate (S_x)	K 值 K-value (K)
卵期 Egg		3 000.00	自然死亡 Nature factor	98.92	0.03		0.01
			捕食死亡 Predation factor	620.42	0.21		0.10
			竞争死亡 Competition factor	330.64	0.11		0.05
			其他 Other factor	651.52	0.22		0.11
			累计 Total	1 701.51	0.57	0.43	0.27*
1~2 龄幼虫期 L1-2		1 298.49	自然死亡 Nature factor	353.41	0.27		0.14
			捕食死亡 Predation factor	171.25	0.13		0.06
			竞争死亡 Competition factor	57.55	0.04		0.02
			其他 Other factor	141.21	0.11		0.05
			累计 Total	723.42	0.56	0.44	0.26
3 龄幼虫期 L3		575.07	自然死亡 Nature factor	84.92	0.15		0.07
			捕食死亡 Predation factor	102.40	0.18		0.09
			竞争死亡 Competition factor	34.98	0.06		0.03
			其他 Other factor	101.38	0.18		0.08
			累计 Total	323.67	0.56	0.44	0.26
蛹期 Pupae	树上 Hang on the tree	125.70	自然死亡 Nature factor	39.11	0.31		0.16
			捕食死亡 Predation factor	3.93	0.03		0.01
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	0.17	0.00		0.00
			累计 Total	43.21	0.34	0.66	0.17
	地面 On the ground	125.70	自然死亡 Nature factor	40.50	0.32		0.17
			捕食死亡 Predation factor	20.95	0.17		0.08
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	4.02	0.03		0.01
			累计 Total	65.47	0.52	0.48	0.26
成虫 Adults		142.72					

表 6　9 月世代斑翅果蝇自然种群生命表（2015 年，杉树林）

Table 6　Life table of *Drosophila suzukii* in September（2015, cedar forest）

虫期 Stage (X)	处理 Deal (Q)	起始虫数 Original number (n_x)	致死因子 Death factor (d_xF)	死亡数 Number of death factor (d_x)	死亡率 Death rate (Q_x)	存活率 Survival rate (S_x)	K 值 K-value (K)
卵期 Egg		3 000.00	自然死亡 Nature factor	2 400.00	0.80		0.70
			捕食死亡 Predation factor	0.00	0.00		0.00
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	441.73	0.15		0.07
			累计 Total	2 841.73	0.95	0.05	0.77*
1~2 龄幼虫期 L1-2		158.27	自然死亡 Nature factor	37.14	0.23		0.12
			捕食死亡 Predation factor	61.44	0.39		0.21
			竞争死亡 Competition factor	0.000	0.00		0.00
			其他 Other factor	17.48	0.11		0.05
			累计 Total	116.06	0.73	0.27	0.38
3 龄幼虫期 L3		42.20	自然死亡 Nature factor	5.42	0.13		0.06
			捕食死亡 Predation factor	14.07	0.33		0.18
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	12.40	0.29		0.15
			累计 Total	323.67	0.76	0.24	0.39
蛹期 Pupae	树上 Hang on the tree	5.16	自然死亡 Nature factor	3.15	0.61		0.41
			捕食死亡 Predation factor	0.17	0.03		0.01
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	0.00	0.00		0.00
			累计 Total	3.33	0.64	0.36	0.42
	地面 On the ground	5.16	自然死亡 Nature factor	3.21	0.62		0.42
			捕食死亡 Predation factor	0.52	0.10		0.05
			竞争死亡 Competition factor	0.00	0.00		0.00
			其他 Other factor	0.00	0.00		0.00
			累计 Total	3.73	0.72	0.28	0.47
成虫 Adults		3.27					

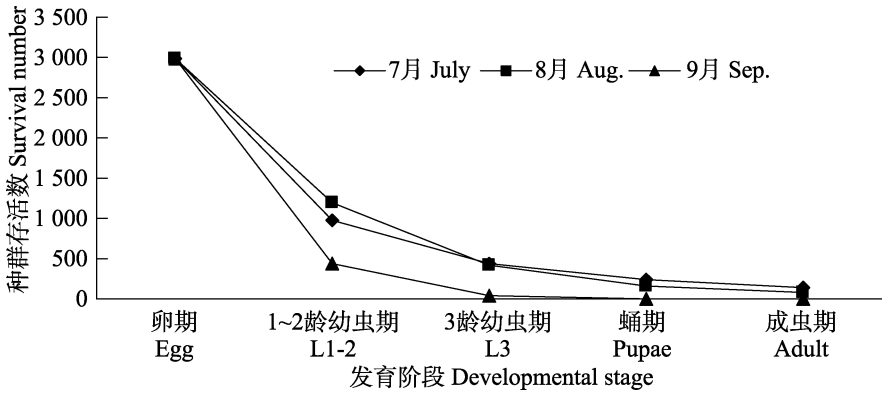

图 1　果园斑翅果蝇自然种群存活曲线
Fig. 1　Survival curve of *Drosophila suzukii* in orchard

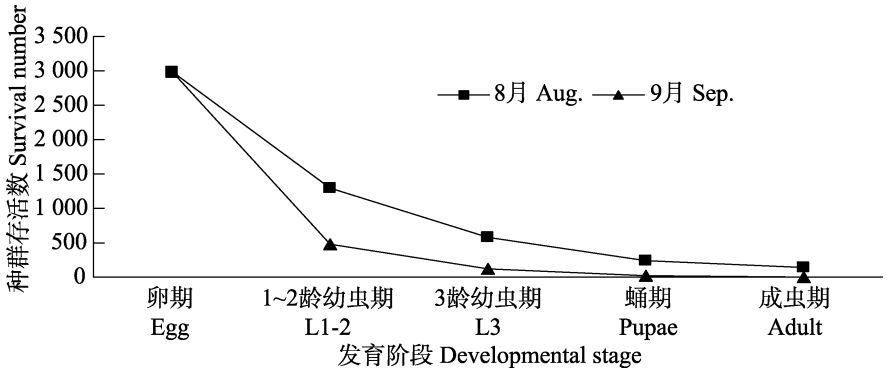

图 2　杉树林斑翅果蝇自然种群存活曲线
Fig. 2　Survival curve of *Drosophila suzukii* in cedar forest

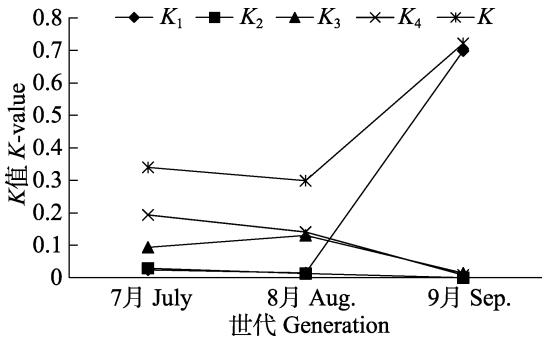

图 3　梨园斑翅果蝇卵期的关键因子 *K* 值图
Fig. 3　*K*-value of key factor of *Drosophila suzukii* of egg stage in orchard

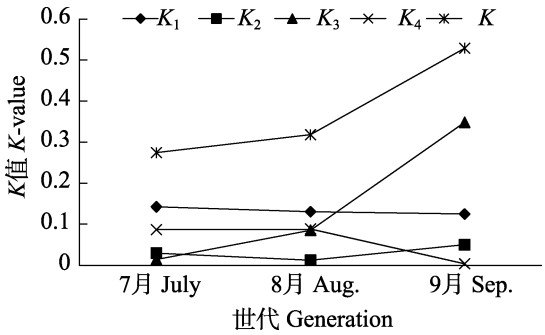

图 4　梨园斑翅果蝇 1~2 龄幼虫期的关键因子 *K* 值图
Fig. 4　*K*-value of key factor of *Drosophila suzukii* of 1st to 2nd larva stage in orchard

K_1：自然因子；K_2：捕食因子；K_3：竞争因子；K_4：其他因子。下图同。

K_1: Nature factor; K_2: Predation factor; K_3: Competition factor; K_4: Other factor. The same below.

3　讨论

本实验通过寻找孵化后的卵壳、幼虫的蜕皮和羽化后的蛹壳对斑翅果蝇不同发育阶段的历期进行了测定，结果显示在昆明市 7 月室内室外斑翅果蝇发育历期基本相同，即：卵期（22.50±2.78）h、1 龄幼虫期（23.14±2.27）h、2 龄幼虫期（48.86±4.14）h、3 龄幼虫期（79.00±11.01）h、蛹期（99.00±6.00）h。该结果与其他学者（Samantha *et al.*，2014；张开春等，2014）对斑翅果蝇的发育历期测定基本一致，研究结果可为制作斑翅果蝇自然种群生命表提供依据。

斑翅果蝇为钻蛀为害，只有卵期和蛹期可以

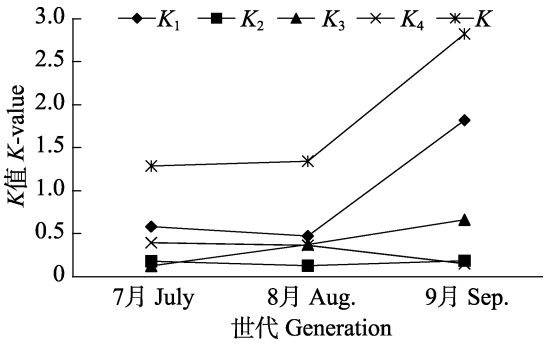

图 5 梨园斑翅果蝇卵期至蛹期的关键因子 *K* 值图

Fig. 5 *K*-value of key factor of *Drosophila suzukii* of egg and pupae stage in orchard

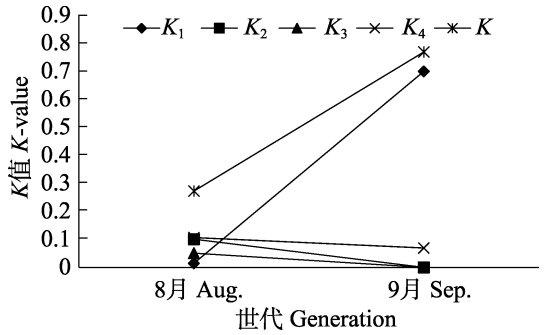

图 6 杉树林斑翅果蝇卵期的关键因子 *K* 值图

Fig. 6 *K*-value of key factor of *Drosophila suzukii* of egg stage in cedar forest

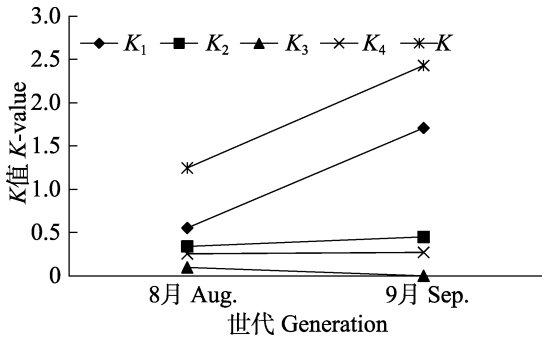

图 7 杉树林斑翅果蝇卵期至蛹期的关键因子 *K* 值图

Fig. 7 *K*-value of key factor of *Drosophila suzukii* of egg and pupae stage in cedar forest

在果实表面进行观察，整个幼虫期均在果内取食为害，无法直接观察到其发育情况，本实验参照 Sandrine 等(2007)及付国赞等(2015)对 *Cameraria ohridella* 生命表的构建方法，采取室内分段饲养和田间观察相结合的方法进行调查统计，其起始虫口数量和死亡虫数均为调查数据换算而得，故构建的斑翅果蝇自然种群生命表与完全自然状况会存在一定的差异，并且未计算种群趋势指数。

本实验应用生命表技术组建了斑翅果蝇自然种群生命表结果表明，在果园 7 月世代关键虫期为卵期，8 月、9 月世代关键虫期为 1~2 龄幼虫期；卵期及卵期至蛹期的关键致死因子均为自然因子，1~2 龄幼虫关键致死因子为竞争因子。在杉树林 8 月世代及 9 月世代斑翅果蝇的关键虫期均为卵期；卵期及卵期至蛹期的关键致死因子均为自然因子。分析其原因为斑翅果蝇产卵时，雌成虫用锯状产卵器将蓝莓果皮割开将卵产于果皮下方，卵的呼吸管或部分卵体暴露在果皮外，卵期极易受到气候等自然因子的影响，故卵期成为杉树林 8 月世代及 9 月世代和果园 7 月世代的关键虫期，其关键致死因子均为自然因子。在果园 7 月果实尚未成熟，受黑腹果蝇及鼠妇等昆虫影响较小，但是 8 月、9 月果园内果实成熟，黑腹果蝇及鼠妇等昆虫种群数量上升，与斑翅果蝇竞争取食，且斑翅果蝇 1~2 龄幼虫抗逆性弱，受其影响较大，故 1~2 龄幼虫期成为果园 8 月世代及 9 月世代的关键虫期，其关键致死因子均为竞争。

对斑翅果蝇生命表的研究主要集中于室内生命表的研究(Lin *et al.*, 2014；Nik *et al.*, 2014)，自然种群生命表的研究鲜有报道。本实验通过构建斑翅果蝇自然种群生命表，确定斑翅果蝇的卵期及低龄幼虫期是生命周期中最为薄弱的阶段，在生产实践中，应抓住这两个关键时期，制定行之有效防控措施。

参考文献 (References)

Anderson H, Collins D, Cannon R, 2010. Spotted wing drosophila *Drosophila suzukii* plant pest factsheet. The Food and Environment Research Agency. 12.

Alessandro C, Claudio I, Gianfranco A, 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*, 65(1): 149–160.

Calabria G, Maca J, Bachli G, Serra L, Pascual M, 2012. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 136(1/2): 139–147.

Chen LW, Ou YXY, Li ZS, Xie MH, 1984. Preliminary study of nature life table for *Chilo suppressalis*., *Chinese Bulletin of Entomology*, 21(4): 145–148. [陈龙稳, 欧阳享泱, 李章顺, 谢美华, 1984. 二化螟田间种群生命表的初步研究. 昆虫知识, 21(4): 145–148.]

Deng Q, Yang LR, Yang XY, Wang R, Shi HL, Deng WQ, Yang B, 2015. Determination of larval instars of horn flies *Haematobia irritans* and *H. titillans*(Diptera:Muscidae), the vectors of camel parabronemosis. *Acta Entomologica Sinica*, 58(3): 341–350. [邓侨, 杨莲茹, 杨晓野, 王瑞, 史红蕾, 郑文青, 杨波, 2015. 骆驼斯氏副柔线虫病传播媒介西方角蝇和截脉角蝇的幼虫龄期划分. 昆虫学报, 58(3): 341–350.]

Fu GZ, Zhang QR, Peng XL, 2015. Life table of natural population of *Matsucoccus sinensis* Chen in western region of Henan province. *Forest Pest and Disease*, 34(3): 18–22. [付国赞, 张庆瑞, 彭兴龙, 2015. 河南豫西地区中华松干蚧自然种群生命表. 中国森林病虫, 34(3): 18–22.]

Ge F, Liu XH, Ding YQ, Wang XZ, Zhao YF, 2003. Life-table of *Helicoverpa armigera* in Northern China and characters of population development in Southern and Northern China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 14(2): 241–245. [戈峰, 刘向辉, 丁岩钦, 王学志, 赵永发, 2003. 华北棉区各代棉铃虫生命表及南北棉铃虫发生特征研究. 应用生态学报, 14(2): 241–245.]

Hannah JB, Powell SJ, Douglas GP, Glen K, Joseph L, 2012. Using volunteer-based networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. *Journal of Integrated Pest Manage*, 4(3): 1–5.

Jana CL, Denny JB, Amy JD, Claudio I, Heidrun V, Peter B, 2011. In focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Management Science*, 67(11): 1349–1351.

Jeffrey RA, Athanasios K, Marta P, Hannah JB, Nick MH, Alan OB, Heather M, Timothy BS, Todd AS, Masayoshi W, Daniel W, Nadia DS, 2014. *Drosophila suzukii*: The genetic footprint of a recent, worldwide invasion. *Molecular Biology and Evolution*, 31(12): 3148–3163.

Joel A, Lisa T, Raul S, George Z, Artyom K, 2014. The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. *Proceedings Biological Science*, 281(1781): e20132840.

Martin H, 2011. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera:Drosophilidae) in the continental United States with remarks on their identification. *Pest Management Science*, 67(11): 1352–1357.

Nik GW, Vaughn MW, Daniel TD, Gianfranco A, Hannah JB, Joanna CC, Kent MD, Alberto G, Betsey M, Samantha T, Xingeng W, Claudio I, 2014. Integrating temperature-dependent life table data into a matrix projection model for *Drosophila suzukii* population estimation. *PLoS ONE*, 9(9): 1–14.

O'Grady PM, Beardsley JW, Perreira WD, 2002. New records for introduced Drosophilidae (Diptera) in Hawai'i. *Bishop Museum Occasional Papers*, 69: 34–35.

Peter JL, Todd A, Thomas SD, Helmuth R, 2012. Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), trapped with combinations of wines and vinegars. *Florida Entomologist*, 95(2): 326–332.

Lin CQ, Zhai YF, Zhang AS, Men XY, Zhang XY, Frank GZ, Zhou CG, Yu Y, 2014. Comparative developmental times and laboratory life tables for *Drosophlia suzukii* and *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Florida Entomological Society*, 97(4): 1434–1442.

Rachael EG, Mark B, Derek F, Jeffrey CW, Frank GZ, 2011. Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Management Science* , 67(11): 1396–1402.

Samantha T, Daniel TD, Nik W, Christopher H, Peter WS, Vaughn MW, 2014. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environmental Entomology*, 43(2): 1–10.

Sandrine G, Donald LJQ, Marc K, 2007. Factors favouring the development and maintenance of outbreaks in an invasive leaf miner *Camerariaohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): a life table study. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(2): 141–158.

Sun P, Liao TL, Yuan K, Shi ZH, Ji R, Chen JH, Wu J, 2011. The pest of fruit-*Drosophila Suzukii*. *Plant Quarantine*, 25(6): 45–47. [孙鹏, 廖太林, 袁克, 师振华, 纪睿, 陈集翰, 吴军, 2011. 水果害虫-斑翅果蝇. 植物检疫, 25(6): 45–47.]

Wu SR, Li JT, Li ZY, Tao M, Xu ZQ, Ma GL, Xiao C, 2007. A comparative study on control effects of fruit flies by different methods in red bayberry orchard. *Journal of Mountain Agriculture & Biology*, 26(4): 365–368. [伍苏然 , 李江涛, 李正跃, 陶玫, 徐志强, 马光亮, 肖春, 2007. 不同方法对杨梅园果蝇田间诱集防治效果比较. 山地农业生物学报, 26(4):365–368.]

Xu ZF, 2009. General Entomology. Beijing: Science Press. 340–341. [许再福, 2009. 普通昆虫学. 北京: 科学出版社. 340–341.]

Zhang KC, Yan GH, Guo XJ, Wang J, Zhang XM, Zhou Y, 2014. Research review on spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*). *Journal of Fruit Science*, 31(4): 717–721. [张开春, 闫国华, 郭晓军, 王晶, 张晓明, 周宇, 2014. 斑翅果蝇(*Drosophila suzukii*)研究现状. 果树学报, 31(4): 717–721.]

Zhang XX, 2011. Insect Ecology and Forecast. Beijing: China Agriculture Press. 77–87. [张孝羲, 2011. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 77–87.]