番茄潜叶蛾对山东地区主要设施蔬菜的适宜度*

郭文秀[1**] 祁伟伟[2**] 颜 越[3] 徐文鑫[1] 谭润晗[1]
李丽莉[1] 吕素洪[1] 崔洪莹[1] 宋莹莹[1] 门兴元[1***]

（1. 山东省农业科学院植物保护研究所，山东省农业有害生物绿色防控重点实验室，济南 250100；
2. 聊城市茌平区农业发展服务中心，聊城 252100；3. 山东省农业生态与资源保护总站，济南 250100）

摘 要 **【目的】**明确番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* 对新入侵地山东地区主要设施蔬菜的适宜度。**【方法】**采用罩笼法，研究了 9 种主要设施蔬菜对番茄潜叶蛾产卵、生长发育和种群增长参数的影响。**【结果】** 番茄潜叶蛾在番茄和茄子上的产卵量最多，且能够在这 2 种植物上正常生长发育，完成生活史，存活率分别为 44.21%和 40.64%，各虫态发育历期、存活率、适合度及种群增长参数间无显著差异（P>0.05）；在油菜、香菜、黄瓜和辣椒上产卵量极少，其中在油菜上能够完成生活史，但存活率仅为 11.72%，各虫态发育历期、存活率、单雌产卵量及内禀增长率均显著低于番茄；香菜上的卵可孵化为幼虫并潜叶危害，但存活时间仅为 1.67 d；在黄瓜和辣椒上卵孵化后未见幼虫出现；在菠菜、香葱和大蒜上未见番茄潜叶蛾产卵。**【结论】** 番茄和茄子是番茄潜叶蛾的适宜寄主，应加强监测与防控；油菜是非适宜寄主，可能成为该虫传播和扩散的次要寄主；成虫不选择菠菜、香葱和大蒜产卵。番茄潜叶蛾在香菜、黄瓜和辣椒上均不能完成生活史，因此可将这些蔬菜作为轮作或间作蔬菜。研究结果为番茄潜叶蛾的监测、防控以及生态控制技术的研发提供了理论依据。

关键词 番茄潜叶蛾；寄主植物；产卵；生长发育；种群增长参数；适宜度

Fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, on different vegetable hosts in Shandong Province

GUO Wen-Xiu[1**] QI Wei-Wei[2**] YAN Yue[3] XU Wen-Xin[1] TAN Run-Han[1] LI Li-Li[1]
LÜ Su-Hong[1] CUI Hong-Ying[1] SONG Ying-Ying[1] MEN Xing-Yuan[1***]

(1. Shandong Key Laboratory for Green Prevention and Control of Agricultural Pests, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Liaocheng Chiping Agricultural Development Service Center, Liaocheng 252100, China; 3. Shandong Agricultural Ecology and Resource Protection Station, Jinan 250100, China)

Abstract **[Aim]** To determine the relative suitability of different vegetables as host-plants for *Tuta absoluta*, a recent invasive pest in Shandong Province. **[Methods]** The oviposition, development and population growth of *T. absoluta* on 9 commonly grown vegetables were compared. **[Results]** Adults laid the most eggs on tomato and eggplant plants, and could complete their life history normally on these species with final survival rates of 44.21% and 40.64%, respectively. No significant difference was observed in developmental duration, survival rate or population growth parameters between *T. absoluta* populations on tomato or eggplant plants (P>0.05). In contrast, very few eggs were laid on rape, coriander, cucumber and pepper. Although *T. absoluta* could complete development on these species, the final survival rate was only 11.72% and the developmental duration, survival rate, female fecundity and intrinsic rate of natural increase were significantly lower than those of populations on tomato plants. Although eggs were laid on coriander hatched, the larvae survived for only

*资助项目 Supported project：山东省农业科学院农业科技创新工程（CXGC2024D05）
**共同第一作者 Co-first authors，E-mail：wenxiu.guo@163.com；qiwei840323@163.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：menxy2000@hotmail.com
收稿日期 Received：2024-04-12；接受日期 Accepted：2024-06-03

1.67 d. Eggs were also laid on cucumber and pepper plants but no larvae were subsequently found. No eggs were found on spinach, chives or garlic. **[Conclusion]** Tomato and eggplant plants were the most suitable of the host plants compared in this study. Monitoring and control should be strengthened to prevent outbreaks of *T. absoluta* on tomato and eggplant crops. Rape may be a secondary host of *T. absoluta* that contributes to its spread. When other, more suitable host plants are available, females do not lay eggs on spinach, chives or garlic plants, and larvae cannot complete their development on coriander, cucumber or chili. These plants could therefore be grown in rotation, or intercropped, with more tomato and eggplant crops, to control *T. absoluta* numbers.

Key words *Tuta absoluta*; host plant; oviposition; growth and development; population growth parameter; fitness

番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* 属鳞翅目 Lepidoptera 麦蛾科 Gelechiidae，又名番茄麦蛾（马菲等，2011）和番茄潜麦蛾（张桂芬等，2013），是番茄上的毁灭性害虫之一（Biondi *et al.*，2018；张桂芬等，2018）。该虫可在番茄植株整个生育期内发生为害，主要以幼虫潜食叶肉和蛀食果实等，幼虫孵化后即潜入植物组织中，形成细小的潜道，早期不易被发现，隐蔽性极强。随着幼虫龄期增长和种群数量增大，番茄潜叶蛾为害愈发严重，引发作物早衰、诱发次生病害，导致果实腐烂、减产减收，严重发生时可造成番茄减产 80%-100%（Desneux *et al.*，2010）。

番茄潜叶蛾起源于南美洲，在该地区一年可发生 10-12 代，世代重叠严重（张桂芬等，2018）。自 2006 年被发现入侵西班牙东部后，该虫在欧洲、非洲、中东和亚洲迅速传播（Visser *et al.*，2017；Santana *et al.*，2019），现已入侵 103 个国家和地区（CABI，2021）。我国于 2017 年 8 月首次在新疆伊犁地区发现番茄潜叶蛾（张桂芬等，2022），随后其迅速扩散至西北、西南、华北和华中等 20 多个省（自治区、直辖市）（Zhang *et al.*，2022）。山东省于 2023 年首次发现番茄潜叶蛾入侵（郭文秀等，2023）。山东是我国番茄生产大省，其番茄产业的可持续发展直接关系到全省乃至全国的蔬菜安全。如何控制番茄潜叶蛾的扩散为害及保障蔬菜生产安全已成为山东省农业生产中面临的重要问题。

在温带地区，番茄潜叶蛾能否耐受冬季低温而顺利越冬，对其入侵和定殖具有重要影响（李栋，2019；刘孝贤等，2021）。作为设施蔬菜生产大省，山东省的大棚环境为该虫冬季发生提供了庇护场所。寄主植物是影响番茄潜叶蛾成功传播和定殖的重要因素之一，探究番茄潜叶蛾对寄主的适宜度有助于了解该虫的扩散行为和定殖能力。番茄潜叶蛾寄主广泛，主要为害茄科植物，最嗜番茄，还可在十字花科、豆科、禾本科、菊科、苋科和旋花科等植物上产卵和生长发育（Tropea Garzia *et al.*，2009；Desneux *et al.*，2010；Abbes *et al.*，2016；Bawin *et al.*，2016），但其在不同植物上的适宜度有所不同，对同种植物不同品种的适宜度也存在差异（Rostami *et al.*，2017）。山东省设施栽培的蔬菜种类多样，番茄潜叶蛾在主要设施蔬菜上的适宜度尚不清楚。因此，本文研究了 9 种设施蔬菜对番茄潜叶蛾生长发育的影响，以期为了解该虫的扩散传播和综合防治提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫和寄主植物

番茄潜叶蛾种群在人工气候室（RXZ 智能型-宁波江南仪器厂）内[(25±1) ℃，RH 60%±5%，16 L∶8 D]以株高 20 cm 苗期的番茄 *Lycopersicon esculintum* 为寄主植物饲养。

供试寄主植物详细信息见表 1。采用种子育苗，种子发芽后按照每盆 3 株点种于圆形花盆内（d=10 cm，h=10 cm），在玻璃温室内[(25±1) ℃，RH 60%±5%，16 L∶8 D]进行栽培管理，待植株长至 7-9 片真叶时用于试验。

1.2　不同寄主植物上番茄潜叶蛾的产卵量

将 7-9 片真叶期的同一供试寄主植物置于养虫笼（40 目，50 cm×50 cm×50 cm）内，每个养虫笼放 3 盆寄主植物。在养虫笼中心位置放入一

表 1 本研究供试寄主植物的品种和生产公司

Table 1 Species and company of host plant used in the study

植物 Host plants	品种 Species	生产公司 Companies
番茄 *Lycopersicon esculentum*	凯撒 Kaisa	寿光市金鹏种业有限公司 Shouguang Jinpeng Seed Industry Co., LTD.
茄子 *Solanum melongena*	荣耀 Rongyao	
油菜 *Brassica napus*	上海青 Shanghaiqing	
黄瓜 *Cucumis sativus*	卓越 1 号 Zhuoyue no.1	
辣椒 *Capsicum annuum*	辣美 8 号 Lamei no.8	
香葱 *Allium cepiforme*	四季小香葱 Four seasons chives	
香菜 *Coriandrum sativum*	大叶香菜 Large leaf coriander	昌邑市永昌种业有限公司 Changyi Yongchang Seed Industry Co., LTD.
菠菜 *Spinacia oleracea*	大叶菠菜 Large leaf spinach	
大蒜 *A. sativum*	紫皮大蒜 Purple garlic	山东寿禾种业有限公司 Shandong Shouhe Seed Co., LTD.

块 10%蜂蜜水浸润的脱脂棉，供给成虫补充营养。选取初羽化（<12 h）的番茄潜叶蛾雌雄成虫配对，确保交配成功（通常初羽化成虫在配对后 2 h 内完成交配）。随后，向各养虫笼中接入 5 对已交配的雌雄成虫。前 4 d（产卵集中期），每天更换 1 次寄主植物，4 d 后每 2 d 更换 1 次，直至雌虫全部死亡。统计同一养虫笼中所有寄主植株上番茄潜叶蛾的产卵量，每 24 h 统计一次。试验在人工气候室内[(25±1) ℃，RH 60%±5%，16 L∶8 D]进行，每种供试植物设置 3 个重复。

1.3 不同寄主植物上番茄潜叶蛾的生长发育情况

在 1.2 节试验中，根据不同寄主植物的落卵量，从落卵量较多的寄主植物中随机选取带有 40 粒卵（卵为同一天所产）的植株，对于落卵量少的寄主植物，则选取所有带卵植株。对卵进行标记和编号后，将植株放入养虫笼内，继续在人工气候室内[(25±1) ℃，RH 60%±5%，16 L∶8 D]饲养观察。每天记录番茄潜叶蛾的发育状态，包括卵期、幼虫期（L1、L2、L3 和 L4）和蛹期。幼虫进入 4 龄后，收集至带孔（d=0.5 mm）的 2.0 mL 透明离心管中，继续观察发育情况。每种供试植物设置 3 个重复，每一重复共 9 株植物。

1.4 不同寄主植物上番茄潜叶蛾的种群增长参数

根据不同寄主植物上番茄潜叶蛾的生长发育和繁殖数据构建 $l_\chi m_\chi$ 生命表（李晓维等，2019）。其中，特定虫态存活率 l_χ 是在 χ 虫态组开始时存活个体的百分比，特定年龄繁殖率 m_χ 是在 χ 虫态组平均每个个体所产的雌性后代数。根据上述参数计算以下种群增长参数：净生殖率（$R_0=\sum l_\chi m_\chi$），平均世代周期（$T=\sum l_\chi m_\chi/R_0$），内禀生长率（$r_m=\ln R_0/T$），周限增长率（$\lambda=\exp r_m$）和种群加倍时间（$T_d=\ln 2/r_m$）（Carey, 1993）。通过 Jackknife 方法计算种群增长参数的平均值和标准误（Meyer *et al.*，1986；Maia *et al.*, 2000）。先计算每种寄主植物上所有个体（n）的总种群增长参数，例如，计算 n 个个体的内禀增长率 r_{all}，然后去掉第 i 个个体，用剩下的 n - 1 个个体计算出内禀增长率 Jackknife 值 $r_{i\text{-jack}}$，并计算出 $r_{i\text{-pseudo}}=n\times r_{all}-(n-1)\times r_{i\text{-jack}}$，重复以上步骤直至计算出 n 个 $r_{i\text{-pseudo}}$。最后，用 n 个 $r_{i\text{-pseudo}}$ 计算内禀增长率的平均值和标准误。按照相同方法计算 R_0、T、λ 和 T_d 的平均值和标准误（李晓维等，2019）。

1.5 数据分析

试验数据采用 SPSS 16.0 软件进行统计分析。百分数值均经反正弦 arcsin ($X^{1/2}$)转换。不同寄主植物的卵量和适合度参数等使用 Kolmogorov-Smirnov 测验进行正态分布检测，非正态分布数据采用 Kruskal-Wallis 测验进行比较（$P<0.05$）；正态分布数据通过单因素方差分析（One-way ANOVA）比较差异，并采用 Tukey 法进行多重比较（$P<0.05$）。

2　结果与分析

2.1　不同寄主植物上番茄潜叶蛾的产卵量

番茄潜叶蛾在不同寄主植物上的产卵量明显不同（图 1）。5 对番茄潜叶蛾在番茄和茄子上的产卵量最高，分别为（84.67±26.69）和（78.00±7.94）粒，二者之间无显著差异，但均显著高于在其他寄主植物上的产卵量（F=37.56，df=8,18，P<0.001）；在油菜和香菜上的产卵量分别为（17.00±3.00）和（11.00±7.02）粒；在黄瓜和辣椒上的总产卵量极少，分别仅为（4.00±2.00）和（3.00±0.58）粒；番茄潜叶蛾未在菠菜、香葱和大蒜上产卵。

2.2　不同寄主植物上番茄潜叶蛾的生长发育情况

番茄潜叶蛾在番茄、茄子和油菜上均可完成世代发育，在香菜、黄瓜和辣椒上仅能完成部分发育阶段（表 2）。6 种寄主植物上，番茄潜叶蛾的卵期不同，其中，在番茄上的卵期最长[（7.8±0.1）d]，与茄子[（5.9±0.1）d]、香菜[（7.0±0.9）d]、黄瓜[（6.0±0.1）d]和辣椒[（5.7±1.5）d]上

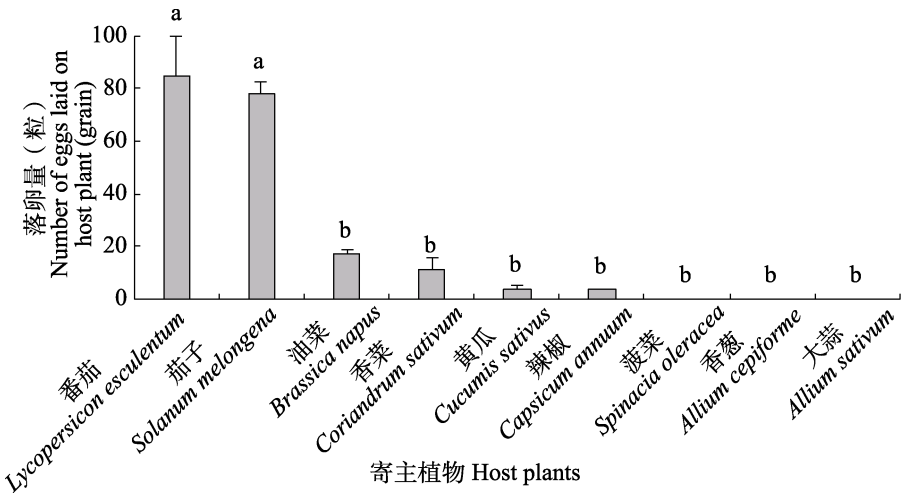

图 1　5 对番茄潜叶蛾雌雄成虫在不同寄主植物上的总产卵量

Fig. 1　The total number of eggs laid by 5 pairs of *Tuta absoluta* female and male adult on different host plants

柱上不同字母表示处理间显著差异（P<0.05，Tukey 检验）。

Different letters above bars indicate significant difference (P<0.05, Tukey test).

表 2　不同寄主植物上番茄潜叶蛾不同虫态的发育历期

Table 2　Duration of different developmental stages of *Tuta absoluta* fed on different host plants

寄主植物 Host plants	发育历期（d） Developmental duration (d)			
	卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫前* Pre-adult*
番茄 *Lycopersicon esculentum*	7.8±0.1 a	18.2±0.2 b	8.8±0.1 a	34.8±0.5 b
茄子 *Solanum melongena*	5.9±0.1 ab	17.5±0.7 b	9.2±0.2 a	32.6±1.3 b
油菜 *Brassica napus*	3.8±0.3 b	24.0±1.4 a	10.4±0.8 a	37.9±1.3 a
香菜 *Coriandrum sativum*	7.0±0.9 ab	1.7±0.9 c	—	—
黄瓜 *Cucumis sativus*	6.0±1.0 ab	—	—	—
辣椒 *Capsicum annuum*	5.7±1.5 ab	—	—	—

*指从卵到蛹总的发育历期。表中数据为平均数±标准误，同一列数据后标有不同字母表示差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。—：无数值。表 3 同。

*indicates the developmental duration from egg to pupa. Data in the table are presented as mean±SE, and followed by different letters within the same column indicate significant difference (P<0.05, Tukey test). —: No value. The same for Table 3.

的卵期无明显差异，但显著高于油菜[（3.8±0.3）d]（F= 3.15，df=5,12，P=0.048）。幼虫仅能够在番茄、茄子和油菜上正常生长发育，其中，在油菜上的发育历期最长，为（24.0±1.4）d，显著高于番茄[（18.2±0.2）d]和茄子[（17.5±0.7）d]（F=117.10，df=3,8，P<0.001）；在香菜上，幼虫不能完成正常发育，仅存活 1.7 d；在黄瓜和辣椒上，幼虫同样无法正常生长，卵期结束时未观察到幼虫存在。蛹在番茄上的蛹期发育时间为 8.8 d、在茄子上的蛹期发育时间为 9.2 d 和油菜上蛹期的发育时间为 10.4 d，相互之间无显著差异（F=3.24，df=2,6，P=0.111）。番茄潜叶蛾在油菜上的成虫前期最长（37.9 d），显著高于番茄（34.8 d）和茄子（32.6 d）（F=10.99，df=2,6，P=0.010），而在番茄和茄子上的成虫前期无显著差异。

2.3 不同寄主植物上番茄潜叶蛾的存活情况

番茄潜叶蛾各虫态在不同寄主植物上的存活情况不同（表 3）。不同寄主植物上番茄潜叶蛾的卵孵化率差异较大，在番茄（53.08%±7.52%）和茄子上的卵孵化率最高（52.45%±2.77%），与油菜（43.96%±5.74%）、香菜（43.52%±3.34%）和黄瓜（30.56%±2.78%）无明显差异，但显著高于辣椒（19.44%±10.02%）（F=3.40，df=5,12，P=0.038）。幼虫在番茄和茄子上的存活率达 93.85%以上，两者之间无明显差异，但均显著高于在油菜上的存活率（51.34%±15.14%）（F=46.56，df=3,8，P<0.001）。幼虫在香菜上未能正常发育至蛹。成虫在番茄（88.36%±0.59%）和茄子（81.68%±2.11%）上的羽化率无明显差异，但均显著高于在油菜上的羽化率（53.33%±3.33%）（F=69.61，df=2,6，P<0.001）。番茄潜叶蛾在不同寄主植物上的最终存活率差异显著，以番茄和茄子的最终存活率最高，分别为（44.21%±6.93%）和（40.64%±2.22%），显著高于油菜（11.72%±2.93%）（F=92.30，df=5,12，P<0.001），而在香菜、黄瓜和辣椒上的最终存活率为 0。

2.4 不同寄主植物上番茄潜叶蛾的适合度参数和种群增长参数

如表 4 所示，番茄潜叶蛾在番茄、茄子和油菜 3 种寄主植物上的产卵前期（F=0.20，df=2,5，P=0.829）和雌虫寿命（F=0.45，df=2,5，P=0.663）无显著差异，但在番茄（16.93 粒）和茄子上的单雌产卵量（15.33 粒）显著高于油菜（3.40 粒）（F=16.07，df=2,6，P=0.004）。

在种群增长参数方面（表 4），番茄潜叶蛾在番茄和茄子上的净生殖率 R_0（F=60.58，df=2,5，P<0.001）、平均世代周期 T（F=3.47，df=2,5，P<0.001）、内禀增长率 r_m（F=118.05，df=2,5，P<0.001）和周限增长率 λ（F=115.02，df=2,5，P<0.001）均显著高于油菜，但两者之间均无明显差异。番茄和茄子上番茄潜叶蛾的种群加倍时间 T_d 均显著低于油菜（F=87.36，df=2,5，P<0.001）。

3 讨论

寄主植物在番茄潜叶蛾的传播扩散与入侵定殖过程中起着十分重要的作用。明确番茄潜叶

表 3 番茄潜叶蛾各虫态在不同寄主植物上的存活率

Table 3 Survival condition of *Tuta absoluta* fed on different host plants

蔬菜种类 Host plants	卵孵化率（%） Egg hatching rate (%)	幼虫化蛹率（%） Larval pupation rate (%)	成虫羽化率（%） Adult emergence rate (%)	最终存活率（%） Final survival rate (%)
番茄 *Solanum lycopersicum*	53.08±7.52 a	93.85±1.27 a	88.36±0.59 a	44.21±6.93 a
茄子 *Solanum melongena*	52.45±2.77 a	95.00±2.89 a	81.68±2.11 a	40.64±2.22 a
油菜 *Brassica napus*	43.96±5.74 ab	51.34±15.14 b	53.33±3.33 b	11.72±2.93 b
香菜 *Coriandrum sativum*	43.52±3.34 ab	0.00±0.00 c	—	0.00±0.00 c
黄瓜 *Cucumis sativus*	30.56±2.78 ab	—	—	0.00±0.00 c
辣椒 *Capsicum annuum*	19.44±10.02 b	—	—	0.00±0.00 c

表 4　番茄潜叶蛾成虫在不同寄主植物上的适合度参数和种群增长参数

Table 4　Populations and fitmess parameters of *Tuta absoluta* fed on different host plants

寄主植物 Host plants	*产卵前期（d） Preoviposition period (d)	雌虫寿命（d） Adult longevity (d)	单雌产卵量（粒） Eggs laid per female (grain)	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	世代周期 T (d) Generation time (d)	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	周限增长率 λ Finite rate of increase	种群加倍时间 T_d Population doubling time
番茄 *Solanum lycopersicum*	1.7±0.3 a	7.3±0.3 a	16.93±3.08 a	38.08±1.59 a	17.1±0.2 a	0.213 3±0.000 3 a	1.237 7±0.006 7 a	3.3±0.0 a
茄子 *Solanum melongena*	2.0±0.6 a	6.7±0.9 a	15.33±0.77 a	35.33±1.83 a	17.5±0.1 a	0.203 7±0.002 8 a	1.226 0±0.003 5 a	3.4±0.5 a
油菜 *Brassica napus*	2.0±0.0 a	6.5±0.5 a	3.40±0.35 b	12.70±0.70 b	16.9±0.2 b	0.150 5±0.005 5 b	1.162 5±0.006 5 b	4.6±0.2 b

*表示数据非正态分布，同一列数据后标有不同字母表示差异显著（P<0.05，Kruskal-Wallis 检验）；未标注*数据为正态分布，同一列数据后标有不同字母表示差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。

Data marked with * is non-normally distributed, and followed by different letters within the same column indicate significant difference (P<0.05, Kruskal-Wallis test); Data not marked with * is normally distributed, and followed by different letters within the same column indicate significant difference (P<0.05, Tukey test).

蛾对山东省主要设施蔬菜的适宜度，对于控制该虫在山东省的扩散和为害具有重要意义。番茄潜叶蛾属于全变态鳞翅目昆虫，对寄主植物的适宜度取决于多个参数，包括成虫在寄主植物上的生殖力、幼虫在寄主植物上的存活率及发育速率等（Krainacker *et al.*，1987；Awmack and Leather，2002）。其中，产卵是昆虫对植物选择行为适宜度的重要判断标准（Bawin *et al.*，2016）。在本研究中，番茄潜叶蛾并不是在所有供试寄主植物上都产卵，在茄科植物番茄和茄子上的产卵量最高，5 对成虫产卵总量在 78.00-84.67 粒，单雌产卵量与李晓维等（2019）报道的该虫在番茄和茄子上的产卵量为 100 余粒差异较大，这可能与接入的成虫总量、种群饲喂条件及环境等因素有关。研究发现，番茄潜叶蛾的单雌产卵量与番茄品种密切相关，不同基因型番茄上单雌落卵量为 10-40 粒不等（Guruswamy *et al.*，2023），与本研究结果基本一致。番茄潜叶蛾的卵在番茄和茄子植株上孵化后，幼虫能够取食叶片正常生长发育并完成生活史，各虫态的存活率均较高。适合度和种群增长参数分析结果表明，番茄和茄子是番茄潜叶蛾的适宜寄主。番茄潜叶蛾主要为害番茄（Pereyra and Sánchez，2006）、马铃薯（Negi *et al.*，2018）和烟草（Tropea Garzia *et al.*，2012；罗明磊等，2022）等茄科作物，其中番茄是番茄潜叶蛾的最适寄主已在一系列研究中被证实（李晓维等，2019；Jiang *et al.*，2023）。本研究中，番茄潜叶蛾在番茄和茄子上的种群增长参数与前人报道结果相似，但也有所不同。Yang 等（2024）对我国 5 种番茄进行了番茄潜叶蛾的适合度评价，其内禀增长率为 0.131 0-0.203 4，周限增长率为 1.140 0-1.225 6，种群加倍时间为 3.4-5.3 d，不同品种之间差异较大，其中 Dafen 品种的适合度最高。本研究结果表明，番茄潜叶蛾在凯撒品种番茄上的内禀增长率、周限增长率和种群加倍时间分别为 0.213 3、1.237 7 和 3.3 d，与 Dafen 品种相近，表明凯撒品种是该虫的喜食品种。本研究种，番茄潜叶蛾在茄子和番茄上的内禀增长率、周限增长率和种群加倍时间无明显差异，表明茄子也是喜食的寄主之一，这与李晓维等（2019）的结论一致。但有研究表明，番茄潜叶蛾无法在茄子上产卵（Pereyra and Sánchez, 2006），这种适宜度差异可能与茄子品种不同有关（Ghaderi *et al.*，2017；Rostami *et al.*，2017）。

植食性昆虫在寄主植物上的存活率、发育历期和单雌产卵量等与寄主植物的营养质量密切相关（Awmack and Leather，2002；Greenberg *et al.*，2002；Pereyra and Sánchez，2006）。与番茄和茄子相比，番茄潜叶蛾在油菜上的产卵量少、卵期短、幼虫发育历期长，且化蛹率和羽化率低，最终存活率仅为 11.72%。此外，油菜上的净增殖率、内禀增长率和周限增长率低，而种群加倍时间长，这表明对番茄潜叶蛾而言，油菜叶片的营养质量远低于番茄和茄子叶片。油菜能够支持番茄潜叶蛾完成生活史，可作为寄主植物，这与之前关于野油菜是番茄潜叶蛾寄主的报道相一致（李栋，2019）。尽管目前尚无番茄潜叶蛾为害油菜的相关报道，但油菜是我国重要的油料作物，其产区主要分布于番茄潜叶蛾可越冬的长江中下游地区及华南地区等（刘孝贤等，2021），因此，应加强油菜生产中番茄潜叶蛾的监测。在山东地区，除重点关注番茄和茄子等茄科作物上该虫的发生，还应注意油菜作为潜在寄主进行传播扩散的可能。

香菜作为一种特殊的香料植物，已被用于研究与番茄间作对番茄潜叶蛾的生态控制，其能够显著增加天敌数量并降低番茄潜叶蛾种群密度（Medeiros *et al.*，2009），这表明香菜并非番茄潜叶蛾的适宜寄主，与本研究结果一致。在本研究中，番茄潜叶蛾可在香菜上产少量卵，卵孵化后幼虫可潜叶取食，但仅存活 1.67 d。香菜叶片富含杀虫活性物质，叶片挥发物能够影响烟粉虱对寄主植物的选择行为（Togni *et al.*，2010），且叶片粗提取物溶液可有效降低烟粉虱和双生病毒的发生率（Hilje and Stansly，2008），并对蚜虫有明显的触杀作用（王泽华等，2024）。番茄潜叶蛾幼虫潜入香菜叶片取食后是否因叶片中的杀虫物质而终止发育值得进一步探究，其结论或可为香菜作为植物源杀虫剂的开发与利用提供重要参考。

番茄潜叶蛾在黄瓜和辣椒上也可产少量卵，但与香菜不同，卵孵化后不能以幼虫潜入叶片取食为害。黄瓜属葫芦科植物，目前尚无关于番茄潜叶蛾在黄瓜上的适宜度研究，但已有研究发现，番茄潜叶蛾在西葫芦上同样可产少量卵但幼虫不能潜叶为害（Ingegno *et al.*，2017）。辣椒为茄科作物，但番茄潜叶蛾无法在辣椒上完成生长发育，这与李晓维等（2019）的研究结果一致。研究报道，番茄潜叶蛾可为害甜椒（Campos，1976），这可能与不同辣椒品种中的次生代谢物质（如辣椒碱、单宁和总酚）含量有关，这些物质会影响植株对害虫的抗性（贾彦霞等，2018）。尽管番茄潜叶蛾不能在黄瓜和辣椒叶片上生长发育，但考虑到番茄潜叶蛾主要为害茄科植物，对同一寄主植物适宜度存在品种差异，且在无茄科植物时倾向于利用非茄科植物，包含葫芦科植物作为次要寄主（Desneux *et al.*，2010；Soares and Campos，2022），而黄瓜和辣椒是山东省主要的大宗设施蔬菜，品种多样，因此，极为必要对黄瓜和辣椒多品种开展进一步研究，明确番茄潜叶蛾对不同品种黄瓜和辣椒的适宜度，保障黄瓜和辣椒产业的安全生产。

植食性昆虫通常利用植物释放的挥发物寻找产卵场所，非寄主植物的挥发物通常能够对相应昆虫产生明显的产卵驱避作用（Knolhoff and Heckel，2014）。本研究中，在菠菜、香葱和大蒜上，均未观察到番茄潜叶蛾产卵，推测可能是这 3 种寄主植物的叶片挥发物所致（Proffit *et al.*，2011）。菠菜属于藜科植物，被报道是番茄潜叶蛾的寄主之一（Bawin *et al.*，2016），但在本研究中未发现番茄潜叶蛾在菠菜上产卵，这可能与菠菜不同品种有关（Ghaderi *et al.*，2017；Rostami *et al.*，2017）。香葱与大蒜均为石蒜科植物，富含生物碱（王欢等，2012）常被提取用作生物杀虫剂，其挥发物对多种害虫具有明显驱避作用（窦高兴，2009；王喆，2018）。在本研究中，这 2 种植物是否也能驱避番茄潜叶蛾成虫在其上产卵尚需进一步研究。

本研究通过比较番茄潜叶蛾在山东省 9 种主要设施蔬菜上的产卵量、发育历期、存活率和种群增长参数，明确了番茄和茄子是番茄潜叶蛾的适宜寄主，建议加强对这 2 种作物上番茄潜叶蛾的监测与防控。番茄潜叶蛾成虫不在菠菜、香葱和大蒜上产卵，且香菜、黄瓜和辣椒不支持幼虫完成生长发育，生产中可将这几种蔬菜与番茄轮作或间作。研究结果为番茄潜叶蛾的监测、防控以及生态控制技术的开发提供了科学依据。

参考文献 (References)

Abbes K, Harbi A, Elimem M, Hafsi A, Chermiti B, 2016. Bioassay of three solanaceous weeds as alternative hosts for the invasive tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and insights on their carryover potential. *African Entomology*, 24(2): 334–342.

Awmack CS, Leather SR, 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47: 817–844.

Bawin T, Dujeu D, De Backer L, Francis F, Verheggen FJ, 2016. Ability of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to develop on alternative host plant species. *Canadian Entomologist*, 148(4): 434–442.

Biondi A, Guedes RNC, Wan FH, Desneux N, 2018. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future. *Annual Review of Entomology*, 63: 239–258.

CABI, 2021. Invasive species compendium *Phthorimaea absoluta* (tomato leaf miner) datasheet. 2022-04-22. https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260.

Campos RG, 1976. Control quimico del “minador de hojas ytallos de la papa” (*Scrobipalpula absoluta* Meyrick) en elvalle del Ca nete. *La Revista Peruana de Entomologia*, 19: 102–106.

Carey BJR, 1993. Applied Demography for Biologists With Special Emphasis on Insects. New York: Oxford University Press. 1–206.

Desneux N, Wajnberg E, Wyckhuys KAG, Burgio G, Arpaia S, Narváez-Vasquez CA, González-Cabrera J, Catalán Ruescas D, Tabone E, Frandon J, Pizzol J, Poncet C, Cabello T, Urbaneja A, 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83(3): 197–215.

Dou GX, 2009. Oviposition preference of beet armyworm (*Spodoptera exigua*) by host plants. Master dissertation. Guilin: Guangxi University. [窦高兴, 2009. 寄主植物对甜菜夜蛾产卵选择性的影响. 硕士学位论文. 桂林: 广西大学.]

Ghaderi S, Fathipour Y, Asgari S, 2017. Susceptibility of seven selected tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae):

Implications for its management. *Journal of Economic Entomology*, 110(2): 421–429.

Greenberg SM, Sappington TW, Sétamou M, Liu TX, 2002. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host plant preferences for oviposition. *Environmental Entomology*, 31(1): 142–148.

Guo WX, Li LL, Jiang WF, Cheng YZ, Song YY, Cui HY, Lv SH, Yu Y, Men XY, 2023. Hazard risk of *Tuta absoluta* to tomato industry in Shandong province and its monitoring and control research progress. *Shandong Agricultural Sciences*, 55(11): 1–11. [郭文秀, 李丽莉, 姜文凤, 程亚增, 宋莹莹, 崔洪莹, 吕素洪, 于毅, 门兴元, 2023. 番茄潜叶蛾对山东省番茄产业的危害风险及其监测、防控研究进展. 山东农业科学, 55(11): 1–11.]

Guruswamy M, Marimuthu M, Coll M, 2023. Life-table analyses for the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): Effects of plant genotype. *Pest Management Science*, 79(6): 2117–2125.

Hilje L, Stansly PA, 2008. Living ground covers for management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homopera: Aleyrodidae) and tomato yellow mottle virus (ToYMoV) in *Costa* Rica. *Crop Protection*, 27(1): 10–16.

Ingegno BL, Candian V, Psomadelis I, Bodino N, Tavella L, 2017. The potential of host plants for biological control of *Tuta absoluta* by the predator *Dicyphus errans*. *Bulletin of Entomological Research*, 107(3): 340–348.

Jia YX, Pang HC, Jiang L, Wang XP, 2018. Relationships between the tannin and total phenolic contents in leaves of different pepper varieties and the resistance to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Plant Protection*, 45(5): 1183–1184. [贾彦霞, 庞洪翠, 姜灵, 王新谱, 2018. 辣椒叶片中单宁和总酚含量与其对西花蓟马抗性的关系. 植物保护学报, 45(5): 1183–1184.]

Jiang ZX, Yang GQ, Zhang JL, Chen GH, Hu CX, Chen H, Zhang XM, 2023. Effects of different host plants on the growth, development, and fecundity of *Phthorimaea absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): An evaluation based on the age-stage two-sex life table. *Journal of Economic Entomology*, 116(5): 1575–1584.

Knolhoff LM, Heckel DG, 2014. Behavioral assays for studies of host plant choice and adaptation in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 59: 263–278.

Krainacker DA, Carey JR, Vargas RI, 1987. Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Oecologia*, 73(4): 583–590.

Li D, 2019. Study on ecological adaptability of invasive tomato leaf miner. Master dissertation. Nanjing: Nanjing Agricultural University. [李栋, 2019. 外来入侵害虫番茄潜叶蛾的生态适宜度研究. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学.]

Li XW, Li D, Guo WC, Lv YB, 2019. Host-plant suitability of South America tomato pinworm *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on four solanaceous plants. *Plant Quarantine*, 33(3): 1–5. [李晓维, 李栋, 郭文超, 吕要斌, 2019. 番茄潜叶蛾对 4 种茄科植物的适宜度研究. 植物检疫, 33(3): 1–5.]

Liu XX, Han P, Zhang X, Zhang P, Luo D, Wang T, Lü ZZ, 2021. Prediction of the geographical distribution and overwintering boundary of tomato leaf miner. *Chinese Journal of Ecology*, 40(10): 3243–3251. [刘孝贤, 韩鹏, 张鑫, 张苹, 罗迪, 王婷, 吕昭智, 2021. 番茄潜麦蛾地理分布范围及越冬边界预测. 生态学杂志, 40(10): 3243–3251.]

Luo ML, Tian XC, Liu XW, Zhang GF, He YS, Chen XL, Gui FR, Zhang YB, Yu L, 2022. Assessment of the fitnesses traits of a major invasive pest, *Tuta absoluta* (Meyrick), on four tobacco varieties. *Plant Protection*, 48(6): 162–168. [罗明磊, 田小草, 刘万学, 张桂芬, 何元胜, 陈小龙, 桂富荣, 张毅波, 余磊, 2022. 重大入侵害虫番茄潜叶蛾在 4 个烟草品种上的适合度评估. 植物保护, 48(6): 162–168.]

Ma F, Zhang JH, Yu YX, Cao YX, Duan SN, 2011. *Tuta absoluta* (Meyrick). *Plant Quarantine*, 25(5): 55–58. [马菲, 张俊华, 于艳雪, 曹逸霞, 段胜男, 2011. 番茄麦蛾. 植物检疫, 25(5): 55–58.]

Maia ADN, Luiz AJB, Campanhola C, 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: Computational aspects. *Journal of Economic Entomology*, 93(2): 511–518.

Medeiros MA, Sujii ER, Morais HC, 2009. Effect of plant diversification on abundance of South American tomato pinworm and predators in two cropping systems. *Horticultura Brasileira*, 27(3): 300–306.

Meyer JS, Ingersoll CG, McDonald LL, Boyce MS, 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 67(5): 1156–1166.

Negi S, Sharma PL, Sharma KC, Verma SC, 2018. Effect of host plants on developmental and population parameters of invasive leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Phytoparasitica*, 46 (2): 213–221.

Pereyra PC, Sánchez NE, 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35(5): 671–676.

Proffit M, Birgersson G, Bengtsson M, Reis R, Witzgall P, Lima E, 2011. Attraction and oviposition of *Tuta absoluta* females in response to tomato leaf volatiles. *Journal of Chemical Ecology*,

37(6): 565–574.

Rostami E, Madadi H, Abbasipour H, Allahyari H, Cuthbertson AGS, 2017. Life table parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different tomato cultivars. *Journal of Applied Entomology*, 141(1/2): 88–96.

Santana PA, Kumar L, Da Silva RS, Picanço MC, 2019. Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1373–1385.

Soares MA, Campos MR, 2022. *Phthorimaea absoluta* (tomato leaf-miner). CABI Compendium. 2023-10-24. http://doi.org/10.1079/cabicompendium.49260.

Togni PHB, Laumann RA, Medeiros MA, Sujii ER, 2010. Odour masking of tomato volatiles by coriander volatiles in host plant selection of *Bemisia tabaci* biotype B. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 136(2): 164–173.

Tropea Garzia G, Castañé, C, Perdikis D, 2009. *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), a host plant of *Tuta absoluta* in Italy. *Iobc/wprs Bulletin*, 49: 231–232.

Tropea Garzia G, Siscaro G, Biondi A, Zappalà L, 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: Biology, distribution and damage. *Bulletin OEPP*: *EPPO Bulletin*, 42(2): 205–210.

Visser D, Uys V, Nieuwenhuis R, Pieterse W, 2017. First records of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in South Africa. *BioInvasions Records*, 6(4): 301–305.

Wang H, Wang YH, Chen LJ, Long CL, 2012. Research progress of alkaloids from *Lycoris*. *Natural Product Research and Development*, 24(5): 691–697, 701. [王欢, 王跃虎, 陈丽娟, 龙春林, 2012. 石蒜属植物生物碱成分研究进展. 天然产物研究与开发, 24(5): 691–697, 701.]

Wang Z, 2018. Preliminary study on the avoid flooding effect of six non-host plants' volatiles of *Carposina sasakii* Matsumura. Master dissertation. Shenyang: Shenyang Agricultural University. [王喆, 2018. 六种非寄主植物及其挥发物对桃小食心虫驱避作用的初步探究. 硕士学位论文. 沈阳: 沈阳农业大学.]

Wang ZH, Yang F, Gao TT, Zhang DF, Yu QY, Gao MY, Wang SN, 2024. Insecticidal activity of coriandrum sativum essential oil against *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and the effects on the aphid's protective and detoxification enzyme activities. *Acta Entomologica Sinica*, 67(3): 366–373. [王泽华, 杨帆, 高恬恬, 张道丰, 于秋月, 高梦瑶, 王山宁, 2024. 芫荽精油对桃蚜的杀虫活性及其保护酶和解毒酶活性的影响. 昆虫学报, 67(3): 366–373.]

Yang HS, Zhang C, Shen YY, Gao HF, Zhang GF, Liu WX, Jiang HB, Zhang YB, 2024. Life table parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on five tomato cultivars in China. *Insects*, 15(3): 208.

Zhang GF, Liu WX, Wan FH, Xian XQ, Zhang YB, Guo JY, 2018. Bioecology, damage and management of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), a worldwide quarantine pest. *Journal of Biosafety*, 27(3): 155–163. [张桂芬, 刘万学, 万方浩, 冼晓青, 张毅波, 郭建洋, 2018. 世界毁灭性检疫害虫番茄潜叶蛾的生物生态学及危害与控制. 生物安全学报, 27(3): 155–163.]

Zhang GF, Zhang YB, Xian XQ, Liu WX, Li P, Liu WC, Liu H, Feng XD, Lü ZC, Wang YS, Huang C, Guo JY, Wan FH, Ma DY, Zhang XM, Gui FR, Li YH, Luo R, Wang HQ, Wang J, 2022. Damage of an important and newly invaded agricultural pest, *Phthorimaea absoluta*, and its prevention and management measures. *Plant Protection*, 48(4): 51–58. [张桂芬, 张毅波, 冼晓青, 刘万学, 李萍, 刘万才, 刘慧, 冯晓东, 吕志创, 王玉生, 黄聪, 郭建洋, 万方浩, 马德英, 张晓明, 桂富荣, 李亚红, 罗荣, 王慧卿, 王俊, 2022. 新发重大农业入侵害虫番茄潜叶蛾的发生为害与防控对策. 植物保护, 48(4): 51–58.]

Zhang GF, Liu WX, Guo JY, Zhang YB, Wan FH, 2013. Species-specific COⅠ primers for rapid identification of *Tuta absoluta* (Meyrick), a significant, potential alien species. *Journal of Biosafety*, 22(2): 80–85. [张桂芬, 刘万学, 郭建洋, 张毅波, 万方浩, 2013. 重大潜在入侵害虫番茄潜叶蛾的SS-COⅠ快速检测技术. 生物安全学报, 22(2): 80–85.]

Zhang YB, Tian XC, Wang H, Casteňé C, Arnó J, Collatz J, Romeis J, Wu SR, Xian XQ, Liu WX, Wan FH, Zhang GF, 2022. Host selection behavior of the host-feeding parasitoid *Necremnus tutae* on *Tuta absoluta*. *Entomologia Generalis*, 42(3): 445–456.