



曹小艳,叶晓琴,曹海霞,等. 苹果蠹蛾在和田地区2个核桃品种上的种群动态[J]. 南京农业大学学报,2024,47(5):864-872.

CAO Xiaoyan, YE Xiaoqin, CAO Haixia, et al. Population dynamics of *Cydia pomonella* on two walnut species in Hotan area[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2024, 47(5): 864-872.

## 苹果蠹蛾在和田地区2个核桃品种上的种群动态

曹小艳,叶晓琴,曹海霞,阿地力·沙塔尔\*

(新疆农业大学林学与风景园林学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**[目的]本文旨在明确和田地区核桃物候与苹果蠹蛾的发生关系,为精准防控提供理论依据。[方法]从核桃花期至果实成熟期定点、定期在野外进行物候观察,用游标卡尺测量果实三径,通过随机抽样法调查苹果蠹蛾各虫态发生,并将核桃物候与苹果蠹蛾各虫态发生进行关联。[结果]对苹果蠹蛾成虫消长动态调查发现,4月下旬‘新丰’核桃物候为果实膨大期,‘扎343’核桃物候为坐果期时,越冬代成虫达羽化高峰,在此阶段开展对越冬代成虫的防治可有效降低虫口密度;7月下旬‘新丰’核桃物候为果皮转色期,‘扎343’核桃物候为硬核期时,第1代成虫达羽化高峰,在此阶段开展对第1代成虫的防治可有效降低虫口密度。对产卵调查发现,4月下旬至5月上旬,越冬代成虫开始产卵,核桃物候为果实膨大期(花后20~30d),此时为第1代卵防治的最佳时期;5月上旬至5月下旬,越冬代成虫产卵达高峰,核桃物候为果实膨大期(花后30~40d),此时为第1代初孵幼虫防治的最佳时期;8月上旬,第1代成虫产卵达高峰。‘新丰’核桃物候为果皮开裂期,‘扎343’核桃物候为果皮转色期,此时为第2代初孵幼虫防治的最佳时期。对蛀果调查发现,5月上旬至6月上旬,第1代幼虫开始为害并达为害高峰,核桃物候为果实膨大期(花后40~60d),此时为第1代老熟幼虫防治的最佳时期;8月上旬,第2代幼虫蛀果达高峰,‘新丰’核桃物候为果皮开裂期,‘扎343’核桃物候为果皮转色期,此时为第2代老熟幼虫的最佳防治时期。[结论]结合核桃物候明确了苹果蠹蛾各虫态的发生动态,为苹果蠹蛾各虫态的精准防控奠定基础,进而减少苹果蠹蛾对核桃果实的为害。

**关键词:**核桃;物候期;苹果蠹蛾;发生动态

中图分类号:S763.42

文献标志码:A

文章编号:1000-2030(2024)05-0864-09

## Population dynamics of *Cydia pomonella* on two walnut species in Hotan area

CAO Xiaoyan, YE Xiaoqin, CAO Haixia, Adil·Sattar\*

(College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:**[Objectives]The paper aimed to clarify the relationship between walnut phenology and codling moth occurrence in Hotan area, and to provide a theoretical basis for precise control. [Methods]Phenological observation was carried out regularly in the field from the flowering stage to the ripening stage of the walnut fruit. The three diameters of the fruit were measured with vernier calipers, and the occurrence of various codling moth states was investigated by random sampling method. The relationship between the phenology of walnut and the occurrence of each state of codling moth was also discussed. [Results]The survey on the growth and decline dynamics of codling moth adults found that in late April, when the phenology of ‘Xinfeng’ walnut was the fruit expansion period, and the ‘Zha343’ walnut phenology was the fruit set period, the overwintering adults reached the peak of eclosion. The prevention and control of adult insects could effectively reduce the population density of insects. In late July, when the phenology of ‘Xinfeng’ walnut was the husk turnover period, and the phenology of ‘Zha343’ walnut was the hardcore period, the first generation adults reached the peak of eclosion, and the control of the first generation adults at this stage could be effectively reduce insect population density. The survey on spawning found that from late April to early May, the overwintering adults began to lay eggs, and the walnut phenology was the fruit expansion period (20-30 d after flowering), which was the best period for the control of the first generation eggs. From early May to late May, the oviposition peak of overwintering adults, walnut phenology was the fruit expansion period (30-40 d after flowering), and this was the best period for the control of the first generation of newly hatched larvae. In the first August, the eggs of the first generation adults reached the peak. The phenology of ‘Xinfeng’ walnut was the husk cracking period, and the phenology of ‘Zha343’ walnut was the husk turnover period. This was the best time for the control of the second generation of newly hatched larvae. The investigation of borers found that from early May to early June, the first generation of larvae began to cause damage and reached the peak of damage, and the walnut phenology was the fruit expansion period (40-60 d after flowering). This was the best time to control the first generation of mature larvae. In the first August, the second generation of larvae

收稿日期:2023-06-06

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2021B02004)

\*通信作者:阿地力·沙塔尔,教授,研究方向为林业有害生物综合治理和外来有害生物防控, E-mail: adl1968@126.com。

reached the peak, the phenology of 'Xinfeng' walnut was the husk cracking period, and the phenology of 'Zha343' walnut was the husk turnover period. This was the best control period for the second generation of mature larvae. [Conclusions] Combined with the walnut phenology, the occurrence dynamics of each stage of codling moth was clarified, which laid the foundation for the precise control of each stage of codling moth, and then reduced the damage of codling moth to walnut fruit.

**Keywords:** walnut; phenological period; codling moth (*Cydia pomonella*); occurrence dynamics

核桃是新疆重要的经济林果产品之一,在和田地区核桃种植面积已达 11.46 万  $\text{hm}^2$ ,总产量达 20.65 万 t,而和田县核桃种植面积为 2.13 万  $\text{hm}^2$ ,占全县林果面积的 53%<sup>[1-2]</sup>。随着核桃产业的发展,由于种植面积扩大,种植结构调整以及管理模式改变,核桃病虫害的发生也逐渐增加。2018 年,苹果蠹蛾 (*Cydia pomonella*) 为害核桃果实,系国内首次发现。其发生面积为 2 900  $\text{hm}^2$ ,且进一步扩散蔓延至和田市、墨玉县以及洛浦县,在部分乡镇发生严重,直接造成产量下降 50%~70%。2019 年,当地政府采取相应的防治措施,取得了一定的成效,但苹果蠹蛾的扩散趋势仍未得到有效控制。2020 年,对全县 12 个乡镇进行诱捕器监测,成虫发生面积 12 000  $\text{hm}^2$ ,蛀果面积 5 900  $\text{hm}^2$ ,其中中度发生面积占 41.93%,轻度发生面积占 58.07%,蛀果率高达 40%左右,这对和田地区核桃产业的发展、社会经济以及农民收入等方面造成严重威胁<sup>[3]</sup>。

苹果蠹蛾在世界范围内分布广泛,是苹果 (*Malus pumila*)、桃 (*Prunus persica*)、梨 (*Pyrus spp.*)、杏 (*Prunus armeniaca*)、核桃等果树的主要害虫<sup>[4-6]</sup>。在国外关于核桃园中苹果蠹蛾的研究已有不少报道。有研究表明,不同的核桃品种对苹果蠹蛾为害的敏感性有所不同,不同核桃品种除了坚果的大小和化学成分的差异外,在开花物候方面也存在很大差异。这表明不同核桃品种之间苹果蠹蛾为害的差异可能是由坚果发育的物候决定的,而雌虫更偏向在早熟的核桃上产卵<sup>[7-8]</sup>。不同核桃品种其营养物质也存在差异,进而影响苹果蠹蛾幼虫的性能,包括存活率、生长率等,因此导致为害程度不同<sup>[9]</sup>。国内的研究主要集中在不同寄主中苹果蠹蛾的生物学与生态学特性,包括不同寄主中苹果蠹蛾的生长发育、成虫的消长动态、幼虫的习性以及温度对苹果蠹蛾生长发育的影响等,而寄主植物核桃物候与苹果蠹蛾各虫态的相互适应性未有明确研究。因此,本研究通过对和田县不同核桃品种物候观察与苹果蠹蛾各虫态的发生动态监测,探明核桃物候与苹果蠹蛾各虫态的相互关系,为苹果蠹蛾在核桃园的精准防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于新疆维吾尔自治区和田地区和田县拉依喀乡 ( $42^{\circ}22'N, 84^{\circ}48'E$ ),平均海拔 1 400 m,年平均降水量为 98.6 mm。主要种植果树为核桃,林下经济作物主要为小麦和玉米,其试验地面积为 33.33  $\text{hm}^2$ 。在距试验地约 3 km 的位置种植桃树,种植面积为 0.03  $\text{hm}^2$ 。

### 1.2 供试材料

核桃品种为‘新丰’与‘扎 343’,具有生长能力强、高产、稳产的特点,也是和田县主要的栽培品种<sup>[10]</sup>。‘新丰’属于雌先型早熟品种,株高为 10 m,‘扎 343’属于雄先型晚熟品种,株高为 8 m<sup>[11]</sup>,树龄为 15~20 年,株行距为 6 m×8 m,2 个品种混合(交叉)种植,均种植于和田县。

供试虫源为和田县拉依喀乡 33.33  $\text{hm}^2$  核桃园(种植‘新丰’与‘扎 343’核桃品种)中的苹果蠹蛾卵、幼虫和成虫。

### 1.3 仪器设备

体式显微镜(舜宇, SZ4)和显微摄像头(GT5.0)购买于上海俊升科学器材有限公司;三角形诱捕器(27.5 cm×20 cm×10 cm)和苹果蠹蛾诱芯(有效成分是反 8,反 10-十二碳烯醇,含量为 0.5~2 mg)由中捷四方生物科技有限公司提供。

### 1.4 核桃物候期观察

以种植面积 0.13  $\text{hm}^2$  为 1 个试验样地,选取 3 个试验样地,每个样地每个品种各选取生长健壮、发育正常、树冠开阔且光照条件一致的 3 棵标准株,每棵标准株选取 4 个方位,每个方位选取 3~4 枝生长良好且相对生长一致的标准枝,并对标准枝做标记,每日观察记录 2 个品种核桃的物候。依据文献[12]进行物候期观测。主要记录花期(雌花期、雄花期)物候、果实(坐果期、果实膨大期、硬核期、果皮转色期、果皮开裂期、果实成熟期)物候。

### 1.5 核桃果实表型性状的测定

在物候观察的试验样地中,选择每个品种2棵样树,从花后10 d至果实成熟,每隔10 d进行1次样品收集。每个品种每棵树按东、南、西、北4个方位采收发育正常、无病虫害的3个果实,即每个采收日期每个品种共采集24个样品。用游标卡尺测定果实三径(横径、纵径和侧径),精确至0.01 mm<sup>[13]</sup>;用千分之一分析天平测定鲜果重,精确至0.01 g。含水量的测定:从采集的样品中随机取3个核桃果实,将果实切碎分别放入烘干盒中,置于干燥箱中以110℃杀青20 min,之后于80℃干燥处理24 h,冷却后称重,并重复烘干至恒重。烘干前后核桃质量差即为核桃果实含水量,精确至0.01%<sup>[13]</sup>。

### 1.6 苹果蠹蛾各虫态消长动态监测

于3月中旬开始,选择10 hm<sup>2</sup>的核桃园,采用棋盘式法,每2 hm<sup>2</sup>设置1个三角形诱捕器,共布设5个诱捕器。每3 d开展1次调查,统计诱捕器中粘虫板诱捕到成虫数量并更换粘虫板。

于4月中旬开始,每个品种选择1 hm<sup>2</sup>试验样地,采用交叉法,每个样地选取5棵树作为调查对象,每3 d进行1次调查。定时、定点对叶片、果实、枝条、果柄、叶柄进行卵的数量调查,将带有卵的叶片、果实、枝条、果柄、叶柄摘取并记录。

采用定点、定株调查蛀果率。于5月上旬开始,每个品种选择0.5 hm<sup>2</sup>试验样地,采用交叉法,每个品种选取5棵树作为调查对象,每3 d进行1次调查。每棵树按东、南、西、北4个方位,每个方位取25颗果实,即每个品种共500颗果实,每次调查将蛀果摘除并计算蛀果率,摘除的蛀果不用于下次蛀果调查统计。蛀果率=蛀果数/总调查果数×100%。

### 1.7 数据处理

采用Excel 2013软件进行数据汇总,采用SPSS 22和Origin 2018软件对数据进行处理与绘图,采用Adobe Illustrator CC 2019软件拼接图片。

## 2 结果与分析

### 2.1 核桃物候与苹果蠹蛾成虫的发生关系

通过对核桃物候期与成虫消长动态调查(图1、表1)可知:3月下旬,当核桃物候处于花期时(‘新丰’核

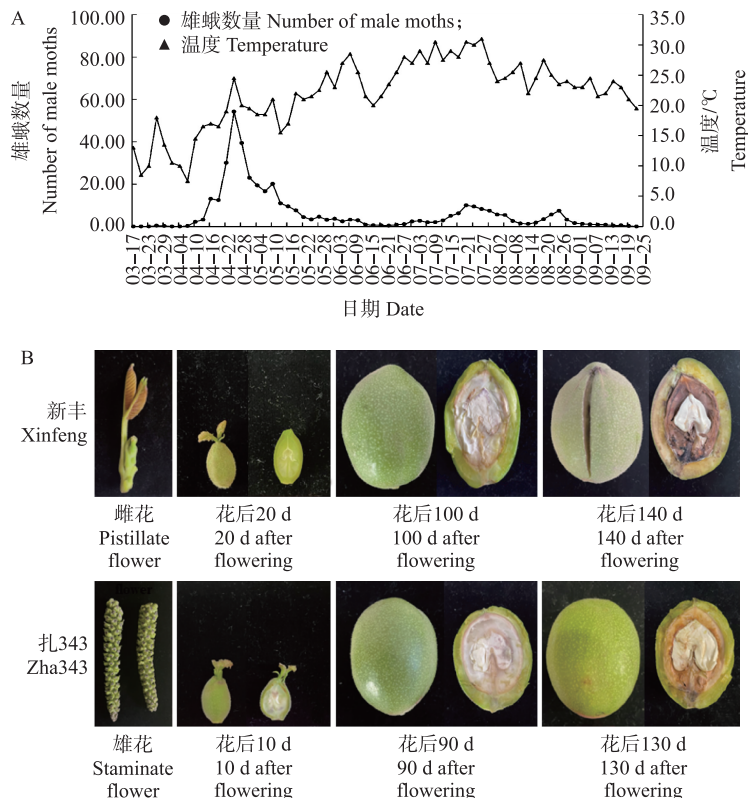


图1 苹果蠹蛾成虫消长动态(A)和核桃花与果实外观表型(B)

Fig. 1 Occurrence dynamics of *Cydia pomonella* male moth(A) and walnut blossom and fruit appearance phenotypes(B)

雄蛾数量为每个诱捕器平均诱捕成虫总数。Number of male moths is the average number of adult moths caught per trap.

表 1 核桃物候期与果实表型性状  
Table 1 Phenological stage and fruit phenotypic characters of walnut

观察日期 Observe the date	‘新丰’核桃 ‘Xinfeng’ walnut				
	物候期 Phenological stage	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Longitudinal diameter	侧径/mm Side diameter	鲜果重/g Fruit weight
3月下旬 Late March	雌花期 Female flower period	—	—	—	—
4月下旬 Late April	果实膨大期 Fruit expansion period	10.13±0.08 <sup>f</sup>	17.17±0.15 <sup>b</sup>	10.47±0.10 <sup>g</sup>	0.89±0.17 <sup>f</sup>
5月上旬 Middle May	果实膨大期 Fruit expansion period	24.99±0.33 <sup>e</sup>	34.50±0.48 <sup>g</sup>	24.21±0.04 <sup>f</sup>	10.73±0.65 <sup>e</sup>
5月下旬 Late May	果实膨大期 Fruit expansion period	34.20±0.53 <sup>d</sup>	47.51±1.65 <sup>f</sup>	36.04±1.62 <sup>e</sup>	29.54±1.35 <sup>d</sup>
6月上旬 Early June	果实膨大期 Fruit expansion period	40.64±0.37 <sup>c</sup>	53.62±3.00 <sup>e</sup>	42.89±0.28 <sup>d</sup>	52.55±0.57 <sup>c</sup>
7月下旬 Late July	果皮转色期 Husk turnover period	45.60±1.85 <sup>b</sup>	60.72±0.64 <sup>d</sup>	48.94±2.15 <sup>c</sup>	79.48±1.70 <sup>a</sup>
8月上旬-1 Early August-1	果皮开裂期 Husk cracking period	45.72±0.46 <sup>ab</sup>	64.90±1.46 <sup>b</sup>	51.59±0.57 <sup>a</sup>	77.78±3.54 <sup>b</sup>
8月上旬-2 Early August-2	果皮开裂期 Husk cracking period	46.00±0.77 <sup>ab</sup>	66.13±1.80 <sup>a</sup>	50.61±0.61 <sup>b</sup>	77.24±1.54 <sup>b</sup>
8月下旬 Late August	果实成熟期 Fruit maturation period	47.06±0.16 <sup>a</sup>	63.75±0.89 <sup>c</sup>	51.92±0.56 <sup>a</sup>	77.08±0.47 <sup>b</sup>

观察日期 Observe the date	‘扎 343’核桃 ‘Zha343’ walnut				
	物候期 Phenological stage	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Longitudinal diameter	侧径/mm Side diameter	鲜果重/g Fruit weight
3月下旬 Late March	雌花期 Female flower period	—	—	—	—
4月下旬 Late April	坐果期 Fruit set period	9.23±0.19 <sup>g</sup>	14.58±0.96 <sup>g</sup>	9.40±0.21 <sup>h</sup>	0.74±0.07 <sup>h</sup>
5月上旬 Middle May	果实膨大期 Fruit expansion period	13.31±1.11 <sup>f</sup>	17.01±1.10 <sup>f</sup>	13.32±0.77 <sup>g</sup>	1.61±0.19 <sup>g</sup>
5月下旬 Late May	果实膨大期 Fruit expansion period	27.94±0.74 <sup>e</sup>	35.47±1.26 <sup>e</sup>	29.01±0.37 <sup>f</sup>	16.11±1.05 <sup>f</sup>
6月上旬 Early June	果实膨大期 Fruit expansion period	35.55±1.06 <sup>d</sup>	45.75±1.10 <sup>d</sup>	37.35±1.11 <sup>e</sup>	33.94±1.74 <sup>e</sup>
7月下旬 Late July	硬核期 Hardcore period	45.32±1.06 <sup>a</sup>	54.83±1.67 <sup>b</sup>	49.12±0.23 <sup>a</sup>	68.41±2.39 <sup>a</sup>
8月上旬-1 Early August-1	果皮转色期 Husk turnover period	44.12±0.75 <sup>b</sup>	54.71±0.83 <sup>b</sup>	47.66±2.91 <sup>b</sup>	61.33±3.23 <sup>c</sup>
8月上旬-2 Early August-2	果皮转色期 Husk turnover period	42.31±0.82 <sup>c</sup>	52.50±0.60 <sup>c</sup>	44.27±0.23 <sup>d</sup>	55.92±1.39 <sup>d</sup>
8月下旬 Late August	果实成熟期 Fruit maturation period	45.24±0.16 <sup>a</sup>	59.04±0.98 <sup>a</sup>	46.84±0.88 <sup>c</sup>	64.04±1.76 <sup>b</sup>

注:数字表示平均值±标准差,同一列数据后带有不同小写字母者表示差异显著( $P<0.05$ )。8月上旬-1表示‘新丰’花后 120 d,‘扎 343’花后 100 d;8月上旬-2表示‘新丰’花后 130 d,‘扎 343’花后 110 d。  
Note:Numbers represent mean±standard deviation,data with different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level. Early August-1 indicate 120 d after the ‘Xinfeng’ flowering and 100 d after flowering for ‘Zha343’;early August-2 indicate 130 d after the ‘Xinfeng’ flowering and 110 d after flowering for ‘Zha343’.

桃物候为雌花期,‘扎 343’核桃物候为雄花期),越冬代成虫开始羽化,此时可通过悬挂迷向丝等生物防治方法进行防治。4月下旬,当‘新丰’核桃物候为果实膨大期,‘扎 343’核桃物候为坐果期时,成虫达到羽化高峰,每个诱捕器平均诱捕成虫总数为 54.20 头,在此阶段开展越冬代成虫防治,能有效降低虫口密度。此时,‘新丰’果实为花后 20 d,果实三径(横径、纵径和侧径)分别是 10.13、17.17 和 10.47 mm,鲜果重为 0.89 g;‘扎 343’果实为花后 10 d,果实三径分别是 9.23、14.58 和 9.40 mm,鲜果重为 0.74 g。7月下旬,当‘新丰’物候为果皮转色期,‘扎 343’物候为硬核期时,第 1 代成虫达到羽化高峰,每个诱捕器平均诱捕成虫总数为 10.00 头,在此阶段开展第 1 代成虫防治能有效降低虫口密度。此时,‘新丰’果实为花后 100 d,果实三径分别为 45.60、60.72 和 48.94 mm,鲜果重为 79.48 g;‘扎 343’果实为花后 90 d,果实三径分别为 45.32、54.83 和 49.12 mm,鲜果重为 68.41 g。8月下旬,当‘新丰’与‘扎 343’物候为果实成熟期时,核桃果实革质化的膜开始转变为褐色,第 2 代成虫达到羽化高峰,每个诱捕器平均诱捕成虫总数为 7.40 头,苹果蠹蛾成虫无法对核桃果实造成受害。此时,‘新丰’果实为花后 140 d,果实三径分别为 47.06、63.75 和 51.92 mm,鲜果重为 77.08 g;‘扎 343’果实为花后 130 d,果实三径分别为 45.24、59.04 和 46.84 mm,鲜果重为 64.04 g。由此可见,当越冬代成虫、第 1 代成虫与第 2 代成虫均达到高峰时,2 个核桃品种均为果实物候期。

2.2 核桃物候与苹果蠹蛾卵的发生关系

由图 2 和表 1 可知:在不同核桃品种中,苹果蠹蛾的产卵时间不同。对‘新丰’核桃品种中卵发生动态进行调查发现,4月下旬,越冬代成虫开始产卵,此时物候处于果实膨大期(花后 20 d),果实三径分别为 10.13、17.17 和 10.47 mm,鲜果重为 0.89 g,此时为第 1 代卵的最佳防治时期;5月上旬,产卵量达到高峰,核桃物候为果实膨大期(花

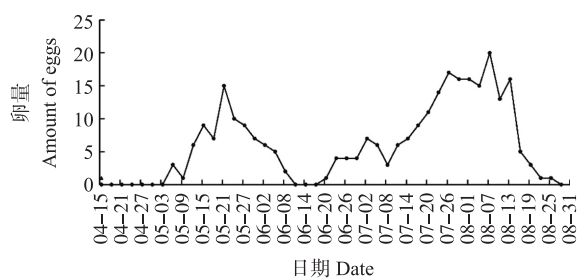


图 2 苹果蠹蛾卵的消长动态  
Fig. 2 Occurrence dynamics of codling moth eggs

后 30 d), 果实三径分别为 24.99、34.50 和 24.21 mm, 鲜果重为 10.73 g, 此时为第 1 代初孵幼虫最佳的防治时期; 8 月上旬, 第 1 代成虫产卵达高峰, 核桃物候为果皮开裂期(花后 120 d), 果实三径分别为 45.72、64.90 和 51.59 mm, 鲜果重为 77.78 g, 此时为第 2 代初孵幼虫的最佳防治时期。

对‘扎 343’核桃品种卵的发生动态进行调查发现: 5 月上旬, 越冬代成虫开始产卵, 果实物候为果实膨大期(花后 20 d), 果实三径分别为 13.31、17.01 和 13.32 mm, 鲜果重为 1.61 g, 此时为第 1 代卵的最佳防治时期; 5 月下旬, 产卵量达高峰, 核桃物候为果实膨大期(花后 30 d), 果实三径分别为 21.69、30.33 和 23.20 mm, 鲜果重为 8.08 g, 此时为第 1 代初孵幼虫的最佳防治时间; 8 月上旬, 第 1 代成虫产卵达高峰, 核桃物候为果皮转色期(花后 100 d), 果实三径分别为 44.12、54.71 和 47.66 mm, 鲜果重为 61.33 g, 此时为第 2 代初孵幼虫的最佳防治时期。由此可见, 虽然 2 个品种核桃发育的时间不同, 但越冬代成虫开始产卵至产卵量达到高峰以及核桃果实的物候相同。

对 2 个核桃品种越冬代与第 1 代成虫产卵位置(图 3)调查发现: 越冬代成虫卵主要产于叶片背面, 比例为 87.67%, 其次是叶片正面, 比例为 9.67%, 有少部分产于果实与枝条上, 比例为 2.67%; 第 1 代成虫产卵主要产于果实表面, 比例为 73.67%, 其次为叶片背面, 比例为 20.67%, 最后为叶片正面, 比例为 5.67%; 越冬代与第 1 代成虫均为在果柄与叶柄上产卵, 可见 2 代成虫产卵部位有显著不同。进一步对果实表面与叶片表面观察(图 4)可知: 越冬代成虫产卵时, 核桃果实表面有腺体, 并伴有黏液, 而第 1 代成虫产卵时, 果实表面腺体逐渐退化, 由此可能造成 2 代成虫产卵部位不同。

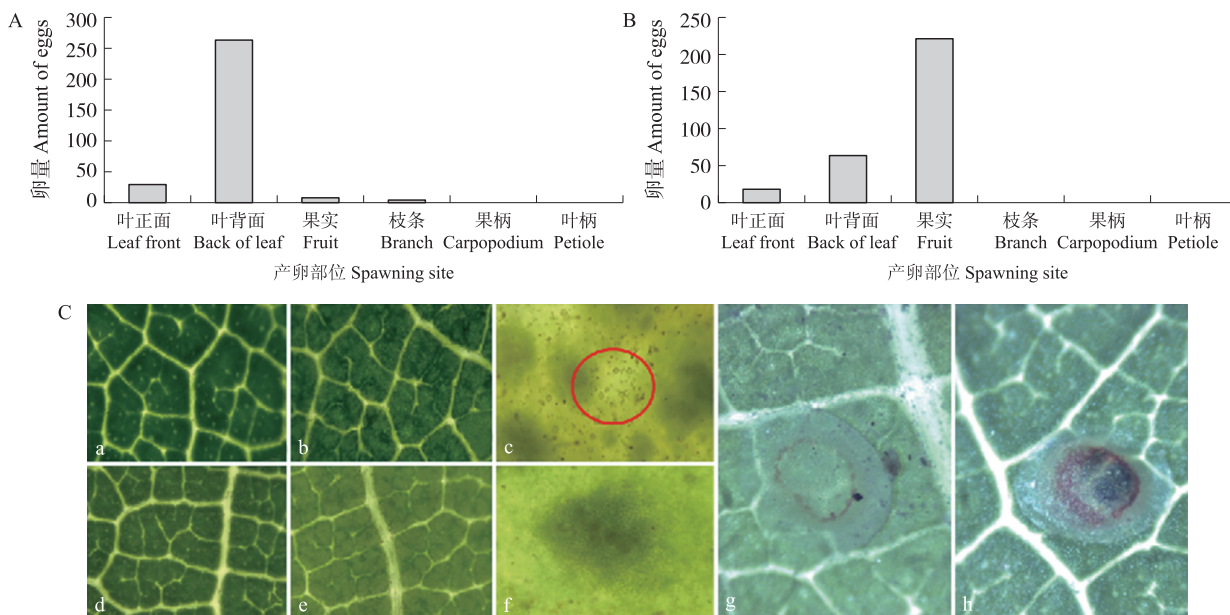


图 3 苹果蠹蛾的产卵位置

Fig. 3 Spawning location of codling moth

A. 越冬代苹果蠹蛾成虫产卵位置统计 Statistics on the oviposition sites of overwintering generation codling moth adults; B. 第 1 代苹果蠹蛾成虫产卵位置统计 Statistics on the oviposition sites of the first generation codling moth adults; C. 产卵部位的显微观察 Microscopic observation of oviposition sites. a—c. 第 1 代产卵部位组织图(红圈中为腺体) The first generation egg-laying site tissue diagram (There are glands in the red circle); d—f. 第 2 代产卵部位组织 The second generation egg-laying site tissue; g. 卵产于叶背面 Eggs are laid on the back of leaf; h. 卵产于叶片正面 Eggs are laid on the front of leaf.

### 2.3 核桃物候与苹果蠹蛾幼虫的发生关系

由图 5 和表 1 可知, 2 个品种核桃蛀食时间和蛀果率均不同, 因此幼虫发生动态也不相同。对‘新丰’核桃品种蛀果调查发现: 5 月上旬, 第 1 代幼虫开始蛀食, 此时为第 1 代幼虫防治时期, 此时物候为果实膨大期(花后 40 d), 果实三径分别为 24.99、34.50 和 24.21 mm, 鲜果重为 10.73 g, 核桃种仁内的胚与胚乳均为水状液体; 5 月下旬, 幼虫蛀果率达高峰, 为 3.00%, 果实物候为果实膨大期(花后 50 d), 果实三径分别为 34.20、47.51 和 36.04 mm, 鲜果重为 29.54 g, 核桃种仁内的胚与胚乳由水状液体逐渐发育为凝胶状, 此时为第 1 代老熟幼虫防治最佳时期; 8 月上旬, 第 2 代幼虫蛀果率达到高峰, 为 3.80%, 物候为果皮开裂期(花后 130 d), 果实三径分别为 46.00、66.13 和 50.61 mm, 鲜果重为 77.24 g, 核桃种仁内的胚与胚乳全部变白, 分心木已木质化, 此时为第 2 代老熟幼虫防治的最佳时期。



图 4 核桃果实外观表型

Fig. 4 Appearance phenotype of walnut fruit

对‘扎 343’核桃品种蛀果调查发现:5 月下旬,第 1 代幼虫开始蛀食,此时为第 1 代幼虫最佳防治时期,此时物候为果实膨大期(花后 30 d),果实三径分别为 27.94、35.47 和 29.01 mm,鲜果重为 16.11 g,核桃种仁内的胚与胚乳均为水状液体;6 月上旬,幼虫蛀果率达到高峰,为 1.80%,果实物候为膨大期(花后 50 d),果实三径分别为 35.55、45.75 和 37.35 mm,鲜果重为 33.94 g,种仁内胚与胚乳的状态与‘新丰’核桃品种相同,此时为第 1 代老熟幼虫防治最佳时期;8 月上旬,第 2 代幼虫蛀果率达到高峰,为 1.90%,果实物候为果皮转色期(花后 100 d),果实三径分别为 42.31、52.50 和 44.27 mm,鲜果重为 55.92 g,核桃种仁内胚与胚乳全部变白,分心木部分木质化,此时为第 2 代老熟幼虫防治的最佳时期。对 2 个品种蛀果高峰比较可知,‘新丰’核桃品种果实蛀果率高于‘扎 343’核桃品种,在 2 代幼虫蛀果高峰中,‘新丰’果实蛀果率较‘扎 343’分别高 1.67 和 2.00 倍。而在不同核桃品种中,当第 1 代苹果蠹蛾幼虫蛀果开始至高峰,核桃果实的物候相同。由此可知,通过对不同品种蛀果率比较,发现早熟的核桃品种较晚熟的为害时间早。

### 3 讨论

物候期是指在环境的影响下以年为周期的自然季节性现象<sup>[14]</sup>。果树出现萌芽、开花、结果等生长发育现象,不同果树的物候存在重叠,同时也在发育时间上存在前后的差异,因此导致蛀果类害虫在不同寄主植物上的生物学习性存在差异<sup>[15]</sup>。新疆核桃的种植区域主要集中在南疆地区,其主要分布在克州、喀什、阿克苏以及和田地区,核桃种植面积已达 38.29 万  $\text{hm}^2$ ,可见核桃已成为当地农民增收致富的支柱产业<sup>[16]</sup>。苹果蠹蛾的为害已对和田地区核桃产业的发展、社会经济以及当地农民的收入造成严重影响,同时对南疆其他地区也造成威胁,因此对核桃园中苹果蠹蛾发生的研究迫在眉睫。

张学祖<sup>[17]</sup>研究苹果蠹蛾成虫特性发现,当苹果蠹蛾越冬代蛹开始羽化时,杏果实的直径为 2 cm,沙果(*Malus asiatica*)的果实花萼已开始闭合,梨的花期已结束 1 周。王兰等<sup>[18]</sup>研究苹果蠹蛾消长动态时发现,在越冬代成虫羽化期时,苹果与梨树正处于花期。这说明苹果蠹蛾越冬代成虫的发生与寄主植物物候有一定的关联,但非越冬代成虫的发生与寄主植物物候的关联未见报道。本研究表明核桃物候处于花期时(‘新丰’核桃品种物候为雌花期,‘扎 343’核桃品种物候为雄花期),越冬代成虫开始羽化;当‘新丰’核桃物候为果实膨大期,‘扎 343’核桃物候为坐果期时,越冬代成虫达到羽化高峰(4 月 25 日);当‘新丰’核桃物候为果皮转色期,‘扎 343’核桃物候为硬核期(7 月下旬)时,第 1 代成虫达到羽化高峰;当‘新丰’与‘扎 343’核桃物候为果实成熟期(8 月下旬)时,核桃果实革质化的膜开始转变为褐色,第 2 代成虫达到羽

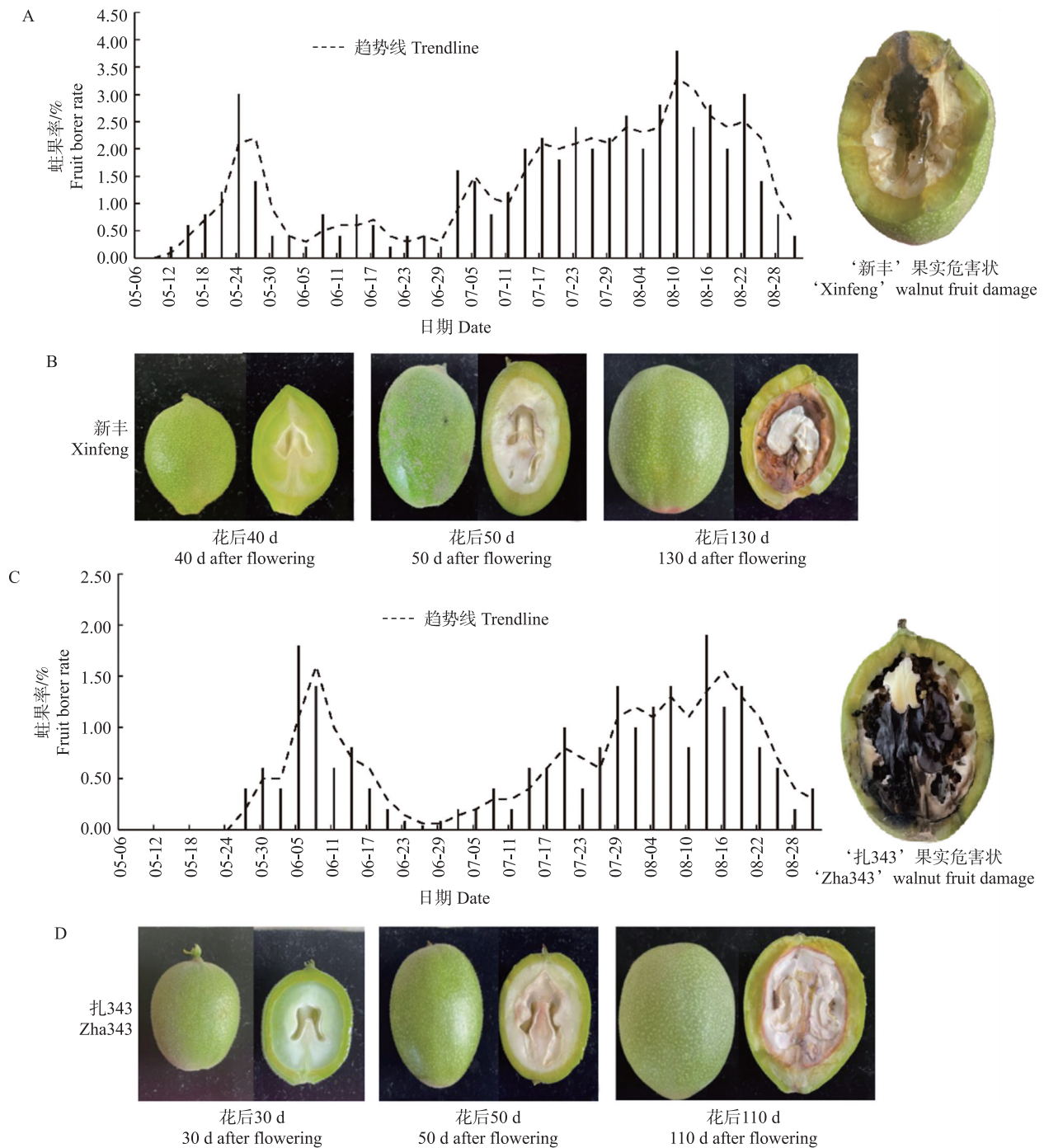


图 5 不同核桃品种果实蛀果率(A、C)与外观表型(B、D)比较

Fig. 5 Comparison of fruit borer rate of different walnut varieties(A, C) and appearance phenotype(B, D)

化高峰。然而,苹果蠹蛾成虫的发生除了与寄主植物物候有关外,是否与自身的生物学习性、环境因子有关,需要进一步研究。

何树文等<sup>[19]</sup>研究表明苹果蠹蛾在梨花期结束后,越冬代成虫开始产卵,当早酥梨成熟后,苹果梨果实大小约为5 cm,第1代雌虫开始产卵。本研究对2个核桃品种物候及产卵量调查发现,当核桃果实均为花后20 d时,越冬代成虫开始产卵,于花后30 d时,产卵量达到峰值。由于核桃品种不同,在生长发育时间上亦存在差异,‘新丰’核桃果实较‘扎343’核桃发育早,因此苹果蠹蛾优先选择在‘新丰’核桃品种上产卵,且产卵量高于‘扎343’,可见苹果蠹蛾优先在早熟品种上产卵,这与 Shelton 等<sup>[7]</sup>研究结果相同。当‘新丰’核桃物候处于果皮开裂期,‘扎343’物候处于果皮转色期时,第2代苹果蠹蛾产卵量达到高峰,其在2个品种核桃中产卵量相同,可能由于果实逐渐成熟所释放的挥发性物质所导致。通过对产卵部位调查发现,第1代卵主要产于叶片上,其叶片背面产卵量多于叶片正面,可能的原因是和田地区风沙大以及

叶片正面较叶片背面日照时间长。第2代卵主要产于果实表面,其原因可能是核桃果实表面腺体退化。翟小伟等<sup>[20]</sup>研究发现第1代卵主要产于果实中,第2代卵主要产于叶片,与本研究结果相反。其原因可能有两种情况:一种是寄主植物不同,与苹果、梨、杏相比,核桃果实表面腺体较多,不宜着卵;另外一种可能是核桃发育阶段不同,果实与叶片的挥发性物质不同,导致苹果蠹蛾选择不同产卵位置。

果树果实的营养物质、表皮结构以及次生代谢物都影响幼虫的取食行为<sup>[21]</sup>。庾琴等<sup>[22]</sup>研究发现不同果实不同发育阶段显著影响梨小食心虫幼虫的蛀果率,成熟期的梨与桃蛀果率显著高于未成熟的果实。本研究对2个品种核桃蛀果率调查发现,‘新丰’核桃果实较‘扎343’核桃优先发育,因此导致苹果蠹蛾幼虫优先为害‘新丰’核桃,虽然2个品种为害时间不同,但第1代幼虫为害开始至高峰,核桃物候相同,均在花后40 d开始为害,花后50 d蛀果率达到峰值。2个品种核桃蛀果率也存在差异,‘新丰’核桃品种蛀果率较‘扎343’核桃蛀果率高,在2代幼虫蛀果高峰中,‘新丰’核桃果实蛀果率较‘扎343’核桃分别高1.67和2.00倍。‘新丰’核桃果实第2代幼虫蛀果率较第1代高1.27倍。随着核桃果实的发育,核仁营养物质含量逐渐增高,成熟期核仁蛋白质、粗脂肪、可溶性糖含量比分别比幼果期约高3、89和6倍<sup>[23-24]</sup>。这说明第1代与第2代蛀果率存在差异可能由于核桃果实内不同的营养物质所导致。

#### 参考文献 References:

- [1] 周红,张萍,李彦荣. 新疆野核桃坚果营养成分测定及分析[J]. 果树学报,2019,36(5):621-628.  
Zhou H,Zhang P,Li Y R. Analysis of nutritive components of different types of Xinjiang wild walnuts[J]. Journal of Fruit Science,2019,36(5):621-628(in Chinese with English abstract).
- [2] 李亚兰,潘存德,范江涛,等. 基于坚果表型性状的新疆核桃种质资源多样性与分类[J]. 西南农业学报,2019,32(9):1986-1994.  
Li Y L,Pan C D,Fan J T,et al. Diversity and classification of common walnut (*Juglans regia* L.) germplasm in Xinjiang based on nut phenotype traits[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2019,32(9):1986-1994(in Chinese with English abstract).
- [3] 曹小艳,叶晓琴,阿地力·沙塔尔. 核桃果皮对苹果蠹蛾为害的防御响应[J]. 林业科学研究,2023,36(6):126-133.  
Cao X Y,Ye X Q,Adil S. Defensive response of walnut husk to *Cydia pomonella*[J]. Forest Research,2023,36(6):126-133(in Chinese with English abstract).
- [4] 张学祖,周绍来,王庸俭. 苹果蠹蛾的初步研究[J]. 昆虫学报,1958,1(2):136-151,194.  
Zhang X Z,Zhou S L,Wang Y J. A preliminary study on the codling moth in Sinkiang[J]. Acta Entomologica Sinica,1958,1(2):136-151,194(in Chinese with English abstract).
- [5] Basoalto A,Ramírez C C,Lavandero B,et al. Population genetic structure of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), in different localities and host plants in Chile[J]. Insects,2020,11(5):285.
- [6] Kadoić B M,Bažok R,Mikac K M,et al. Pest management challenges and control practices in codling moth: a review[J]. Insects,2020,11(1):38.
- [7] Shelton M,Anderson J. Walnut cultivars: evidence for differential susceptibility to insect pests[J]. Fruit Varieties Journal,1990,44:179-182.
- [8] Bezemer T M,Nick J M. Walnut development affects chemical composition and codling moth performance[J]. Agricultural and Forest Entomology,2001,3(3):191-199.
- [9] Bezemer T M,Mills N J. Walnut development affects chemical composition and codling moth performance[J]. Agricultural and Forest Entomology,2001,3(3):191-199.
- [10] 方强. 和田农家核桃种质资源主要生物学特性研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2019.  
Fang Q. Study on the main biological characteristics of walnut germplasm resources in Hotan[D]. Ala'er: Tarim University,2019(in Chinese with English abstract).
- [11] 陈虹. 新疆早实核桃果实生长发育影响因素[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.  
Chen H. Factors affecting fruit growth and development of early-fruited walnut in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University,2016(in Chinese with English abstract).
- [12] 蒲富慎. 果树种质资源描述符——记载项目及评价标准[M]. 北京:农业出版社,1990:64-77.  
Pu F S. Descriptors of Fruit Tree Germplasm Resources: Record Items and Evaluation Criteria[M]. Beijing: Agriculture Press,1990:64-77(in Chinese).
- [13] 曹小艳,李志,张卿,等. 不同板栗品种(系)抗性淀粉综合评价[J]. 中国粮油学报,2019,34(7):39-46.  
Cao X Y,Li Z,Zhang Q,et al. Comprehensive evaluation of resistant starch in different Chinese chestnut varieties (lines)[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2019,34(7):39-46(in Chinese with English abstract).
- [14] 胡火金. 中国古代天文学对传统农业的影响[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2001,1(3):52-58.  
Hu H J. The influence of ancient Chinese astronomy on traditional agriculture[J]. Journal of Nanjing Agricultural University(Social Science Edition),2001,1(3):52-58(in Chinese).
- [15] 王怡. 梨小食心虫生长发育对寄主物候性的行为响应[D]. 太谷:山西农业大学,2016.

- Wang Y. Behavior response of *Grapholitha molesta* development for phenology of host plant [D]. Taihu; Shanxi Agricultural University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [16] 席婧, 蒋志辉. 新疆地区核桃产业发展现状分析[J]. 现代园艺, 2023, 46(2): 38-40.  
Xi J, Jiang Z H. Analysis on the development status of walnut industry in Xinjiang [J]. Contemporary Horticulture, 2023, 46(2): 38-40 (in Chinese with English abstract).
- [17] 张学祖. 苹果蠹蛾 (*Carpocapsa pomonella* L.) 在我国的新发现[J]. 昆虫学报, 1957, 7(4): 467-472.  
Zhang X Z. Taxonomic notes on the codling moth, *Carpocapsa pomonella* L. in sinkiang [J]. Acta Entomologica Sinica, 1957, 7(4): 467-472 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王兰, 冯宏祖, 郭文超, 等. 苹果蠹蛾消长动态及果园中赤眼蜂释放技术的研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 261-265.  
Wang L, Feng H Z, Guo W C, et al. Dynamic state of *Laspeyresia pomonella* and release techniques of *Trichogramma* in orchards [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(2): 261-265 (in Chinese with English abstract).
- [19] 何树文, 达世彩, 高宜明, 等. 苹果蠹蛾测报与防治适期确定方法研究[J]. 现代农业科技, 2014, 29(5): 169.  
He S W, Da S C, Gao Y M, et al. Study on the method of forecasting and determining the suitable period of control of apple moth [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2014, 29(5): 169 (in Chinese).
- [20] 翟小伟, 刘万学, 万方浩, 等. 甘肃酒泉苹果蠹蛾的发生规律[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4): 715-719.  
Zhai X W, Liu W X, Wan F H, et al. Occurrence dynamics of *Cydia pomonella* in Jiuquan [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47(4): 715-719 (in Chinese with English abstract).
- [21] Myers C T. Orchard host plant effects on the survival, development, reproduction, and behavior of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) [D]. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2005.
- [22] 庾琴, 杜恩强, 封云涛, 等. 果实种类及发育阶段对梨小食心虫幼虫钻蛀率和蛹重的影响[J]. 昆虫学报, 2019, 62(11): 1297-1304.  
Yu Q, Du E Q, Feng Y T, et al. Effects of fruit species and developmental stage on the larval boring rate and pupal weight of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2019, 62(11): 1297-1304 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张赞齐, 董宁光, 郝艳宾, 等. 109份丰产核桃单株坚果果表型多样性分析及性状评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2023, 47(3): 87-96.  
Zhang Y Q, Dong Y G, Hao Y B, et al. Nuts' phenotypic diversity analysis and character evaluation of 109 high-yield walnut individual trees [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2023, 47(3): 87-96 (in Chinese with English abstract).
- [24] 姚跃. 新疆早实核桃主栽品种光合特性及果实生长研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2011.  
Yao Y. Study on photosynthetic characteristics and fruit growth for early walnut main varieties in Xinjiang [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2011 (in Chinese with English abstract).

责任编辑: 刘怡辰