

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.02.18

枣树访花昆虫多样性及药剂的影响

武文卿, 申晋山, 马卫华, 邵有全*

(山西省农业科学院园艺研究所, 太原 030031)

摘要: 为了解枣树花期的访花昆虫, 更好地利用昆虫为其授粉, 本文对山西运城市临猗县、晋中市太谷县和吕梁市临县3地枣树的访花昆虫进行了调查, 结果表明: 枣树访花昆虫共计23种, 隶属4目12科。运城临猗与晋中太谷间群落相似性最高, 相似性系数为0.27, 属于中等不相似, 其它为极不相似。日活动规律观察表明, 膜翅目与双翅目都属于单峰型, 活动高峰为9:30–10:00、7:30–8:00。同一生境下, 喷施药剂会影响访花昆虫的数量, 一天中喷施清水的枣树访花昆虫244头, 喷施药剂的枣树访花昆虫仅61头。

关键词: 枣树; 访花昆虫; 群落相似性; 日活动规律; 药剂影响

中图分类号: Q968.2; S891+.8

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 02-0354-07

Jujube flower-visiting insects diversity and pesticides influence

WU Wen-Qing, SHEN Jin-Shan, MA Wei-Hua, SHAO You-Quan* (Institute of Horticulture, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, Shanxi Province, China)

Abstract: To understand pollinator and the use of insect pollination in jujube florescence, flower-visiting insects were observed in Linyi county Yuncheng, Taigu county Jinzhong and Lin county Lvliang. The results showed that 23 species were identified, belonging to 4 orders, 12 families. Linyi and Taigu had the highest similar coefficient, others similar coefficient were not similar. The observation of daily activity pattern showed that Hymenoptera and Diptera belongs to unimodal type, the peak of Hymenoptera pollination at 9:30–10:00, the peak of Diptera pollination at 7:30–8:00. Under the same habitat, spraying pesticides can affect the number of flower-visiting insects at jujube florescence, 244 insects on spraying water jujube, only 61 insects on spraying pesticides jujube in one day.

Key words: Jujube; flower-visiting insects; similar coefficient; daily activity pattern; pesticides influence

枣树属于鼠李科, 是我国具有代表性的民族果树(曲泽洲和王永惠, 1997), 我国枣树的栽培面积占世界枣树栽培总面积的99%。枣树具有适应性强、早果速丰、栽培管理容易、果实营养丰富、经济和生态效益显著等优势, 成为我国果树发展中一个新的热点(王奋战, 2009)。山西省是我国红枣的主要产区之一, 种植面积达到31.7万ha, 占全国总面积的1/3(张忠仁等,

2003)。枣树花量大, 落花落果现象严重, 自然坐果率仅为1%左右(李冰等, 2009; 宋建伟和刘俊年, 2012)。学者们对枣树落花落果的原因及防止措施进行了探讨和研究, 采用喷施植物生长调节剂赤霉素、5-氨基乙酰丙酸和枣园内放蜂等的方法可以提高枣树坐果率(武晓波等, 2007; 王建新和牛自勉, 2008; 郭珍等, 2010), 但是喷施药剂可能会对访花昆虫造成一定的影响。

基金项目: 国家农业技术体系专项资金; 国家公益性行业(农业)专项(201203080); 山西省软科学研究项目(2015041019-4)

作者简介: 武文卿, 女, 硕士, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: wenqing1226@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: shaoyouquan@163.com

收稿日期 Received: 2015-06-02; 接受日期 Accepted: 2015-09-18

近年来,随着大气 CO₂ 浓度升高、农药大量使用、农业规模化和产业化发展,自然界传粉昆虫数量锐减(吴华等,2011),开展访花昆虫种类调查为探索优势访花昆虫种类与开花植物的关系提供了依据(Geslin *et al.*, 2013),传粉昆虫多样性减少可能影响授粉受精机率,降低作物产量,破坏生态系统传粉服务功能,影响生态系统稳定性,从而影响人类自身的福利和可持续发展。因此,传粉昆虫的现状、下降程度、影响因素以及保护措施的相关研究受到广泛关注(郭柏寿等,2011),但国内对访花传粉昆虫的研究较为滞后,经济作物主要集中在油菜(王俊刚等,2005;卜翠萍等,2012)、向日葵(申晋山等,2008;杜开书等,2012)、龙眼(朱建华等,2010)、苹果(申如明等,2012)、桃(赵果等,2012)、大樱桃(张云毅等,2012)等。学者们主要对枣园的昆虫群落进行了调查研究(冀卫荣等,2008;杜学梅等,2010;张治科等,2011),截至目前还没有关于枣树访花昆虫方面的报道。

为了解枣树访花传粉昆虫物种多样性现状及同一生境下喷施药剂对昆虫的影响,本试验对山西省运城市临猗县、晋中市太谷县和吕梁市临县3地枣树花期访花昆虫进行了系统调查,明确访花昆虫种类及昆虫日活动规律,为进一步保护枣园访花传粉昆虫,并采取相应授粉措施以确保枣树授粉率的提高奠定必要的基础。

1 调查地点与方法

1.1 调查地概况

在山西省红枣主产区3个调查地对枣树的访花昆虫进行调查记录。运城市临猗县庙上乡山东庄位于山西省南部(E110°30', N35°01'),属暖温带大陆性气候。庙上乡枣树5333.3 ha,生产鲜枣1.5亿kg。枣树品种主要为梨枣与冬枣。全年年均气温13.5℃,年均降水量508.7 mm。吕梁市临县兔坂镇常胜塔村位于山西省中部西侧(E110°43', N35°03'),临县红枣种植面积56666.7 ha,年产红枣4.6亿kg,枣树的品种主要为京城1号与赞皇,全年年均气温8.8℃,年均降雨量521 mm,无霜期170 d。晋中市太谷县小白乡东崖村位于山西省中部(E112°45', N37°27'),

太谷县红枣面积13866.7 ha,年产量3000万kg。枣树品种主要为壶瓶枣。全年年均气温9.9℃,年均降雨量462.9 mm,无霜期176 d。

1.2 调查方法

1.2.1 调查时间

枣树盛花期调查,在6:30–17:00期间,以小时为单位,30 min内对访花昆虫进行采集捕捉,每个样地每天采集11次,采集3 d,总计采集9 d。调查当日天气为晴间多云,温度19.1℃–29.8℃,湿度29.1%–51.1%,昆虫采集飞行活动正常。

1.2.2 访花昆虫种类

采用样地网捕法对生境区域内的昆虫进行捕捉(张育平等,2007)。在试验区内抽取10株果树,先环绕目标果树一周目测2 min,检查活动的昆虫。调查时果树分上、中、下3层取样,每层分东、西、南、北4个方位,以“扫过来再扫回去”为一次取样(刘向东,2013),扫网50次,捕捉在花朵上停留或有访花行为的昆虫,记录所捕获的个体数。对于难以捕捉到的昆虫用数码相机拍摄照片(郝德君等,2015)。将捕捉到的昆虫按小时放入毒瓶中并作标记。当天捕捉的昆虫标本经过杀死、标本清洁、展翅、针插、干燥、防腐保存等步骤(常征,2002),进行归类整理鉴定。

1.2.3 昆虫日活动规律

采用捕虫网捕虫法进行定点昆虫的采集和观察(申晋山等,2008)。在样地的花开放盛期,随机选取1株树连续观察并记录所有访花的昆虫,以一个单位时间1 h前30 min的观察记录代表该单位时间的观察记录,记录访花昆虫的种类、数目和访花行为(张云毅等,2012;吴云等,2015)。

1.2.4 药剂对访花昆虫数量的影响

枣树花期果农喷施农药与赤霉素现象严重,调查发现,为防治花期虫害喷施阿维菌素、毒死蜱、高效氯氰菊酯等杀虫剂;喷施赤霉素、细胞分裂素、芸苔素内酯等植物生长调节剂以及硼砂、磷酸二氢钾来提高坐果率。昆虫日活动规律调查前一天,对晋中太谷的2块枣树地块进行药剂处理,一块喷施杀虫剂高效氯氰菊酯与植物生长调节剂赤霉素,另一块喷施清水作为对照,2块样地相距3 km。

1.3 数据统计分析

枣树访花传粉昆虫群落相似性系数采用 Jaccard 相似性公式 $q = c / (a + b - c)$ 计算 (徐正会, 2002; 谭速进等, 2010), 以种为比较的级别。式中: c 为两个群落的共同物种数, a 和 b 分别为群落 A 和群落 B 的物种数。根据 Jaccard 相似性系数原理, 当 q 为 0.00 – 0.25 时, 为极不相似; 当 q 为 0.25 – 0.50 时, 为中等不相似; 当 q 为 0.50 – 0.75 时, 为中等相似; 当 q 为 0.75 – 1.00 时, 为极相似。

2 结果与分析

2.1 访花昆虫种类与数量

经整理鉴定, 3 个调查样地枣树访花昆虫共有 23 种, 隶属 4 目 12 科, 为膜翅目、双翅目、鞘翅目和鳞翅目昆虫, 其中膜翅目种类最多, 为 13 种。试验样地访花昆虫已知种类名录见表 1。

运城临猗枣树花期访花昆虫 8 种, 吕梁临县访花昆虫 7 种, 晋中太谷访花昆虫 16 种。在三个调查点中, 均以膜翅目种类最多, 双翅目种类其次, 其它目的昆虫种类较少。

表 1 山西省不同地区枣树花期访花昆虫种类

Table 1 Flower-visiting insects on jujube florescence in different regions Shanxi Province

目 Order	科 Family	种 Species	分布 Distribution		
			运城临猗 LY	吕梁临县 LX	晋中太谷 TG
膜翅目 Hymenoptera	蜜蜂科 Apidae	意大利蜜蜂 <i>Apis mellifera</i> Linnaeus	√	√	√
		考氏无垫蜂 <i>Amegilla caldwelli</i> Cockerell	√		
		北京长须蜂 <i>Eucera longicornis</i> Linnaeus			√
	地蜂科 Andrenidae	<i>Andrena (Plastandrena) mongolica</i>			√
		<i>Andrena subopaca brassicae</i>			√
	隧蜂科 Halictidae	阿穆尔淡脉隧蜂 <i>Dialictus amurense</i>			√
		<i>VachDialictus amurense</i> Vachal			√
		未知种 Unknown species		√	
	切叶蜂科 Megachilidae	双斑切叶蜂 <i>Eutricharaea argentata</i> Fabricius	√		
	分舌蜂科 Colletidae	<i>Colletes jankowskyi</i> Radoszkowski			√
		未知种 Unknown species		√	
	泥蜂科 Sphecidae	沙泥蜂属 <i>Ammophila</i> sp.			√
		未知种 Unknown species	√		
		节腹泥蜂属 <i>Cerceris</i> sp.			√
双翅目 Diptera	食蚜蝇科 Syrphidae	长尾管蚜蝇 <i>Eristalis tenax</i> (Linnaeus)	√	√	√
		羽芒宽盾蚜蝇 <i>Phytomia zonata</i> (Fabricius)		√	√
		月斑鼓额食蚜蝇 <i>Scaeva selenitica</i> (Meigen)			√
		大灰食蚜蝇 <i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius)			√
		凹带食蚜蝇 <i>Syrphus nitens</i> Zetterstedt	√		
	蜂虻科 Bombyliidae	朝鲜白斑蜂虻 <i>Bombylilla koreanus</i> (Paramonov)			√
	芜菁科 Meloidae	苹斑芜菁 <i>Mylabris calida</i> Pallas		√	√
		异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i> Pallas			√
	粉蝶科 Pieridae	菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i> Linne	√	√	√
		未知种 Unknown species	√		

本次调查的运城临猗、吕梁临县和晋中太谷三个样地中，膜翅目占总数的比例分别为 70.6%、55.7%、72.5%；双翅目占总数的比例分别为 20.6%、38.1%、15.4%；其它昆虫占总数的比例

分别为 8.8%、6.2%、12.2%（表 2）。可见，不管是种类还是数量上膜翅目昆虫都是枣树花期访花传粉的优势昆虫。

表 2 不同地区枣树花期访花昆虫数量
Table 2 The number of flower-visiting insects on jujube florescence in different regions

样地 Sample area	总数（头） Numbers	膜翅目（头） Hymenoptera	比例（%） Percentage	双翅目（头） Diptera	比例（%） Percentage	其它（头） Others	比例（%） Percentage
运城临猗 LY	102	72	70.6	21	20.6	9	8.8
吕梁临县 LX	97	54	55.7	37	38.1	6	6.2
晋中太谷 TG	748	542	72.5	115	15.4	91	12.2

2.2 群落相似性

根据 Jaccard 相似性公式计算得出三个调查地群落相似性系数（见图 1）。调查地群落相似性系数介于 0.14 – 0.27，以运城临猗与晋中太谷之间相似性最高，相似性系数为 0.27 属于中等不相似，其它为极不相似。说明 3 个群落之间的差异较为显著，多样性较为明显。

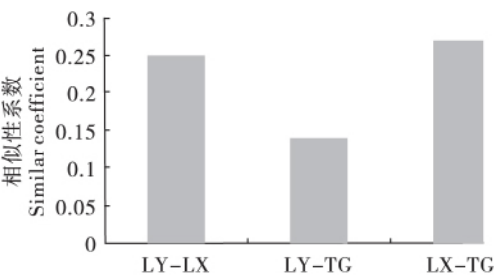


图 1 枣树访花昆虫群落相似性系数比较
Fig. 1 Similar coefficient of flower-visiting insects for jujube

2.3 访花昆虫日活动规律

对 1 d 中不同时间段枣树访花昆虫数量统计分析，由图 2 可知，在枣树花期访花昆虫中，以膜翅目数量最多为 179 头，在总访花昆虫中所占比例为 73.4%；双翅目其次为 37 头，占总访花昆虫的比例为 15.1%；其它目的昆虫数量较少为 28 头，占总访花昆虫的比例为 11.5%。

由昆虫日活动规律可知，枣树花期主要访花昆虫为膜翅目的蜜蜂科，其次为双翅目的食蚜蝇科，膜翅目与双翅目都属于单峰型，膜翅目活动高峰在 9:30 – 10:00，访花高峰昆虫数量为 30 头，在 12:30 – 13:00 活动量最小，访花昆虫数量为

10 头；双翅目活动高峰在 7:30 – 8:00，访花高峰昆虫数量为 9 头。17:00 后仍有膜翅目昆虫访花，未见其它昆虫继续访花（图 2）。

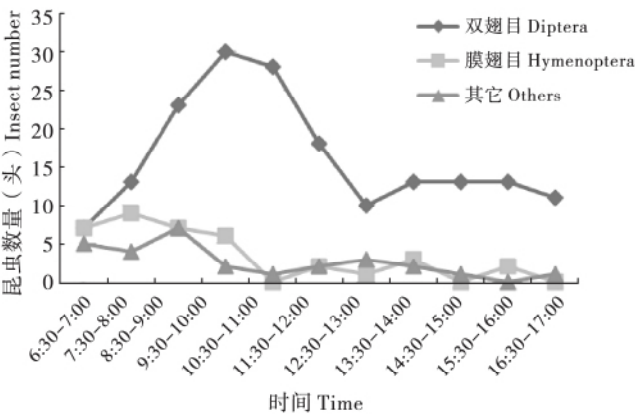


图 2 枣树花期访花昆虫日活动规律
Fig. 2 Daily activity pattern of flower-visiting insects at jujube florescence

2.4 药剂对访花昆虫数量的影响

在同一生境下，对花期喷施药剂的枣树和喷施清水的枣树访花昆虫进行调查。由图 3 可知：喷施药剂会影响传粉昆虫的数量，花期喷施药剂的传粉昆虫数量比喷施清水的传粉昆虫访花数量少。在 6:30 – 7:00 中，两个调查点昆虫数量差异较小，在其它时间段中，前一天喷施药剂的枣树访花传粉昆虫数量少，一天未出现访花高峰，共采集昆虫 61 头。在前一天喷施清水的调查地，一天中出现 2 次访花高峰，共采集昆虫 244 头。由此说明昆虫对药剂有趋避作用，同一生境下，喷施药剂后枣树的访花传粉昆虫数量会明显减少。

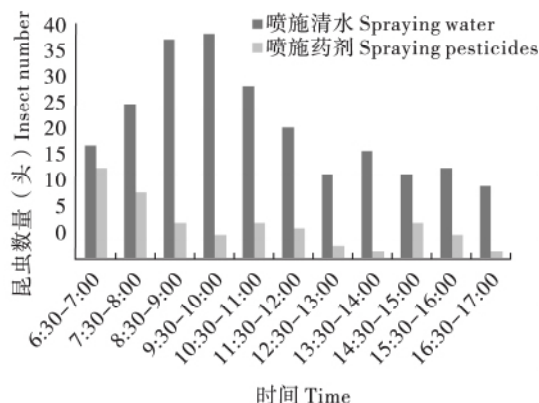


图3 花期药剂对访花昆虫数量的影响

Fig. 3 The influence of the number of pesticides to flower-visiting insects

3 结论与讨论

3.1 昆虫种类的差异

传粉系统的破坏和一些传粉者的减少已经在国内外相继报道,造成这些破坏的原因包括栖息地分裂、土地利用的改变、农业生产和放牧、杀虫剂和除草剂的使用以及非本土物种的引入等 (Kearns *et al.*, 1998)。本研究的调查样地中临猗县属于黄河冲击平原地区,临县属于黄河沿岸丘陵基岩裸露区,2个样地离村庄较近,样地与村庄相距不足2 km;太谷县属于丘陵山区,样地与村庄相距10 km以上。调查结果显示运城临猗访花昆虫8种,吕梁临县访花昆虫7种,晋中太谷访花昆虫16种,杨立军和张丹丹(2014)研究表明人为干扰导致蛾类群落构成有较大差别,物种数和个体数呈现出随着人为干扰加强而降低的趋势。本研究也表明,人为干扰较少的山区访花昆虫物种较为丰富。同时,昆虫种类可能与三个试验点的植物类群也相关,运城临猗与吕梁临县试验点枣园及附近几乎无杂草,晋中太谷试验地附近有较大面积的野花野草,为昆虫提供了食物源与栖息地,因此种类比较丰富。

因每种访花传粉昆虫都有适于其繁育、活动的时间和生境,不同区域传粉昆虫的种类也不一样。相似性系数有3层含义:指示生境被物种分隔的程度;比较不同地段的生境多样性;相似性系数与多样性指数一起构成了总体多样性或者说是一定地段的生境多样性(马克平,1994)。本研究中运城临猗与晋中太谷之间相似性最高,相似

性系数为0.27属于中等不相似,其它为极不相似。3个样地生境的分隔造成群落之间的差异较为显著,多样性较为明显。

3.2 昆虫的访花习性

膜翅目蜜蜂与双翅目蝇类常被认为是传粉效率最高的传粉昆虫,通常认为与其较高的种群数量与访花频率有关。蜜蜂是开花植物最主要的传粉昆虫,蜜蜂具有飞行速度快、访花速率高、携粉量大的特点,能够高效传粉,其种类数量高达2万种(Michener, 2007),本研究中不同地区枣树花期访花昆虫数量结果显示,膜翅目昆虫在总访花昆虫中所占比例为55.7%–72.5%,因此,枣树花期最主要的传粉昆虫是膜翅目昆虫。食蚜蝇成虫大多数具有访花习性,访花速率相对较高,也能有效传粉(红雨和刘强,2004),全世界记载6000余种,是自然界中仅次于蜜蜂的传粉昆虫(李文宾,2009),本研究结果中不同地区枣树花期双翅目昆虫数量占总访花昆虫的比例为15.4%–38.1%,食蚜蝇在枣花上主要是取食枣花花蜜,取蜜的同时体毛能黏附一定量花粉。

昆虫日活动规律结果表明,不同昆虫访花高峰时段也有差异。马春森等(2005)提出采集温度是影响昆虫采集活动的因子之一,在长期的协同进化过程中,不同种类的昆虫形成了其活动的独特偏好温度,本研究结果显示,在枣树花期,双翅目昆虫活动高峰早于膜翅目昆虫,表明双翅目昆虫活动的温度低于膜翅目昆虫。自由活动的昆虫不只被动地接受环境温度的影响,还可通过自主运动避开极端温度,并寻找“偏好”的环境温度,以利其栖息、迁移、生长发育、取食、交配和生殖(Hayward *et al.*, 2003)。中午高温时,大多数昆虫个体则通过恒温调节对策调节自身体温以节省能量的消耗(Grodzicki and Caputa, 2005)。本研究表明膜翅目在12:30–13:00活动量最小,这与太阳上升、温度升高有直接的关系,中午高温时双翅目与膜翅目昆虫活动量减少是避开极端温度的表现。

3.3 药剂对访花昆虫数量的影响

调查中发现当地果农为发展规模化产业种植,主产区枣树单一连片种植、不合理用药,使得昆虫缺少栖息地、食物单一。农药可对传粉昆虫产生直接的杀伤和间接的伤害,是传粉昆虫面临的主要问题。例如,化学农药会直接毒害蜜蜂,或使蜜蜂将沉积的有害物质带回蜂巢毒害幼虫或其它蜜蜂;除去直接伤害,农药还会导致蜜蜂反常

的舞蹈交流方式和错误的食物资源指示 (罗峰, 2004)。由试验结果可知喷施药剂的枣树传粉昆虫数量一天为 61 头, 喷施清水的枣树传粉昆虫数量一天为 244 头。喷施药剂会严重影响传粉昆虫数量, 调查中发现, 喷施清水的枣树传粉昆虫会同时访问同一果吊的多朵花, 且会连续访问同一植株的不同花, 喷施药剂的枣树传粉昆虫访花的数量少, 访问几朵后就飞离了观察枣树, 说明药剂对昆虫有趋避作用。为了保护现有野生访花传粉昆虫资源和发展蜜蜂授粉, 应该引导果农合理种植, 正确使用农药与植物生长调节剂。如果没有昆虫及其授粉行为, 整个生态系统将会崩溃。果农应尽量科学地采取以防为主的管理措施, 枣树生长发育前期提前使用低毒农药, 减少虫源, 在开花期不用药, 就能有效地保护野生传粉昆虫安全和蜜蜂授粉的进行, 保证现代农业又好又快发展。

由于调查时间和采集范围等条件的限制, 只对山西省枣树 3 个主栽区访花昆虫进行了调查, 主要传粉昆虫的采集习性、传粉效率、药剂影响机制等有待深入研究。

致谢: 授粉昆虫标本由中国农业大学徐环李教授协助鉴定, 在此表示感谢!

参考文献 (References)

- Bu CP, Shi BG, Xu JM, *et al.* Primary list of flower-visiting insects in Huaian rape fields [J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2012, 40 (24): 12092-12093. [卜翠萍, 施保国, 徐建明, 等. 淮南市油菜田访花昆虫资源研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (24): 12092-12093]
- Chang Z. A new research on insect specimen smaking [J]. *Journal of Wenshan Teachers College*, 2002, 14 (1): 83-84. [常征. 昆虫标本制作方法新探[J]. 文山师范高等专科学校学报, 2002, 14 (1): 83-84]
- DuKS, Zhang ZY, Yang M. Preliminary investigation of sunflower pollinators in Luoyang city [J]. *Journal of Henan Institute of Science and Technology* (Natural Sciences Edition), 2012, 40 (2): 37-40. [杜开书, 张中印, 杨萌. 洛阳向日葵传粉昆虫初步调查[J]. 河南科技学院学报 (自然科学版), 2012, 40 (2): 37-40]
- Du XM, Zhao AL, Wang CY, *et al.* Primary analysis of structure of insect community in two kinds of jujube orchards [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26 (11): 113-117. [杜学梅, 赵爱玲, 王翠英, 等. 两类枣园昆虫群落结构的比较分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26 (11): 113-117]
- Geslin B, Gauzens B, Thebault E, *et al.* Plant pollinator net-works along a gradient of urbanisation [J]. *PLoS ONE*, 2013, 8 (5): 63421.
- Grodzicki P, Caputa M. Social versus individual behaviour: A comparative approach to thermal behaviour of the honeybee (*Apis mellifera* L.) and the American cockroach (*Periplaneta americana* L.) [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2005, 51: 315-322.
- Guo BS, Yang JM, Xu YB. Problems and research advance of the pollination insects [J]. *Southwest China Journal of agricultural Sciences*, 2011, 14 (4): 93-96. [郭柏寿, 杨继民, 许育彬. 传粉昆虫的研究现状及存在的问题[J]. 西南农业学报, 2011, 14 (4): 93-96]
- Guo Z, Xu FL, Wang YK. Effects of 5-aminolevulinic Acid on the growth, the yield and quality of compact jujube in mountainous region [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2010, 25 (3): 93-96. [郭珍, 徐福利, 汪有科. 5-氨基乙酰丙酸对枣树生长发育、产量和品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2010, 25 (3): 93-96]
- Hao DJ, Hu HT, Chen J, *et al.* Visiting insects species and their behavior characteristics of flowering plants in early spring in Nanjing city [J]. *Journal of Nanjing Forestry University* (Natural Sciences Edition), 2015, 39 (1): 33-38. [郝德君, 胡海桃, 陈娟, 等. 南京市早春访花昆虫种类及其行为研究[J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2015, 39 (1): 33-38]
- Hayward SAL, Worland MR, Convey P, *et al.* Temperature preferences of the mite, a laskoz etes antarcticus, and the collembolan, cryptopygus antarcticus from the maritime Antarctic [J]. *Physiological Entomology*, 2003, 28: 114-121.
- Hong Y, Liu Q. Foraging and pollination insects of *Paeonia lactiflora* [J]. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (5): 449-454. [红雨, 刘强. 芍药的访花昆虫和传粉昆虫[J]. 昆虫知识, 2004, 41 (5): 449-454]
- Ji WR, Liu XQ, Hu JJ. The species composition of insects in monoculture jujube orchard in Taigu Shanxi [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2008, 36 (1): 84-87. [冀卫荣, 刘贤谦, 胡俊杰. 山西太谷单作枣园昆虫种类的组成[J]. 山西农业科学, 2008, 36 (1): 84-87]
- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1998, 29: 83-112.
- Li B, Zhang YX, Wang KN, *et al.* The causes of fruit drop and flowering management technology of jujube [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2009, 24: 134. [李冰, 张艳霞, 王坤宇, 等. 枣树落花落果原因及花期管理技术[J]. 现代农业科技, 2009, 24: 134]
- Li WB, Wu ML, Lian ZM. Research advances in Syrphidae in China [J]. *Chinese Bulletin of Eulletin of Entomology*, 2009, 46 (6): 861-865. [李文宾, 吴敏丽, 廉振民. 中国食蚜蝇科昆虫研究进展[J]. 昆虫知识, 2009, 46 (6): 861-865]
- Liu XD. Sampling techniques of insects in the field [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (3): 863-867. [刘向东. 田间昆虫的取样调查技术[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3): 863-867]
- Luo F. Basic Research on One Kind of Pollination Beetle in Protected Field Agriculture—*Haptonus luteolus* [D]. Wuhan: Huazhong

- Agricultural University, 2004. [罗峰. 设施农业传粉昆虫——棉露尾甲的基础研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2004]
- Ma CS, Ma G, Du Y, *et al.* Current status and future perspectives for behavioural response of insects to temperature gradient [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (12): 3390–3397. [马春森, 马罡, 杜尧, 等. 连续温度梯度下昆虫趋温性的研究现状与展望[J]. 生态学报, 2005, 25 (12): 3390–3397]
- MaKP. The methods of biotic community diversity measurement. In: Biodiversity Committee Chinese Academy of Sciences. Biodiversity Studies Series No. 1 Principles and Methodologies of Biodiversity Studies [C]. Beijing: China Science and Technology Press, 1994, 141–165. [马克平. 生物群落多样性的测度方法. 见: 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 141–165]
- Michener CD. The Bee of the World (2nd ed.) [M]. Baltimore MD: Johns Hopkins University Press, 2007.
- Qu ZZ, Wang YH. Chinese Fruit Trees: Jujube Volumes [M]. Beijing: China Forestry Press, 1997. [曲泽洲, 王永惠. 中国果树志: 枣卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997]
- Shen JS, Qi HP, Guo Y, *et al.* Survey on the sunflower pollination insect [J]. *Apiculture of China*, 2008, 59 (5): 27–28. [申晋山, 祁海萍, 郭媛, 等. 向日葵传粉昆虫调查研究[J]. 中国蜂业, 2008, 59 (5): 27–28]
- Shen RM, Mao YH, Shi PZ, *et al.* The observation and thinking of pollination insects on apple [J]. *Journal of Bee*, 2012, 3: 10–11. [申如明, 毛玉花, 师鹏珍, 等. 苹果树授粉昆虫的观察与思考[J]. 蜜蜂杂志, 2012, 3: 10–11]
- Song JW, Liu JN. The growth characteristics and management countermeasure on jujube [J]. *Shanxi Fruits*, 2012 (4): 17–19. [宋建伟, 刘俊年. 枣树生长结果特点及其管理对策[J]. 山西果树, 2012 (4): 17–19]
- Tan SJ, Wei HJ, Liu DB. Study on fauna and similarity coefficients among communities of house and courtyard ants in Chengdu area [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (1): 11–19. [谭速进, 魏翰均, 刘丹碧. 成都地区居室庭院蚂蚁区系及群落相似性分析[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (1): 11–19]
- Wang FZ. The effective measures to improve Chinese jujube fruit rate [J]. *Northern Fruits*, 2009, 5: 39. [王奋战. 提高枣树坐果率的有效措施[J]. 北方果树, 2009, 5: 39]
- Wang JG, Zhao F, Lei CL. Effect of *Chrysomya megacephala* (Fabricius.) pollination on yield of *Brassica campestris* [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2005, 4: 31–34. [王俊刚, 赵福, 雷朝亮. 大头金蝇授粉对油菜产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2005, 4: 31–34]
- Wang JX, Niu ZM. Cultural technology for stable production of early fruiting high yield jujube [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2008, 36 (5): 51–53. [王建新, 牛自勉. 枣树早果优质稳产栽培技术[J]. 山西农业科学, 2008, 36 (5): 51–53]
- Wu H, Ji BZ, Liu SW, *et al.* Effects of elevated carbon dioxide on nectar and pollinating insects [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (2): 234–240. [吴华, 嵇保中, 刘曙雯, 等. 大气 CO₂ 浓度升高对花蜜及传粉昆虫的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (2): 234–240]
- Wu XB. Technology of the fertility of Huping Dates [J]. *Shanxi Science and Technology*, 2007 (3): 119–120. [武晓波. 壶瓶枣丰产技术[J]. 山西科技, 2007 (3): 119–120]
- Wu Y, Liu YR, Peng H, *et al.* Pollination ecology of alpine herb *Meconopsis integrifolia* at different altitudes [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2015, 39 (1): 1–13. [吴云, 刘玉蓉, 彭瀚, 等. 壶瓶枣丰产技术[J]. 高山植物全缘叶绿绒蒿在不同海拔地区的传粉生态学研究[J]. 植物生态学报, 2015, 39 (1): 1–13]
- Xie ZH, Xu HL, Yang P. Notes on monitoring, assessing and conserving pollinator biodiversity [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (3): 746–752. [谢正华, 徐环李, 杨璞. 传粉昆虫物种多样性监测、评估和保护概述[J]. 应用昆虫学报, 2011, 2011 (3): 746–752]
- Xu ZH. The Research of Formicidae Insect Biodiversity in Xishuangbanna Nature Reserve [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2002, 1–181. [徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002, 1–181]
- Yang LJ, Zhang DD. Diversity of moth communities and variation along artificial disturbance gradient in Mount Jinggangshan National Nature Reserve, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (5): 679–686. [杨立军, 张丹丹. 井冈山自然保护区蛾类多样性及人为干扰的影响[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (5): 679–686]
- Zhang YP, Lv WY, Qin XF, *et al.* Study on the structure and diversity of insect community in peach orchard [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2007, 6: 144–146. [张育平, 吕文彦, 秦雪峰, 等. 观赏桃园昆虫群落结构的研究[J]. 湖南农业科学, 2007, 6: 144–146]
- Zhang YY, Wu WQ, Ma WH, *et al.* The investigation of cherry pollinators [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28 (25): 272–276. [张云毅, 武文卿, 马卫华, 等. 大樱桃传粉昆虫的调查研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28 (25): 272–276]
- Zhang ZK, Xu SC, Yang CX. Dynamics of insect diversity and dominant population from fructus jujube in Ningxia [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2011, 39 (2): 58–63. [张治科, 徐世才, 杨彩霞. 宁夏红枣昆虫多样性及优势种群发生动态研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2011, 39 (2): 58–63]
- Zhang ZR, Zhou CD, Liang Y. The present situation and development prospect of jujube industry in Shanxi [J]. *Shanxi Fruits*, 2003, 2: 32–33. [张忠仁, 周长东, 梁燕. 山西省红枣产业现状和发展前景[J]. 山西果树, 2003, 2: 32–33]
- Zhao G, Zhao HZ, Dong K, *et al.* Study on foraging behavior of *Apis cerana* during peach blossom [J]. *Apiculture of China*, 2012, 22: 8–13. [赵果, 赵海洲, 董坤, 等. 桃树盛花期东方蜜蜂 (*Apis cerana*) 采集行为研究[J]. 中国蜂业, 2012, 22: 8–13]
- Zhu JJ, Xu N, Wang ZY, *et al.* Study on the species of pollination insects of Longan and the relationship between their pollination activity and temperature [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2010, 4: 646–650. [朱建华, 徐宁, 王助引, 等. 龙眼传粉昆虫种类及其传粉活动与温度的关系[J]. 热带作物学报, 2010, 4: 646–650]