中国农业大学学报 2024,29(6):109-119
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

徐启聪,徐启贺,王大超,孔德强. 有机农田中的土著天敌及其生境保全方法[J]. 中国农业大学学报,2024,29(06):109-119.
XU Qicong, XU Qihe, WANG Dachao, KONG Deqiang. Indigenous natural enemies and their conservation methods in organic farmland[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(06): 109-119.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.06.12

有机农田中的土著天敌及其生境保全方法

徐启聪[1] 徐启贺[2*] 王大超[3] 孔德强[4]
(1. 自然农法国际研究开发中心,日本 松本 3901401;
2. 曲靖师范学院,云南 曲靖 655011;
3. 黑龙江龙翰种业有限公司,黑龙江 齐齐哈尔 161006;
4. 博兴县农业农村综合服务中心,山东 博兴 256500)

摘 要 为进一步了解有机农业生产中的害虫生物防治,本研究结合近年来的研究与田间实践,概述了土著天敌的基本特征、相关生态学原理以及有机农田中常见的土著天敌种类,分析了土著天敌在农田中的栖息机制,总结了一系列目前有机生产中常用的土著天敌保全方法。分析发现土著天敌的种群密度往往容易受到农事耕作、农药以及异常气候的影响,若要充分发挥其对害虫的控制潜力,积极的、适度的天敌生境管理是有必要的。良好的生境能够保证天敌生存所需的充足的食物、必要的水分和适宜的遮盖物。在实施方法上,通过妥善施用有机物和管理农田植被,来逐步改善土壤环境,建立起一个具备稳定、丰富、持久的生物多样性的农田生态系统,从而为土著天敌的生境保全提供可能。最后,从有机农田中土著天敌生境保全的实施策略方面提出了相关建议,以期为有机农业从业者提供参考。

关键词 有机栽培; 害虫控制; 土著天敌; 农田生物多样性; 天敌生境管理; 保全型生物控制
中图分类号 S476+.2 **文章编号** 1007-4333(2024)06-0109-11 **文献标志码** A

Indigenous natural enemies and their conservation methods in organic farmland

XU Qicong[1], XU Qihe[2*], WANG Dachao[3], KONG Deqiang[4]
(1. International Nature Farming Research Center, Matsumoto 3901401, Japan;
2. QuJing Normal University, Qujing 655011, China;
3. Heilongjiang Longhan Seed Industry Co., Ltd, Qiqihar 161006, China;
4. Boxing Agricultural and Rural Comprehensive Service Center, Boxing 256500, China)

Abstract To gain a deeper understanding of biological pest control in organic agricultural production, in this study, based on the combination with recent research and field practice, the basic characteristics, associated ecological principles and common types of indigenous natural enemies in organic farmland were briefly summarized. The habitat mechanism of indigenous natural enemies in farmland was analyzed and a series of conservation methods commonly used in current organic production were summarized. The analysis revealed that the population density of indigenous natural enemies was often affected by agricultural cultivation, pesticides and abnormal climate. To fully tap into their potential for pest control, active and moderate habitat management of natural enemies was necessary. A good habitat can ensure

收稿日期: 2023-12-10
基金项目: 曲靖师范学院科技创新联合专项重点项目(KJLH2023ZD08)
第一作者: 徐启聪(ORCID:0000-0002-0819-567X),博士研究生,E-mail:qicongx@163.com
通讯作者: 徐启贺(ORCID:0009-0007-7032-4624),博士,讲师,主要从事植物生物学与有机栽培研究,E-mail: xuqihe@qq.com

sufficient food, necessary humidity and suitable shelter for the survival of indigenous natural enemies. In terms of implementation, by properly applying organic matter and managing farmland vegetation, the soil environment can be gradually improved, and a stable, rich, and sustainable farmland ecosystem with biodiversity can be established, thereby providing possibilities for the habitat conservation of indigenous natural enemies. Finally, relevant suggestions were put forward for the implementation strategies of habitat conservation of indigenous natural enemies in organic farmland, in order to provide reference for practitioners in organic agriculture.

Keywords organic agriculture; pest control; indigenous natural enemies; farmland biodiversity; habitat management; conservation biological control

在有机栽培、自然农法以及其它形式的环境友好型农业生产(以下统称有机栽培)中,经济、有效并且低风险的害虫防控成为一个不可忽视的课题。除了加强物理防治和农业防治、施用部分符合有机种植标准的生物杀虫剂之外,天敌的开发和利用也在害虫控制中发挥着极其重要的作用[1]。农田中利用天敌进行害虫控制的策略主要有以下几种类型:1)经典生物控制(Classical biological control)。指从害虫的原产地寻找一种或一类天敌并加以引进释放[2]。2)强化型生物控制(Augmentative biological control)。这包含2种情况:一是淹没式释放(Inundative),在实验室饲养天敌并将其大量释放到天敌严重不足的栽培场所,将目标区域的天敌数量迅速提高以实现短期内快速压制害虫的效果。所释放的天敌多为狭食性,在害虫控制任务完成之后,不期望天敌种群能够继续在目标区域繁殖。二是接种式释放(Inoculative),周期性或季节性地释放天敌,期待其种群能够在目标地区繁衍、稳定,并持续控制害虫[3-4]。3)土著天敌保全型生物控制(Conservation biological control)。这是一种依赖于农田生物多样性的有害生物控制策略。土壤中的有机质和地表的植被首先为生物多样性提供物质与能量基础。微生物、土壤动物、植食者、作物害虫、捕食者以及寄生者之间形成了复杂多样的食物链。其中一些捕食者和寄生者,由于它们的猎物中有时也包括部分作物害虫,因此具有害虫控制的潜力。在农业生产中,把这部分捕食者和寄生者称作“土著天敌”,一般是指作为当地原有物种,栖息于农田内部及其周边环境中,并对当地某些农业害虫具有捕食或寄生能力的一些节肢动物和脊椎动物[5]。在一些不采用商品化天敌释放的有机农田中,控制害虫的任务则有希望由这些土著天敌来部分地承担。研究表明,在一个生物多样性较高的区域,本地土著天敌的丰度往往也比较高,一些害虫的数量会相应减少[6]。有机栽培环境中,土著天敌的栖息地存在于农田内部及其周边的非耕作地带,而后者的意义有时更加重要[7]。良好的栖息地能够保证天敌生存所需的充足的食物、必要的水分和适宜的遮盖物。结合天敌的生物特性,采取一系列策略针对性地来改善其栖息环境,增加其多样性,维持并壮大其种群,以期提高其控制害虫的潜力。这被称为土著天敌生境管理(Habitat management)[6,8]。

上述3种害虫控制策略中,前2种都是比较经典的方案,曾有过大量的探索试验,在农业生产做出过极其重要的贡献。然而,其缺点和不足也不容忽视。一是天敌的发现、检测、饲养到量产的历程较长,标准严格且成本较高,一旦释放之后,后期管理的技术要求也较高。二是引进天敌所伴随的潜在生态风险。很多外地引进的天敌多数情况下只能起到暂时控制作用,最终无法或不能长期适应本地环境[9];另外有些引进天敌最终可能会演变为本地的入侵种,从而导致本地生物多样性失衡[10-12]。对部分农业经营者来说,每年坚持一定量地引进天敌有时也并不是一种经济的做法[13-15]。因此,近年来土著天敌保全型害虫控制策略逐渐被研究并尝试应用。对于一些具备较强的生态意识、愿意长期坚持有机栽培或者暂时经济能力不足而不能有规模地引进商品化天敌的经营者来说,尝试挖掘土著天敌的害虫控制潜力,不失为一个有意义的选择。本研究将结合国内外的研究进展以及笔者近年来的田间实践,对土著天敌的基本特征以及如何充分发挥其在害虫控制中的作用做简要阐述。

1 土著天敌的特征

1)土著天敌一般是某一地区的原有物种,经过长期的进化,已经高度适应当地自然环境种群密度

的波动对本地生物多样性造成损害的风险很小。

2）土著天敌往往对农药类物质比较敏感，在常使用农药的农田里数量较少，而在撂荒地、田埂以及长期进行有机栽培的农田里比较多见。

3）土著天敌的害虫控制效果有时不如生物农药和引进天敌那样直中目标和快速见效，它们往往只在一定范围内、一定程度上或特定季节内对害虫起到控制作用。

4）土著天敌的种群往往容易受到气候异常变化的影响，甚至有时个体数量会出现显著的波动，从而减弱或失去对害虫的控制能力。因此，对天敌进行适度的、积极的人工干预和生境保全是有必要的。

5）为便于下述讨论，本研究在食源多样性上简要区分土著天敌。根据其食源种类的多寡，可分为单食性（如澳洲瓢虫）、寡食性（如食螨瓢虫）和广食性（如狼蛛和青蛙）[4,16]。这是在长期的进化过程中形成的食性特化结果。单食性和寡食性天敌的食物选择范围往往比较狭窄，对捕食/寄生对象的快速控制效果比较高，因而在引进天敌时被考虑的比较多，但害虫被控制下来之后，天敌种群则未必能在当地稳定地维持，甚至快速消失。然而在妥善管理的有机农田中，土著性的单食性和寡食性天敌仍会保持一定数量的存在。广食性天敌的食物来源相对宽泛，其种群不会因某一种捕食/寄生对象的减少而剧烈波动，从而表现出对环境的较强的适应能力，在农田中的“身影”也更加多见。研究表明，与单食性和寡食性天敌相比，广食性天敌的害虫控制效果有时并不那么彻底，但由于其较强的种群维持能力，目前也已逐渐引起重视[17-18]。

2　相关理论基础——岛屿生物地理学对土著天敌生境保全与利用的启示

岛屿生物地理学观点最初用来解释海洋岛屿上物种与栖息地面积的关系，以预测一个新建岛屿上可能存在的物种数量[19]。发展至今，该模式的应用已经扩展到用于指代被其它生态系统包围而孤立起来的某个生态系统，包括山峰、沙漠绿地、城市绿地、零碎的森林、因土地开发而造成的孤立小环境以及各类自然保护区等[20-22]。该理论已经成为保护生物学领域的一个极为重要的理论基础。本研究不讨论有关该理论原有的基础内容，而是将它带入有机农田中，用以指导土著天敌的生境保全和利用。

现代化农业中，大部分农业区都进行了整齐统一的规划，以便进行有规模的高效生产。很多常规农田里，长时间大面积的单一栽培明显影响了农田生物的种类和数量，即便有一些土壤动物或天敌从周边环境向农田迁入，也很难长期稳定地维持下去。这可能是因为：1）农药的影响；2）土壤有机质不足、土表有机覆盖物缺乏、主作物之外的植被稀疏，不能成为土壤动物的理想栖息地。

而有机农田里则有着另一番景象。岛屿生物地理学的原理在有机农田中的体现，暂且试论2个方面：1）随着土壤环境的逐渐改善，具备了丰富的生物多样性的农田环境能够对周边环境产生影响。农田里的部分土壤动物可以活动至周边环境（如草地、河岸或其它农田等），而周边环境中的土壤动物也可能迁移到农田里来栖息繁衍，这其中就有可能存在一些土著天敌。此时的有机农田，从大一点的范围来说，可以视作一个当地农业区的生物多样性“岛屿”。这个“岛屿”的面积越大，其内部的生物多样性就越稳定持久，同时周边自然环境的质量也影响着这个“岛屿”。2）有机农田内部存在着各种“人造的岛屿”。这些“岛屿”主要有田埂、绿肥带、草生带、过道、免耕区和秸秆覆盖区等，这些区域不仅可以为土壤动物的繁荣提供基础有机质，还可以充当土著天敌的遮盖场所。遭遇到异常天气或农事作业的扰动时，一些土著天敌可以“逃离”到“岛屿”上来“避难”，等周围环境稳定下来之后，它们又可以从“岛屿”上出来。另外，这些“岛屿”也是各类土壤动物的良好的越冬越夏场所。这些基于岛屿理论而衍生出的天敌保全策略已经在很多地方得到探索和应用[6,23]。

3　土著天敌在农田中的栖息环境及相关生境保全策略

3.1　土著天敌的食物来源

影响土著天敌生存的第一大因素是食物。有机农田中，以其中的土壤有机质和植物（作物、绿肥与杂草等）为起点，形成了丰富多样的食物链系统。在实际的生产指导中，为了便于理解土著天敌在食物链中的位置，把常见的与土著天敌有关联的一些重要食物链简单列举出来（图1），大致总结为4类，即腐食食物

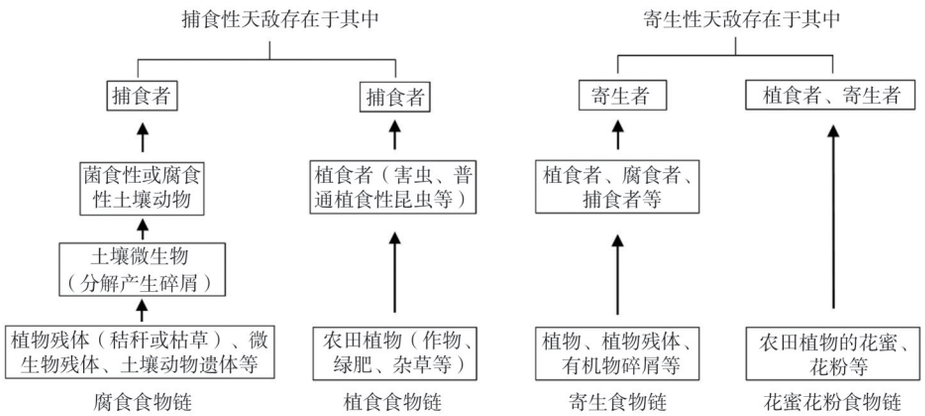

图1 有机农田生态系统中有关土著天敌的食物链

Fig. 1 The food chain of indigenous natural enemies in organic farmland ecosystems

链、植食食物链、寄生食物链以及花蜜花粉食物链。

腐食食物链以土壤中的植物残体、微生物残体和土壤动物的遗体为起点，它们首先被微生物分解成碎屑，然后部分微生物被菌食性土壤动物所捕食，碎屑被腐食者所取食，而这些土壤动物的一部分又可以被包括土著天敌在内的大型土壤动物所捕食[24]。植食食物链以农田中的活体植物为起点，它们被各类草食性昆虫所取食，而这些昆虫最终也可成为捕食者的猎物来源之一[25]。蜘蛛、青蛙和捕食性步甲等广食性捕食者[26-28]既属于腐食食物链，又属于植食食物链，它们在害虫出现的时候可以捕食害虫，而在没有害虫的季节里又可以捕食其它土壤动物如跳虫、叶蝉、双翅目幼虫、蚯蚓和鞘翅目幼虫等，从而使得种群得以延续[29-32]。在讨论害虫控制时，把天敌的食谱中除害虫之外的食源称为替代食源。在有机栽培的过程中，持续有计划地向大田中补充一定量的有机质（秸秆覆盖、有机肥或绿肥等），为农田食物链注入充足的起始物质，促进微生物和土壤动物的丰度，确保足够的替代食源，最终在一定程度上提前壮大土著天敌的种群，从而增加在下一个作物栽培期间里害虫被天敌捕食的几率[33-34]。寄生食物链是指农田里的一些昆虫被各类寄生者所寄生的一种食物链形式。图1中还加进去一种花蜜花粉食物链，它实际上是植食食物链的一种特殊形式，但为了方便理解寄生性天敌的食性，在此将其单独列出。很多寄生蜂的成虫在找到寄主之前，有取食植物花蜜以获得糖源的习惯[35]。对于这一类天敌，为了保证其种群的延续，为其维持一定的蜜源植物也很有必要[36]。

3.2 影响土著天敌的其它环境因素

除食物之外，影响天敌在农田中生存的因素还有温湿度（当地气温、降雨和人工灌水等）、遮盖物、农事干扰以及同类相食等。温湿度变化在很大程度上影响到天敌的发育、繁衍、捕食率、寄生率、迁徙、宿主转移及多样性变化[37-40]。一年之中，温湿度对土著天敌发生强烈影响的时期主要有冬季低温期、早春干燥期、夏季高温期和夏季雨水期。再加上近年来气候异常频频发生，所以需要时常留意当地气候对土著天敌的影响。农田水分管理方面，需要旱季保证灌水，雨季做好排水。大量的观察和研究发现，土著天敌的活动范围，除了在作物茎秆、果实或叶片上取食害虫之外，还大量活动于土壤缝隙、田埂、土块下方、杂草丛中、绿肥（或集蓄植物）丛中和植物残体等处。这些场所中，除了其中的有机物所具备的一系列生态效应之外，它们还有一个共同特点，就是至少都可以为天敌的活动提供一个物理上的遮盖，缓冲外界气候的剧烈变动给它们带来的冲击。高温、低温、大风、强降雨、干旱和强光等自然现象中，任何一项的发生都会对天敌的活动带来不同程度的影响。而当这些现象一旦发生时，天敌们能否迅速在农田中找到一处相对安稳的遮盖场所则显得尤为重要[41-44]。这可以通过向田间投入植物性堆肥（必要时粗度可以适当大一点）、覆盖秸秆、种植绿肥、适度保留杂草、行间及田边生草等措施来实现[6,33]。农事活动的频繁程度和剧烈程度也影响到天敌的活动。针对这一点，有机栽培上往往会采取以下措施来缓解：一是在可能的范围内进行免耕或少耕管理[45]；二是在农事作业时尽量不破坏或少破坏已有的天敌保护场所，如田埂和农田周围的植被

带。另外，很多物种都存在着不同程度的同类相食的现象，土著天敌们也不例外，这是自然界的普遍现象，是物种应对生存环境变化的一种种群调节行为[46-47]。意识到这一点，更有利于探讨土著天敌保全与利用。有研究表明，在存在大量替代食源的情况下，同类相食的现象会得到减轻[48-49]。

4　有机农田中常见的土著天敌种类

近年来，经过科研人员和农业经营者的不断努力，越来越多的土著天敌已经陆续被了解和应用。表1列举了在目前的有机农田中受到相对较多关注的土著天敌种类及其相关简要信息。表中的信息来源于笔者所在研究室、各地农业技术研究与推广部门以及有机农家的多年试验和探索。表中只区分了土著天敌的大致类别，并未进行更详细的分类学考究，而且自然界的昆虫天敌也远远不止表中所列的类别，所以表1的主要目的是在实践层面上为有机农田管理者提供一些参考。

表1　有机农田中的部分土著天敌种类

Table 1　Some indigenous natural enemies in organic farmland

天敌类别 Types of indigenous natural enemies	可能捕食的害虫类别 Pests that indigenous natural enemies may prey on	相关集蓄植物或栖息场所 Insectary plants or habitats for indigenous natural enemies	集蓄植物或栖息场所为土著天敌所能提供的资源 Resources provided by insectary plants or habitats for indigenous natural enemies
小花蝽类 *Orius* spp.	蓟马、飞虱、蚜虫、棉红铃虫等	黄秋葵、马鞭草、万寿菊、胡萝卜、玉米、苕子、白芥、三叶草、荞麦、罗勒等	替代猎物、花粉、蜜源、庇护空间
烟盲蝽 *Nesidiocoris tenuis*（Reuter）	粉虱、蓟马、斑潜蝇、鳞翅目幼虫等	芝麻、醉蝶花、马鞭草、黄秋葵、草生带等	替代猎物、珍珠体（黄秋葵）、植物汁液、庇护空间
植绥螨类 Phytoseiidae	二斑叶螨、葱蓟马、瘿螨、烟粉虱等	三叶草、大麦、玉米、观赏辣椒、香雪球、齿叶木樨、酢浆草、鸡屎藤、阿拉伯婆婆纳、肿柄菊等	花粉、蜜源、植物汁液、替代猎物、庇护空间
食蚜蝇类 Syrphidae	蚜虫、鳞翅目幼虫、叶蝉、蓟马、粉虱等	罗勒、荞麦、香雪球、艾菊叶法色草、苕子、白芥、三叶草、高粱、万寿菊等	替代猎物、花粉、蜜源、庇护空间
猎蝽类 Reduviidae	蚜虫、鳞翅目幼虫等	杂草丛、绿肥带、草生带等	
大眼长蝽 *Geocoris pallidipennis*（Costa）	蚜虫、叶螨、蓟马、叶蝉等	大麦、杂草丛、草生带等	
瓢虫类 *Coccinella* spp.	蚜虫、蓟马、飞虱等	高粱、胡萝卜、苕子、杂草丛、白芥、三叶草、荞麦、黄秋葵、芫荽、草生带等	替代猎物、庇护空间
食蚜瘿蚊 *Aphidoletes abietis*（Kieffer）	蚜虫等	高粱、草生带等	
草蛉类 Chrysopidae	蚜虫、飞虱、叶螨等	高粱、杂草丛、草生带等	
捕食性步甲 Predatory species in Carabidae	鳞翅目幼虫、蚜虫等	杂草丛、草生带、秸秆覆盖带、绿肥带等	

表1（续）

天敌类别 Types of indigenous natural enemies	可能捕食的害虫类别 Pests that indigenous natural enemies may prey on	相关集蓄植物或栖息场所 Insectary plants or habitats for indigenous natural enemies	集蓄植物或栖息场所为土著天敌所能提供的资源 Resources provided by insectary plants or habitats for indigenous natural enemies
徘徊性蜘蛛 Wandering spiders in Araneae	葱蓟马、鳞翅目幼虫、蚜虫等	大麦、杂草丛、草生带、秸秆覆盖带、绿肥带等	
结网蜘蛛 Web building spiders in Araneae	同翅目、膜翅目、鞘翅目、鳞翅目的成虫等	杂草丛、草生带、秸秆覆盖带、绿肥带、大棚角落、蔬菜的支架等	
青蛙 Anura	鳞翅目幼虫、蚜虫等	稻田、杂草丛、草生带、秸秆覆盖带、绿肥带等	
姬蜂类 Ichneumonidae	膜翅目、鞘翅目、鳞翅目、双翅目等	紫草科植物（艾菊叶法色草、玻璃苣等）、罗勒、荞麦、高粱、草生带、田埂杂草丛等	花粉、蜜源、庇护空间
绒茧蜂类 *Apanteles* spp.	多寄生十字花科害虫的幼虫		
小蜂类 Chalcidoidea	膜翅目、鞘翅目、鳞翅目、双翅目等		
细蜂类 Proctotrupoidea	双翅目、直翅目、半翅目等		
蚜茧蜂类 Aphidiidae	蚜虫		
其它寄生者 Other parasites	蚜虫、鳞翅目、鞘翅目、双翅目等		

5 土著天敌生境保全的思路与实践方案

5.1 土著天敌管理开始之前的准备

每个地区都有其固有的土壤、植被、水文与气候特征，受此影响，当地的土著天敌的种类与数量也各有不同。对于土著天敌的保全与利用，要结合本地区的具体情况，从基础做起，逐渐积累并形成经验与技术体系。基本策略可以参考以下步骤：

1）基础调查。对有机农田所在地的生态环境进行观察，了解并调查当地有哪些土著天敌种类及其大致的数量。如有必要，这部分工作可以在当地农业技术部门的指导下进行，或参考相关论文著作。

2）对每一类土著天敌的生物特性进行基本的了解。这包括天敌的食性、繁殖、越冬越夏、迁徙和对害虫的控制潜力等。如果涉及的专业信息量较大，可以向当地农业技术部门咨询，或查阅相关论文著作。

3）进一步观察并调查这些土著天敌所喜好的栖息环境。大致了解天敌对低温、高温、强光、干燥、大风、降雨及干旱等天气现象的反应。

4）掌握上述基本信息后，在农田管理的同时，逐渐在头脑中形成农田生物多样性的意识，适度顾及土著天敌的生境，尽量实现对土著天敌的保全与利用。在实施的过程中，大量、细致、长期的观察与总结始终不可或缺。

5.2 土著天敌生境保全的实践方法

本研究根据近年来的研究与实践，介绍有机农田中对土著天敌的一些保全方法。下文所提到的管理方法来自于农业技术与推广部门和农家生产现场的实践案例，对有机栽培从业者有一定参考价值。

5.2.1 旱田与水稻田邻接配置

水稻田尤其是有机水稻田里往往具有较好的

土壤生物多样性[50]。水稻田土壤一般具有比较丰富的有机质，在水稻的灌水管理期间，水生及湿生性土壤动物大量发生，而在非灌水期间，旱地型土壤动物又可以在田里活动。这为青蛙等广食性天敌提供了很好的繁殖及活动环境。在水旱两作兼具的地区，如有条件，可以将旱田和有机水稻田邻接配置。在水稻生长前期的灌水期间，越冬后的青蛙在水田里大量产卵，之后发育成幼蛙，待到水稻田陆续进入控水晒田期之后，相当一部分的幼蛙便会从水田扩散到相邻的旱田并寻找猎物，从而为旱田害虫的控制起到一定作用[28]。

5.2.2　休耕地上提前蓄养土著天敌

在从常规农田向有机农田过渡的过程中，有时需要先把地块进行一段时间的休耕。休耕期间的管理方法大致有2种：1)暂时撂荒，任由杂草生长，各类土壤动物及天敌会慢慢繁荣起来，土壤质量与农田生态环境也会逐渐得到改善。缺点是所需时间较长，容易出现恶性杂草，造成管理上的不便。2)有目的有步骤地种植一些绿肥，不仅可以培肥地力、抑制杂草，还能够蓄养土著天敌，为其提供丰富的替代食源、蜜源及遮盖物。常用的绿肥品种有毛苕子、绛车轴草、白三叶草、薄荷、艾菊叶法色草、燕麦和紫云英等。观察发现，相比较于撂荒地，一些绿肥如紫云英、毛苕子和绛车轴草对狼蛛数量的改善效果更好一些。

5.2.3　实行免耕/少耕管理

免耕/少耕栽培，一般是指栽培管理过程中省略或减少土壤的机械翻耕，而在作物收获后将残茬或秸秆保留并铺于田面，继续栽植下茬作物的栽培管理方法。妥善管理的免耕/少耕栽培不但具有缩短工时、节省能源、改善土壤质量、保护土壤生态的显著优点，同时在免耕/少耕状态下，农田生物多样性会得到很好的维持，土壤动物与土著天敌的种类和数量也会处在一个较为丰富且稳定的状态，从而对虫害起到一定的控制作用。因此，虽然免耕/少耕栽培也存在初期地力衰退和产量降低的缺点，但在有机栽培的很多场合依然很受部分经营者的认可。

5.2.4　建立半自然生态补偿带

开始有机栽培之前，如果周边环境和农田内部的生物多样性都较低，可以考虑在农田内部的四周一圈划出一定宽度的非栽培条带，在这些区域里不种植作物，而种植一些草坪草或花卉植物，草坪长成之后，条带也可以作为农用车道使用。条带上的植被可以阻断大田内部的水土流失，割下的草可以提供有机质，草丛可以为土壤动物和天敌提供栖息地，因此将这种草坪带称为半自然生态补偿带(Semi-natural compensation)。根据农田的规模，草带的宽度可以在0.5～2.5 m，能够通过农用车辆则为最好。草坪的播种一般在春季或秋季进行。所用的草种多为黑麦草、早熟禾、高羊茅、鸭茅和三叶草等。出齐苗之后，只需保持简单的管理即可。夏季每半个月左右割草一次，春秋季节每一个月左右割草一次，割草时保留草的高度约为10 cm，为草丛中的土壤动物保证适当的灌丛遮蔽。

5.2.5　妥善利用绿肥

绿肥不仅可以改善土壤质量，同时还可以为土著天敌提供良好的栖息环境。在实际生产中，实施方式主要有以下几种：1)大田进行免耕栽培时，前茬种植绿肥，在绿肥的开花期将其割倒，直接铺在田面上；待绿肥适度分解后，播种或定植作物。这是一种比较省力的做法。2)前茬种植绿肥，开花期用粉碎机将其原地打碎(如无条件也可不做)，然后用机械将其翻入土壤，待充分分解后，进行播种或定植。3)前茬种植绿肥(如黑麦和小麦)，成熟后收获籽粒并将其秸秆也带出田外，然后将大田翻耕；之后播种或定植，等作物长起来之后，再将之前带出的秸秆铺回行间。可以全田覆盖，也可以根据需要进行隔行覆盖。4)在主作物的行间播种绿肥。根据不同绿肥的生长速度，播种时间可以与主作物同时，也可以前后错开一定的时间。待绿肥生长到一定高度，将其割倒，覆盖在原地即可。

5.2.6　田间覆盖有机材料

田间覆盖有机材料，大致有以下几种方式：1)在作物定植前后，将秸秆等有机材料覆盖于田面，之后根据其分解程度而逐渐补充新的材料。所用的秸秆材料可以是麦秆、稻杆、裁断的玉米秸秆和割掉的杂草等。结合具体情况，可以全田覆盖，也可以隔行覆盖。在作物生长期结束之后，这些有机物可以随着土地翻耕而混入土壤并继续分解。2)在农田的内部，每隔一定距离，设置一条秸秆覆盖带，宽度为0.5～1.0 m，并且该覆盖带在大田中常年维持，农事作业时尽量不去破坏。这是专门在大田中持久地为土壤动物营造出一定的栖息地。

以上不论哪种方式，在实施时，尽量使秸秆的覆盖条带贯通大田的两端，连接到田外的草地或田埂上，这样就为土壤动物在田内外的移动和交流提供了“通道”。覆盖的厚度一般为5 cm左右。遇到持续干旱时，在给作物浇水的同时，也要尽量给这些覆盖物喷水以促进其分解。3)入冬前后，将完全腐熟或中熟的富含植物性材料的堆肥撒施到大田的地表上，不仅起到改善土质和活跃土壤生物的作用，同时也为天敌提供了良好的越冬遮盖场所。

5.2.7 适度增加田间作物多样性

农田内部增加作物的多样性，大致有2种做法：1)传统的混作、间作与套作。在这方面，长期以来广大农户和科研人员已经积累了大量的经验。2)农田内部的多样性栽培区划。在农田具备一定面积时，可将其分成若干块较大的区块，每个区块栽培不同种类的作物，如茄科区、葫芦科区、十字花科区、禾本科区和豆科区等，每年各区之间顺次轮换。不同栽培区里会形成各自的局部生态小环境，有些作物也对某些天敌有一定的集蓄作用，这可为土壤生物和土著天敌的多样化发生提供可能。同时，该做法也有减轻连作病害和便于管理的优点。

5.2.8 天敌集蓄植物(Insectary plants or Banker plants)

天敌集蓄植物一般是指能够吸引天敌前来栖息与繁衍，为其提供生存资源与空间，使其种群得以维持或壮大的一些植物。以集蓄植物为食的植食者可以成为土著天敌的替代食饵或替代寄主，集蓄植物自身也可为一些天敌提供生长发育所需的花粉和蜜源，另外集蓄植物的灌丛还可成为天敌的遮盖场所。集蓄植物一般不作为目标收获作物，而是与主作物混作或间作，或种植在大田四周的田埂与草生带上。集蓄植物的种类多种多样，常用到的有菊科类(如万寿菊)、豆科类(如三叶草)、禾本科类(如小麦、大麦、燕麦)、香草类(如罗勒)甚至一些蔬菜类(如黄秋葵)等。例如在茄子的生产中，在茄子垄的旁侧定植万寿菊等花卉植物，能够增加捕食性天敌的数量，对茄子的害虫有一定控制效果[51-53]。在大葱的行间间作大麦，可以提高捕食性步甲等天敌的数量，从而对蓟马起到一定的控制作用[54]。将白三叶草与圆白菜或西蓝花等十字花科蔬菜间作或混作，可增加捕食性天敌的数量，从而对鳞翅目害虫、跳甲和甘蓝种蝇等起到一定的控制作用[55-57]。将黄秋葵与茄子间作，黄秋葵茎叶上分泌营养珠(含有糖类、氨基酸等营养物质)，可促进蓟马的天敌小花蝽前来活动[58-59]。集蓄植物在种植时最好留意以下几个要点：1)集蓄植物的播种或定植一般要早于主作物，尽量在害虫发生之前长起来。2)注意主作物和集蓄植物之间的距离，要留意二者之间的他感影响(“相生相克”)。3)有些集蓄植物的生长能力很强，要注意不要让其生长势超过主作物，如有必要，需要对其进行修剪来控制旺长。4)在大田周边田埂或草生带上，可以多种类地种植一些易于管理的集蓄植物。由于这些区域是非栽培区，生长在其中的集蓄植物可以不必像作物栽培区那样按时灭茬，因而它们在农田的生长期往往会更长，也更有利于天敌的种群维持。

5.2.9 草生栽培(Living mulch)

草生栽培，是指在作物的行间播种牧草或绿肥(在有机生产现场，有时也把绿肥、牧草等统称为“草”)，生长过程中根据其伸长状况进行刈割，并将割下的草覆盖到作物根部周围的栽培管理方法。草生带的持续期间，可以是伴随主作物的整个或大部分生长期间，也可以长年维持。“草”不仅可以有效改善土质，其灌丛和刈割覆盖还可以改善土壤小气候，为各种土壤动物、植食者及捕食者提供适宜的栖息地。根据笔者调查，草生区的蚯蚓、跳虫类、土壤螨类、半翅目类、鞘翅目幼虫、叶蝉和蟋蟀等动物的数量显著高于非草生区。草生栽培尤其适用于生长期比较长的蔬菜如番茄、茄子、青椒和黄瓜等。草生带的播种一般早于作物的定植或播种日。根据在山东部分地区的试验，可以秋播或春播，秋播一般在9～10月，春播在3～4月。往往秋播比春播的效果更好。春季升温很快，其它杂草长势迅速，播种的草生带容易被杂草压制，而秋播时大部分其它杂草已经结束，草生带容易成坪。草的种类以黑麦草、早熟禾、高羊茅、鸭茅、鼠茅草和三叶草等较为常见，多品种混播时效果更好。

5.2.10 作物行间适度保留杂草

对于生长期不太长且短时间内容易招致大量害虫的蔬菜，如圆白菜和西蓝花等，可以在生长期间，在蔬菜的行间适当保留一些杂草，使其与蔬菜共存。杂草在行间所形成的灌丛，不仅可以避免地面过度干燥、干扰成虫产卵，还可以为土著天敌提供很好的栖息和遮盖场所。具体操作时，需要注意的是杂草

不是完全放任，而是适度保留。在蔬菜幼苗成活之后到快速生长之前，仍然有必要进行一次除草。之后可以不必进行彻底除草，而是经常巡视田间，只将高出蔬菜的以及过于茂盛的杂草拔除即可。

5.2.11　妥善管理大田四周田埂

在有机栽培中，大田周围的田埂也被视为农田生态系统的一部分而加以妥善管理。可以参考以下几点：1）田埂上也不可使用有机栽培不认可的除草剂及杀虫杀菌剂。2）如果田埂原就具备比较完善的植被，则可以将其保留。3）如果田埂植被不理想，如出现地面裸露、恶性杂草及入侵植物时，则要先将田埂上的植物彻底清除，重新整备之后播种适合当地土壤和气候的草种，从而建成新的田埂植被。4）定期对田埂进行割草作业。割草可以维持比较好的田埂景观、抑制恶性杂草或入侵植物在田埂上的扩展。割草时不必离地面过低，一般尽量保证留下 10 cm 左右的草高，这不仅有利于田埂草皮的快速恢复，同时也为土壤动物和土著天敌保留住一定的灌丛遮盖。

6　讨　论

6.1　有机农业经营者应该具备生物多样性意识

土著天敌的保全与利用，尽管由于地理环境、当地气候、土壤状况与栽培目标的影响而在具体方法上呈现多种多样，但从本质上说，都是对于地域农田生物多样性的关注、维持、改善与利用。生物多样性是所有生物赖以生存的基础因素之一。与海洋、森林、河湖、沙漠和草原等生态系统一样，农田生物多样性也具有同等重要的现实意义。因此，农田生物多样性的意识应该贯彻到有机农业经营的始终。

6.2　对农田有机物利用的综合考虑

如上文所提，有机物的妥善利用可以有效保全土著天敌的生境，但农田中的有机物最终所起到的效果却是多方面的，如在土壤团粒、土壤腐殖质含量、土壤养分保持与平衡、土壤动物多样性、土壤有益微生物菌群甚至土壤水土保持等方面都有改善效果，而对土著天敌的生境改善只是这个复杂的生态效应中的一部分。因此，向农田中导入有机物时，固然要留意其对土著天敌的影响，但也要全面考虑综合效果。比如，有机物不可过量施用、腐熟时间不可过短、注意在土壤中的施用深度等，否则会对土壤质量造成负面影响，影响正常作物生产。

6.3　多种害虫控制思路与策略共存

由于地域生态环境、经营者的环境意识、农田经营规模以及栽培目标的差异，目前的有机栽培中实际存在着很多不同的做法甚至流派。在一些相对集约化的生产现场，有规模的物理防治、生物农药和引进天敌等措施会连同土著天敌一起被考虑。而对于一些生态意识更强的经营者、中小型农场或家庭菜园来说，害虫控制的手段和成本则会有所调整，但土著天敌的生境保全管理一般比较容易保留和坚持。这是因为，有机物的活用无论如何都是有机栽培中的“必备科目”，而有机质则是形成生物多样性的物质与能量基础。

6.4　农田生物多样性受地域大环境的影响

作为地域大环境中的一个“岛屿”，人为建立的有机农田生态系统始终受到周边环境变化的密切影响。常规农田的集约化管理、当地的道路建设、工业废物的排放和森林的砍伐等活动都是影响农田生物多样性的重要因素。一个健康的有机农田得以建成和维持，其中一项重要前提是地域自然环境的改善和维持。这将需要来自国家和社会等更大范围的关注和参与。

参考文献　References

[1] 陈学新. 21世纪我国害虫生物防治研究的进展、问题与展望[J]. 应用昆虫学报, 2010, 47(4): 615-625
Chen X X. Recent progress, existing problems and prospects in biological control of insect pests in China[J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47(4): 615-625 (in Chinese)

[2] Michaud J P. Classical biological control: A critical review of recent programs against citrus pests in Florida[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2002, 95(5): 531-540

[3] van Lenteren J C, Bueno V H. Augmentative biological control of arthropods in Latin America[J]. *BioControl*, 2003, 48: 123-139

[4] Hajek A E, Eilenberg J. *Natural Enemies: An Introduction to Biological Control*[M]. Cambridge : Cambridge University Press, 2018

[5] Barbosa P A. *Conservation Biological Control* [M]. California: Academic Press, 1998

[6] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture[J]. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45(1): 175-201

[7] Álvarez H A, Morente M, Oi F S, Rodriguez E, Campos M, Ruano F. Semi-natural habitat complexity affects abundance and movement of natural enemies in organic olive orchards[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2019, 285: 106618

[8] Begg G S, Cook S M, Dye R, Ferrante M, Franck P, Lavigne C, Lövei G L, Mansion-Vaquie A, Pell J K, Petit S, Quesada N, Ricci B, Wratten S D, Birch A N E. A functional overview of conservation

biological control[J], *Crop Protection*, 2017, 97: 145-158

[9] 陈红印, 陈长风, 王树英. 引进天敌昆虫的效果评估[J]. 植物检疫, 2003, 17(5): 269-272
Chen H Y, Chen C F, Wang S Y. Summative evaluation of beneficial insects importation [J]. *Plantquarantine*, 2003, 17(5): 269-272 (in Chinese)

[10] Yano E. Risk assessment of introduced natural enemies for insect pest control[J]. *Agriculture and Horticulture*, 1999, 74(4): 435-436

[11] van Lenteren J C, Babendreier D, Bigler F, Burgio G, Hokkanen H M T, Kuske S, Tommasini M G. Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control [J]. *Biological Control*, 2003, 48: 3-38

[12] van Lenteren J C, Bale J, Bigler F, Hokkanen H M T, Loomans A J M. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests[J]. *Annual Review of Entomology*, 2006, 51: 609-634

[13] Howarth F G. Environmental impacts of classical biological control[J]. *Annual Review of Entomology*, 1991, 36(1): 485-509

[14] Ehler L. *Conservation Biological Control: Past, Present, and Future*. In *Conservation Biological Control*[M]. Massachusetts: Academic Press, 1998

[15] Collier T, van Steenwyk R. A critical evaluation of augmentative biological control[J]. *Biological Control*, 2004, 31(2): 245-256

[16] 全国农业技术推广服务中心病虫防治处. 中国主要农作物害虫天敌种类[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
Disease and Insect Control Division of National Agricultural Technology Popularization Service Center. *Natural Enemies of Major Crop Pests in China*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998 (in Chinese)

[17] Hassell M P, May R M. Generalist and specialist natural enemies in insect predator-prey interactions[J]. *The Journal of Animal Ecology*, 1986, 1: 923-940

[18] Symondson W O C, Sunderland K D, Greenstone M H. Can generalist predators be effective biocontrol agents? [J]. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47(1): 561-594

[19] Wilson E O, MacArthur R H. *The Theory of Island Biogeography*[M]. Princeton: Princeton university press, 2016

[20] Sahney S, Benton M J, Falcon-Lang H J. Rainforest collapse triggered Carboniferous tetrapod diversification in Euramerica[J]. *Geology*, 2010, 38(12): 1079-1082

[21] Hall D L, Willig M R, Moorhead D L, Sites R W, Fish E B, Mollhagen T R. Aquatic macroinvertebrate diversity of playa wetlands: The role of landscape and island biogeographic characteristics[J]. *Wetlands*, 2004, 24(1): 77-91

[22] Fischer J, Lindenmayer D B. Landscape modification and habitat fragmentation: A synthesis [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2007, 16(3): 265-280

[23] Woltz J M, Isaacs R, Landis D A. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 152: 40-49

[24] McNabb D M, Halaj J, Wise D H. Inferring trophic positions of generalist predators and their linkage to the detrital food web in agroecosystems: A stable isotope analysis [J]. *Pedobiologia*, 2001, 45(4): 289-297

[25] Walton N J, Isaacs R. Influence of native flowering plant strips on natural enemies and herbivores in adjacent blueberry fields[J]. *Environmental Entomology*, 2011, 40(3): 697-705

[26] Aitchison C W. Low temperature feeding by winter-active spiders[J]. *Journal of Arachnology*, 1984, 12(3): 297-305

[27] Heong K L, Bleih S, Rubia E G. Prey preference of the wolf spider, *Pardosa pseudoannulata* (Boesenberg et Strand)[J]. *Researches on Population Ecology*, 1990, 33(2): 179-186

[28] Hirai T. Diet composition of *Hyla japonica* in soybean fields: Is a euryphagous predator useful for pest management? [J] *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 2007, 51(2): 103-106

[29] Settle W H, Ariawan H, Astuti E T, Cahyana W, Hakim A L, Hindayana D, Lestari A S. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey [J]. *Ecology*, 1996, 77(7): 1975-1988

[30] Nyffeler M. Prey selection of spiders in the field [J]. *The Journal of Arachnology*, 1999, 27(1): 317-324

[31] Agusti N, Shayler S P, Harwood J D, Vaughan I P, Sunderland K D, Symondson W O. Collembola as alternative prey sustaining spiders in arable ecosystems: Prey detection within predators using molecular markers[J]. *Molecular Ecology*, 2003, 12(12): 3467-3475

[32] Symondson W O, Cesarini S, Dodd P W, Harper G L, Bruford M W, Glen D M, Wiltshire C W, Harwood J D. Biodiversity vs biocontrol: Positive and negative effects of alternative prey on control of slugs by carabid beetles[J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2006, 96(6): 637-645

[33] Xu Q C, Fujiyama S, Xu H L. Biological pest control by enhancing populations of natural enemies in organic farming systems[J]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2011, 9(2): 455-463

[34] Xu Q, Xu H L, Fujiyama S, Amarasekara P. Indigenous generalist predators and plant residues: Conservation biological control of pests in an organically managed cabbage field[J]. *International Journal of Pest Management*, 2015, 61(2): 113-120

[35] 汪庚伟, 田俊策, 朱平阳, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 吕仲贤. 蜜源食物对节肢动物天敌寿命、繁殖力和控害能力的影响[J]. 昆虫学报, 2014, 57(8): 979-990
Wang G W, Tian J C, Zhu P Y, Zheng X S, Xu H X, Yang Y J, Lv Z X. Effect of sugar-rich food on the longevity, fecundity and pest control capacity of arthropod natural enemies[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57(8): 979-990 (in Chinese)

[36] Sivinski J, Wahl D, Holler T, Al Dobai S, Sivinski R. Conserving natural enemies with flowering plants: Estimating floral attractiveness to parasitic Hymenoptera and attraction's relationship to flower and plant morphology[J]. *Biological Control*, 2011, 58(3): 208-214

[37] Gillespie D R, Opit G, Roitberg B. Effects of temperature and relative humidity on development, reproduction, and predation in Feltiella acarisuga (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) [J]. *Biological Control*, 2000, 17(2): 132-138

[38] Sow G, Diarra K, Arvanitakis L, Bordat D. The relationship between the diamondback moth, climatic factors, cabbage crops and natural enemies in a tropical area[J]. *Folia Horticulturae*, 2013, 25(1): 3-12

[39] Kambrekar D N, Guledgudda S S, Anand K, Mohan K. Impact of climate change on insect pests and their natural enemies[J]. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 28(5): 814-816

[40] Jiang J X, Yang J H, Ji X Y, Zhang H, Wan N F. Experimental temperature elevation promotes the cooperative ability of two natural enemies in the control of insect herbivores[J]. *Biological Control*, 2018, 117: 52-62

[41] Corbett A N, Rosenheim J A. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape[J]. *Ecological Entomology*, 1996, 21(2): 155-164

[42] Griffiths G J, Holland J M, Bailey A, Thomas M B. Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control [J]. *Biological Control*, 2008, 45(2): 200-209

[43] Gontijo L M. Engineering natural enemy shelters to enhance conservation biological control in field crops [J]. *Biological Control*, 2019, 130: 155-163

[44] Clem C S, Harmon-Threatt A N. Field borders provide winter refuge for beneficial predators and parasitoids: A case study on organic farms [J]. *Journal of Insect Science*, 2021, 21(3): 2

[45] Jacobsen S K, Sigsgaard L, Johansen A B, Thorup-Kristensen K, Jensen P M. The impact of reduced tillage and distance to field margin on predator functional diversity [J]. *Journal of Insect Conservation*, 2022, 26(3): 491-501

[46] Fox L R. Cannibalism in natural populations [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1975, 6(1): 87-106

[47] Rudolf V H. The interaction of cannibalism and omnivory: Consequences for community dynamics [J]. *Ecology*, 2007, 88(11): 2697-2705

[48] Hamdi F, Chadoeuf J, Chermiti B, Bonato O. Evidence of cannibalism in Macrolophus pygmaeus, a natural enemy of whiteflies [J]. *Journal of Insect Behavior*, 2013, 26(4): 614-621

[49] Mendes J A, Barros M E, Lima D B, Melo J W. Cannibalism in Amblyseius largoensis (Muma) (Acari: Phytoseiidae), an important natural enemy of coconut mite pests [J]. *International Journal of Acarology*, 2017, 43(5): 387-392

[50] Yuichi O. Comparative research of the effect of the winter flooding and/or organic farming on land, aquatic or soil fauna in rice fields [J]. *Report of Hokkaido Institute of Environmental Sciences*, 2012, 2: 41

[51] Imura T. Conservation biological control of insect pests on the eggplant field using selective insectisides [J]. *Journal of Pesticide Science*, 2015, 40(1): 23-26

[52] Li S, Jaworski C C, Hatt S, Zhang F, Desneux N, Wang S. Flower strips adjacent to greenhouses help reduce pest populations and insecticide applications inside organic commercial greenhouses [J]. *Journal of Pest Science*, 2021, 94: 679-689

[53] Sujayanand G K, Sharma R K, Shankarganesh K, Saha S, Tomar R S. Crop diversification for sustainable insect pest management in eggplant (Solanales: Solanaceae) [J]. *Florida Entomologist*, 2015, 1: 305-314

[54] Sekine T, Masuda T, Inawashiro S. Suppression effect of intercropping with barley on Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2021, 56(1): 59-68

[55] Hamid H A, Dalla Monta L, Battisti A. Undersowing cruciferous vegetables with clover: The effect of sowing time on flea beetles and diamondback moth [J]. *Bulletin of Insectology*, 2006, 59(2): 121

[56] Ryan J, Ryan M F, McNaeidhe F. The effect of interrow plant cover on populations of the cabbage root fly, Delia brassicae (Wiedemann) [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1980, 1: 31-40

[57] Hooks C R, Johnson M W. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops [J]. *Crop Protection*, 2003, 22(2): 223-238

[58] Shigetomi K, Ohno K, Hayashi T. Conservation biological control of thrips: Behavioral response of *Orius strigicollis* to Okra as an insectary plant [C]. In: *5th International Symposium for the Development of IPM for Sustainable Agriculture in Asia and Africa*, Malaysia, 2012

[59] Takenaka I, Kamikawa S, Imamura T. Species composition of *Orius* spp in eggplant field of Nara prefecture [J]. *Bulletin of Nara Prefecture Agricultural Research and Development Center*, 2016, 47: 18-21

责任编辑：董金波

第一作者简介：徐启聪，男，汉族，山东省兰陵县人。2006年毕业于莱阳农学院植物保护专业，获农学学士学位；2009年毕业于中国林业科学研究院森林保护学专业，获农学硕士学位；2013年毕业于信州大学综合工学系研究科山岳地域环境科学专攻，获理学博士学位；2014至今，任自然农法国际研究开发中心研究员。研究领域为：自然农法下的旱生植物生理学、农业益生菌、抗逆分子生物学、有害生物控制、有机育种以及适合于地域特色的有机农业安定生产技术开发。同时还参与有机农业人才教育以及国际农业技术交流活动。同多所院校及研究所常年保持良好的合作关系，并为相关企业培养有机农业技术人才30余名。多年来一直坚守在有机栽培的生产第一线，为广大农户提供切实可行的技术指导。发表论文38篇，并在国际学术会议及日本作物学会、日本园艺学会、日本昆虫学会和日本土壤肥料学会上发表会议论文78篇。在有机栽培方面取得发明专利3项。

通讯作者简介：徐启贺，男，汉族，山东省兰陵县人。2016年毕业于加拿大拉瓦尔大学（Laval University）农业与食品学院植物生物学专业，获理学博士学位。博士期间研究方向为小浆果生物学与品质调控，涉及设施草莓、蓝莓和树莓的水肥耦合及冠层光合特性研究、水果质量评估、土壤改良生物修复、各类有机果园或设施农场建园技术，参与过中加合作草莓蓝莓高新技术产业化示范项目。2016—2021年于拉瓦尔大学园艺研究中心任助理研究员。2021年引进至曲靖师范学院生物资源与食品工程学院，在“云南省高校特色果酒技术创新与应用工程研究中心”科研平台负责云南高原特色果树生理与果实品质调控的研究工作。并综合负责曲靖师范学院乡村振兴科技小院高原特色四季草莓无公害栽培项目。发表论文10余篇，主持或参与省级、市厅级项目3项。获得发明专利授权2项。