

综合纲节肢动物对作物的危害及其防治研究进展

靳亚丽, 卜云*

(上海科技馆, 上海自然博物馆, 上海 200041)

摘要 综合纲是一类小型土壤节肢动物,能够危害多种农林作物,是重要的地下害虫。它们常常啃食发芽的种子或植物根系,导致植株发育不良,影响作物产量。随着生态农业的发展,综合纲节肢动物对作物的危害可能会变得更加普遍。本文对综合纲动物的生物学、为害作物种类和现状以及防治措施等方面的研究进行综述,以期将来有效防控综合纲动物提供理论支撑。

关键词 综合纲; 蛩蚰; 蛩蚣; 地下害虫; 防治

中图分类号: S433.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021445

Research progresses in the damage of symphylan pests to crops and their control

JIN Yali, BU Yun*

(Shanghai Natural History Museum, Shanghai Science & Technology Museum, Shanghai 200041, China)

Abstract Symphyla is a group of tiny soil arthropods. They are important underground pests that cause damage to agricultural and forest crops. By attacking germinating seeds and roots of plants, they usually induce plant dysplasia and affect crop yield. With the development of ecological agriculture, the crop damage associated with symphylan pests occurs frequently. This review summarized the research progresses in the biological characteristics of symphylan pests, crops being damaged, damage status and control methods, so as to provide a theoretic support for effective prevention and control of them in the future.

Key words Symphyla; scutigerelids; scolopendrellids; underground pests; control

综合纲 Symphyla 是土壤节肢动物的常见类群,隶属于多足亚门 Myriapoda,广泛分布于世界各地^[1-2]。它们一般生活在温暖潮湿的土壤或腐殖质层,大多以植物根系的柔软部分为食,少数种类为腐食性或捕食性^[3-4]。已有研究表明,综合纲动物的一些种类为害农作物和经济作物,严重影响作物产量^[5-6],且因其生活在地下,不易察觉,难以有效防治。本文对综合纲的发生规律、为害现状和防治策略等进行了综述,以期综合纲有害动物的防治提供借鉴。

1 综合纲动物的生物学特征和发生规律

1.1 生物学特征

综合纲动物身体纤细,全身乳白色,体长 2~8 mm,触角细长,念珠状,无眼,身体末端有一对尾须(图 1)。成虫具有 11 对或 12 对足,第 3~12 对

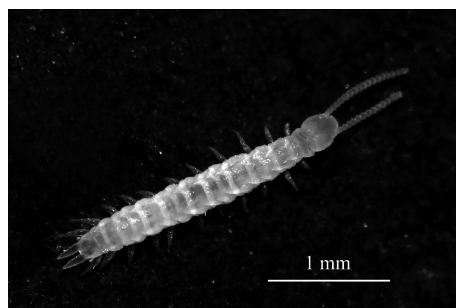


图 1 我国综合纲代表物种——普通小综合
Symphylella communis Jin & Bu, 2020

Fig. 1 The representative species of Symphyla in China,
Symphylella communis Jin & Bu, 2020

足基部各具有一对刺突,生殖孔位于第 4 对足基节之间。该类群的繁殖方式为间接受精,雄虫从生殖孔产出精包,雌虫找到精包,收集并将其存储在口器附近的储精囊内,雌虫产卵后,借助口器将卵置

收稿日期: 2021-08-14

修订日期: 2021-09-17

基金项目: 上海科技馆学术团队建设项目(20180001);国家自然科学基金(31772509)

* 通信作者 E-mail: buy@sstm.org.cn

于土壤颗粒或苔藓植物上,并在卵壳上咬出小口,然后将储精囊中的精子释放到卵上使其受精^[1]。综合纲动物从卵发育到成虫至少需要 3 个月,一些物种寿命较长,实验室内可以存活 4 年之久^[7]。其个体发育为增节变态发育,体节和足的数量随龄期增长逐渐增加,刚孵化的幼虫具 6 对或 7 对足,成虫具有 15~23 个背板,11 对或 12 对足,终生蜕皮。综合纲动物在自然环境中的繁殖高峰期为春季和初夏^[8]。

1.2 发生规律

综合纲节肢动物普遍存在于森林、温室、城市绿地的土壤中^[9-12],多栖息于有机质含量高、透气性好、潮湿的壤土中,在黏性和砂质土壤中虫体密度较低^[13]。它们的身体纤细,能够在土壤孔隙、裂缝以及其他土壤动物如蚯蚓等挖掘的洞穴中穿行,可以迁移到距地表 60 cm 深处,在土壤中的分布受到食物、湿度、温度和土壤结构等多方面的影响,如土壤温度影响综合纲动物在土壤中的日常迁移。食物匮乏时有自相残杀的现象^[3]。综合纲动物在多种气候条件和土壤类型下均有发生,它们对作物的为害没有专一性,是大多数作物的潜在害虫。因不同植物对其抗性差异巨大,个别抗性低且受害严重的作物可能会在成熟之前死亡。有些作物如豌豆等小粒谷物仅在幼苗期受到综合纲动物的为害,植株成熟期不再受其影响^[14]。综合纲动物通常生活在 0~10 cm 土层,最适合其生长的温度为 12~20℃,在 0~5℃时活动迟缓,当地表寒冷或干燥时它们会向深层迁移,在作物幼苗生长的春季和初夏它们又会迁移到温暖的土壤上层^[15]。研究表明,综合纲害虫在管理良好、肥力好、有机质高、压实度低、孔隙度大的土壤中的密度较高,更容易发生^[13]。一般来说,改善土壤结构的耕作措施,例如增加有机质、免耕、提高苗床等,有利于综合纲动物在土壤中迁移,会导致害虫种群密度增加,同时使得该类害虫容易接近根系,加剧对植物的为害。

2 综合纲动物的为害现状

2.1 常见综合纲为害种类及识别特征

全世界目前已知的综合纲动物有 200 余种,根据形态分为幺蚰科 Scutigerellidae 和幺蛸科 Scolopendrellidae 两大类^[2]。通过整理国内外综合纲动物防治相关的文献,发现全球已记录有 10 余种为害

物种,隶属于 2 科 3 属,分别是幺蚰科的小幺蚰属 *Scutigerella*、汉氏幺蚰属 *Hanseniella* 和幺蛸科的小综合属 *Symphylella*,它们也是土壤中最常见的综合纲类群,主要识别特征如下:

小幺蚰属 *Scutigerella* Ryder, 1882: 具有 15 个背板,背板后缘弧形,第 2 背板后缘中央凹陷,最末节背板后缘有凹陷;成虫具 12 对足,第 1 对足 4 节;刺突发达。已报道为害作物的种类有洁小幺蚰 *S. immaculata* (Newport, 1845)、结节小幺蚰 *S. nodicercus* Michelbacher, 1942、考西小幺蚰 *S. causesyae* Michelbacher, 1942 和崎村小幺蚰 *S. sakimurai* Scheller, 1961^[16-17]。

汉氏幺蚰属 *Hanseniella* Bagnall, 1913: 具有 15 个背板,背板后缘弧形,第 2 背板后缘向后凸出,最末节背板后缘无凹陷;成虫具 12 对足,第 1 对足 4 节;刺突发达。为害作物的种类有长爪汉氏幺蚰 *H. unguiculata* (Hansen, 1903)、卡尔汉氏幺蚰 *H. caldaria* (Hansen, 1903)、林栖汉氏幺蚰 *H. arborea* Scheller, 1979、象牙海岸汉氏幺蚰 *H. ivorensis* Juberthie-Jupeau & Kehe, 1978 和东方汉氏幺蚰 *H. orientalis* (Hansen, 1903)^[6, 16, 18]。

小综合属 *Symphylella* Silvestri, 1902: 具有 17 个背板,除第 1、14、16 和 17 背板之外每一背板后缘具有 1 对三角形附属物;第 1 对足退化成为簇生刚毛的小突起,成虫具 11 对发育完全的足;刺突较小。为害种类有纤细小综合 *S. tenella* Scheller, 1961 和寻常小综合 *S. simplex* (Hansen, 1903)^[3, 17]。

2.2 为害现状

早在 20 世纪初,国外就有综合纲动物为害作物的报道。研究表明,综合纲动物能取食多种农作物的根系,已记录的受害作物有芦笋、豆类、油菜、芹菜、黄瓜、欧芹、辣椒、马铃薯、甜菜、甘蓝、生姜、草莓、菠萝、柑橘、甘蔗、玫瑰等数十种^[3, 19-20]。有些种类为害温室中的番茄、莴苣、生菜、康乃馨、菊花等蔬菜和花卉^[21-22]。它们会啃食发芽的种子和植物根系,导致植物烂根、叶片发黄、生长缓慢、枯萎和发育不全,严重时会对农业经济造成很大损失^[15]。据报道 10~20 头综合纲动物就会对扁豆植株造成严重损伤^[23]。由于综合纲动物个体微小且整个生活周期都在土壤中度过,植物根部的损伤不易被觉察,而且受损部位容易引起病菌感染,从而加重病情^[19]。为害症状经常会与水涝、土壤过度酸碱化等引起的

症状混淆而不易被诊断,往往在造成严重危害时才能被发现。

国内有关综合纲动物为害的报道较少,1938 年在我国台湾报道一种汉氏幺蚰为害甘蔗,这是我国有关综合纲为害作物的首次记录^[24]。1982 年有卡尔汉氏幺蚰为害重庆郊区小麦的报道^[25],1987 年又发现该物种为害枳幼苗以及柚、橙、橘等 20 多个果树品种幼苗根系,根尖部分可见被咬食的损伤,导致根的伸长生长受阻,且迅速木栓化,进而影响根对养分的吸收,地上部分表现出不同程度的缺素症状,严重影响产量^[26]。2000 年以来,在湖北宜昌有多次幺蚰为害柑橘和大棚竹丝茄等农作物的报道,受害严重的果园土壤中的虫口密度可达 1 万头/m³以上^[27]。

在欧洲和北美地区,综合纲动物是一类重要的地下害虫,常对农作物、果树、观赏植物、温室植物等造成严重危害(表 1)。洁小幺蚰在美国 25 个州有为害作物的报道,曾给俄勒冈州、华盛顿州和加利福尼亚州的农业生产造成严重损失^[28-29]。在这些地区,综合纲动物常出现在灌溉充沛的土壤中,且有在局部区域长期大量聚集为害的特点^[15]。考西小幺蚰是美国田纳西州、内华达州、爱荷华州的主要土壤害虫,而结节小幺蚰和长爪汉氏幺蚰分别在美国印第安纳州和夏威夷为害。综合纲动物在欧洲的危害十分普遍,几乎可以啃食所有植物的幼根,为害严重

的土壤中密度达到约 19 768 头/m²^[30]。据报道,在英国综合纲害虫的为害会导致番茄叶片变成蓝绿色,且植株非常矮小,受害的生菜经常死于继发性根腐烂和葡萄球菌感染,受害菊花的花瓣加厚,生长受阻,有时带红色的色调^[31]。在法国、英国和比利时,甜菜根系被综合纲害虫为害,导致产量降低^[32-35]。在哥伦比亚、巴西、新西兰、克什米尔和越南等国家和地区都发现多种农作物受到综合纲动物的危害^[18, 20, 36-38]。在澳大利亚、巴西、哥伦比亚、科特迪瓦、法国瓜德罗普和马提尼克岛、加勒比群岛、美国的波多黎各和夏威夷等地,综合纲动物是菠萝的主要害虫,它们取食菠萝幼苗新生的根系,导致产量大幅下降^[39-40]。此外,澳大利亚的维多利亚地区曾有综合纲动物为害农场芦笋苗的报道,导致芦笋产量大大降低甚至绝收^[41]。

尽管综合纲害虫分布广泛,但它们的为害通常限于局部区域。在一些受害严重的区域,几乎每年都会发生为害,而在其他区域,综合纲害虫的数量少,几乎不会造成伤害^[14]。研究发现在同一地块中相邻的两排茄子,仅一排受到综合纲动物为害导致严重发育不良,而邻排的茄子和辣椒没有受到影响,这可能与种植和耕作的时间有关^[15]。由此可见,综合纲害虫对作物的为害程度与许多因素的相互作用有关,例如土壤耕作条件、耕作时间、作物的热量需求、灌溉管理和植株的生长阶段等。

表 1 综合纲害虫的为害现状

Table 1 Damage situation of symphylan pests

为害种类 Pest species	受害作物 Damaged crop	为害状 Damage status	为害地区 Occurrence area	文献 Reference
林栖汉氏幺蚰 <i>Hanseniella arborea</i>	水稻、菠萝	根尖受损	巴西(米纳斯州、巴伊亚州、本杰明市)	[18, 42-44]
卡尔汉氏幺蚰 <i>Hanseniella caldaria</i>	小麦、竹丝茄、枳、柚、橙、桔	根尖部分可见被啃食后的损伤,萌发的侧根被食后呈现或多或少的“瘿状”,伸长生长受阻,迅速木栓化,植株生长受限,地上表现为缺素症状。受害严重的橘树根系很少,常见烂根,叶端褐变枯焦,出现花叶和黄叶,树叶而后脱落,新梢枯死并波及大枝,结果少,产量低,抗逆性差,严重的整株枯死。竹丝茄植株变矮小,生长发育缓慢	中国(重庆、湖北)	[6, 26-27, 45]
象牙海岸汉氏幺蚰 <i>Hanseniella ivorensis</i>	菠萝	新生根系的根尖和根毛受损,影响植株对营养元素的吸收,抑制生长发育。被长期啃食的根尖呈棒状,植物发育不良,明显可见病株状,可导致不可恢复的损伤	美国	[3, 39]
东方汉氏幺蚰 <i>Hanseniella orientalis</i>	水稻、菠萝	根尖受损	巴西(米纳斯州、巴伊亚州、本杰明市)	[18, 42-44]

续表 1 Table 1(Continued)

为害种类 Pest species	受害作物 Damaged crop	为害状 Damage status	为害地区 Occurrence area	文献 Reference
汉氏么蚰属未定种 <i>Hanseniella</i> sp.	甘蔗	不详	中国(台湾)	[24, 26]
汉氏么蚰属未定种 <i>Hanseniella</i> sp.	菠萝	不详	美国(波多黎各群岛)	[17]
长爪汉氏么蚰 <i>Hanseniella unguiculata</i>	南瓜、菠萝	发育迟缓,根尖被啃食后成为各种病原体如真菌、细菌等入侵的入口,并快速腐烂	美国(夏威夷群岛等)	[3, 6, 16 – 17, 46]
考西小么蚰 <i>Scutigerella causeyae</i>	玉米、大豆、洋葱、萝卜、花卉	不详	美国(爱荷华州、内华达州)	[16]
洁小么蚰 <i>Scutigerella immaculata</i>	大豆、玉米、芦笋、甘蓝、芹菜、黄瓜、欧芹、豌豆、辣椒、甜菜、甜豌豆、香豌豆、青豆、菜豆、番茄、生菜、卷心菜、萝卜、啤酒花、芥菜、芥末、菠菜、茼蒿、洋葱、马铃薯、花椰菜、菠萝、甘蔗、草莓、玫瑰、菊、康乃馨、百合、金鱼草、剑兰、鸢尾、薄荷、文竹	新生嫩芽受损后无法冒出地面。香豌豆根上可见啃食的小洞,且植株生长缓慢。草莓受害后根系和植株均比正常个体小很多,幼根根毛受损,植物枯萎和发育不良。甜菜根被啃食的区域易被致病菌入侵。番茄受害后叶片变蓝,植株发育不良。植物缺乏根毛和细根,严重影响植株生长。发芽中的种子被啃食后无法萌发。须根和小根或者块茎受损,影响生长和产量。芦笋根部被严重啃食后,产量大大降低	越南(大叻)、美国各州、哥伦比亚、澳大利亚(新南威尔士州、维多利亚州)	[3, 8, 16 – 17, 19, 21, 23, 34, 38 – 39, 41, 47 – 52]
结节小么蚰 <i>Scutigerella nodicercus</i>	玉米	不详	美国(印第安纳州)	[16]
崎村小么蚰 <i>Scutigerella sakimurai</i>	菠萝	根尖和根毛受损,植物生长受到抑制。根尖被啃食后,由于各种病原体的侵染导致烂根	美国(夏威夷群岛等地)	[3, 17, 39, 46]
寻常小综合 <i>Symphylella simplex</i>	菠萝	根尖被啃食后呈棒状	美国	[3, 39]
纤细小综合 <i>Symphylella tenella</i>	菠萝	植物发育不良,病株状	美国(夏威夷群岛等地)	[3, 17, 39, 46]
综合纲未定种 Unidentified species in Symphyla	玉米	发芽中的种子受损,影响发芽。幼苗细根受损,导致根的功能受损,植株变为红色或紫色	法国	[33]
综合纲未定种 Unidentified species in Symphyla	生姜、甘蔗、菠萝	不详	澳大利亚(昆士兰州)	[20]

3 综合纲动物的防治措施

3.1 化学防治

化学防治是目前控制综合纲害虫最快速有效的方式。国内外学者在实验室、温室和田间对杀虫剂控制综合纲害虫的效果进行了评估,鉴别了农药的有效性,结果发现大多数药剂只是阶段性地发挥作用,不能持续作用到农作物收获^[49, 53–54]。Shanks 等发现 Bay37289(三氯苯基乙基膦硫酸酯)对综合纲动物有毒杀作用,而且该药剂在土壤中相对稳定,对害虫有长期控制的效果^[55]。在 Bay37289 药液中浸泡过的西兰花移栽后得到持续有效的保护,未受到综合纲害虫的为害^[51]。

国内外曾经用多种化学杀虫剂来防治综合纲害虫(表 2),各种药剂的效果存在差异^[56–64]。有些药剂如灭线磷、毒死蜱等可有效控制综合纲害虫,

但因对食品安全不利而被限制使用^[65–66]。毒性较低的杀虫剂,例如拟除虫菊酯和天然杀虫剂对控制综合纲害虫的有效性尚未证实;一些药剂虽然在田间试验中表现出较好的控制效果,但其价格昂贵或所需剂量太大而无法大面积推广使用,亟须寻找其他经济安全的防治方法^[15]。杀虫剂的普遍应用需要前期室内试验,选出有效的杀虫剂和剂量,之后再 进行田间使用,从而减少田间使用所造成的环境安全风险。

3.2 农业技术防治

农业技术也被用于综合纲害虫的防治,根据作物、有害生物、生态环境三者之间的关系,运用翻耕、轮作、品种选育等农业技术改变农业生态系统中一些条件,使之不利于害虫发生,而有利于作物生长发育,增强作物对害虫的抵抗能力,具有可操作性强、不污染环境等优点^[67]。

表 2 不同杀虫剂对综合纲害虫的防治效果

Table 2 Control effect of different insecticides against symphylan pests

药剂名称 Name of insecticide	化学式 Chemical formula	有效剂量 Dosage of active ingredient	效果 Effect	试验类型 Type of test	文献 Reference
灭线磷 ethoprophos	C ₈ H ₁₉ O ₂ PS ₂	100 g/株	好	田间试验	[27]
氯唑磷 isazofos	C ₉ H ₁₇ ClN ₃ O ₃ PS	100 g/株	好	田间试验	[27]
对硫磷 parathion	C ₁₀ H ₁₄ NO ₃ PS	0.8~11 kg/hm ²	好	田间试验	[33, 50, 65]
二嗪磷 diazinon	C ₄ H ₄ N ₂ O	11 kg/hm ²	好	田间试验	[65]
毒死蜱 chlorpyrifos	C ₉ H ₁₁ Cl ₃ NO ₃ PS	0.5~0.8 kg/hm ²	好	田间试验	[33]
二氯丙烯 dichloropropene	C ₃ H ₄ Cl ₂	93 L/hm ²	较好	田间试验	[64]
二甲基二硫醚 dimethyl disulfide	C ₂ H ₆ S ₂	74.8~186.9 L/hm ²	有效	田间试验	[64]
辛硫磷 phoxim	C ₁₂ H ₁₅ N ₂ O ₃ PS	0.6 kg/hm ²	有效	田间试验	[33]
棉隆 dazomet	C ₅ H ₁₀ N ₂ S ₂	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
甲萘威 carbaryl	C ₁₂ H ₁₁ NO ₂	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
皮蝇磷 fenclorphos	C ₈ H ₈ Cl ₃ O ₃ PS	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
乙硫磷 ethion	C ₉ H ₂₂ O ₄ P ₂ S ₄	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
氯硫磷 chlorthion	C ₈ H ₉ ClNO ₃ PS	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
三硫磷 carbophenothion	C ₁₁ H ₁₆ ClO ₂ PS ₃	2.5 mg/kg	初期有效	室内控制试验	[59]
威百亩 metam-sodium	C ₂ H ₄ NNaS ₂	45 kg/hm ²	无效	田间试验	[64]
二溴氯丙烷 dibromochloropropane	C ₃ H ₅ Br ₂ Cl	39 kg/hm ²	无效	田间试验	[64]
二溴乙烷 ethylene dibromide	C ₂ H ₄ Br ₂	134.5 kg/hm ²	无效	田间试验	[64]
二氯丙烷 dichloropropane	C ₃ H ₆ Cl ₂	373.8 L/hm ²	无效	田间试验	[64]
氯化苦 chloropicrin	CCl ₃ NO ₂	373.8 L/hm ²	无效	田间试验	[64]

翻耕是最常见的农业技术,重复和彻底的土壤翻耕可以抑制综合纲动物的虫口密度^[65, 68],翻耕不仅破坏了综合纲害虫的栖息环境,减少了害虫数量,而且通过破坏害虫在地下的迁移通道,可以限制它们的活动范围。研究发现翻耕后至少 2~3 周内土壤表层综合纲动物的虫口密度显著降低,而且当土壤湿度适宜,害虫大多聚集在土壤浅表层时,翻耕土壤的防治效果更好^[15]。在休耕季,绿肥作物在一定程度上可以影响综合纲动物的虫口密度。绿肥作物为土壤小型食碎屑动物提供食物来源,间接地有利于捕食性节肢动物的繁衍,研究表明,捕食者的数量与绿肥作物的多少呈正相关,捕食者的捕食作用可能会减少综合纲动物的数量^[69-70]。应用绿肥且减少耕作次数可以增加捕食性螨的种群密度^[71],然而,在一年生作物种植系统中,免春耕虽然极大地增加了捕食螨的数量,但是综合纲害虫的种群密度反而增加了,推测可能是绿肥作物同时提高了潜在的其他被捕食者的种类和数量,从而降低了综合纲动物被捕食的概率,而且,谷类作为绿肥的地块中综合纲害虫的虫口密度低于芥菜为绿肥的地块^[66]。

选择抗性较强的作物种类和品种也是害虫防治的常见策略之一。研究发现,不同作物对综合纲害虫的敏感性差异很大^[72]。一般来说,小种子作物比大种子作物更容易受害^[73]。有些作物如西兰花、油

菜、芥菜、菠菜、甜菜、洋葱和南瓜等是综合纲害虫偏好的寄主,种植这些作物可能导致综合纲动物虫口密度的增加。一些作物如西兰花的某些品种比另一些品种对综合纲害虫的耐受性更强^[52]。种植马铃薯的土壤中综合纲害虫的密度显著低于种植其他作物的田地,这种效应甚至能在随后轮作的其他敏感作物中持续^[73]。因此,轮作也是一种防控综合纲害虫的可选策略。

3.3 生物防治

利用天敌进行综合纲害虫的防控尚未见文献报道。国外对综合纲的一些捕食者进行过初步研究,已发现许多捕食性节肢动物能以综合纲动物为食,已记录的天敌有革螨、石蜈蚣、隐翅虫、扁甲、线虫等^[71, 74-75]。但有的学者认为田间单一的捕食者如石蜈蚣的种群密度较小,不足以控制综合纲害虫的密度,而所有捕食者的整体控制效果尚不明确^[74]。偏革螨 *Pergamasus quisquiliarum* 作为一种广谱的田间捕食者,是综合纲害虫如洁小幺蚰的重要天敌之一^[71],该种广泛分布于美国西北部等地区,主要栖息在富含有机质的森林和农业土壤中,且其世代周期短、繁殖快,是控制综合纲害虫密度的重要天敌^[66]。因此,开展重要潜在天敌的人工培育并进行田间释放,同时营造适合自然天敌生存的栖息环境,将来有望实现综合纲害虫的生物防控。

3.4 其他

研究表明,常见的土壤改良剂如粪肥、石灰、化肥和堆肥对综合纲害虫具有一定的影响,但存在较大差异。石灰和化肥对综合纲动物的种群密度影响微弱,而施用粪肥则能增加综合纲害虫的密度^[76-77]。堆肥和有机改良剂对综合纲动物种群的影响存在不确定性,尚未发现任何一种改良剂可以显著减少综合纲害虫的虫口密度^[15]。人们发现在农田中受到拖拉机、旋耕机等农机轮胎压实的区域,作物的根系不易受到综合纲害虫的侵害^[15]。尽管压实可以起到预防综合纲害虫的作用,但对土壤有负面影响,例如将播种后的种子上方的土壤夯实,可以阻止综合纲害虫接近种子,从而降低了其危害,但同时可能导致土壤板结,不利于种子发芽^[14]。此外,水淹对综合纲动物也有一定的防控效果,在美国加利福尼亚州萨克拉门托和圣华金河三角洲地区,人们曾对受害的田地持续水淹两周来控制综合纲害虫,起到了较好的效果,但该方法局限于部分作物,且适用于水源充沛的地区^[15]。

4 总结与展望

综上所述,国内外目前对综合纲动物的认识尚不充分,对其发生和为害的了解还不全面,尚未发现快速有效和针对性强的防治措施,总体来说,对于该类害虫的防治仍处于探索阶段。已有的针对综合纲害虫的控制措施具有一定的效果,化学防治仍是目前最有效的方法,但常受到环境安全、成本和效益等方面的制约。农业技术防治虽然在一定程度上取得了一些成效,但与作物耕种时间、土壤条件、植株的生长阶段等多方面因素相关,具有一定的不可控性。生物防治最有利于农业生态系统的健康和可持续发展,在对天敌和微生物等深入了解的条件下,将来可利用其开展综合纲害虫的综合防治。国内对于综合纲动物为害的了解十分有限,仅见零星报道,随着生态农业的推广,综合纲动物对我国农林作物的为害可能会变得更加普遍。然而,我国目前对综合纲物种的本底数据掌握不清,尚未开展综合纲动物全面系统的多样性研究,因此亟须加强我国综合纲动物的调查研究,以便掌握其物种信息和发生规律,为将来的科学防治提供全面的理论依据。

参考文献

- [1] SZUCSICH N, SCHELLER U. Symphyla [M]// MINELLI A. Treatise on zoology-anatomy, taxonomy, biology. The Myriapoda, Volume 1. Leiden: Koninklijke Brill NV, 2011: 445-466.
- [2] 卜云, 靳亚丽. 综合纲系统学研究进展[J]. 生命科学, 2018, 30(5): 500-509.
- [3] ROHRBACH K G, JOHNSON M W. Pests, diseases and weeds [M]// BARTHOLOMEW D P, PAULL R E, ROHRBACH K G. The pineapple: botany, production and uses. USA: CABI Publishing, 2003: 203-251.
- [4] JIN Yali, BU Yun. Two new species of the genus *Symphylella* (Symphyla, Scolopendrellidae) from East China [J/OL]. ZooKeys, 2020, 1003: 1-18. DOI:10.3897/zookeys.1003.60210.
- [5] 靳亚丽, 卜云. 综合纲动物对作物的危害及其防治[C]//中国动物学会. 中国动物学会第十八届全国会员代表大会暨第二十四届学术年会摘要集. 2019.
- [6] 应荣枢, 胡世全, 杨年新. 宜昌成龄桔园么蚰发生与危害研究初报[J]. 中国南方果树, 1997, 26(4): 15-16.
- [7] BERRY R E. Garden symphylan: reproduction and development in the laboratory [J]. Journal of Economic Entomology, 1972, 65(6): 1628-1632.
- [8] MICHELbacher A E. The biology of the garden centipede, *Scutigereila immaculata* [J]. Hilgardia, 1938, 11(3): 55-148.
- [9] 董博, 张仁陟, 荆世杰, 等. 寿光市不同棚龄温室土壤动物群落结构[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1769-1774.
- [10] 高艳, 卜云, 栾云霞, 等. 城市新规划地土壤动物群落组成和多样性: 以上海市世博会会址为例[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 207-214.
- [11] 靳亚丽, 由文辉, 易兰, 等. 天童森林生态系统凋落物层跳虫群落的生态学研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(2): 241-247.
- [12] 靳亚丽, 李必成, 耿龙, 等. 上海大金山岛不同植被类型下土壤动物群落多样性[J]. 生物多样性, 2017, 25(3): 304-311.
- [13] EDWARDS C A. The ecology of Symphyla part I. populations [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1958, 1(4): 308-319.
- [14] MICHELbacher A E. The economic status of the garden centipede, *Scutigereila immaculata* (Newport) in California [J]. Journal of Economic Entomology, 1935, 28(6): 1015-1018.
- [15] UMBLE J, DUFOUR R, FISHER G, et al. Symphylans: soil pest management options [EB/OL]. National Sustainable Agriculture Information Service, 2006.
- [16] WATERHOUSE J S. Distribution of the garden symphylan, *Scutigereila immaculata*, in the United States — a 15-year survey [J]. Journal of Economic Entomology, 1970, 63(2): 390-394.
- [17] COTTE O. *Scutigereila immaculata* (Newport), the symphylid of pineapple fields of Puerto Rico [J]. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, 1989, 73(3): 275-276.
- [18] MORAIS J W, SILVA E P. Occurrence of Symphyla (Myri-

- apoda) in the region of the Upper Solimões River, Amazonas, Brazil [J]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2009, 44(8): 981–983.
- [19] COOKE D A, DEWAR A M. Pests of chenopodiaceous crops [M]//CAPINERA J L, MCKINLAY R G. Vegetable crop pests. Houndmills; Palgrave Macmillan, 1992: 28–73.
- [20] STIRLING G R, SMITH M K, SMITH J P, et al. Organic inputs, tillage and rotation practices influence soil health and suppressiveness to soil borne pests and pathogens of ginger [J]. *Australasian Plant Pathology*, 2012, 41(1): 99–112.
- [21] CORREDOR D. Integrated pest management in cut flower crops grown in plastic houses at the Bogota Plateau [J]. *Acta Horticulturae*, 1999, 482: 241–246.
- [22] HOWITT A J, BULLOCK R M. Control of the garden centipede [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1955, 48(3): 246–250.
- [23] ELTOUM E M, BERRY R E. Influence of garden symphylan (Symphyla; Scutigerellidae) root injury on physiological processes in snap beans [J]. *Environment Entomology*, 1985, 14(4): 408–412.
- [24] 张崇洲, 李志英, 毛节荣. 我国综合类的初步研究[J]. *动物学杂志*, 1982, 17(2): 4–7.
- [25] 周韵谨. 重庆郊区综合类危害麦苗的研究[J]. *西南农学院学报*, 1982(3): 57–61.
- [26] 肖尊安, 肖勇. 一种柑桔根系害虫: 卡尔汉氏乂蚰[J]. *中国柑桔*, 1987(2): 7–8.
- [27] 张国宝, 王明武, 张青. 柑橘园乂蚰生物学特性的初步观察[J]. *湖北植保*, 2003(1): 13–14.
- [28] UMBLE J R, FISHER J R. Sampling considerations for garden symphylans (Order: Cephalostigmata) in Western Oregon [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2003, 96(3): 969–974.
- [29] JOSEPH S H. Effects of direct and indirect exposure of insecticides to garden symphylan (Symphyla; Scutigerellidae) in laboratory bioassays [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2015, 108(6): 2729–2736.
- [30] EDWARDS C A. A revision of the British Symphyla [J]. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1959, 132(3): 403–439.
- [31] GRATWICK M. Symphylids [M]//GRATWICK M. Crop pests in the UK. London: Collected edition of MAFF leaflets. 1992: 382–386.
- [32] BEDIN P. The subterranean enemies of potato [J]. *Phytoma*, 1982, 335: 20–24.
- [33] LECLANT F. Pest control methods for maize in France [J]. *Annals of Applied Biology*, 1977, 87(2): 270–276.
- [34] WINDER G H, DEWA A M, DUNNING R A. Comparisons of granular pesticides for the control of soil-inhabiting arthropod pests of sugar beet [J]. *Crop Protection*, 1993, 12(2): 148–154.
- [35] SEUTIN E. Microgranular insecticides in the control of soil arthropods in large monocultures evaluation of their effectiveness in terms of the simultaneous presence of various arthropods considered as injurious [J]. *Mededelingen Van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, 1980, 45: 627–638.
- [36] RYAN C L J. Symphylids – a new pest in orchards and nurseries [J]. *Orchardist of New Zealand*, 1974, 47: 158–161.
- [37] RISHI N D. Occurrence of *Scutigerella immaculata* (Newport) (Symphyla; Scutigerellidae) as a pest of vegetable crops in Kashmir [J]. *Bulletin of Entomology*, 1984, 25(2): 200.
- [38] CHAU N N. Garden centipede *Scutigerella immaculata* Newport, 1845, an arthropod pest for the vegetable in Da Lat, Vietnam [J]. *Academia Journal of Biology*, 2015, 37(4): 411–417.
- [39] MARIE-ALPHONSINE P, FOURNIER P, DOLE B, et al. A bait and trap method for sampling symphylid populations in pineapple [J]. *Acta Horticulturae*, 2011, 902: 357–362.
- [40] SOLER A, GAUDE J M, MARIE-ALPHONSINE P A, et al. Development and evaluation of a new method for sampling and monitoring the symphylid population in pineapple [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67(9): 1169–1177.
- [41] HALLIDAY R B. Confirmation of the presence of *Scutigerella immaculata* (Newport) in Australia (Symphyla; Scutigerellidae) [J]. *Australian Journal of Entomology*, 2004, 43(1): 43–45.
- [42] LOUREIRO M C, FORTES J M. *Hanseniella* sp. (Symphyla) nova praga rizófaga de *Ananas comosus* (L.) Merr., no Brasil [J]. *Ceres*, 1972, 18: 217–221.
- [43] LOUREIRO M C, GALVÃO J D. Nota sobre *Hanseniella* sp. (Symphyla) praga de arroz (*Oryza sativa* L.) em Viçosa, Minas Gerais [J]. *Ceres*, 1970, 17: 86–90.
- [44] SÁNCHEZ N F. Ocorrência de *Hanseniella* sp. (Myriapoda, Symphyla) na rizosfera de abacaxizeiros na região produtora de Coração de Maria, BA [J]. *Cruz das Almas Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 1981, 129.
- [45] 应荣枢. 乂蚰——来自桔园的警报[J]. *农家顾问*, 2002(9): 24–25.
- [46] ILLINGWORTH J F. Biological notes on Scolopendrellidae, destructive to the root of pineapple in Hawaii [J]. *Hawaii Entomological Society*, 1927, 7(1): 37–41.
- [47] WYMORE F H. The garden centipede, *Scutigerella immaculata* (Newport), a pest of economic importance in the west [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1924, 17(5): 520–526.
- [48] CAPINERA J L, THOMPSON D C, HOLLINGSWORTH C S. Taxonomic and ecological characteristics of crop pests in Colorado [J]. *Environment Entomology*, 1984, 13(1): 202–206.
- [49] THOMPSON B G. The symphylid, an injurious garden pest in Oregon [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1925, 18(5): 716.
- [50] HOWITT A J, WATERHOUSE J S, BULLOCK R M. The utility of field tests for evaluating insecticides against the gar-

- den symphyliid [J]. Journal of Economic Entomology, 1959, 52(4): 666–672.
- [51] BERRY R E, CROWELL H H. Effectiveness of Bay 37289 as a transplant dip to control the garden symphylan in broccoli [J]. Journal of Economic Entomology, 1970, 63(5): 1718–1719.
- [52] SIMIGRAI M, BERRY R E. Resistance in broccoli to the garden symphylan [J]. Journal of Economic Entomology, 1974, 67(3): 371–373.
- [53] WATERHOUSE J S. A laboratory method for evaluating toxicity of insecticides on the garden symphylan, *Scutigerella immaculata* [J]. Journal of Economic Entomology, 1959, 52(5): 892–895.
- [54] SHANKS C H, HOWITT A J. Control of the garden symphylan, *Scutigerella immaculata*, in Mint [J]. Journal of Economic Entomology, 1964, 57(4): 525–527.
- [55] SHANKS C H, GANS G. The activity of some insecticides against the garden symphylan, *Scutigerella immaculata* (Newport) [J]. Journal of Economic Entomology, 1964, 57(3): 360–363.
- [56] BABERS F H. Chemical control and resistance to insecticides by agricultural pests [J]. Journal of Economic Entomology, 1953, 46(5): 869–873.
- [57] FOCHE C, MULLEN R, RIVARA C, et al. Control of garden centipedes with insecticides [J/OL]. Arthropod Management Tests, 2000, 25(1): E92. DOI: 10.1093/amt/25.1.E92.
- [58] GESELL S G, HOWER A A. Garden symphylan; comparison of row and broadcast application of granular insecticides for control [J]. Journal of Economic Entomology, 1973, 66(3): 822–823.
- [59] HOWITT A J. Laboratory and greenhouse tests for evaluating compounds in the control of the garden symphyliid, *Scutigerella immaculata* (Newport) [J]. Journal of Economic Entomology, 1959, 52(4): 672–677.
- [60] LANGE W H. The effect of the war on truck crop insect control in California [J]. Journal of Economic Entomology, 1944, 37(6): 734–737.
- [61] SECHRIEST R E. Control of the garden symphylan in Illinois cornfields [J]. Journal of Economic Entomology, 1972, 65(2): 599–600.
- [62] RILEY H K. A method of volatilizing carbon bisulfide for soil fumigation [J]. Journal of Economic Entomology, 1928, 21(6): 932–933.
- [63] MORRISON H E, MOTE D C, RASMUSSEN W B, et al. DDT to control *Scutigerella immaculata* [J]. Journal of Economic Entomology, 1945, 38(3): 410.
- [64] HOWITT A J. Control of *Scutigerella immaculata* (Newport) in the Pacific Northwest with soil fumigants [J]. Journal of Economic Entomology, 1959, 52(4): 678–683.
- [65] BERRY R E, ROBINSON R R. Biology and control of the garden symphyllans [EB/OL]. [2021–08–14]. Oregon State University Extension Service. 2022. <https://pnwhandbooks.org/insect/ipm/garden-symphylan>.
- [66] PEACHEY R E, MOLDENKE A, WILLIAM R D, et al. Effect of cover crops and tillage system on symphylan (Symphyla: *Scutigerella immaculata*, Newport) and *Pergamasus quisquiliarum* Canestrini (Acari: Mesostigmata) populations, and other soil organisms in agricultural soils [J]. Applied Soil Ecology, 2002, 21(1): 59–70.
- [67] 陈新举. 常见地下害虫综合防治技术[J]. 现代农业科技, 2017(7): 135.
- [68] MARTIN C H. Movement and seasonal populations of the garden centipede in greenhouse soil [J]. Journal of Economic Entomology, 1948, 41(5): 707–715.
- [69] HOUSE G J, ALZUGARAY M D R. Influence of cover cropping and no-tillage practices on community composition of soil arthropods in a North Carolina agroecosystem [J]. Journal of Environment Entomology, 1989, 18(2): 302–307.
- [70] ROBERTSON L N, KETTLE B A, SIMPSON G. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1994, 48(2): 149–156.
- [71] BERRY R E. Biology of the predaceous mite, *Pergamasus quisquiliarum*, on the garden symphylan, *Scutigerella immaculata*, in the laboratory [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1973, 66(6): 1354–1356.
- [72] UMBLE J R, FISHER J R. Suitability of selected crops and soil for garden symphylan populations (Symphyla, Scutigerellidae *Scutigerella immaculata* Newport) [J]. Applied Soil Ecology, 2003, 24(2): 151–163.
- [73] UMBLE J R, FISHER J R. Influence of below-ground feeding by garden symphyllans (Cephalostigmata: Scutigerellidae) on plant health [J]. Environmental Entomology, 2003, 32(5): 1251–1261.
- [74] WATERHOUSE J S. An evaluation of a new predaceous centipede *Lamycetes* sp., on the garden symphylan *Scutigerella immaculata* [J]. The Canadian Entomologist, 1969, 101(10): 1081–1083.
- [75] FILINGER G A. Observation on the habits and control of the garden centipede, *S. immaculata*, a pest in greenhouses [J]. Journal of Economic Entomology, 1928, 21(2): 357–360.
- [76] SHANKS C H. Factors that affect reproduction of the garden symphylan, *Scutigerella immaculata* [J]. Journal of Economic Entomology, 1966, 59(6): 1403–1406.
- [77] WATERHOUSE J S. Population studies of the garden symphylan, *Scutigerella immaculata* (Symphyla: Scutigerellidae) [J]. The Canadian Entomologist, 1967, 99(7): 696–702.

(责任编辑: 杨明丽)