

有机种植模式土壤动物多样性的调查研究^①

毛 妙¹, 张 欣², 王 磊³, 肖兴基³, 王 辉⁴, 李辉信², 焦加国^{2*}, 王 霞^{3*}

(1 江苏省阜宁中等专业学校, 江苏阜宁 224400; 2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095;

3 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042; 4 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要: 为了明确有机种植对土壤动物的保护作用, 在 2013—2014 年期间, 对全国范围内的 9 个样点的有机种植和常规种植模式下土壤动物的多样性进行比较研究。在本次调查中, 共发现土壤动物 30 目, 其中大型土壤动物鉴定出 20 目, 其中地表层 19 目, 土壤层 16 目。总体而言, 从数量上和类群上来看, 有机种植模式下土壤动物(5.9×10^5 头/m², 7 目)显著多于常规种植(4.3×10^5 头/m², 5 目)。从多样性指数上来看, 密度-类群指数(DG)有机显著优于常规, 而香农多样性指数(H')、均匀度指数(J)和优势度指数(C)在有机和常规之间没有显著差异。土壤动物数量与土壤肥力存在显著的相关关系。

关键词: 有机种植; 土壤动物; 多样性

中图分类号: S154.38; Q958.2 文献标识码: A

现代农业生产中大量施用氮肥、磷肥以及除草杀虫剂等已经造成了严重的环境问题, 对作物生长以及土壤动物的生存产生极大的威胁, 制约了农业的可持续发展。由于现代农业的各种弊端逐渐暴露, 20 世纪 80 年代, 我国开始对有机农业进行研究。近年来, 有机农业在全国有了广泛的推广, 截至 2014 年底, 我国有机种植认证面积达 115.3 万 hm²^[1-2]。有机农业是环境友好型、可持续发展的农业模式, 有机农业不使用任何化肥、农药以及生长调节剂等, 而是依靠生物有机肥等, 注重封闭空间里养分的循环利用, 并采用轮作、免耕等有机土地管理措施以及生物防治来控制病虫害, 注重生态系统的平衡和恢复, 有利于土壤动物的生长繁殖^[1-2]。

近年来, 人们已经意识到土壤动物对整个生态系统的重要性。土壤动物, 尤其是取食微生物的土壤动物和微生物之间的相互作用, 在有机质分解、土壤养分循环以及植物生长等过程中具有重要的作用^[3-5]。土壤动物作为生态系统中重要的组成部分, 与土壤环境因素之间具有密切的联系, 对生态系统中各因素的变化作出响应, 可以作为指示土壤环境状况的一个重要指标。目前, 土壤动物对农业的指示作用主要应用在环境污染以及土地利用变化等方面^[6-7]。周焕新等^[8]

研究表明, 随着铅污染程度的加大, 土壤动物的种类和数量均显著下降, 而膜翅目、蜱螨纲和弹尾纲可以作为反映铅污染程度的指示物种。随着土壤污染程度的加重, 土壤动物在土层的垂直分布上出现了逆分布的现象, 土壤动物群落的多样性指数和均匀度指数均下降, 优势度指数增大^[9]。其他学者还研究了农田耕作措施^[10]、草地退化^[11]、矿山修复^[7]等条件下土壤动物群落的变化及其生物指示作用。

本研究选择我国华东、华中和西部地区的蔬菜、水稻、茶叶等主要大宗农产品有机农业种植基地及相应的邻近常规种植基地, 对其土壤动物的多样性进行了调查研究, 旨在明确有机农业对土壤动物的保护效益, 并对其进行评估, 为制定有机农业相关的政策法规提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样点选择

在我国华东、华中和西部地区共选择 9 个有机种植基地及对应的 9 个邻近常规种植样点, 其中西部地区、华东地区和华中地区的有机种植样点数分别为 2、5 和 2 个。具体情况见表 1。

基金项目: 现代农业产业技术体系项目(CARS-22-G-10)资助。

* 通讯作者(jiaguojiao@njau.edu.cn; wangx@ofdc.org.cn)

作者简介: 毛妙(1992—), 女, 江苏盐城人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态学研究。E-mail: 1228656803@qq.com

表 1 土壤动物调查样点
Table 1 Sampling sites of soil fauna

区域	样点	基地名称	种植作物	有机年限(a)	有机施肥种类和用量(t/hm ²)	常规施肥种类和用量(t/hm ²)	采样时间
西部	遵义	遵义高粱生产基地	高粱	4	商品有机肥, 30	复合肥, 0.5~0.75	2014-7-16
	头屯河	乌鲁木齐辣椒生产基地	辣椒	4	商品有机肥, 40	复合肥, 0.45	2014-6-25
华东	溧水	南京普朗克有机蔬菜生产基地	空心菜	12	商品有机肥, 45~75	有机肥, 30~45; 45% 复合肥, 0.75	2013-9-10
	仪征	江扬生态农业有限公司	青菜	3	腐熟鸡粪, 6.0~7.5	45% 复合肥, 0.75; 鸡粪, 3	2013-9-30
	句容	戴庄有机农业合作社	水稻	3	红花草, 30; 米糠, 0.75	复合肥, 0.3; 尿素, 0.3	2013-9-30
	崇明	跃进农业管理总站	水稻	12	紫云英, 7.5; 有机肥, 0.75~1.05	复合肥, 0.3; 尿素, 0.38~0.45	2013-9-23
	婺源	江西婺源县有机茶叶生产基地	茶叶	18	羊粪, 0.45~0.75	复合肥, 0.45~0.75	2013-9-28
华中	长沙	长沙县有机茶叶生产基地	茶叶	14	畜禽粪便, 15~22.5	45% 复合肥, 0.45~0.75	2013-9-26
	沅江	沅江赤山岛有机农业合作社	柑橘	13	沼渣和猪粪, 1.5	复合肥, 0.15~0.30	2013-9-27

1.2 土壤和土壤动物的样品采集

于 2013 年 9 月和 2014 年 6—7 月进行土壤和土壤动物样品的野外采集。在每个有机种植基地, 选取 3 块同样类型的有机种植样地作为重复, 同时在周边选择与有机样地农作物相同的 3 块常规种植样地作为对照。

大型土壤动物的采集: 每个样地随机取 3 个 50 cm × 50 cm 的样方。用纱网将表层植被完全覆盖, 防止昆虫逃逸, 用剪刀迅速剪掉植被根部并装入网袋, 将网袋中所有动物检出, 作为地表层土壤动物的样品, 在所选样方内, 继续挖取 0~20 cm 深度的土壤, 手拣分离其中的大型土壤动物作为土壤层大型土壤动物样品。采集的大型土壤动物装入盛有 75% 酒精的广口瓶中, 带回实验室做进一步分类鉴定。

中型土壤动物: 每个样地随机选取 3 个有代表性的样区(1 m² 左右范围), 样区间距离大于 5 m, 在每

个样区范围内按对角线法采 5 个环刀样品, 环刀体积为 100 cm³。用于中型土壤动物(主要是弹尾纲和蛴螬纲)的分离。

小型土壤动物线虫和土壤样品的采集: 在每个样地中, 采用 S 形采样法, 随机选取 6~8 个取样点, 用土钻钻取 0~20 cm 深度的表层土, 将土样混合放入自封袋。土样带回实验室后, 挑出其中的石子和大的根系以及掰碎大的土块后, 一部分放入 4 °C 冰箱保存用于土壤线虫的鉴定, 一部分经自然风干、过筛后用于土壤理化性质的测定。

1.3 土壤理化指标的测定

土壤 pH 采用酸度计测定(水土比 2.5:1), 有机质采用重铬酸钾加热法测定, 全氮采用半微量开氏法测定, 全磷采用酸溶-钼锑抗比色法测定, 速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[12]。各样点的有机和常规种植的土壤理化性质见表 2。

表 2 有机和常规种植样地的土壤理化性质
Table 2 Physiochemical properties of tested soils under organic and conventional managements

样点	pH (H ₂ O)		有机质 (g/kg)		全氮 (g/kg)		全磷 (g/kg)		速效钾 (mg/kg)	
	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规
遵义	7.21 ± 0.21	5.93 ± 0.10	35.82 ± 0.64	47.00 ± 1.13	2.09 ± 0.04	2.43 ± 0.03	0.80 ± 0.01	0.90 ± 0.02	178.89 ± 10.21	219.15 ± 7.64
头屯河	7.58 ± 0.11	7.71 ± 0.06	49.63 ± 1.83	20.74 ± 0.64	2.22 ± 0.07	1.03 ± 0.03	1.37 ± 0.05	1.05 ± 0.02	615.33 ± 34.10	345.09 ± 13.32
溧水	6.79 ± 0.11	7.10 ± 0.01	28.50 ± 0.77	13.58 ± 0.35	1.69 ± 0.06	0.94 ± 0.02	0.81 ± 0.02	0.70 ± 0.02	293.82 ± 18.28	153.00 ± 6.66
仪征	7.60 ± 0.15	5.11 ± 0.07	10.69 ± 0.57	20.53 ± 0.32	0.81 ± 0.01	1.38 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.77 ± 0.01	247.00 ± 23.86	158.89 ± 12.03
句容	6.22 ± 0.05	5.09 ± 0.06	17.29 ± 0.37	20.02 ± 0.23	1.05 ± 0.04	1.23 ± 0.02	0.42 ± 0.02	0.55 ± 0.02	204.88 ± 17.10	63.04 ± 2.28
崇明	7.72 ± 0.13	7.28 ± 0.05	25.86 ± 0.51	18.47 ± 0.22	1.55 ± 0.03	1.05 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.76 ± 0.01	85.95 ± 5.18	83.05 ± 4.53
婺源	4.56 ± 0.06	4.22 ± 0.05	29.04 ± 0.71	29.36 ± 0.38	1.77 ± 0.03	1.81 ± 0.04	0.39 ± 0.01	0.45 ± 0.02	49.96 ± 1.70	45.00 ± 2.31
长沙	3.81 ± 0.08	4.45 ± 0.06	50.57 ± 1.08	9.99 ± 0.08	2.60 ± 0.09	0.43 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.17 ± 0.00	153.00 ± 8.33	71.08 ± 4.43
沅江	4.49 ± 0.06	4.59 ± 0.09	23.62 ± 0.92	21.60 ± 0.23	1.35 ± 0.07	1.36 ± 0.05	0.70 ± 0.02	0.51 ± 0.00	134.92 ± 9.53	202.13 ± 11.03

1.4 土壤动物的分离和鉴定

根据土壤动物采集分离方法,将其分为大型土壤动物(手拣法分离)、中小型节肢动物(干漏斗法分离)和中小型湿生动物(湿漏斗法分离)^[13]。

土壤中型节肢动物:采用改进的 Tullgren 法分离^[14]。将一环刀(体积 100 cm³)的原状土装入孔径为 2 mm 的塑料筛中,下接装有乙二醇的收集装置,在梯度升温装置中培养。根据土壤动物畏热的特性,从 25~45 °C,每天升温 5 °C。培养 5 d 后,将收集装置中的乙二醇过 500 目(孔径 25 μm)筛获得所分离的土壤动物。

土壤小型动物线虫:采用 Baermann 浅盘法分离^[15],称取 50.0 g 鲜土置于 Baermann 浅盘上的滤纸上,加水使之完全润湿,在 22 °C 下培养 48 h,浅盘中的水过 500 目(孔径 25 μm)筛分离线虫。

收集的所有土壤动物在 Nikon 解剖镜下镜检计数,分类鉴定主要参照《中国土壤动物检索图鉴》^[16],并且幼虫和成虫处于不同的生态位,将其区分为不同的类群。

1.5 生态指数计算及数据处理

采用多种生态学指数^[17-19]对土壤动物的多样性进行评价。

1) Shannon-Wiener 多样性指数。 $H' = -\sum p_i \ln p_i$, 式中: p_i 为第 i 个分类单元中个体占土壤动物总个体数量的比例。

2) Pielou 均匀度指数。 $J = H' / \ln S$, 式中: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为鉴定分类单元的数目。

3) Simpson 优势度指数。 $C = \sum p_i^2$, 式中: p_i 为第 i 个分类单元中个体占土壤动物总个体数量的比例。

4) 密度-类群指数。 $DG = \frac{g}{G} \times \sum_{i=1}^g \left(\frac{D_i C_i}{D_{i\max} C} \right)$, 式中: D_i 为第 i 个类群个体数, $D_{i\max}$ 为 C 个类群中第 i 个类群的最大值, C_i 为第 i 个类群在 C 个群落中出现的次数, G 为 C 个群落中出现的类群数, g 为要测度的某群落实有类群数。

以上指数具体的计算过程直接使用 Yan 等^[17]提供的源代码。

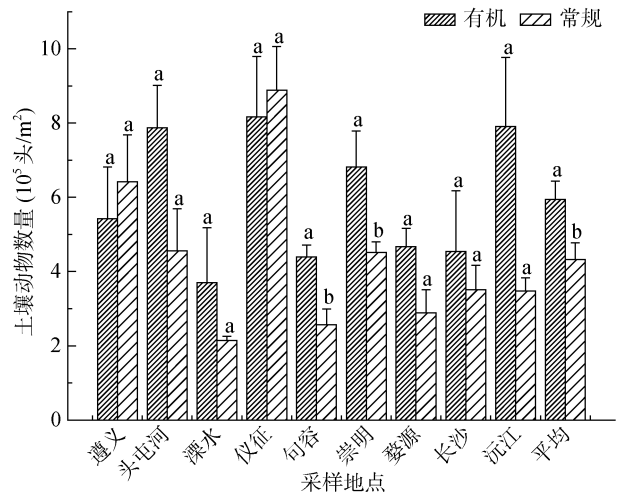
数据统计采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 20.0 软件,采用配对 t 检验来检验有机和常规种植下土壤线虫的差异,分析前检验数据的正态分布,必要时采用对数转换,否则采用非参数检验。并采用双因素方差分析(Two-way ANOVA)分析不同管理措施和地区对各变量的主效应和交互效应。土壤动物群落与土壤因子之间的关系采用冗余分析(redundary analysis, RDA)^[20]。RDA 由 Canoco 5.0 软件完成。以 $\alpha = 0.05$

作为显著差异水平。制图采用 Origin 9.0 软件。

2 结果

2.1 土壤动物数量

本研究调查的土壤动物主要包括大型土壤动物,小型土壤动物线虫和中型土壤动物跳虫、螨虫等。有机种植样地的土壤动物的数量为 $3 \times 10^5 \sim 9 \times 10^5$ 头/m²,平均 5.9×10^5 头/m²,极显著高于常规种植($P < 0.01$,图 1),是常规种植(4.3×10^5 头/m²)的 1.4 倍。土壤动物的数量巨大,主要是由于土壤层中小型土壤动物尤其是土壤线虫对其的贡献。在本研究中,土壤线虫数量达 $1 \times 10^5 \sim 9 \times 10^5$ 条/m²,占土壤动物数量的 90% 以上。



(图中小写字母不同表示有机和常规处理之间差异显著($P < 0.05$),下同)

图 1 不同样地中有机和常规种植的土壤动物数量
Fig. 1 Mean abundance of soil fauna in different plots under organic and conventional managements

有机种植样地大型土壤动物的数量为 110~310 头/m²,平均 203 头/m²,显著高于常规种植样地(116 头/m², $P < 0.05$),是常规种植样地的 1.7 倍(图 2A)。在所调查样点中,崇明有机种植的数量最多,为 305 头/m²,头屯河常规种植的最少,为 13 头/m²。

地表层,有机种植样地的大型土壤动物的数量在 50~190 头/m²之间,平均为 121 头/m²,显著高于常规种植样地,是常规种植样地数量(70 头/m²)的 1.7 倍(图 2B)。土壤层,有机样地的大型土壤动物数量高于常规种植样地,数量在 10~140 头/m²之间,平均 82 头/m²,是常规种植样地数量(47 头/m²)的 1.7 倍,但无显著差异(图 2B)。

2.2 土壤动物群落组成

在本调查中,共采集大型土壤动物 2 155 头,其

中地表层 1 287 头，土壤层 868 头。共鉴定出 20 目，其中地表层 19 目，土壤层 16 目。有机共鉴定出 18 目，其中地表层 18 目，土壤层 16 目；常规共鉴定

出 19 目，其中地表层 18 目，土壤层 14 目。如表 3 所示，有机样地的目数均显著高于常规，并且有机地表层以及土壤层的目数都显著高于常规($P<0.05$)。

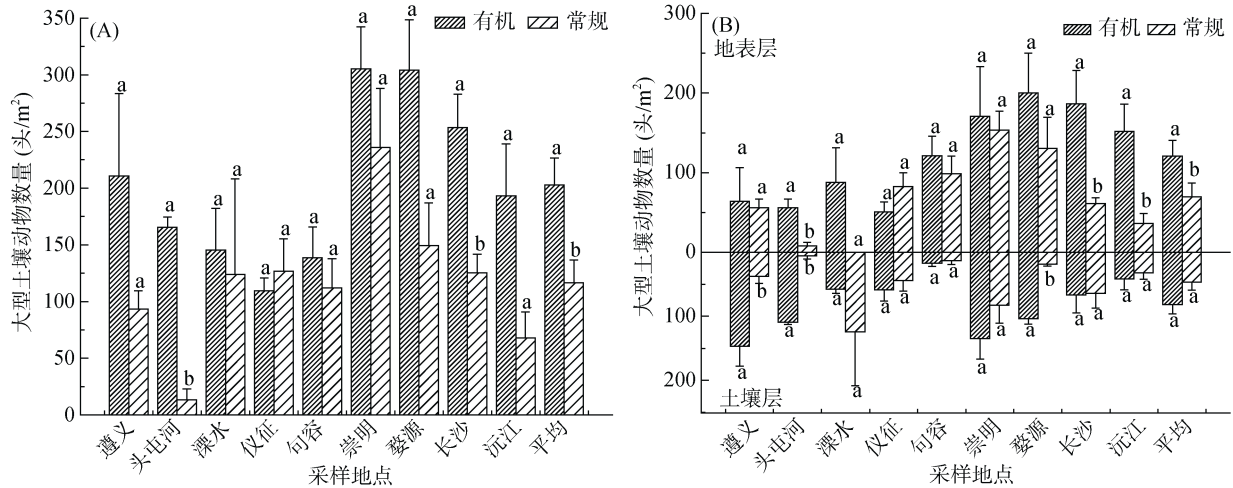


图 2 不同样地中有机和常规种植的大型土壤动物数量

Fig. 2 Mean abundance of soil macro-fauna in different plots under organic and conventional managements

表 3 不同样地中有机和常规种植的大型土壤动物目数

Table 3 Order numbers of soil macro-fauna in different plots under organic and conventional managements

土层	管理措施	遵义	头屯河	漂水	仪征	句容	崇明	婺源	长沙	沅江	平均
地表层	有机	9	2	7	9	12	7	12	7	11	8 a
	常规	6	3	0	9	8	7	8	7	8	6 b
土壤层	有机	7	7	4	7	5	6	9	8	10	7 a
	常规	5	3	4	8	4	5	2	6	8	5 b
综合	有机	10	7	9	12	12	9	15	8	13	7 a
	常规	7	3	4	11	9	9	8	9	10	5 b

注：表中小写字母不同表示有机和常规处理之间差异显著，下表同。

以目为划分单元，土壤动物共划分为 30 个类群，其中大型土壤动物划分为 25 个类群。如表 4 所示，有机样地大型土壤动物 24 个类群，常规样地 22 个类群。在本次调查的所有土壤动物中，中小型土壤动物数量远大于大型土壤动物的数量，其中，土壤线虫数量占绝对优势，占中小型土壤动物数量的 90% 以上，是整个土壤动物也是中小型土壤动物中的优势类群。有机种植的大型土壤动物中，寡毛纲、膜翅目、鞘翅目和蜘蛛目为优势类群；常规种植样地大型土壤动物中，柄眼目、寡毛纲、鞘翅目和蜘蛛目为优势类群。

地表层大型土壤动物分为 22 个类群，其中有机样地 21 个类群，常规 20 个类群。柄眼目、鞘翅目和蜘蛛目为有机和常规种植地表层共有的优势类群。膜翅目在有机种植样地中为优势类群，所占比例为 12.1%，而在常规样地中为常见类群，所占比例为 3.4%。另外，等足目在华东地区的 2 个蔬菜样点的有机样地中为优势类群。半翅目和蜚蠊目在湖南地区的

2 个样点中的有机样地中为优势类群，直翅目在其常规样地中为优势类群。半翅目在西部地区的 2 个样点中的常规样地中为优势类群。

土壤层大型土壤动物分为 21 类，其中有机样地 20 个类群，常规样地 17 个类群。寡毛纲和膜翅目为有机种植土壤层的优势类群，腹足纲和寡毛纲为常规种植土壤层的优势类群。等足目为蔬菜点中有机种植样地的优势类群。膜翅目在茶园样点的有机和常规样地中均为优势类群。柄眼目在华东地区水稻点的有机和常规样地中均为优势类群。

2.3 有机种植和常规种植土壤动物群落多样性差异
多样性指数可以反映物种的丰富度以及均匀度，较好地反映土壤的生物多样性。目前，辛普森指数 (Simpson) 和香农-维纳 (Shannon-Wiener) 多样性指数两种 α 多样性指数对于描述群落多样性的应用最广泛。有机种植模式下土壤动物的多样性指数 (H')、优势度指数 (C) 和均匀度指数 (J) 与常规种植样地均无显

表 4 有机和常规种植样地土壤动物群落结构(头/m²)
Fig. 4 Community components and mean abundance of soil fauna under organic and conventional managements

类群	遵义		头屯河		凉水		仪征		句容		崇明		婺源		长沙		沅江		平均	
	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规	有机	常规
半翅目 Hemiptera	1	8	8	4*	3	0	5	5	3	15*	1	0	8	0	43*	19*	39*	0	12	6
倍足纲 Diptopoda	4	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	3	5	0	0	0	0	1	1
长翅目 Mecoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
地蜈蚣目 Geophilomorpha	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	0	0	12	1*	1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	0	4	1	4	0
蜈蚣目 Chilopoda	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
蜘蛛目 Scutigera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
等足目 Isopoda	0	0	13	0	35*	0	19*	3	0	0	0	0	16	0	0	0	1	0	9	0
蜚蠊目 Blattoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45*	11	37*	5	25*	11*	12	3
柄眼目 Stylommatophra	12	9*	0	0	0	0	1	0	20*	1	120*	185*	0	0	0	0	1	1	17	22*
革翅目 Dermaptera	0	0	0	0	4	1	0	11	1	0	3	1	3	0	0	16*	1	9*	1	4
寡毛纲 Oligochaeta	112*	11*	37*	0	40*	120*	28*	13*	0	0	92*	1	3	5	0	0	20*	12*	37*	18*
脉翅目 Neuroptera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
膜翅目 Hymenoptera	45*	5	4*	0	47*	0	12*	3	4*	0	0	0	45*	19	37*	29*	19	4	24*	7
鞘翅目 Coleoptera	27*	33*	19*	7	3*	0	11*	17*	24*	16*	4*	19	45*	11	48*	5	8*	7	21*	13*
双翅目 Diptera	1	4	0	0	0	0	1	7	7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1
同翅目 Homoptera	0	0	0	0	0	0	5	0	11	9	16	1	0	0	0	3	5	0	4	1
伪蝎目 Pseudoscorpionida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
蜘蛛目 Araneae	3	21*	0	0	7	1	3	44*	60*	53*	45*	24*	101*	93*	45*	24*	33*	11*	33*	30*
直翅目 Orthoptera	1	0	0	0	4	0	8	3	1	0	1	16	1	0	24	11	3	11*	6	3
蛛纲 Hirudinea	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
鞘翅目(幼虫) Coleoptera(larva)	3	1	65*	0	1	0	3	3	3	1	0	0	5	0	5	5	1	0	10	1
鳞翅目(幼虫) Lepidoptera(larva)	1	0	0	0	0	0	0	9	1	1	0	0	3	0	3	8	7	1	2	2
半翅目(幼虫) Hemiptera(larva)	0	0	4	1*	0	0	5	1	0	9	7	0	0	0	0	0	25*	0	5	1
双翅目(幼虫) Diptera(larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原尾目 Protura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	667	0	0	19	74
跗跳纲 Pauropoda	500	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	19
蜘蛛纲 Acari	21 500	7 000	42 333	5 833	9 667	13 000	14 500	32 667	5 000	7 000	2 167	4 500	18 333	10 000	33 500	19 000	22 667	22 000	18 852	1 344
弹尾纲 Collembola	7 167	11 167	19 833	667	833	833	3 667	20 833	2 333	1 833	333	167	2 500	500	13 167	2 000	2 333	2 167	5 796	4 463
线虫门 Nematode	513 261*	623 424*	724 744*	449 620*	359 248*	199 895*	798 221*	834 699*	432 164*	247 849*	679 074*	446 086*	444 756*	278 261*	406 980*	329 611*	765 418*	323 070*	569 319*	414 724*

注: * 代表优势类群(丰度>10%)

著差别，而有机种植模式下密度-类群指数(DG)显著优于常规种植样地(表 5)，表明有机种植条件下，土壤动物的多样性显著高于常规种植。

从地表层、土壤层以及综合(地表层和土壤层)这 3 个角度分别计算了大型土壤动物的多样性(表 6、表 7、表 8)。总体而言，大型土壤动物有机样地的多样性指数(H')、优势度指数(C)、密度-类群指数(DG)显著优于常规种植($P < 0.05$, 表 8)，且在溧水点、崇明点和婺源点有机与常规种植有显著差异。在地表层大型土壤

动物中，有机种植的大型土壤动物多样性指数(H')和密度-类群指数(DG)均显著高于常规种植(表 6)，而优势度指数(C)、均匀度指数(J)在有机和常规种植间没有显著差异。土壤层大型土壤动物指数情况同地表层基本一致，其中，仪征样点有机样地的各个生态指数并未优于常规；其余样点的密度-类群指数(DG)有机优于常规，而在多样性指数(H')上表现不一，即遵义点、仪征点和沅江点常规种植的多样性指数(H')较好，其余 5 个样点有机种植的多样性指数(H')较好(表 7)。

表 5 有机和常规样地土壤动物生态指数
Table 5 Ecological indices of soil fauna in plots under organic and conventional managements

指数	管理措施	遵义	头屯河	溧水	仪征	句容	崇明	婺源	长沙	沅江	平均
H'	有机	0.22 ± 0.11 a	0.32 ± 0.12 a	0.16 ± 0.03 a	0.12 ± 0.03 a	0.10 ± 0.03 a	0.03 ± 0.01 a	0.21 ± 0.03 a	0.37 ± 0.03 a	0.16 ± 0.03 a	0.19 ± 0.03 a
	常规	0.15 ± 0.02 a	0.09 ± 0.03 a	0.26 ± 0.04 a	0.25 ± 0.04 a	0.18 ± 0.03 a	0.06 ± 0.00 a	0.18 ± 0.04 a	0.28 ± 0.08 a	0.27 ± 0.03 a	0.19 ± 0.02 a
J	有机	0.10 ± 0.05 a	0.14 ± 0.05 a	0.07 ± 0.01 a	0.05 ± 0.01 a	0.04 ± 0.01 a	0.01 ± 0.00 a	0.08 ± 0.01 a	0.16 ± 0.02 a	0.06 ± 0.01 a	0.08 ± 0.01 a
	常规	0.07 ± 0.01 a	0.06 ± 0.01 a	0.18 ± 0.03 a	0.10 ± 0.01 a	0.08 ± 0.01 a	0.03 ± 0.00 a	0.09 ± 0.02 a	0.12 ± 0.03 a	0.12 ± 0.01 a	0.09 ± 0.01 a
C	有机	0.90 ± 0.06 a	0.84 ± 0.06 a	0.94 ± 0.01 a	0.95 ± 0.02 a	0.96 ± 0.01 a	0.99 ± 0.00 a	0.91 ± 0.02 a	0.82 ± 0.01 a	0.93 ± 0.02 a	0.92 ± 0.01 a
	常规	0.94 ± 0.01 a	0.97 ± 0.01 a	0.88 ± 0.02 a	0.89 ± 0.02 a	0.93 ± 0.01 a	0.98 ± 0.00 a	0.92 ± 0.02 a	0.87 ± 0.05 a	0.87 ± 0.01 a	0.92 ± 0.01 a
DG	有机	3.24 ± 1.25 a	3.95 ± 0.31 a	2.51 ± 0.37 a	3.02 ± 0.15 a	2.66 ± 0.51 a	3.17 ± 0.45 a	3.85 ± 0.23 a	3.35 ± 0.22 a	4.26 ± 0.36 a	3.33 ± 0.18 a
	常规	2.15 ± 0.08 a	0.50 ± 0.19 b	0.75 ± 0.14 b	3.76 ± 1.10 a	2.25 ± 0.22 a	1.67 ± 0.20 b	1.17 ± 0.27 b	1.84 ± 0.40 a	2.01 ± 0.61 a	1.79 ± 0.22 b

表 6 有机和常规样地地表层大型土壤动物生态指数
Table 6 Ecological indices of soil macro-fauna in plots aboveground under organic and conventional managements

指数	管理措施	遵义	头屯河	溧水	仪征	句容	崇明	婺源	长沙	沅江	平均
H'	有机	1.14 ± 0.26 a	0.67 ± 0.15 a	1.23 ± 0.16	1.74 ± 0.12 a	1.47 ± 0.22 a	1.22 ± 0.18 a	1.83 ± 0.05 a	1.52 ± 0.08 a	1.82 ± 0.05 a	1.40 ± 0.08 a
	常规	1.10 ± 0.26 a	0.42 ± 0.21 a	-	1.53 ± 0.24 a	1.46 ± 0.09 a	0.70 ± 0.04 b	1.17 ± 0.18 b	1.10 ± 0.12 b	1.30 ± 0.14 b	0.98 ± 0.10 b
J	有机	0.85 ± 0.09 a	0.63 ± 0.03 a	0.77 ± 0.10	0.95 ± 0.01 a	0.76 ± 0.08 a	0.76 ± 0.11 a	0.90 ± 0.03 a	0.91 ± 0.01 a	0.86 ± 0.03 a	0.82 ± 0.03 a
	常规	0.75 ± 0.11 a	0.60 ± 0.31 a	-	0.81 ± 0.10 a	0.81 ± 0.07 a	0.55 ± 0.04 a	0.76 ± 0.05 a	0.85 ± 0.03 a	0.92 ± 0.04 a	0.79 ± 0.03 a
C	有机	0.40 ± 0.08 a	0.64 ± 0.06 a	0.37 ± 0.07	0.19 ± 0.02 a	0.31 ± 0.07 a	0.38 ± 0.10 a	0.19 ± 0.01 a	0.24 ± 0.02 a	0.20 ± 0.02 a	0.32 ± 0.03 a
	常规	0.43 ± 0.12 a	0.38 ± 0.19 a	-	0.30 ± 0.10 a	0.30 ± 0.04 a	0.62 ± 0.02 a	0.41 ± 0.05 a	0.39 ± 0.05 a	0.31 ± 0.03 a	0.35 ± 0.04 a
DG	有机	0.95 ± 0.66 a	0.79 ± 0.24 a	0.80 ± 0.12	1.46 ± 0.44 a	1.11 ± 0.21 a	1.03 ± 0.12 a	1.73 ± 0.44 a	1.31 ± 0.17 a	2.13 ± 0.62 a	1.26 ± 0.14 a
	常规	0.56 ± 0.16 a	0.21 ± 0.14 a	-	1.28 ± 0.19 a	1.11 ± 0.43 a	0.47 ± 0.03 b	0.78 ± 0.31 a	0.42 ± 0.05 b	0.43 ± 0.17 a	0.58 ± 0.10 b

注：“-”表示该常规样地的地表层没有捕捉到大型土壤动物。

表 7 有机和常规样地土壤层大型土壤动物生态指数
Table 7 Ecological indices of soil macro-fauna in plots belowground under organic and conventional managements

指数	管理措施	遵义	头屯河	溧水	仪征	句容	崇明	婺源	长沙	沅江	平均
H'	有机	0.70 ± 0.32 a	1.36 ± 0.10 a	0.81 ± 0.41 a	1.00 ± 0.28 a	0.73 ± 0.38 a	0.79 ± 0.14 a	1.44 ± 0.10 a	1.29 ± 0.10 a	1.24 ± 0.00 a	1.04 ± 0.09 a
	常规	1.14 ± 0.17 a	0.35 ± 0.35 b	0.34 ± 0.21 a	1.32 ± 0.35 a	0.52 ± 0.32 a	0.58 ± 0.25 a	0.23 ± 0.23 b	0.88 ± 0.48 a	1.28 ± 0.14 a	0.74 ± 0.11 b
J	有机	0.48 ± 0.10 b	0.85 ± 0.03 a	0.54 ± 0.27 a	0.72 ± 0.07 a	0.59 ± 0.29 a	0.62 ± 0.07 a	0.86 ± 0.03 a	0.92 ± 0.07 a	0.83 ± 0.07 a	0.71 ± 0.05 a
	常规	0.89 ± 0.02 a	0.32 ± 0.32 a	0.36 ± 0.20 a	0.90 ± 0.02 a	0.55 ± 0.29 a	0.49 ± 0.15 a	0.33 ± 0.33 a	0.61 ± 0.30 a	0.94 ± 0.04 a	0.60 ± 0.09 a
C	有机	0.66 ± 0.15 a	0.31 ± 0.03 a	0.57 ± 0.21 a	0.49 ± 0.13 a	0.59 ± 0.21 a	0.57 ± 0.08 a	0.29 ± 0.04 b	0.31 ± 0.02 a	0.37 ± 0.03 a	0.46 ± 0.04 a
	常规	0.37 ± 0.05 a	0.13 ± 0.13 a	0.81 ± 0.12 a	0.33 ± 0.11 a	0.69 ± 0.19 a	0.69 ± 0.14 a	0.83 ± 0.17 a	0.54 ± 0.24 a	0.30 ± 0.04 a	0.52 ± 0.06 a
DG	有机	1.64 ± 1.06 a	1.18 ± 0.02 a	0.44 ± 0.21 a	0.74 ± 0.29 a	0.31 ± 0.15 a	0.75 ± 0.31 a	1.18 ± 0.71 a	0.69 ± 0.38 a	0.63 ± 0.27 a	0.84 ± 0.14 a
	常规	0.57 ± 0.15 a	0.08 ± 0.08 b	0.15 ± 0.02 a	0.95 ± 0.42 a	0.17 ± 0.08 a	0.43 ± 0.18 a	0.05 ± 0.01 b	0.61 ± 0.39 a	0.40 ± 0.15 a	0.38 ± 0.08 b

表 8 有机和常规样地大型土壤动物生态指数
Table 8 Ecological indices of soil macro-fauna in plots under organic and conventional managements

Table with 12 columns: Index, Management, and 11 locations (遵义, 头屯河, 漂水, 仪征, 句容, 崇明, 婺源, 长沙, 沅江, 平均). Rows include H', J, C, and DG indices for both organic and conventional management.

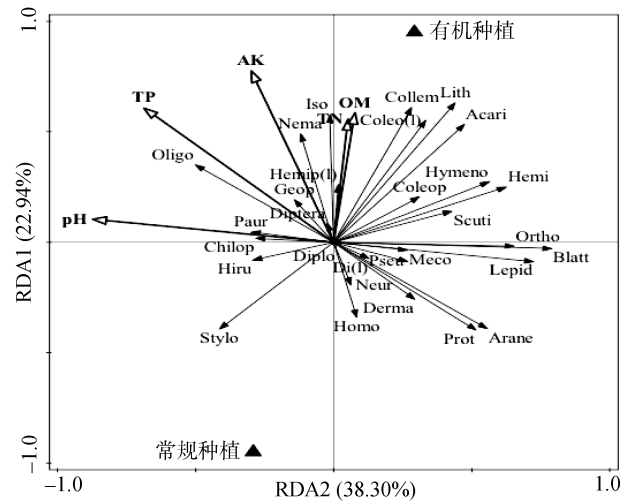
由冗余分析可知(图 3), 在有机和常规种植中, 土壤动物群落和土壤因子均产生了明显差异。第一排序轴(横轴)解释了土壤动物数量变异的 38.30%, 第二排序轴(纵轴)解释了 22.94%。RDA 的典型轴 1 和轴 2 共解释了土壤动物类群和土壤养分因子总体变异的 61.24%。土壤因子矢量箭头的长短代表该因子对土壤动物群落影响的大小程度。箭头之间的夹角大小代表土壤动物类群与土壤因子的正负相关性以及其强弱程度。土壤 pH、全磷和速效钾对土壤动物的群落影响较大。寡毛纲与土壤全磷含量具有正相关性, 土壤线虫与速效钾之间具有显著的正相关性, 等足目、弹尾纲和蛴螬纲与土壤有机质之间具有显著的正相关性。蜚蠊目、直翅目等与土壤 pH 有显著的负相关性。

3 讨论

3.1 有机种植土壤动物数量和群落结构

在本研究中, 有机种植的土壤动物和大型土壤动物的数量均显著高于常规种植(表 9)。并且有机种植的地表层和土壤层的大型土壤动物的种类都显著高于常规种植样地。一方面是由于有机种植优越的生境条件(食物的多样性和环境的多样性)有利于土壤动物的繁殖生长。有机种植地表拥有丰富的凋落物, 生境比较复杂, 为地表土壤动物提供了遮蔽, 减少温度和湿度变化的同时, 为土壤动物提供了较稳定的生存环境。另外, 有机种植植被的多样性比较高, 为土壤动物提供了丰富的食源, 为不同类群动物的生存提供条件[21-22]。另一方面由于常规种植的高强度的人为扰动、还有由于除草剂和农药的使用导致植物多样性和动物多样性的相对减少。另外, 在一定的范围内, 土壤氮含量的增加能够促进土壤动物的生长。而大量氮肥的施用, 不但会使得土壤的理化性质变差, 甚至会抑制或者杀死土壤动物。这可能也是常规农田土壤动物数量少于有机农田的原因之一。土壤动物一方面受

到肥力等土壤性质的影响, 另一方面受到诸如土地利用方式、植被和气候等土壤外部环境的影响[23]。



(Hemi: 半翅目, Diplo: 倍足纲, Stylo: 柄眼目, Meco: 长翅目, Geop: 地蜈蚣目, Lith: 石蜈蚣目, Chilop: 蜈蚣目, Scuti: 蛞蝓目, Iso: 等足目, Blatt: 蜚蠊目, Derma: 革翅目, Oligo: 寡毛纲, Neur: 脉翅目, Hymeno: 膜翅目, Coleop: 鞘翅目, Diptera: 双翅目, Homo: 同翅目, Pseu: 伪蝎目, Arane: 蜘蛛目, Ortho: 直翅目, Hiru: 蛴螬, Lepid: 鳞翅目幼虫, Nema: 线虫门, Prot: 原尾目, Acari: 蜚螨纲, Paur: 蹄躄纲, Collem: 弹尾纲, Hemip(l): 半翅目幼虫, Coleo(l): 鞘翅目幼虫, Di(l): 双翅目幼虫; OM: 有机质, TP: 全磷, TN: 全氮, AK: 速效钾)

图 3 土壤动物群落组成与土壤养分因子之间相关性的冗余分析(RDA)排序图

Fig. 3 Redundancy analysis (RDA) diagram of relation between soil fauna and nutrient factors

由冗余分析图可知, 土壤 pH 以及土壤全磷、全氮、有机质和速效钾的含量在有机种植中较常规种植更高, 这与多数研究结论一致[24-26]。土壤有机质的增加还可以降低土壤容重, 具有很好的通气性和水分。土壤肥力会影响不同类群土壤动物的数量。在本研究中, 大多数土壤动物的数量与土壤肥力呈正相关性[27], 如大型土壤动物寡毛纲、膜翅目、鞘翅目、半翅目、等足目, 以及中小型土壤动物线虫门、

弹尾纲、蜱螨纲等，并且在有机种植样地中均为优势类群。而柄眼目、蜘蛛目和蜚蠊目在常规种植中为优势类群，与土壤肥力呈较弱的相关性或者负相关性。革翅目、直翅目仅在华中地区的常规种植为优势类群，并且群落间的差别主要是由于优势类群

造成的。这说明了土壤动物尤其是其中的优势类群对土壤肥力以及不同生境具有很好的指示作用。土壤动物体内的元素含量还会随着季节而变化^[28]，因此土壤动物与土壤肥力的相关性可能也存在季节性变化。

表 9 土壤动物数量和生态指数方差分析
Table 9 Two-way variance analysis of soil fauna populations and ecological indices

指标		管理措施		样点		管理措施×样点	
		F-test	P-value	F-test	P-value	F-test	P-value
土壤动物	数量	10.073	**	5.281	***	1.287	NS
	DG	46.181	***	2.379	*	2.345	**
大型土壤动物	数量	21.786	***	4.393	***	1.299	NS
	DG	36.867	***	2.265	*	1.914	NS
	H'	27.219	***	12.177	***	6.102	***
	C	9.345	**	8.808	***	4.902	***
地表层大型土壤动物	数量	12.539	***	5.034	***	1.459	NS
	DG	20.904	***	2.553	*	1.284	NS
	H'	31.933	***	12.766	***	2.725	*
土壤层大型土壤动物	数量	7.876	**	2.441	*	2.373	*
	DG	8.428	**	1.218	NS	1.125	NS
	H'	5.589	*	1.575	NS	2.065	NS

注：NS 表示没有显著差异；*、**、***分别表示差异达到 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ 显著水平。

从有机种植和常规种植的土壤动物数量差异来看，句容和崇明两个水稻有机种植样地的土壤动物数量显著高于常规种植。主要由于这两个点采取了施用绿肥的有机管理措施，并且稻秸覆盖本身就有利于土壤动物的生长。汪汇海等^[29]对有机茶园的土壤环境研究表明，稻秸覆盖下土壤有机质、全氮、全磷和速效钾含量平均约是常规的 2 倍，土壤动物的总数是常规的 1.87 倍。土壤有机质和土壤全氮对土壤动物的个体总数具有正向作用。然而，遵义和仪征有机种植样地的土壤动物数量少于常规种植，原因是这两个样点实行有机种植的年限较短(3 ~ 4 a)，或者是有机种植标准的执行不够到位，其有机样地的有机质和全氮含量小于常规。

在本研究中，无论是地表层还是土壤层有机种植大型土壤动物的数量均大于常规种植，其中地表层达显著差异(图 2B)。这表明了地表大型土壤动物主要是捕食者对由于不同种植方式而引起的土壤环境变化的反应更为敏感。另外，总的来说，无论是有机还是常规种植，地表层大型土壤动物的种类高于土壤层。可见，地表层凋落层对土壤生态系统的重要性。且大多数有机和常规样地的地表层大型土壤动物的

数量也大于土壤层，但是在遵义点、头屯河点和仪征点的有机样地以及溧水点的常规样地中情况相反，原因是在这些样地中，有大量寡毛纲存在土壤层中。

3.2 有机种植土壤动物的多样性指数

在本研究中，有机种植的大型土壤动物的多样性指数(H')和密度-类群指数(DG)都显著优于常规种植(表 9)。并且无论在地表层还是土壤层，大型土壤动物多样性指数(H')和密度-类群指数(DG)有机都显著优于常规(表 9)。研究表明，有机物料的长期投入会增加土壤动物的多样性以及丰富度^[30]。地表层和土壤层大型土壤动物的均匀度指数(J)在有机和常规种植之间没有显著差异，这反映了土壤动物群落之间的某种相似性，即优势类群在数量上都占有绝对优势(丰度 70% 以上)，而常见类群和稀有类群数量较少。而这种相似性比较稳定，只与不同类群土壤动物的相对丰度的大小有关。均匀度指数(J)也有弊端，优势类群的相对丰度较高会导致均匀度下降，而环境受到干扰后，尤其是导致优势类群数量的减少，反而会获得更好的均匀度，因此均匀度指数有时未必能指示出多样性好的一方。然而综合地表层和土壤层，优势度(C)在有机和常规种植间差异显著。这主要是由地表

层和土壤层大型土壤动物种类的差异性决定的,综合地表层和土壤层的物种数,使得有机样地物种数更加多于常规样地。有机种植地表层和土壤层土壤动物群落拥有更好的相似性趋势(有机和常规的 Sorenson 指数平均分别为 0.61 和 0.52),这也暗示了有机样地的土壤动物的活性更高,活动范围较大。有机样地地表层和土壤层土壤动物较常规样地拥有更为密切的联系。有机种植样地的大型土壤动物的优势度指数(C)显著低于常规样地,而均匀度指数(J)高于常规样地,这除了表明有机种植拥有更多类群的土壤动物外,还表明有机种植更有利于土壤动物的生长和繁殖,尤其促进了对稀有类群和常见类群土壤动物的生长。

总体而言,有机样地土壤动物的数量和种类都显著增多。但是土壤动物的多样性指数(H')在有机和常规种植之间并无显著差异,而有机种植密度-类群指数(DG)显著优于常规样地。由此可见,DG 指数和 H' 指数在指示生物多样性上的差异。在分类范围极广的情况下,极容易产生较大的数量级差异,多样性指数(H')很容易受到均匀度指数的影响,而使得其指示作用失效,很多研究也表明多样性指数(H')在不同的处理间没有显著差异^[31]。多样性指数(H')假定物种之间是此多彼少的竞争关系,仅在测度范围不大的情况下适用。反之,密度-类群指数(DG)则体现出其优越性。因为土壤动物种间关系中更多的是互不干扰以及互利的关系,而 DG 指数给予各物种在群落中拥有同等的独立性,能够较好地指示群落间的差异。近年来,DG 指数也受到越来越多的关注,并在土壤动物生态学中得到了广泛的应用。

4 结论

综上所述,有机种植下土壤动物的数量显著增加。并且有机种植能够显著提高大型土壤动物的多样性指数和密度类群指数。开展对土壤动物的调查研究,有利于揭示有机种植对土壤生态系统的影响,从而为有机农业的可持续发展提供理论指导。

参考文献:

- [1] 纪荣婷,董刚强,闵炬,等. 有机种植与常规种植体系的比较——基于土壤与肥料的视角[J]. 土壤, 2016, 48(4): 627-633
- [2] 刘晓梅,余宏军,李强,等. 有机农业发展概述[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1303-1313
- [3] 吴纪华,宋慈玉,陈家宽. 食微线虫对植物生长及土壤养分循环的影响[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 124-133
- [4] 邵元虎,张卫信,刘胜杰,等. 土壤动物多样性及其生态功能[J]. 生态学报, 2015, 35(20): 6614-6625

- [5] Einhellig F A, Rasmussen J A. Prior cropping with grain-sorghum inhibits weeds[J]. Journal of Chemical Ecology, 1989, 15(3): 951-960
- [6] Heimbach F. Field tests on the side effects of pesticides on earthworms: Influence of plot size and cultivation practices[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1997, 29(3/4): 671-676
- [7] 吴东辉,胡克. 大型土壤动物在鞍山市大孤山铁矿废弃地生态环境恢复与重建中的指示作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(2): 213-216
- [8] 周焕新. 重金属铅对土壤动物群落的影响[J]. 山西农业科学, 2010, 38(6): 37-39
- [9] 任婷. 重金属污染区土壤动物群落结构特征及其与重金属污染的相关性研究[D]. 太原: 山西师范大学, 2012: 25-45
- [10] 黄伦先,沈世华. 免耕生态系统中土壤动物对土壤养分影响的研究[J]. 生态与农村环境学报, 1996, 12(4): 8-10
- [11] 刘新民,乾德门,乌宁,等. 不同牧压梯度上草原土壤动物生物多样性的初步分析[J]. 内蒙古师范大学学报: 教育科学版, 1994, 7(4): 1-6
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 12-290
- [13] 王广力,王勇,韩立亮,等. 洞庭湖区不同土地利用方式下的土壤动物群落结构[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2629-2636
- [14] 张永志,徐建民,柯欣,等. 重金属 Cu 污染对土壤动物群落结构的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 127-130
- [15] 毛小芳,李辉信,陈小云,等. 土壤线虫三种分离方法效率比较[J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 149-151
- [16] 尹文英,胡圣豪,沈韞芬. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-392
- [17] Yan S, Singh A N, Fu S, et al. A soil fauna index for assessing soil quality[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2011, 47(2): 158-165
- [18] 刘贝贝,叶成龙,虞丽,等. 不同植被类型的滩涂湿地土壤线虫群落特征[J]. 应用生态学报, 2012, 23(11): 3057-3064
- [19] Bongers T. The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition[J]. Oecologia, 1990, 83(1): 14-19
- [20] Borcard D, Drapeau P. Partialling out the spatial component of ecological variation[J]. Ecology, 1992, 73(3): 1045-1055
- [21] 武海涛,吕宪国,姜明,等. 三江平原典型湿地土壤动物群落结构及季节变化[J]. 湿地科学, 2008, 6(4): 459-465
- [22] 严珺,吴纪华. 植物多样性对土壤动物影响的研究进展[J]. 土壤, 2018, 50(2): 231-238
- [23] 邓晓保,邹寿青,付先惠,等. 西双版纳热带雨林不同土地利用方式对土壤动物个体数量的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 130-138

- [24] 姜璐, 申思雨, 吕贻忠. 华北地区有机种植与常规种植土壤质量比较研究[J]. 土壤, 2015, 47(4): 805–811
- [25] 臧小平, 马蔚红, 周兆禧, 等. 不同有机肥对毛叶枣产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(6): 1445–1449
- [26] 成臣, 汪建军, 程慧煌, 等. 秸秆还田与耕作方式对双季稻产量及土壤肥力质量的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(1): 247–257
- [27] 刘树堂, 刘培利, 韩晓日, 等. 长期定位施肥对无石灰性潮土生物环境影响研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(1): 26–29
- [28] 焦婷. 青海省环湖地区土壤-牧草-畜体生态体系中微量元素季节变化及其盈亏分析[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2003: 23–28
- [29] 汪汇海, 沙丽清, 杨效东. 稻秸覆盖对有机茶园土壤生态环境影响的研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 65–67
- [30] Tu C, Ristaino J B, Hu S J. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38(2): 247–255
- [31] 陈李林, 林胜, 尤民生, 等. 间作牧草对茶园螨类群落多样性的影响[J]. 生物多样性, 2011, 19(3): 353–362

Survey on Soil Fauna Diversity Under Organic Farming

MAO Miao¹, ZHANG Xin², WANG Lei³, XIAO Xingji³, WANG Hui⁴,
LI Huixin², JIAO Jiaguo^{2*}, WANG Xia^{3*}

(1 Jiangsu Funing Secondary Vocational School, Funing, Jiangsu 224400, China; 2 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China; 4 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: In order to understand the protection of organic farming on soil fauna in China, soil fauna diversities were compared in 9 worldwide soils under organic and conventional cultivation during the period of 2013—2014. A total of 30 orders were found in the survey, among them, a total of 20 orders macro-fauna were observed, in which 19 orders were observed aboveground and 16 orders belowground. Both the total abundance (5.9×10^5 individuals per square meter) and groups (7 orders) in organic farming were significantly higher than those in conventional farming (4.3×10^5 individuals per square meter, 5 orders). From the aspect of diversity ecological indices, density-groups index (DG) of soil fauna were significantly higher in organic farming, but no significant difference was found in other ecological indices between organic and conventional farming. Significant correlations were observed between soil fertility and soil fauna numbers.

Key words: Organic agriculture; Soil fauna; Diversity