

文章编号: 1000-5862(2021)02-0188-06

在不同稻渔共作模式下中小型土壤动物群落特征研究

刘雯¹ 李娜¹ 鞠民¹ 黄琪¹ 倪才英^{1*} 简敏菲^{2*}

(1. 江西师范大学地理与环境学院 江西 南昌 330022; 2. 江西师范大学生命科学学院 江西 南昌 330022)

摘要: 为研究不同稻渔共作模式对中小型土壤动物群落的影响,该文选择江西省抚州市水稻原种场进行对比试验,试验设置稻-鳅、稻-虾、稻-鱼、稻-蛙、对照(传统稻作)5种处理。结果表明:等节跳科、毛蚊科、蠓科和摇蚊科为研究区中小型土壤动物优势类群,占总数的77.36%;稻渔共作模式的中小型土壤动物个体数、类群数、多样性指数均高于传统稻作模式,稻渔共作模式(除稻-鱼模式外)的中小型土壤动物丰富度指数均高于传统稻作模式。与传统稻作模式相比,稻渔共作模式更有利于中小型土壤动物个体数与类群数的增加和土壤动物的多样性提高。在不同稻渔共作模式中,稻-虾模式的中小型土壤动物个体数、类群数、多样性指数、丰富度指数均为最高,且个体数、类群数、多样性指数和丰富度指数都与稻-蛙模式形成显著差异,多样性指数亦显著高于稻-鱼模式。因此,稻-虾模式对土壤动物群落的发展最为有利。

关键词: 土壤动物; 稻渔共作模式; 群落特征; 生物多样性

中图分类号: S 151.9 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2021.02.12

0 引言

土壤动物是指活动或栖息在土壤环境中并对土壤有一定影响的动物类群^[1],其生存、活动、觅食、排泄对土壤结构、土壤理化性质、土壤有机质等都产生重大影响^[2-4]。中小型土壤动物是农田生态系统能量循环的重要参与者,其群落组成也是反映土壤健康的重要指标^[5-8]。稻渔共作模式是根据生态循环农业和生态经济学原理,利用水产与水稻的共生行为将水稻种植与水产养殖技术有机结合,通过对稻田实施工程化改造,将其组成一个相互依赖、相互促进的生态种养系统,构建稻渔共生互促系统的一种种养模式。稻渔共作模式从源头减少农田外部污染的投入,有利于农田生态健康发展^[9-13]。稻渔共作模式一田两用,具有稳粮、增效、促渔、提质的作用^[14]。本文选取江西省抚州市水稻原种场为实验基地,对比分析不同稻渔共作模式的土壤动物群落差异,为不同稻渔共作模式农田土壤生态健康的进一步研究提供理论依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

试验田位于江西省抚州市临川区(116°04'E ~ 116°39'E, 27°31'N ~ 28°14'N),靠近水源,属亚热带湿润季风气候,夏季高温多雨,冬季炎热干燥。年平均气温为17.6℃,年平均降水量为1642 ~ 1922 mm,无霜期长,土壤类型为酸性红壤。

1.2 试验设计

本试验于2019年1月在江西省抚州市水稻原种场内选择5块大小相似、位置相邻的平整试验田块进行不同稻渔共作模式对比研究。5块试验田分别为稻-虾、稻-鳅、稻-鱼、稻-蛙和对照(即传统稻作模式)模式。试验田块大小为25 m × 28 m,稻-蛙田设置防逃网,稻-虾、稻-鱼、稻-鳅田则挖沟设渠,沟渠为上宽2 m、下宽1 m、纵深1 m的梯形沟渠,沟渠中种植水草,为养殖水产品提供食物。田块周边设置杀虫灯、防逃膜等相应设施。田块灌溉水源均为山间水库水,水稻品种为鹅湖香稻;每年4月种,当年11月

收稿日期: 2020-12-15

基金项目: 国家自然科学基金(41661102),江西省现代农业产业技术体系建设专项资金(JXARS-12-质量安全与环境控制),江西省水利厅科学技术研究(201921YBKT17)和灌溉中心稻蟹课题(201820YBKT25)资助项目。

通信作者: 倪才英(1968—),女,江西鹰潭人,教授,博士,主要从事环境控制与土壤修复研究。E-mail: ncy1919@126.com

简敏菲(1969—),女,江西高安人,教授,博士,博士生导师,主要从事湿地生态健康研究。E-mail: jianminfei@jxnu.edu.cn

收,栽种前稻渔共作田施化肥 $0.021\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 做基肥,化肥品种为 15:15:15 的四合特有机肥,4 月份农户根据水产品生长需要酌情投放饲料。传统稻作模式则按常规种养方法:施 4 次肥,即基肥、分叶肥、穗肥、粒肥;打 4 次农药,分别在移栽期、分叶期、禾苗破口期和结实期施打。

1.3 研究方法

1.3.1 采样方法 由于试验田为较规整的田块,所以本次试验的采样方法为 5 点取样法,采样器材为不锈钢取土器,即根据田块的四角连接划分 2 条对角线将田块划分为 4 部分,然后在 4 部分中心位置和对角线交叉处采取样本。

1.3.2 指标测定方法 中小型土壤动物采用干漏斗法经过 24 h 分离提取,将收集到的中小型土壤动物装在盛有饱和 NaCl 溶液的塑料瓶中,分类鉴定参照《中国土壤动物检索图鉴》^[15],土壤动物鉴定到科,土壤理化指标参照《土壤理化分析》^[16]进行测定。

1.3.3 数据处理方法 本文采用单因素方差分析法(one-way ANOVA)分析比较在不同稻渔共作模式下的土壤动物与土壤指标之间的差异。数据通过 SPSS22.0 软件进行处理与分析,并通过 Excel 2010 软件制作相关图表。土壤动物多度计算如表 1 所示^[17],Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀度指数 E 、Simpson 优势度指数 C 和 Margalef

丰富度指数 D 的计算方法参考文献[18]。

表 1 土壤动物多度表

数值区间	符号标识	表现类群
>10% ~100%	+++	优势类群
1% ~10%	++	常见类群
0% ~ <1%	+	稀有类群

2 结果与分析

2.1 中小型土壤动物组成

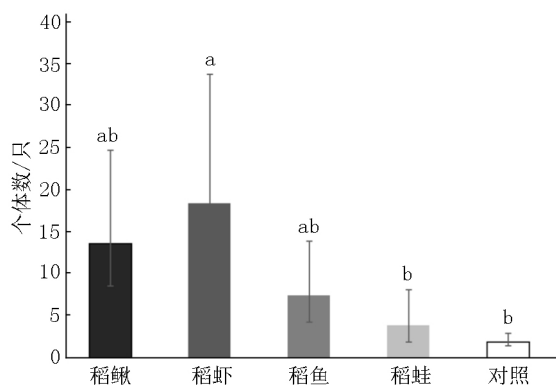
如表 2 所示,在试验田中共分离出 212 只中小型土壤动物,其中 211 只隶属于节肢动物门,1 只隶属于环节动物门,共 41 个类群。在不同模式稻田下中小型土壤动物具体分离结果如下:稻-鳅模式分离 68 只,隶属于 11 个类群;稻-虾模式 92 只,隶属于 11 个类群;稻-鱼模式 30 只,隶属于 7 个类群;稻-蛙模式 16 只,隶属于 8 个类群;传统稻作 6 只,隶属于 4 个类群。在试验田中,中小型土壤动物类群结果为:等节跳科、毛蚊科、蠓科、摇蚊科为试验田中小型土壤动物的优势类群,占总数的 77.36%;粉螨科、派盾螨科、长足虻科、毛蠓科、隐翅虫科为常见类群,占总数的 17.94%;真卷甲螨科、幽灵蛛科、长角跳科、土跳科、蚤蝇科、步甲科、虱啮科、石蛭科为稀有类群,占总数的 4.70%。

表 2 在不同稻渔模式下中小型土壤动物组成

类群科名	稻-鳅		稻-虾		稻-鱼		稻-蛙		对照		总计		多度
	个体数/只	占比/%	个体数/只	占比/%	个体数/只	占比/%	个体数/只	占比/%	个体数/只	占比/%	个体数/只	占比/%	
粉螨科	5	7.35	2	2.17	2	6.67	2	12.50	0	0	11	5.19	++
派盾螨科	3	4.41	0	0	0	0	0	0	3	50.00	6	2.83	++
真卷甲螨科	0	0	1	1.09	0	0	0	0	0	0	1	0.47	+
幽灵蛛科	0	0	1	1.09	0	0	0	0	0	0	1	0.47	+
等节跳科	25	36.76	29	31.52	3	10.00	1	6.25	1	16.67	59	27.83	+++
长角跳科	0	0	0	0	0	0	1	6.25	0	0	1	0.47	+
土跳科	0	0	0	0	0	0	1	6.25	1	16.67	2	0.94	+
毛蚊科	4	5.88	20	21.74	2	6.67	0	0	0	0	26	12.26	+++
长足虻科	4	5.88	4	4.35	1	3.33	0	0	0	0	9	4.25	++
蠓科	1	1.47	18	19.57	2	6.67	1	6.25	0	0	22	10.38	+++
毛蠓科	2	2.94	1	1.09	0	0	5	31.25	0	0	8	3.78	++
摇蚊科	21	30.88	14	15.22	18	60.00	4	25.00	0	0	57	26.89	+++
蚤蝇科	1	1.47	1	1.09	0	0	0	0	0	0	2	0.94	+
步甲科	0	0	1	1.09	0	0	0	0	0	0	1	0.47	+
隐翅虫科	1	1.47	0	0	2	6.67	0	0	1	16.67	4	1.89	++
虱啮科	1	1.47	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.47	+
石蛭科	0	0	0	0	0	0	1	6.25	0	0	1	0.47	+
总体个数	68		92		30		16		6		212		
类群数	11		11		7		8		4		41		

2.2 不同稻渔共作模式对中小型土壤动物个体数与类群数的影响

如图 1 和图 2 所示,与传统稻作模式相比,稻渔共作模式的中小型土壤动物个体数与类群数均更高,其中稻-虾模式的个体数与类群数均显著高于传统稻作模式。稻-鳅模式的类群数也与传统稻作模式在统计学意义上有较显著差异。林青战^[19]对牡丹区弹尾目等节跳科的研究结果表明土壤的温度和湿度是影响土壤动物个体数量变化的主要因素。韩伟等^[20]、李洁等^[21]研究表明蚊科有爱好湿润环境的习性。在试验田中,等节跳科、毛蚊科、蠓科和摇蚊科为优势类群,占总数的 77.36%。稻渔共作模式相比传统稻作模式加入了水产养殖,为保证水产品的生存需求土壤更为湿润,客观上也为土壤动物的生存与发展提供了更适宜的土壤环境^[22-23]。因此,稻渔共作模式更有利于土壤动物的个体数与类群数的增加。



注:不同小写字母表示处理之间有显著差异($p < 0.05$)。相同字母则为无显著差异($p > 0.05$)。下同。

图 1 在不同稻渔共作模式下中小型土壤个体数

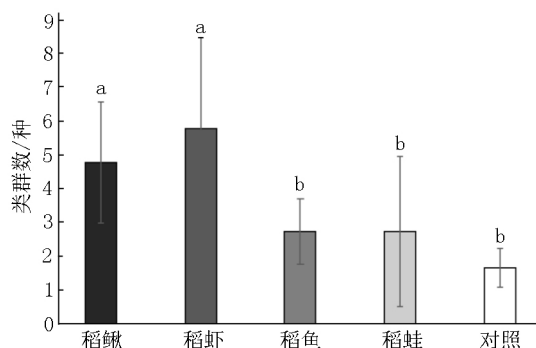


图 2 在不同稻渔共作模式下中小型土壤类群数

不同稻渔共作模式对比,中小型土壤动物个体数大小关系为稻-虾模式>稻-鳅模式>稻-鱼模式>稻-蛙模式,类群数大小关系为稻-虾模式>稻-鳅模式>稻-蛙模式>稻-鱼模式。其中稻-虾模式的中小型土壤动物个体数显著高于稻-蛙模式、类群数显著高于稻-鱼模式和稻-蛙模式,其他均不存在显著性差异。吕国涵^[24]研究发现稻-虾共作改变了土壤微

生物的群落结构,稻-虾共作模式的土壤微生物生物量增加,提高了土壤有机碳的转化和养分分解速率,土壤微生物和土壤动物在农田生态系统中存在互利共生关系。稻-虾模式有利于土壤动物的生存发展;刘赫群等^[25]以土壤线虫为研究对象,发现稻-虾共作有利于土壤线虫的增加,该研究结论与本文研究结果一致。孙刚等^[26]在研究泥鳅对稻田土壤动物的扰动作用中发现土壤动物的成长与取食会影响土壤动物类群结构组成。稻-虾、稻-鳅、稻-鱼、稻-蛙虽然均为养殖水产品,且在成长过程中都会捕食部分土壤动物,但其捕食偏好存在显著差异。稻-虾的食谱多为藻类和水草,稻-鱼和稻-蛙的食谱多为昆虫^[27-29]。因此,稻-虾共作模式比其他稻渔共作模式的中小型土壤动物个体数与类群数的增加更为显著。

2.3 不同稻渔共作模式对中小型土壤动物多样性的影响

如表 3 所示,5 种试验处理的中小型土壤动物多样性指数大小关系为稻-虾>稻-鳅>稻-鱼>稻-蛙>对照;均匀度指数大小关系为稻-鱼>对照>稻-蛙>稻-鳅和稻-虾;丰富度指数大小关系为稻-虾>稻-鳅>稻-蛙>对照>稻-鱼;优势度指数为对照>稻-蛙>稻-鱼>稻-鳅>稻-虾。

稻渔共作模式的中小型土壤动物多样性指数均高于传统稻作模式,优势度指数则低于传统稻作模式,其中稻-虾模式和稻-鳅模式与传统稻作模式在统计学意义上差异显著。除稻-鱼模式外,其他 3 种稻渔共作模式的中小型土壤动物丰富度指数均高于传统稻作模式,均匀度指数低于传统稻作模式,且均不存在统计学意义上显著差异。不同稻渔共作模式对比,稻-虾模式的中小型土壤动物多样性指数显著高于稻-蛙模式,优势度指数显著低于稻-蛙模式,其他均无在统计学意义上显著差异。农田生态系统是一个整体,稻渔共作模式加入了水产养殖,其中水产品的生存、生长、取食、排泄是农田生态系统的一环,进而影响到土壤生态健康和土壤动物的生长。稻渔共作模式扩展了食物链结构网络,使得生态系统更为复杂,增加其稳定性和多样性。研究表明:稻渔共作模式有利于改善土壤理化性质,为土壤动物提供更好的生存环境^[30-32]。鱼、虾等水产品对部分土壤动物的取食和土壤动物的类群组成存在一定影响,且在一定程度上减小了非食谱范围内的土壤动物类群的生存压力,使不同种类土壤动物共存的可能性增加,从而影响到土壤动物的多样性^[33-34]。因此,稻渔共作模式更有利于中小型土壤动物生存与

繁衍,其物种多样性指数与丰富度指数都高于传统稻作模式。由于具体养殖水产的生活习性差异,所以在稻-虾模式中土壤动物多样性更为显著。

表 3 在不同稻渔共作模式下中小型土壤动物群落特征

共作模式	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数	优势度指数
稻-鳅	1.26 ± 0.31 ^a	0.85 ± 0.13 ^a	1.69 ± 0.46 ^a	0.35 ± 0.10 ^a
稻-虾	1.40 ± 0.46 ^a	0.85 ± 0.10 ^a	1.75 ± 0.84 ^a	0.32 ± 0.14 ^a
稻-鱼	0.87 ± 0.19 ^{ab}	0.98 ± 0.39 ^a	0.95 ± 0.18 ^a	0.49 ± 0.12 ^{ab}
稻-蛙	0.74 ± 0.66 ^b	0.94 ± 0.06 ^a	1.51 ± 0.63 ^a	0.60 ± 0.29 ^b
对照	0.40 ± 0.39 ^b	0.97 ± 0.06 ^a	1.00 ± 0.62 ^a	0.69 ± 0.27 ^b

注: a 或 b 意味着无显著差异 ($p > 0.05$) ^{ab} 意味着有显著差异 ($p < 0.05$)。下同。

2.4 不同稻渔共作模式的土壤理化性质对中小型土壤动物的影响

如表 4 所示,稻-鳅模式与稻-鱼模式的 pH 值和有机质均高于传统稻作模式,稻-虾模式与稻-蛙模式的 pH 值和有机质均低于传统稻作模式,且稻-虾模式与传统稻作模式的有机质差异显著;稻-虾模式和稻-鱼模式的碱解氮含量高于传统稻作模式,稻-鳅模式和稻-蛙模式的碱解氮则低于传统稻作模式;传统稻作模式的有效磷含量显著高于稻渔共作模式。不同稻渔共作模式对比,稻-虾模式和稻-蛙模式的 pH 值显著低于稻-鳅模式和稻-鱼模式,稻-鳅模式和稻-鱼模式的有机质均显著高于稻-虾模式和稻-蛙模式;不同稻渔共作模式之间的碱解氮含量无显著性差异;就有效磷而言,稻-蛙模式显著高于其他稻渔共作模式,稻-鳅模式显著高于稻-虾模式,其他稻渔共作模式之间有效磷不存在显著差异。

由表 5 可知:5 种处理的土壤有效磷与中小型土壤动物类群数呈显著负相关关系,与中小型土壤动物的多样性指数呈极显著负相关关系,与优势度指数呈极显著正相关关系,其他土壤化学指标与土壤动物群落指标不存在显著相关性。朱强根等^[35]关于保护性耕地的土壤动物群落研究也证实了土壤有效磷与土壤动物优势度的相关性。本文实验中稻渔共作模式与传统稻作模式的水稻品种、灌溉水源均保持一致,区别在于种养过程,稻渔共作模式由于中小型动物排泄可为水稻生长补充一定肥力,因而稻渔共作模式可减少化肥使用,而传统稻田与稻渔共作模式相比需施加更多的化肥和农药,使得传统稻作模式的土壤有效磷大大增加,但土壤动物却远低于稻渔共作模式。多项研究表明人类活动会影响到土壤环境进而影响土壤动物群落变化,因此稻渔共作模式与传统稻作模式相比,更有利于土壤生态环境的改善和土壤动物数量与类群的增加^[36-38]。

表 4 不同稻渔共作模式的土壤化学性质

共作模式	pH 值	有机质/%	碱解氮/(mg · kg ⁻¹)	有效磷/(mg · kg ⁻¹)
稻-鳅	6.10 ± 0.27 ^a	1.93 ± 0.13 ^a	140.91 ± 2.13 ^a	3.97 ± 0.58 ^c
稻-虾	5.79 ± 0.17 ^b	1.48 ± 0.28 ^b	142.47 ± 1.44 ^a	2.98 ± 0.55 ^d
稻-鱼	6.06 ± 0.22 ^a	1.98 ± 0.16 ^a	142.13 ± 1.54 ^a	3.63 ± 0.48 ^{cd}
稻-蛙	5.72 ± 0.14 ^b	1.59 ± 0.04 ^{bc}	140.75 ± 0.59 ^a	7.04 ± 0.50 ^b
对照	5.85 ± 0.12 ^{ab}	1.85 ± 0.07 ^{ac}	141.39 ± 1.33 ^a	14.99 ± 0.52 ^a

表 5 中小型土壤动物群落影响因子之间的相关系数

指标	个体数	类群数	多样性	均匀度	丰富度	优势度	pH 值	有机质	碱解氮
类群数	0.833 ^{**}								
多样性	0.599 ^{**}	0.898 ^{**}							
均匀度	-0.492 [*]	-0.356	-0.049						
丰富度	0.361	0.787 ^{**}	0.871 ^{**}	-0.090					
优势度	-0.428	-0.697 ^{**}	-0.911 ^{**}	-0.208	-0.820 ^{**}				
pH 值	-0.024	-0.137	-0.048	-0.052	-0.247	-0.024			
有机质	-0.133	-0.093	-0.023	0.226	-0.056	-0.016	0.345		
碱解氮	0.223	0.153	0.119	0.123	-0.027	-0.091	-0.185	-0.321	
有效磷	-0.421	-0.465 [*]	-0.552 ^{**}	0.124	-0.218	0.556 ^{**}	-0.219	0.118	-0.145

注: * 表示显著相关 ($p < 0.5$); ** 表示极显著相关 ($p < 0.01$)。

3 结论

1) 等节跳科、毛蚊科、蠓科和摇蚊科为研究区土壤动物优势类群,占总数的 77.36%;粉螨科、派盾螨科、长足虻科、毛蠓科、隐翅虫科为常见类群,占总数的 17.94%;

2) 稻渔共作模式的中小型土壤动物个体数、类群数、多样性指数均高于传统稻作模式,稻渔共作模式(除稻-鱼模式外)的中小型土壤动物丰富度指数均高于传统稻作模式,稻渔共作模式比传统稻作模式更有利于中小型土壤动物个体数与类群数的增加和土壤动物的多样性提高;

3) 由不同稻渔共作模式对比知,稻-虾模式中中小型土壤动物的个体数、类群数、多样性指数、丰富度指数最高,且个体数、类群数、多样性指数和丰富度指数都与稻-蛙模式形成显著差异,多样性指数亦显著高于稻-鱼模式,因此,稻-虾模式对土壤动物群落的发展最为有利。

致谢:感谢刘玮老师提供实验室以及薛华健同学在土壤动物提取过程中提供的帮助。

4 参考文献

- [1] 尹文英. 中国土壤动物 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 朱永恒, 赵春雨, 王宗英, 等. 我国土壤动物群落生态学 研究综述 [J]. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1477-1481.
- [3] 殷秀琴, 宋博, 董伟华, 等. 我国土壤动物生态地理研究 进展 [J]. 地理学报, 2010, 65(1): 92-102.
- [4] 曹四平, 刘长海. 土壤动物群落特征及生态功能研究进 展 [J]. 延安大学学报: 自然科学版, 2017, 36(4): 38-42.
- [5] 蔡海, 龚建军, 李强栋. 土壤动物典型生态系统特点与 生态功能研究进展 [J]. 南方农业, 2019, 13(14): 161-163.
- [6] 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.
- [7] 武海涛, 吕宪国, 杨青, 等. 土壤动物主要生态特征与生 态功能研究进展 [J]. 土壤学报, 2006, 43(2): 314-323.
- [8] 陈鹏, 富德义. 长白山土壤动物在物质循环中作用的初 步探讨 [J]. 生态学报, 1984, 4(2): 172-180.
- [9] 朱泽闻, 李可心, 王浩. 我国稻渔综合种养的内涵特征、 发展现状及政策建议 [J]. 中国水产, 2016(10): 32-35.
- [10] 王强盛, 王晓莹, 杭玉浩, 等. 稻田综合种养结合模式及 生态效应 [J]. 中国农学通报, 2019, 35(8): 46-51.
- [11] 李娜娜. 中国主要稻田种养模式生态分析 [D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [12] 管勤壮. 稻虾共作模式下小龙虾活动对稻田环境影响 的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- [13] 卢升高, 黄冲平. 稻田养鱼生态经济效益的初步分析 [J]. 生态学杂志, 1988, 7(4): 26-29.
- [14] 丁伟华. 中国稻田水产养殖的潜力和经济效益分析 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [15] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴 [M]. 北京: 科学出版 社, 1998.
- [16] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上 海科学技术出版社, 1978.
- [17] 陈茜, 李强强, 唐伟, 等. 不同栽培模式对中小型土壤动 物多样性的影响 [J]. 中国生态农业学报: 中英文版, 2019, 27(8): 1147-1156.
- [18] 赵乌英嘎, 红梅, 赵巴音那木拉, 等. 不同耕作方式下黑 土区农田中小型土壤动物群落特征 [J]. 水土保持通 报, 2019, 39(3): 39-45.
- [19] 林青战. 牡丹区土壤动物多样性研究及弹尾目等节跳 科昆虫系统分类 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.
- [20] 韩伟, 雷朝亮, 朱芬. 毛蚊科昆虫的研究进展 [J]. 华中 昆虫研究, 2015, 11(1): 95-99.
- [21] 李洁, 王爽, 闫春财, 等. 颐和园摇蚊优势种群鉴定及绿 色防控措施初探 [J]. 北京园林, 2019, 35(4): 48-55.
- [22] 苏永春, 勾影波, 王立新. 农田土壤动物和微生物与生 物化学动态关系的研究 [J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 134-137.
- [23] 宋宇, 王鹏, 韦月平. 不同共作模式的稻田土壤细菌群 落结构分析 [J]. 东北农业科学, 2019, 44(4): 46-49.
- [24] 佘国涵. 长期稻虾共作模式下稻田土壤肥力变化特征 研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- [25] 刘赫群, 李嘉尧, 永旭, 等. 虾稻共作对稻田土壤线虫 群落结构的影响 [J]. 土壤, 2017, 49(6): 1121-1125.
- [26] 孙刚, 房岩, 胡佳琳, 等. 泥鳅对稻田土壤动物的扰动效 应 [J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(1): 100-103.
- [27] 孙凤民. 稻虾综合种养技术 [J]. 现代农业科技, 2020 (9): 205-206.
- [28] 解振兴, 林丹, 张数标, 等. 丘陵山区稻鱼综合种养技术 规程 [J]. 福建稻麦科技, 2020, 38(1): 14-16.
- [29] 邓正春, 王朝晖, 张忠武, 等. 稻蛙绿色生态种养技术 [J]. 作物研究, 2019, 33(7): 21-22.
- [30] 孙刚, 房岩, 王欣, 等. 稻鱼复合种养对水田土壤酶活 性的影响 [J]. 农业与技术, 2009, 29(1): 23-26.
- [31] 马晓慧, 车喜庆, 王井士, 等. 稻蟹共作与常规稻田蜘蛛 群落组成及多样性分析 [J]. 中国生态农业学报: 中英 文版, 2019, 27(8): 1157-1162.
- [32] 朱杰, 刘海, 吴邦魁, 等. 稻虾共作对稻田土壤 nirK 反 硝化微生物群落结构和多样性的影响 [J]. 中国生态

- 农业学报 2018 26(9):1324-1332.
- [33] 赵翔刚,罗衡,刘其根,等.稻田养殖沙塘鳢对稻田水体及底泥微生物群落结构及多样性的影响[J].淡水渔业 2017 47(4):8-14.
- [34] 肖求清.稻虾共作对稻田生物多样性的影响[D].武汉:华中农业大学 2017.
- [35] 朱强根,朱安宁,张佳宝,等.保护性耕作下土壤动物群落及其与土壤肥力的关系[J].农业工程学报 2010, 26(2):70-76.
- [36] 王振中,张友梅,邢协加.土壤环境变化对土壤动物群落影响的研究[J].土壤学报 2002 39(6):892-897.
- [37] 朱永恒,张衡,韩斐,等.长江中下游地区农田土地利用对中小型土壤动物群落的影响[J].土壤通报 2014, 45(2):314-319.
- [38] 王振中,张友梅,颜亨梅,等.有机磷农药对土壤动物群落结构的影响研究[J].生态学报 1996 16(4):357-365.

The Study on the Community Characteristics of Small and Medium-Sized Soil Animals in Different Rice-Fish Farming Model

LIU Wen¹, LI Na¹, JU Min¹, HUANG Qi¹, NI Caiying^{1*}, JIAN Minfei^{2*}

(1. College of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 33022, China;

2. College of Science, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 33022, China)

Abstract: To study the impact of different rice-fishing co-cultivation patterns on small and medium-sized soil animal communities, the original rice seeding farm in Fuzhou is selected for experiment that sets rice-loach, rice-shrimp, rice-fish, rice-frog, control traditional rice cultivation 5 kinds of treatments for comparison experiment. The results in this study show that *Isotopidae*, *Trichomyidae*, *Midge* and *Chironomidae* are the dominant groups of small and medium-sized soil animals in the study area, accounting for 77.36% of the total. The number of small and medium-sized soil animals, the number of groups and the diversity index of the rice-fishing co-cultivation model are higher than those of the traditional rice-fishing model. The richness index of small and medium-sized soil animals in the rice-fishing co-cultivation model (except the rice-fish model) is higher than that of the traditional rice-fishing model. Compared with the traditional rice farming model, the rice-fishing co-cultivation model is more conducive to the increase of the number of individuals and groups of small and medium-sized soil animals and the increase of the diversity of soil animals. Comparing different rice-fishing co-cultivation models, the number of individuals, group numbers, diversity index and richness index of the rice shrimp model are all the highest. The number of individuals, group numbers, diversity index and richness index of the rice shrimp model are significantly different from those of the rice frog model. The diversity index of the rice shrimp model is also significantly higher than that of the rice fish model. Therefore, the rice shrimp model is most beneficial to the development of soil animal communities.

Key words: soil fauna; rice-fishing co-cultivation model; community characteristics; biodiversity

(责任编辑:刘显亮)