

白洋淀湿地秋季土壤动物群落特征

高思佳, 赵鑫, 刘浩宇*

河北大学, 生命科学与绿色发展研究院, 生命科学学院, 河北 保定

收稿日期: 2021年7月22日; 录用日期: 2021年8月25日; 发布日期: 2021年9月1日

摘要

为探究白洋淀湿地秋季土壤动物群落结构和时空分布规律, 2019年9、10和11月对白洋淀湿地6类土壤进行了调查。结果分离土壤动物3862只, 隶属于4门11纲48类群, 优势类群为线虫和菌甲螨科; 其中9月土壤动物数量最少, 类群最多; 10月土壤动物数量最多, 类群最少; 11月与10月情况近似。在不同土层中, 表层的动物数量和类群均为最高, 第2~5层数量近似, 而类群多样性逐渐降低。研究表明, 白洋淀湿地土壤动物群落在9至10月间出现明显变化, 第4~5层类群多样性明显降低。

关键词

白洋淀湿地, 秋季, 土壤动物, 群落特征

Characteristics of Soil Fauna Community in Autumn of Baiyangdian Wetland, Hebei

Sijia Gao, Xin Zhao, Haoyu Liu*

School of Life Science, Institute of Life Science and Green Development, Hebei University, Baoding Hebei

Received: Jul. 22nd, 2021; accepted: Aug. 25th, 2021; published: Sep. 1st, 2021

Abstract

In order to explore the community structure and spatial-temporal distribution of soil animals in Baiyangdian Wetland in autumn, six types of soil in Baiyangdian Wetland were investigated in September, October and November 2019. A total of 3862 soil animals were isolated, belonging to 48 groups of 11 classes, 4 phyla. In September, the number of soil animals was the least and the

*通讯作者。

group was the most; In October, the number of soil animals was the most and the group was the least; The situation in November is similar to that in October. In different soil layers, the number of animals and groups in the surface layer were the highest, and the number of animals in layer 2~5 was similar, while the number of groups decreased gradually. The results showed that the soil animal community in Baiyangdian Wetland changed significantly from September to October, and the group diversity of the fourth to fifth layers decreased significantly.

Keywords

Baiyangdian Wetland, Autumn, Soil Animals, Community Characteristics

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤动物是湿地生态系统和湿地生物多样性的重要组成部分,在物质循环、能量流动和生态指示等方面发挥了重要作用。通过分析湿地土壤动物与水文状况、水体化学性质及植被变化等的相互关系,可作为湿地污染、退化或恢复等质量变化过程的重要指标,表现为特征响应或环境指示意义[1][2]。对湿地土壤动物群落结构及组成变化探索,可为深入揭示湿地生物多样性及其生态功能提供基础资料[3][4]。

不同区域湿地的土壤动物群落组成与发生规律存在一定差异性,白洋淀是华北平原最大、最典型的淡水浅湖型湿地,对维持华北地区生态平衡和保持生物多样性具有不可替代的作用[5],其在水源涵养、气候调节、生物多样性维持和污染物降解等方面发挥着非常重要的作用。对白洋淀湿地的研究主要在于水域生态修复、理化性质以及水域植物、底栖生物等方面,而对白洋淀湿地土壤中的生物多样性研究较少,尤其是土壤动物作为生态系统分解者的重要组成部分,在凋落物分解、土壤结构改善等生态功能方面发挥重要作用。秋季是很多土壤动物生活史中重要的阶段,本文通过对白洋淀湿地土壤动物的调查并阐述其群落特征,以期对白洋淀湿地土壤动物系统研究以及生态系统健康评价提供基础资料,为白洋淀可持续建设提供理论依据。

2. 区域概况与研究方法

2.1. 区域概况

选取白洋淀安新县和容城县交界地区,即白洋淀湿地及邻近区域(38°57'E~38°59'E, 115°57'N~115°60'N),平均海拔9~14 m为研究区。其属温带大陆性季风气候,四季分明。年平均气温12.1℃,年平均降水量430~700 mm。土地利用方式主要为湿地旅游、养殖和耕地耕种,部分为树林、荒地和建设用地等,人为扰动较频繁。植被主要有:玉米(*Zea mays*)或小麦(*Triticum aestivum*)、白毛杨(*Populus tomentosa*)、芦苇(*Phragmites australis*)。其它草本植物主要为禾本科(Poaceae)、菊科(Compositae)和豆科(Leguminosae)植物,依据水分和土壤变化而间断性分布。

调查样地选取白洋淀湿地内6类生境。I:淀缘,长期不被水淹没,植被较好,包括杨树和草本植物;II:淀内湿地,植被主要为芦苇,有少量杂草,土壤湿度大,土质松软黏重;III:耕地旁的杨树林,有少量杂草,地表硬化;IV:耕地,植被稀少,土质松软;V:废弃耕地之后的荒地,植被丰富,主要为草本植物,地表较硬化;VI:道路,无植被,土质极硬化。

2.2. 野外取样

于2019年9、10和11月,在6个样地中随机选取100 cm * 100 cm的样方一个,样方内采用五点取样法,每点处用100 cm³容环刀分5个垂直土壤层(I: 0~5 cm; II: 5~10 cm; III: 10~15 cm; IV: 15~20 cm; V: 20~25 cm)进行取土。遇到表层大型土壤动物采用手捡法收集。每个样地每次共计取5份样品,将采集得到的土壤放入自封袋并记录采集信息,带回实验室低温保存。本研究共得到90份土壤样品。

2.3. 分离与鉴定

实验室内采用经典的干漏斗法(Tullgren法)和湿漏斗法(Baermann法)分离中小型土壤动物,分离时间均为48 h。其中,干漏斗法进行中小型土壤动物的分离,湿漏斗法取每层土壤(500 cm³)的十分之一(50 cm³)进行线虫的分离。分离的土壤动物用75%酒精保存。将土壤动物置于体式显微镜(Nikon SMZ745)下,依据《中国土壤动物检索图鉴》[6]、《昆虫分类学》[7]和《王家园昆虫》[8]尽量鉴定到科级阶元,并统计数量,加标注后长期保存于冰箱。

2.4. 多度标准

土壤动物的多度按以下标准划分:个体数量占总数10%以上的为优势类群,占总数1%~10%的为常见类群,少于1%的为稀有类群[9]。

3. 结果与分析

3.1. 土壤动物群落组成

白洋淀湿地6个样地3次调查共捕获土壤动物3862只,隶属于4门11纲48类群(表1)。总体来看,优势类群为线虫和菌甲螨科(Scheloribatidae),分别占捕获总数的72.19%和16.49%,常见类群为卷甲虫科(Armadilididae)、蚁科(Formicidae)、椎实螺科(Lymnaeidae)和扁卷螺科(Planorbidae)4科,分别占捕获总数的2.07%、1.99%、1.68%和1.04%。其余为稀有类群,共42类,其类群数占总类群数的87.50%,但个体数仅占捕获总数的4.54%。从门级阶元来看,线形动物门(Nematomorpha)为优势类群,占个体总数的72.19%,节肢动物门(Arthropoda)、软体动物门(Mollusca)和环节动物门(Annelida)分别占捕获总数的23.49%、4.25%和0.08%。从纲级阶元来看,在节肢动物门中,蛛形纲(Arachnida)、昆虫纲(Insecta)为优势类群,分别占节肢动物门总数的70.56%、19.74%;在软体动物门中,腹足纲(Gastropoda)为优势类群,占该门总数的70.05%。从科级阶元来看,昆虫纲中的蚁科、隐翅虫科(Staphylinidae)和金龟科(Scarabaeidae)为优势类群,分别占该纲总数的43.02%、10.61%和10.01%;蛛形纲中的菌甲螨科占该纲总数的99.53%。总体上,线虫和菌甲螨科是白洋淀湿地土壤动物的主要组成部分,这些类群分布广,对环境变化适应能力较强,是秋季白洋淀湿地优势类群。

Table 1. Statistical table of soil animal community composition

表 1. 土壤动物群落组成统计表

类群	淀缘	%	湿地	%	杨树林	%	耕地	%	荒地	%	道路	%	合计
线形动物门 Nematomorpha													
线虫纲 Nematoda	259	51.80	440	61.47	151	56.98	574	82.95	1093	87.51	271	61.73	2788
软体动物门 Mollusca													
腹足纲 Gastropoda													
基眼目 Basommatophora													

Continued

扁卷螺科 Planorbidae	19	3.80	11	1.53	5	1.89	2	0.29	3	0.24	0	40
椎实螺科 Lymnaeidae	14	2.80	21	2.92	10	3.77	14	2.02	6	0.48	0	65
柄眼目 Stylommatophora												
巴蜗牛科 Bradybaenidae	1	0.20	0		1	0.38	1	0.14	0		0	3
中腹足目 Mesogastropoda												
田螺科 Viviparidae	4	0.80	2	0.28	14	5.28	0		0		0	20
双壳纲 Bivalvia												
蚌目 Unionoida												
蚌科 Unionidae	0		0		34	12.83	0		2	0.16	0	36
环节动物门 Annelida												
寡毛纲 Oligochaeta												
后孔寡毛目 Opisthopora												
正蚓科 Lumbricidae	0		0		1	0.38	0		0		0	1
环带纲 Clitellata												
颤蚓目 Tubificida												
线蚓科 Enchytraeidae	0		1	0.14	1	0.38	0		0		0	2
节肢动物门 Arthropoda												
软甲纲 Malacostraca												
等足目 Isopoda												
卷甲虫科 Armadillidae	49	9.80	30	4.17	0		0		1	0.08	0	80
鼠妇科 Porcellionidae	0		0		0		1	0.14	0		0	1
气肢虫科 Trachelipidae	0		1	0.14	0		0		0		0	1
唇足纲 Chilopoda												
地蜈蚣目 Geophilomorpha												
地蜈蚣科 Geophilidae	1	0.20	0		0		0		0		0	1
倍足纲 Diplopoda												
带马陆目 Polydesmida												
奇马陆科 Paradoxosomatidae	0		0		0		1	0.14	0		0	1
综合纲 Symphyla												
幺蚣科 Scolopendrellidae	0		0		0		1	0.14	0		0	1
幺蚋科 Scutigereidae	0		2	0.28	0		0		1	0.08	0	3
蛛形纲 Arachnida												
蜘蛛目 Araneae												
跳蛛科 Salticidae	2	0.40	0		0		0		0		0	2
平腹蛛科 Gnaphosidae	0		1	0.14	0		0		0		0	1
真螨目 Acariformes												

Continued

菌甲螨科 Schelioribatidae	109	21.80	152	21.14	18	6.79	69	9.97	129	10.33	160	36.54	637
昆虫纲 Insecta													
直翅目 Orthoptera													
蝼蛄科 Gryllotalpidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1
蟋蟀科 Gryllidae	0		0		0		1	0.14	0		0		1
斑翅蝗科 Oedipodidae	0		0		0		0		1	0.08	0		1
缨翅目 Thysanoptera													
蓟马科 Thripidae	0		2	0.28	0		0		0		0		2
半翅目 Hemiptera													
蚜科 Aphididae	0		0		0		0		1	0.08	1	0.23	2
蝽科 Pentatomidae	2	0.40	0		1	0.38	0		1		0		4
网蝽科 Tingidae	0		0		0		0		0		1	0.23	1
长蝽科 Lygaeidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1
地长蝽科 Rhyparochromidae	0		0		0		1	0.14	1	0.08	0		2
盲蝽科 Miridae	1	0.20	3	0.42	0		0		0		0		4
叶蝉科 Cicadellidae	0		0		1	0.38	0		1	0.08	2	0.46	4
飞虱科 Delphacidae	0		1	0.14	0		1	0.14	0		1	0.23	3
鞘翅目 Coleoptera													
隐翅虫科 Staphylinidae	2	0.40	12	1.67	1	0.38	1	0.14	3	0.24	0		19
步甲科 Carabidae	0		6	0.83	0		0		0		0		6
叶甲科 Chrysomelidae	0		0		0		0		1	0.08	0		1
拟步甲科 Tenebrionidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1
金龟科 Scarabaeidae	0		1	0.14	1	0.38	16	2.31	0		0		18
瓢虫科 Coccinellidae	1	0.20	0		1	0.38	1	0.14	2	0.16	0		5
薪甲科 Latridiidae	0		2	0.28	0		1	0.14	0		0		3
苔甲科 Scydmaenidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1
球棒甲科 Monotomidae	0		0		0		0		1	0.08	0		1
水龟虫科 Hydrophilidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1
鞘翅目幼虫 Coleoptera larvae	2	0.40	2	0.28	1	0.38	2	0.29	0		1	0.23	8
双翅目 Diptera													
圆头蝇科 Strongylophthalmyiidae	0		0		0		0		1	0.08	0		1
蠓科 Ceratopogonidae	0		0		1	0.38	0		0		0		1
双翅目幼虫 Dipter larvae	2	0.40	2	0.28	0		2	0.29	0		1	0.23	7
膜翅目 Hymenoptera													
蚁科 Formicidae	32	6.40	18	2.50	23	8.68	2	0.29	1	0.08	1	0.23	77
姬蜂科 Ichneumonidae	0		1	0.14	0		0		0		0		1

Continued

脉翅目 Neuroptera													
螳蛉科 Mantispidae	0	1	0.14	0	0	0	0	0	0	1			
鳞翅目 Lepidoptera													
鳞翅目幼虫 Lepidoptera larvae	0	0	0	0	1	0.14	0	0	0	1			
总个体数 Total individual	500	100	717	100	265	100	692	100	1249	100	439	100	3862
总类群数 Total group	16	27	27	17	17	19	18	18	18	9	9	48	48

3.2. 时间变化

土壤动物总个体数量变化为：10月(1811只) > 11月(1543只) > 9月(508只)。从变化幅度看，除湿地外，其余5类生境在9月至10月土壤动物数量均出现明显的剧增，其中以荒地剧增最为显著；10月至11月淀缘、湿地、耕地土壤动物数量均增长，而杨树林、荒地、道路土壤动物数量均降低。杨树林、荒地、道路的土壤动物数量时间变化与总数量的变化完全一致；淀缘、湿地、耕地的土壤动物数量10月低于11月(图1)。不同月份土壤动物个体数量的变化主要由优势类群特别是线虫的数量变化决定。线虫个体数量的时间变化表现为10月最高，9月最低。

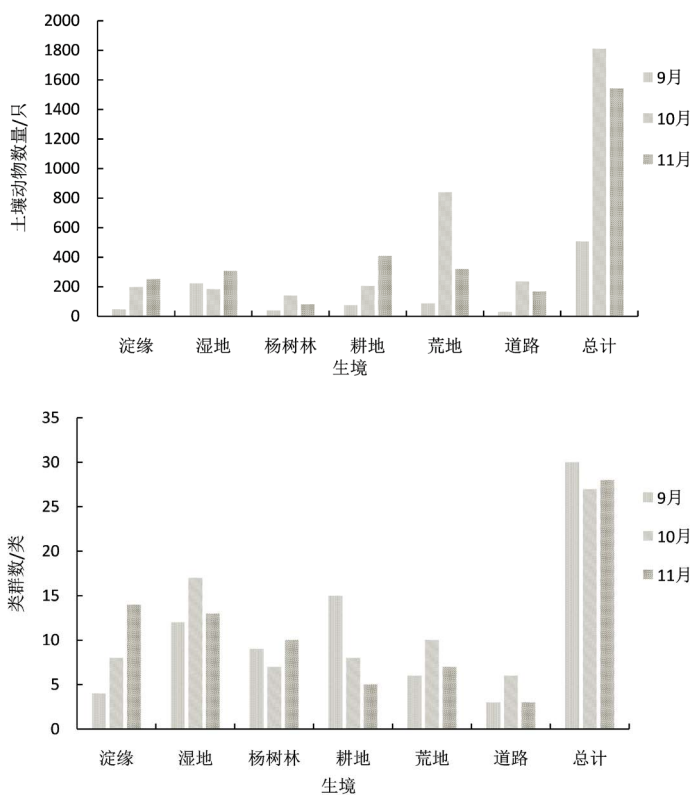


Figure 1. Changes in the number of individuals and groups of soil fauna with time

图1. 土壤动物个体数量及类群的时间变化

土壤动物类群数的时间变化总趋势表现为：9月(30类) > 11月(28类) > 10月(27类)，与土壤动物个

体数量变化恰好相反。6类生境的土壤动物类群消长趋势与总趋势均不一致。9月至10月淀缘、湿地、荒地、道路土壤动物类群数均增长，而杨树林、耕地土壤动物类群数却降低；10月至11月淀缘、杨树林土壤动物类群数均增长，湿地、耕地、荒地、道路土壤动物类群数均降低(图1)。

3.3. 垂直分布

白洋淀湿地土壤动物个体数量表层(0~5 cm) (1235只)最高，占捕获总数的31.98%，具有表聚性，其余4层个体数量差异较小(685只、696只、579只、667只)，分别占捕获总数的17.74%、18.02%、14.99%和17.27%。土壤动物类群数表现为：0~5 cm (27类) > 5~10 cm (25类) > 10~15 cm (23类) > 15~20 cm (18类) > 20~25 cm (15类)。

9月土壤动物垂直分布为：0~5 cm (187只) > 5~10 cm (113只) > 20~25 cm (86只) > 10~15 cm (68只) > 15~20 cm (52只)，土壤动物类群数表现为：0~5 cm (14类) > 5~10 cm (13类) > 10~15 cm (11类) > 15~20 cm (6类) = 20~25 cm (6类)。10月土壤动物垂直分布为：0~5 cm (573只) > 5~10 cm (342只) > 10~15 cm (313只) > 15~20 cm (294只) = 20~25 cm (294只)，土壤动物类群数表现为：5~10 cm (14类) = 10~15 cm (14类) > 0~5 cm (13类) > 15~20 cm (10类) = 20~25 cm (10类)。11月土壤动物垂直分布为：0~5 cm (475只) > 10~15 cm (315只) > 5~10 cm (230只) > 20~25 cm (287只) > 15~20 cm (241只)，土壤动物类群数表现为：0~5 cm (17类) > 15~20 cm (14类) > 20~25 cm (12类) > 10~15 cm (11类) > 5~10 cm (8类) (图2)。

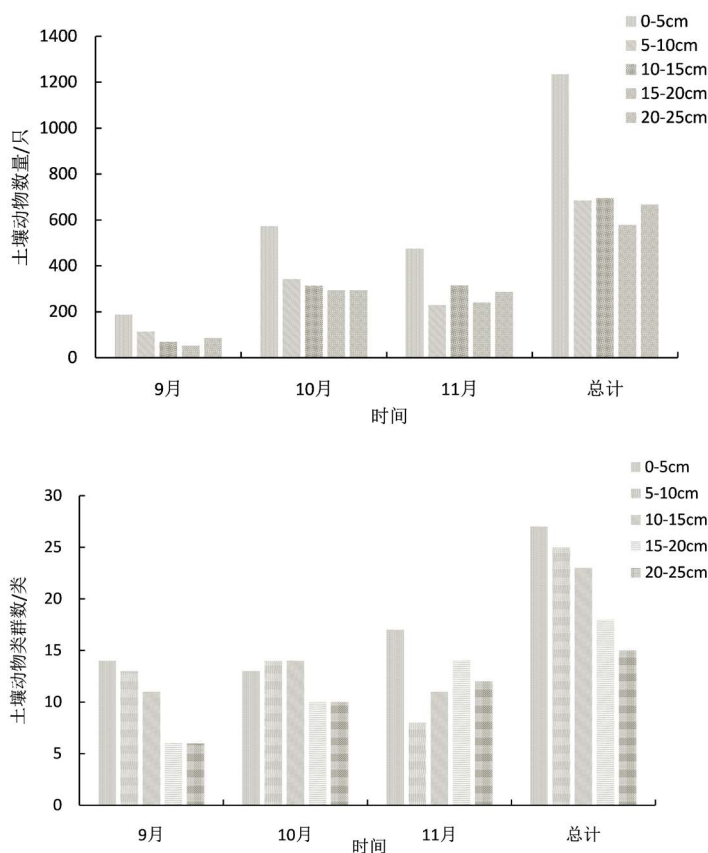


Figure 2. Vertical variation in the number of individual and group of soil fauna

图2. 土壤动物个体数量及类群的垂直变化

4. 讨论

调查共分离出土壤动物 3862 只, 隶属于 4 门 11 纲 48 类群。线虫和菌甲螨科构成了白洋淀湿地秋季土壤动物的主要类群, 尤其是线虫对土壤动物群落特征起着决定性作用, 这一结果与已有研究结果近似。宋英石等在北京奥林匹格公园秋季土壤动物调查显示, 线虫门和蛴螬目为土壤动物优势类群[10], 王金凤等在上海市绿地生境的研究表明, 线虫类和蛴螬目约占总捕获量的 59.70% 和 24.08%, 均为优势类群[11], 王广力等在洞庭湖对不同土地利用方式下土壤动物群落结构的研究发现线虫类是优势种[12]。同时, 由于线虫鉴定困难和容易降解等特点, 也经常土壤动物研究中被忽略[13] [14] [15]。土壤线虫类群丰富, 可分为植物寄生线虫、食细菌线虫、食真菌线虫以及捕食或杂食线虫等, 与土壤食物网结构及环境因子等密切相关, 白洋淀湿地的线虫有待进一步详细研究。

林英华等在鼎湖山研究表明, 中小型土壤动物在 10 月份最多, 而白洋淀湿地以中小型土壤动物为主, 与其研究结果一致[16]。尤其在北方, 秋季的气候变化直接影响部分动物的生活史, 大量植食性、腐食性土壤动物活跃在土壤表层, 通过其粉碎、分解作用, 将动植物残体分解或转化成可被它们利用的食物, 因此土壤表层内土壤动物最为丰富[17], 本研究结果依然支持, 但是在垂直梯度上其类群数有不同的响应。在 5~25 cm 间土壤的土壤动物, 即随着土层深入, 土温下降, 进而种群丰富度降低[18] [19] [20], 但在本研究中不管是土壤动物数量还是类群数量, 变化都非常不明显, 虽然在 10 月和 11 月份土壤动物数量和类群数明显高于 9 月, 但是动物数量和类群数相对稳定。表明秋季的气温变化在此土层间对土壤动物的影响不大, 为进一步对其他季节的白洋淀土壤动物多样性对比研究提供依据。

基金项目

河北省自然科学基金项目(C2019201192); 环境保护部“生物多样性调查、观测与评估项目”(2019HB2096001006)。

参考文献

- [1] Berenzen, N., Kumke, T., Schulz, H.K. and Schulz, R. (2005) Macroinvertebrate Community Structure in Agricultural Streams: Impact of Runoff-Related Pesticide Contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.10.010>
- [2] Davis, C.A., Austin, J.E. and Buhl, D.A. (2006) Factors Influencing Soil Invertebrate Communities in Riparian Grasslands of the Central Platte River Floodplain. *Wetlands*, **26**, 438-454. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[438:FISICI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[438:FISICI]2.0.CO;2)
- [3] 刘长海, 王希群, 王文强, 等. 湿地土壤动物及其与湿地恢复的关系[J]. 生态环境学报, 2014, 23(4): 705-709.
- [4] 李伟, 崔丽娟, 赵欣胜, 等. 太湖岸带湿地土壤动物群落结构与多样性[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 944-955.
- [5] 张素珍, 田建文, 李贵宝. 白洋淀湿地面临的生态问题及生态恢复措施[J]. 水土保持通报, 2007, 27(3): 146-150.
- [6] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [7] 袁锋. 昆虫分类学[M]. 第二版. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [8] 虞国跃, 王合, 冯术快. 王家园昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [9] 傅必谦, 陈卫, 董晓晖, 等. 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 215-223.
- [10] 宋英石, 李晓文, 李锋, 等. 北京市奥林匹克公园不同地表类型对土壤动物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(4): 1130-1136.
- [11] 王金凤, 由文辉. 上海城市绿地生境中春季大型土壤动物群落结构研究[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(1): 19-23.
- [12] 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.
- [13] 安哲. 河北清西陵地区土壤动物群落多样性研究[J]. 河北林果研究, 2008, 23(2): 150-152.

-
- [14] 黄秋娟, 王志刚, 黄大庄, 等. 保定市不同绿地类型土壤动物群落结构特征研究[J]. 河北林果研究, 2007, 22(1): 74-78.
- [15] 葛雪迎, 高思佳, 张钰博, 等. 白洋淀地区土壤动物群落结构和多样性[J]. 土壤科学, 2021, 9(1): 1-9.
- [16] 林英华, 张夫道, 张俊清, 等. 鼎湖山不同自然植被土壤动物群落结构时空变化[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2616-2622.
- [17] 李朝晖, 华春, 虞蔚岩, 等. 南京方山生态公园不同人工植被土壤动物群落结构时空变化[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(5): 722-728.
- [18] 莫畏, 王志良, 李猷, 等. 北京近郊深土层动物群落结构特征[J]. 生物多样性, 2018, 26(3): 248-257.
- [19] 靳亚丽, 杨斯琦, 徐珊珊, 等. 上海静安雕塑公园土壤动物群落的垂直分布和季节变化[J]. 生态学杂志, 2021, 40(2): 480-489.
- [20] 扈梦梅, 田龙, 吴亚楠, 等. 塞罕坝华北落叶松人工林间伐和混交改造对大型土壤动物群落结构的影响[J]. 林业科学, 2019, 55(11): 153-162.