

秦岭山地蚯蚓数量分布及其与土壤环境因子的关系研究

王 健^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

收稿日期: 2021年9月8日; 录用日期: 2021年10月11日; 发布日期: 2021年10月18日

摘 要

蚯蚓是土壤中典型的大型动物, 在有机质分解、营养循环和土壤形成中起着极为重要的作用, 具有重要的生态功能。运用样方调查法, 对秦岭山地4种不同土地类型的蚯蚓密度、生物量进行了调查, 分析了蚯蚓种群特征与土壤性质之间的关系。结果表明, 不同土地类型下, 土壤蚯蚓密度($P < 0.05$)和鲜重($P < 0.05$)均存在显著差异, 均呈现为园地最高, 林地和草地次之, 耕地最低。此外, 通过皮尔森相关性分析发现, 土壤蚯蚓种群特征与土壤铵态氮成强烈负相关, 与细根生物量成强烈正相关。蚯蚓种群特征与土壤环境因子的关系, 将有助于定性预测和评估蚯蚓的生态功能。

关键词

蚯蚓, 土地类型, 环境因子, 秦岭山地

Study on the Quantity Distribution of Earthworms in Qinling Mountains and Its Relationship with Soil Environmental Factors

Jian Wang^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Nature and

Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 8th, 2021; accepted: Oct. 11th, 2021; published: Oct. 18th, 2021

Abstract

Earthworms are typical large animals in the soil, play an extremely important role in the decomposition of organic matter, nutrient cycling and soil formation, and have an important ecological function. The density and biomass of earthworms in 4 different land types in the Qinling Mountains were investigated using the sample survey method. And the relationship between the characteristics of earthworm populations and soil properties was analyzed. The results showed that there were significant differences in soil earthworm density ($P < 0.05$) and fresh weight ($P < 0.05$) under different land types, and both showed the highest in orchard land, followed by woodland and grassland, and the lowest in cultivated land. In addition, Pearson's correlation analysis found that soil earthworm population characteristics are strongly negatively correlated with soil ammonium nitrogen, and strongly positively correlated with fine root biomass. The relationship between earthworm population characteristics and soil environmental factors will help qualitatively predict and evaluate the ecological functions of earthworms.

Keywords

Earthworms, Land Types, Environmental Factors, Qinling Mountains

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

土壤动物作为土壤生物肥力形成中最为活跃的土壤动物类群之一，在土地利用过程中，既是保护的對象也是可以利用的重要生物资源。蚯蚓作为土壤中的大型动物，隶属环节动物门(Annelida)、寡毛纲(Oligochaeta)、后孔寡毛目(Opithopora) [1], 在有机质分解、营养循环和土壤形成中起着极为重要的作用，它们通过取食、消化、排泄、分泌和掘穴等活动调节土壤物质循环和能量转化过程，被称为“生态系统工程师” [2]。土地利用方式的变化常常引起蚯蚓群落结构的改变，甚至导致外来种蚯蚓入侵和本地种蚯蚓的消失[3], 并对原有生态系统造成一系列的负面影响，如减少真菌密度与多样性，引起微生物生物量、活性的变化[4], 改变土壤理化性质[5], 甚至造成植物群落退化[6]。

秦岭山地是我国重要的森林分布区，林地面积占其总面积的 75.2%，是我国中部重要的水源涵养区，在土壤保持和水源涵养方面具有极其重要的功能。但上世纪七八十年代以来，由于人为活动剧烈，自然植被遭到严重破坏，景观破碎化程度高，天然林被农田、草地和灌丛所替代[7]。目前关于该地区不同土地利用方式下蚯蚓种群特征及其与土壤环境间的关系研究尚处于空白，影响因素还不清楚。

基于此，本研究于秦岭山地选取 4 种常见土地利用类型，即耕地、园地、林地、撂荒地。采用田间调查和生物统计分析相结合的方法，重点研究不同土地利用类型下蚯蚓种群特征及其与土壤环境因子的关系，其目的在于了解该地区蚯蚓群落的类群组成、数量、空间结构特征和多样性状况，以及蚯蚓数量分布与环境因子关系，旨在为该地区土壤动物资源利用与生态环境保护提供一定的理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

调查地点位于陕西省西安市鄠邑区，位于陕西省西安市的西南部，南依秦岭，北临渭河。该地属华北地区暖热带半湿润大陆性季风气候区，四季冷暖干湿分明，无霜期年平均 219 天，平均降水量 879 mm，年平均气温 13℃。光、热、水资源丰富，明显表现出干湿季节的交替。在紧邻关中环线的陕西省西安市鄠邑区化丰村，根据当地土地利用方式的实际情况，按比例选择样地。包括耕地(玉米地)、园地(梨园)、林地(次生林地)以及撂荒地等 4 种土地利用类型，每个类型选择 4 个地块，共 16 个地块(表 1)。

Table 1. Composition of different land use types

表 1. 不同土地利用类型构成

编号	土地利用类型	优势种	属	科
1	耕地	玉米(<i>Zea mays</i> Linn. Sp.)	玉蜀黍属	禾本科
2	园地	梨(<i>Pyrus spp</i>)	梨属	蔷薇科
3	林地	杨树(<i>Populus L.</i>)	杨属	杨柳科
4	撂荒地	委陵菜(<i>Potentilla chinensis</i> Ser.)	委陵菜属	蔷薇科

2.2. 取样与测定

采用样方结合徒手分离法，与 2020 年 8 月份，在上述 4 个不同类型土地利用类型 16 个地块中选取代表性样方各 3 个，样方的规格为 50 cm × 50 cm × 20 cm (长 × 宽 × 深)，清除地被物，用铁铲挖掘，小心破碎土块并置于白塑料布上，手拣其中的蚯蚓，统计蚯蚓的体长、鲜重，并计算种群密度期成幼比。

土壤含水率采用烘干法测定；土壤 pH 值采用 pH 计(Mi150)测定；土壤有机质采用浓硫酸 - 重铬酸钾外加热氧化法测定；全氮采用浓硫酸消化 - 半微量凯氏定氮法测定；有效磷采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法测定；速效钾采用醋酸氨浸提 - 火焰光度计法测定；土壤细根生物量和土壤容重采用烘干法测定

2.3. 数据分析

运用单因素方差分析和 Duncan 多重比较方法，分析生境对蚯蚓特征的影响，显著性水平大于 0.05 时，视为通过显著性检验。运用相关分析方法，计算蚯蚓特征和土壤 pH、有机质含量、全氮含量、速效钾含量、速效磷含量等之间的 Pearson 相关系数。采用利用 R 语言软件进行数据统计处理和绘图。

3. 结果与分析

3.1. 秦岭山地不同土地利用类型下土壤环境因子差异

由图 1 可知，不同土地类型下，土壤铵态氮($F = 7.372, P = 0.0168$)和细根生物量($F = 201.1, P < 0.001$)存在显著差异，而其他土壤理化性质则不存在显著差异(all $P > 0.05$)。土壤铵态氮在原地最小，而在耕地最大，相反，土壤细根生物量则是在耕地最小，而在园地最大。

3.2. 秦岭山地不同土地利用类型下土壤蚯蚓种群特征差异

由图 2 可知，不同土地类型下，土壤蚯蚓密度($F = 1.17, P = 0.03$)和鲜重($F = 4.651, P = 0.048$)存在显著差异。土壤蚯蚓密度大小依次为园地 > 林地 & 草地 > 耕地，土壤蚯蚓鲜重也依次呈现出园地 > 林地 & 草地 > 耕地。

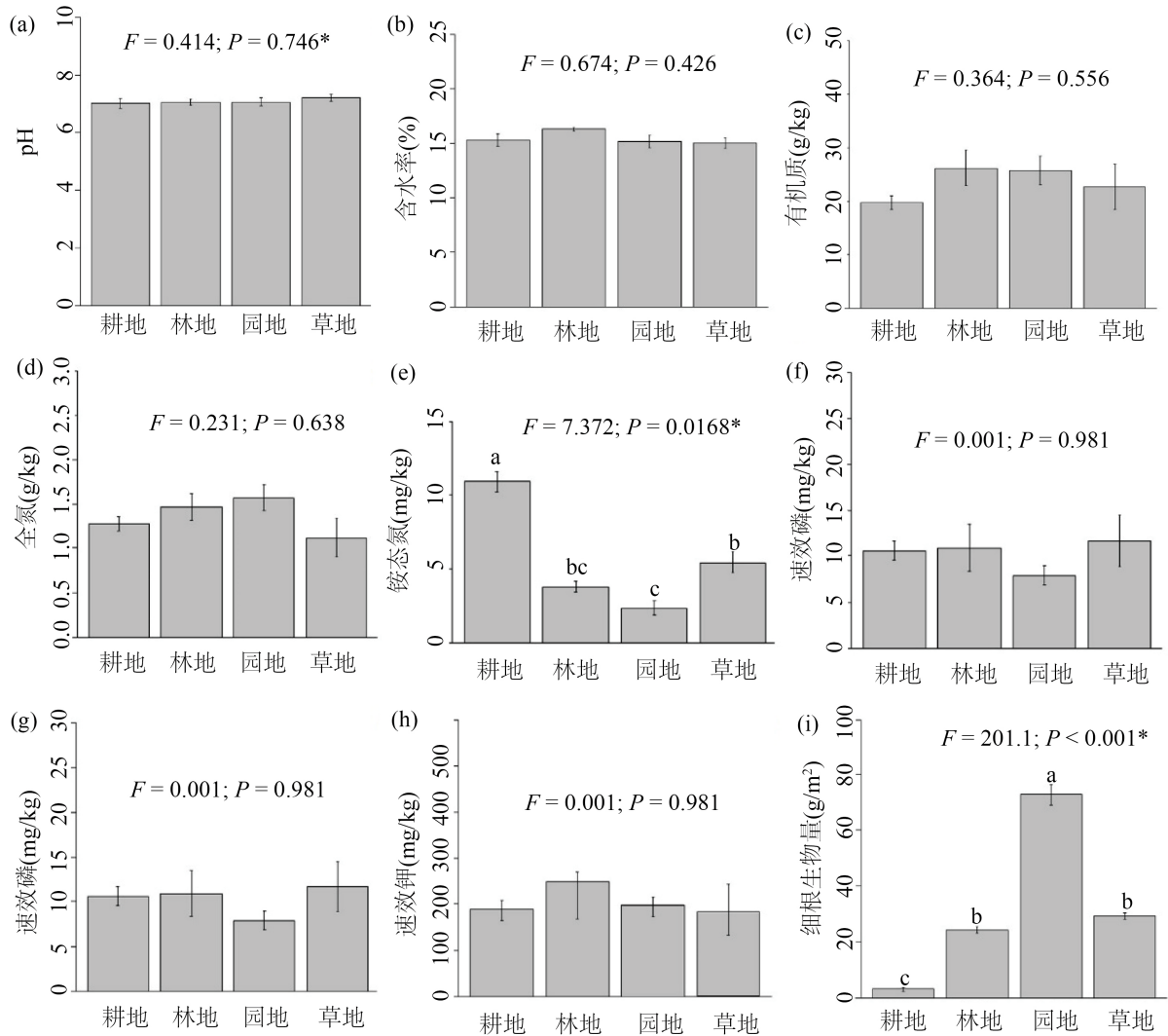


Figure 1. Analysis on the difference of soil environmental factors under different land use types
图 1. 不同土地利用类型下土壤环境因子差异性分析

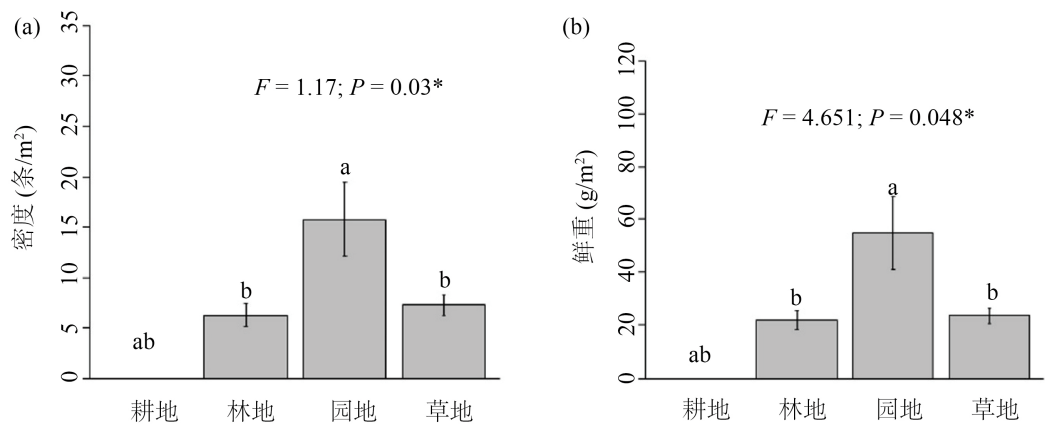
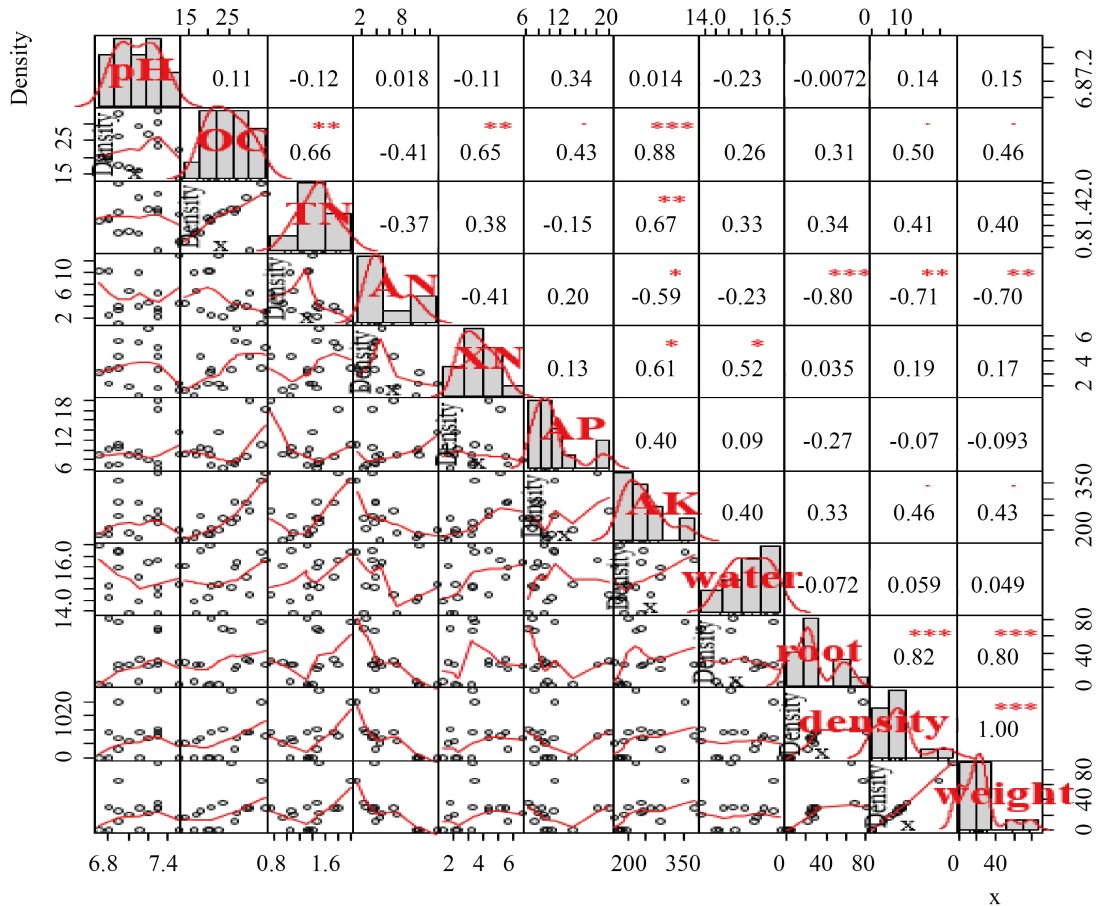


Figure 2. Analysis on the difference of soil earthworm population characteristics under different land use types
图 2. 不同土地利用类型下土壤蚯蚓种群特征差异性分析

3.3. 土壤蚯蚓种群特征与土壤环境因子相关性分析

如图 3 所示，土壤蚯蚓种群密度和蚯蚓鲜重之间存在强烈的正相关；土壤蚯蚓种群特征与土壤铵态氮成强烈负相关，与细根生物量成强烈正相关。此外，细根生物量与土壤铵态氮呈强烈负相关。



注：OC，有机碳；AN，全氮；AN，铵态氮；XN，硝态氮；AP，速效磷；AK，速效钾；water，含水率；root，细根生物量；density，蚯蚓密度；weight，蚯蚓鲜重。*：P<0.05；**：P<0.01；***：P<0.001；数字不加*代表P>0.05。

Figure 3. Correlation analysis of earthworm population characteristics and soil environmental factors
图 3. 蚯蚓种群特征与土壤环境因子相关性分析

4. 讨论与结论

土壤环境也可以影响蚯蚓群落的多样性。已有研究发现环境要素的不同，会影响到土壤理化环境，从而引起蚯蚓与微生物及其他共栖、共生生物关系的变化[8] [9]，进而导致蚯蚓种群密度、分布等特征的改变[10]。其中，土地利用方式、植被类型及结构是其最为重要的影响因子，有关蚯蚓多样性与土壤环境相关性的研究，国外主要集中在土壤类型、质地、农田作物与蚯蚓密度、生物量的显著关联性。本研究中也发现不用土地类型下蚯蚓种群密度和鲜重也成显著差异，证实了之前的研究。

在墨西哥 Tabasco 地区记录到 14 种本地种蚯蚓，蚯蚓个体密度与生物量仅受到土壤类型的显著影响，而与其他土壤因子无明显相关性[11]。在美国帕卢斯草原湿地，黏土含量与蚯蚓密度、生物量之间存在显著的正相关关系，而砂粒含量的增高会显著降低蚯蚓的密度与生物量[12]。而在我国部分地区，如湖北潜江地区较早的开展了蚯蚓与土壤环境相关研究[13]，随后在邯郸与曲周[14]、辽东与胶东地区[15]也进行

了初步探讨。蚯蚓密度与土壤生产力、有机碳、全氮、速效磷和孔隙度之间均呈极显著的正相关关系[16]。黑龙江三江平原蝶形洼地中共记录蚯蚓 3 种, 赤子爱胜蚓、诺登爱胜蚓和哈尔滨爱胜蚓。蚯蚓密度在岛状林、灌丛和小叶章沼泽化草甸中依次递减。淹水水位和土壤水分含量是碟形洼地蚯蚓分布的关键影响因素, 同时, 蚯蚓分布与土壤总有机碳含量、pH 和全氮含量显著正相关[17]。这些研究结果反映了旱地土壤酸碱度、有机质、全氮、速效磷含量及湿地水分含量对蚯蚓多样性的显著影响。但本研究中发现土壤蚯蚓种群特征仅与土壤速效氮和细根生物量成显著相关, 而与其它土壤环境因子无关。

综上, 研究发现, 不同土地类型下, 土壤蚯蚓密度和鲜重均存在显著差异。均呈现为园地 > 林地 & 草地 > 耕地。土壤蚯蚓种群密度和蚯蚓鲜重之间存在强烈的正相关; 土壤蚯蚓种群特征与土壤铵态氮成强烈负相关, 与细根生物量成强烈正相关。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2020-13, DJNY2021-25, DJNY2021-34)。

参考文献

- [1] 徐芹, 肖能文. 中国陆栖蚯蚓[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [2] 张卫信, 陈迪马, 赵灿灿. 蚯蚓在生态系统中的作用[J]. 生物多样性, 2007(2): 38-49.
- [3] Grizelle, G., Huang, C.Y., Zou, X., et al. (2006) Earthworm Invasions in the Tropics. *Biological Invasions*, **8**, 1247-1256. <https://doi.org/10.1007/s10530-006-9023-7>
- [4] McLean, M.A., Migge-Kleian, S. and Parkinson, D. (2006) Earthworm Invasions of Ecosystems Devoid of Earthworms: Effects on Soil Microbes. *Biological Invasions*, **8**, 1257-1273. <https://doi.org/10.1007/s10530-006-9020-x>
- [5] Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., et al. (2001) The Role of Macrofauna in the Transformation and Reversibility of Soil Structure of an Oxisol in the Process of Forest to Pasture Conversion. *Geoderma*, **100**, 193-213. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00086-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00086-0)
- [6] Hale, C.M., Frelich, L.E., Reich, P.B., et al. (2006) Changes in Hardwood Forest Understory Plant Communities in Response to European Earthworm Invasions. *Ecology*, **87**, 1637-1649. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1637:CIHFUP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1637:CIHFUP]2.0.CO;2)
- [7] 康艳. 秦岭山地植被水源涵养功能空间分布格局及生态保育策略[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2005.
- [8] Bini, D., Santos, C.A.D., Carmo, K.B.D., et al. (2013) Effects of Land Use on Soil Organic Carbon and Microbial Processes Associated with Soil Health in Southern Brazil. *European Journal of Soil Biology*, **55**, 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.12.010>
- [9] 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, 2013, 35(4): 944-955.
- [10] Huerta, E., Rodriguez-Olan, J., Evia-Castillo, I., et al. (2007) Earthworms and Soil Properties in Tabasco, Mexico. *European Journal of Soil Biology*, **43**, 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.024>
- [11] Norgrove, L., Csuzdi, C. and Hauser, S. (2011) Effects of Cropping and Tree Density on Earthworm Community Composition and Densities in Central Cameroon. *Applied Soil Ecology*, **49**, 268-271. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.05.008>
- [12] Xu, S., Johnson-Maynard, J.L. and Prather, T.S. (2013) Earthworm Density and Biomass in Relation to Plant Diversity and Soil Properties in a Palouse Prairie Remnant. *Applied Soil Ecology*, **72**, 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.06.006>
- [13] Fang, P., Wu, W.L., Xu, Q., et al. (1999) Assessing Bioindication with Earthworms in an Intensively Farmed Rural Landscape (Yuanqiao and Daqiao Villages in Qianjiang Municipality, Located in Hubei Province, Subtropical China). *Critical Reviews in Plant Sciences*, **18**, 429-455. <https://doi.org/10.1080/07352689991309324>
- [14] 张宁, 廖燕, 孙福来, 等. 不同土地利用方式下的蚯蚓种群特征及其与土壤生物肥力的关系[J]. 土壤学报, 2012(2): 162-170.
- [15] 张玉峰, 伍玉鹏, 孙倩, 等. 山东半岛与辽东半岛蚯蚓生物多样性研究[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(4): 67-73.
- [16] 唐政, 李继光, 李慧, 等. 设施菜田水肥管理模式下蚯蚓和土壤肥力状况的变化[J]. 生态学杂志, 2015(8): 136-140.
- [17] 曹四平, 谭灿, 王欢, 等. 南泥湾湿地陆栖蚯蚓的分布及其影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(4): 80-84.