

煤炭资源型城市农用地脆弱性进展研究

邓家容¹, 李鹏飞^{2*}

(1. 黑龙江科技大学建筑工程学院, 黑龙江哈尔滨 150022; 2. 南通大学地理科学学院, 江苏南通 226001)

摘要 对国内外脆弱性及煤炭资源型城市农用地脆弱性的研究文献进行整理分析, 从煤炭资源型城市农用地脆弱性内涵、研究进展、评价方法和技术应用等方面进行总结, 发现脆弱性内涵由单一化向多元化方向扩充、研究方法不断拓展丰富、评价体系持续扩充, 但对于煤炭资源型城市农用地脆弱性研究仍处于起步阶段, 关于煤炭资源型城市农用地脆弱性研究成果较少, 煤炭资源型城市农用地脆弱性内涵研究尚未有明确的界定。最后, 从社会经济与生态环境两方面对煤炭资源型城市农用地脆弱性的今后研究方向进行展望。

关键词 煤炭资源型城市; 农用地; 脆弱性

中图分类号 F 290 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)21-0044-04

Research Progress of Agricultural Land Vulnerability in Coal Resource-based Cities

DENG Jia-rong¹, LI Peng-fei^{2*} (1. College of Architectural Engineering, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150022; 2. School of Geographic Science, Nantong University, Nantong, Jiangsu 226001)

Abstract The collation and analysis of research literature on the vulnerability of domestic and foreign cities and the vulnerability of agricultural resources in cities with coal resources were carried out. Aspects of the connotation, research progress, evaluation methods, and technical applications of agricultural land vulnerability in coal resource-based cities were summarized. As a result, it was found that the connotation of vulnerability was expanded from the singularity to the diversification direction, the research methods were continuously expanded and enriched, and the evaluation system continued to expand. However, the study on the vulnerability of agricultural land in coal resource-based cities still belonged to the starting stage. There are few research results on the vulnerability of agricultural land in agricultural resources-based cities, and the research on the connotation of agricultural land vulnerability in coal resource-based cities has not yet been clearly defined. Finally, from the aspects of social economy and ecological environment, the future research direction of the vulnerability of agricultural land in coal resource-based cities will be prospected.

Key words Coal resource-based cities; Agricultural land; Vulnerability

自 20 世纪中叶开始, 随全球气候和生态环境的变化, 国内外学者对脆弱性的研究不单局限于自然科学领域, 社会科学领域也成为研究范畴^[1]。20 世纪 60 年代 International Biological Programme (IBP)、70 年代 Man and Biosphere Programme (MAB)、80 年代 International Geosphere - Biosphere Programme (IGBP)、International Human Dimension Programme on Global Environmental Change (IHDP) 都体现出脆弱性成为当前的重要研究内容^[2-4]。近几年来, 脆弱性理论在多个学科中得到广泛运用, 其理论方法也在不断完善、扩充, 这为研究煤炭资源型城市农用地脆弱性提供了重要的借鉴和参考。

煤炭资源型城市是以丰富的煤炭资源为基础发展起来的一种城市类型, 城市主导产业是以煤炭资源开发为核心的工业结构布局^[5]。2013 年 11 月 12 日, 国务院印发的《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020 年)》(国发[2013]45 号)中, 目前我国共有 262 个资源型城市, 以煤炭、有色金属等为主的资源型城市占据绝大部分^[6]。随社会经济的高速发展, 各煤矿区的开采规模逐渐增大, 煤矿产量也呈逐年增长的趋势, 煤炭资源的开采在为国家经济快速增长做出巨大贡献的同时, 也造成生态环境稳定性减弱^[7]。这“一增一减”的 2 个方面使我国煤炭资源型城市土地矛盾逐渐突出, 煤矿区地面沉陷、废弃物堆积等生态问题以及农用地污染、面积减少造成的土地纠纷等社会问题呈逐年增加的趋势。

以煤炭资源型城市农用地脆弱性为研究对象, 对资源型

城市脆弱性研究进展进行总结凝练, 为煤炭资源型城市农用地脆弱性的研究提供参考借鉴, 进而提高煤炭资源型城市的合理开发与生态保护的协调发展, 建立可持续发展的社会、经济和自然体系, 以期煤炭资源型城市农用地的可持续发展提供理论与实践依据。

1 脆弱性内涵研究

脆弱性(vulnerability)最初来源于自然灾害的研究^[8]。20 世纪 40 年代, Gilbert 和 White 在研究洪水灾害中提出“适应和调整”的观点, 这是脆弱性研究的雏形^[9]。20 世纪 70 年代, White^[10]将脆弱性定义为系统及其组成部分由于具有暴露性和敏感性, 使其在某种程度上易受到外界干扰和压力的影响^[10]; 20 世纪 80 年代以来, 脆弱性研究逐步成为全球环境变化和可持续发展研究中的热点和前沿领域^[11-14], 受到国内外学者、科学研究计划及机构(IHDP、IPCC、IGBP)的广泛关注^[15-17], 如 Timmerman 将脆弱性定义为: 基于系统遭受外界干扰后产生的结果, 其遭受不利影响或损害的程度^[18]。进入 21 世纪, 脆弱性的研究在经济学和社会福利学^[19-20]、生态环境研究^[21]、自然灾害影响研究^[22]、气候变化^[23]、农业用地及物种^[24]、农业和食品安全^[25]、土地利用脆弱性的研究^[26]、可持续发展^[27]等多个领域中得到广泛的关注和应用。

脆弱性的研究逐渐趋向于多元结构, 脆弱性的概念也从单一化演变成多样化, 如风险、敏感性、适应性、恢复力等概念的集合, 涉及领域也逐渐由自然生态系统扩大到生态经济系统、社会生态经济复合系统、人-地耦合系统。20 世纪 50 年代至今, 国内不少学者也从不同研究视角对脆弱性的内涵进行界定^[28-29], 如相关学者将脆弱性的内涵定义为退化特征程度的衡量、系统状态^[30-31]。进而随着国内学者对脆弱性的

基金项目 黑龙江省哲学社会科学专项基金项目(17GLD173)。
作者简介 邓家容(1994—), 女, 贵州遵义人, 硕士研究生, 研究方向: 城市规划与设计。* 通讯作者, 硕士, 从事地理教学研究。
收稿日期 2018-05-28; **修回日期** 2018-06-06

关注,脆弱性所涵盖的内容不断拓展,从一维拓展到多维,相关的脆弱性研究范围逐渐全面化,达到跨多领域的综合性研究的新高度^[32]。

综合当前对脆弱性内涵的研究,脆弱性即是指某一系统、某一生物体或群体内自身结构固有的属性,其自身的结构对外界某种因素的干扰或侵害具有的不同程度的敏感性,并且在遭到干扰或侵害后难以恢复原来状态的一种性质。

2 煤炭资源型城市农用地内涵研究

煤炭是我国重要的不可再生能源资源之一,在我国社会发展中占据重要的地位。矿区农用地因煤矿开采受到不同程度的污染,而我国又是农业大国,人多地少,土地资源总体质量不高,随工业化和城市化进程的推进,农用地的稀缺性更加突出^[33]。

人们对土地的利用最早是在农用地的基础上开始。20世纪90年代起我国开始实施土地整理,最初的整理对象集中在农用地。农用地作为农业生产的重要资源和物质基础,是国家粮食安全及国民经济健康发展的重要保障^[34-35]。因此,农用地脆弱性的研究有利于人类认识、评价、保护煤炭资源型城市的生态系统平衡、维持大气圈平衡、调节气候以及有效的生态系统功能和营养元素的有效循环。

农用地是土地利用分类中的一级分类,是直接用于农业生产的土地,并且在一定的技术条件下通过人类劳动作用、土地类型可以相互转换的土地。依照中华人民共和国国家标准《土地利用现状分类法》(GB/T 21010—2017)与《中华人民共和国土地管理法》,将农用地分为7大类,23小类(表1)。

表1 农用地利用现状分类

Table 1 Classification of agricultural land use

一级类 Grade 1		二级类 Grade 2	
类型编码 Type code	类型名称 Type name	类型编码 Type code	类型名称 Type name
01	耕地	0101	水田
		0102	水浇地
		0103	旱地
02	园地	0201	果园
		0202	茶园
		0203	橡胶园
		0204	其他园地
		0301	乔木林地
03	林地	0302	竹林地
		0303	红树林地
		0304	森林沼泽
		0305	灌木林地
		0306	灌丛沼泽
		0307	其他林地
01	草地	0401	天然牧草地
		0402	沼泽草地
		0403	人工牧草地
10	交通运输用地	1006	农村道路
11	水域及水利设施用地	1103	水库水面
		1104	坑塘水面
		1107	沟渠
		1202	设施农用地
12	其他用地	1203	田坎

年提出的《农用地评价条例》是世界上最早的加(减)法农用地分等定级估价系统^[36]。此外,德国还颁布和修订一系列针对煤矿区的相关法律,从颁布针对褐煤矿区的总体规划法,到对基本矿业法的修订,再到《联邦采矿法》《矿产资源法》的颁布,越来越重视矿区的生态重建。而美国、英国、意大利、俄罗斯、澳大利亚、巴西等国家针对矿区环境问题开展了大量的研究,在20世纪末21世纪初均对矿区的环境问题进行大量的调研,同时针对矿区的生态修复问题大量尝试性工作^[37-38]。近年来,国内也有一些学者针对煤炭资源开采活动的环境污染问题开展相关的研究^[39-40],同时对土壤污染植物修复和矿区生态恢复进行研究^[41]。煤矿区农用地污染不但影响当地的农业生态环境,而且还可能影响当地粮食安全和人类的身体健康。

3 煤炭资源型城市农用地脆弱性研究

3.1 煤炭资源型城市农用地脆弱性研究

土地系统的脆弱性和恢复力受到生态系统和一系列外在条件及过程相互作用的影响,外在的敏感条件将影响土地系统的环境和人文因素,其产生的结果又会持续影响脆弱性和恢复力之间的关系^[42]。脆弱性的研究是当前全球环境变化及可持续发展领域关注的热点问题^[43]。国内外学者主要进行荒漠及干旱生态系统^[44-45]、农牧交错带、森林植被和水资源生态系统^[46-47]的脆弱性研究,也有部分学者研究矿区土地利用变化^[48-49],但很少有学者针对煤炭资源型城市农用地脆弱性的特征及变化趋势进行研究。

土地利用变化引起的自然要素和生态过程的变化在生态环境脆弱地区体现得尤为明显^[50]。而对于煤炭资源型城市可持续发展理念下,根据《土地管理法》《土地利用现状分类》的规定,按照土地用途分类,侧重于煤炭资源型城市农用地脆弱性的研究较少。农用地脆弱性是人类活动对自然的破坏程度及对外界干扰的响应,它已逐渐成为制约煤矿区农用地可持续发展乃至区域生态安全的重大隐患,煤矿区农用地脆弱性及恢复力研究迫在眉睫。因此,研究煤炭资源型城市农用地脆弱性,对于因地制宜合理利用农业土地资源、促进煤炭资源型城市生态环境修复、协调人与自然耦合关系具有重要的意义。

3.2 煤炭资源型城市农用地脆弱性评价研究

近几年,各国学者在脆弱性评价研究上有一定的进展。国内学者针对不同的研究对象制定出适合煤矿区的脆弱性评价体系^[51-52],也有不少国外学者应用不同的分析方法进行脆弱性评价^[53-54],还有学者利用软件进行矿区评价分析^[55]。目前,已经提出许多脆弱性评价方法并应用于实践,分别是综合指数法[加权求和(平均)法、主成分分析法、层次分析法、模糊综合评价法]、图层叠置法、脆弱性函数模型评价法、模糊物元评价法、危险度分析等研究方法^[56]。

农用地脆弱性评价是多维度的,在农用地脆弱性评价过程中,选择不同的评价方法、不同的指标,得到的结果会不同。农用地系统具有复杂性,涉及的参数和因子多,每种方法都有局限性,因此,研究中存在一些问题:在评价指标的选

择上,不断出现新的因素,指标种类、数目增多,影响脆弱性评价的科学性和造作性。例如:对气候变化下的农用地脆弱性进行研究时,只对选取的评价指标进行时间序列的对比,没有结合气候变化情况进行相关分析。

3.3 煤炭资源型城市农用地脆弱性技术应用研究 目前,在技术应用上,遥感(RS)及地理信息系统(GIS)在脆弱性评价中应用逐渐增多^[57]。借助“3S”技术深入到各类型区域研究中,制定相关的脆弱性评价体系,取得相应的成果。

从当前的研究现状看,RS主要应用于土地遥感影像的测绘、土地利用信息的提取;GIS主要从空间角度分析区域生态脆弱特征,为生态修复提供明确的方向,也可监测地表沉降过程、开展土地复垦等方面的工作;在矿区景观规划中,常将CAD和GIS结合,将他们成功整合演变成新的工具,探索景观动态现象;基于图像绘制,GIS二维地图直接导入CAD作为一个数据层或背景,但在实际建模过程中并不能完全地绘制复杂景象^[58]。

4 结论与展望

(1)综合目前学者对煤炭资源型城市农用地脆弱性的研究,可以看出,研究仍处于起步阶段,还需要深入开展相关工作。

(2)因研究者的学科背景不同,选取的研究对象也不同,国内学者对煤炭资源型城市的相关脆弱性研究视角集中在煤炭资源型城市社会、经济、生态环境及人地耦合系统等方面,研究范围较为广泛,而针对农用地脆弱性的研究甚少,相关农用地脆弱性概念也没有完整的、统一的界定。

(3)以遥感、地理信息系统为技术平台,煤炭资源型城市为典型研究对象,对煤炭资源型城市农用地分布现状及变化进行监测,构建农用地利用脆弱性评价体系,分析煤炭资源型城市农用地脆弱性产生的原因、变化特征、发展趋势及各评价因子影响力,提出改善煤矿区农用地的合理利用技术体系及生态修复对策。不仅可以推动煤炭资源型城市农用地脆弱性相关研究发展,而且可为煤炭资源型城市的区域发展、经济结构协调及生态建设与保护提供理论依据。

参考文献

[1] 李鹤,张平宇.全球变化背景下脆弱性研究进展与应用展望[J].地理科学进展,2011,30(7):920-929.

[2] NINA B, JOSSEPP C, LISA G, et al. Global land project: Science plan and implementation strategy[R]. Stockholm: IGBP Report, 2005.

[3] YOUNG O R. Science plan: Institutional dimensions of global environmental change[R]. IHDP Report No. 16, 2005.

[4] JANSSEN M A, SCHOON M L, KE W, et al. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change[J]. Global environmental change, 2006, 16(3): 240-252.

[5] 杨显明, 焦华富. 煤炭资源型城市产业结构锁定的形成、演化及机理研究: 以淮北市为例[J]. 地理科学, 2015, 35(10): 1256-1264.

[6] 张文举, 刘翩翩, 郑永丹. 国内资源型城市经济转型文献综述[J]. 资源与产业, 2015, 17(3): 22-26.

[7] 胡振琪, 龙精华, 张瑞娅, 等. 中国东北多煤层老矿区采煤塌陷地损毁特征与复垦规划[J]. 农业工程学报, 2017, 33(5): 238-247.

[8] TURNER B L, KASPERSON R E, MATSON PA, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2003, 100(14): 8074-8079.

[9] BURTON I, KATES R W, WHITE G F. The environment as hazard [M]. Second Edition. New York: The Guilford Press, 1993: 66-78.

[10] WHITE G F. Natural hazards, local, national, global[M]. New York: Oxford University Press, 1974: 33-45.

[11] KATES R W, CLARK W C, CORELL R, et al. Environment and development: Sustainability science[J]. Science, 2001, 292(5517): 641-642.

[12] KELLY P M, ADGER W N. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation [J]. Climatic change, 2000, 47(4): 325-352.

[13] LIVERMAN D. Drought impacts in Mexico: Climate, agriculture, technology, and land tenure in Sonora and Puebla[J]. Annals of the association of American geographers, 1990, 80(1): 49-72.

[14] MUSTAFA D. Structural causes of vulnerability to flood hazard in Pakistan[J]. Economic geography, 1998, 74(3): 289-305.

[15] BOHLE H G. Vulnerability and criticality: Perspectives from social geography[R]. Bonn: Intermanorial Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), 2001.

[16] MCCARTHY J J, CANZIANI O F, LEARY N A, et al. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability [R]. Stockholm: Stockholm Environment Institute (SEI), 2001.

[17] MORAN E, OJIMA D, BUCHMAN N, et al. Global land project: Science plan and implementation strategy [R]. International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), 2005.

[18] TIMMERMAN P. Vulnerability, resilience and the collapse of society: A review of models and possible climatic applications[R]. Toronto: Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981.

[19] BOCQUIER P, NORDMAN C J, VESCOVO A. Employment vulnerability and earnings in urban West Africa [J]. World development, 2010, 38(9): 1297-1314.

[20] ABSON D J, DOUGILL A J, STRINGER L C. Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa[J]. Applied geography, 2012, 35(1/2): 515-524.

[21] TRAN L T, O'NEILL R V, SMITH E R. Spatial pattern of environmental vulnerability in the Mid-Atlantic region, USA [J]. Applied geography, 2010, 30(2): 191-202.

[22] COLETTI A, HOWE P D, YARNAL B, et al. A support system for assessing local vulnerability to weather and climate[J]. Natural hazards, 2013, 65(1): 999-1008.

[23] PRESTON B L, BROOKE C, MEASHAM T G, et al. Igniting change in local government: Lessons learned from a bushfire vulnerability assessment [J]. Mitigation and adaptation strategies for global change, 2009, 14(3): 251-283.

[24] BERRY P M, ROUNSEVELL M D A, HARRISON P A, et al. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation [J]. Environmental science & policy, 2006, 9(2): 189-204.

[25] PEARSON L J, NELSON R, CRIMP S, et al. Interpretive review of conceptual frameworks and research models that inform Australia's agricultural vulnerability to climate change[J]. Environmental modelling & software, 2011, 26(2): 113-123.

[26] PEREIRA H M, DAILY G C, ROUGHGARDEN J. A framework for assessing the relative vulnerability of species to land-use change[J]. Ecological applications, 2004, 14(3): 730-742.

[27] LEE Y J. Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool [J]. Environmental impact assessment review, 2014, 44: 31-42.

[28] 李博, 佟连军. 阜新市社会系统的脆弱性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(14): 6078-6079.

[29] 杨爱婷, 武剑. 我国经济系统脆弱性与可持续发展牵扯: 15年样本[J]. 改革, 2012(2): 25-33.

[30] 於翔, 曹明奎, 李克让. 全球气候变化背景下生态系统的脆弱性评价[J]. 地理科学进展, 2005, 24(1): 61-69.

[31] 王瑞燕, 赵庚星, 周伟, 等. 土地利用对生态环境脆弱性的影响评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 215-220.

[32] BIRKMANN J. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications [J]. Environmental hazards, 2007, 7(1): 20-31.

[33] 苏强, 张蕾娜, 赵玉领. 基于农用地分等成果的产能核算研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(5): 88-91.

[34] 刘彦随, 王介勇, 郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4269-4274.

[35] 李文华, 成升魁, 梅旭荣, 等. 中国农业资源与环境可持续发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2016, 18(1): 56-64.

[36] 袁秀杰. 不同地貌区及不同尺度的耕地质量评价与衔接研究[D]. 泰

- 安:山东农业大学,2009.
- [37] BURCHETT M D, PULKOWNIK A, GRANT C, et al. Rehabilitation of saline wetlands, Olympics 2000 site, Sydney (Australia)-I: Management strategies based on ecological needs assessment [J]. Marine pollution bulletin, 1999, 37(8/9/10/11/12): 515-525.
- [38] TUCKER N I J, MURPHY T M. The effects of ecological rehabilitation on vegetation recruitment: Some observations from the Wet Tropics of North Queensland [J]. Forest ecology and management, 1997, 99(1/2): 133-152.
- [39] 张宜辉, 王文卿, 林鹏. 短时间和长时间盐度对木槿幼苗生长及叶片膜脂过氧化作用的研究 [J]. 水生生物学报, 2004, 28(2): 186-190.
- [40] 齐曼·尤努斯, 李阳, 木合塔尔, 等. NaCl、Na₂SO₄ 胁迫对新疆大果沙枣种子萌发及生理特性的影响 [J]. 新疆农业科学, 2006, 43(2): 136-139.
- [41] 克热木·伊力, 买合木提·卡热. 盐胁迫对扁桃砧木叶片 SOD、POD、CAT 活性的影响 [J]. 中国农学通报, 2005(专刊): 39-43.
- [42] 黄河清, 甄霖, 闫惠敏. 土地系统的脆弱性及其恢复力建设 [J]. 中国科学院院刊, 2009, 24(6): 649-654.
- [43] TURNER B L II, KASPERSON R E, MATSON P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science [J]. Proceedings of the academy of sciences of the United States of America, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [44] DANIEL D E, THAMS J. Water in desert ecosystem [M]. New York: Academic Press, 1981.
- [45] KOVSHAR A F, ZATOKA A L. Localization and infrastructure of Preserves in the Arid Area of the USSR [J]. Problemy Osvoeniya Pustyn, 1991(3/4): 155-161.
- [46] MUDRÁK O, FROUZ J, VELICHOVÁB V. Understorey vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands [J]. Ecological engineering, 2010, 36(6): 783-790.
- [47] 刘军, 张武文, 蓝登明, 等. 牙克石市五九煤矿土地利用及景观格局变化研究 [J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015, 36(3): 70-77.
- [48] ZÉGRE N P, MAXWELL A, LAMONTS. Characterizing streamflow response of a mountaintop-mined watershed to changing land use [J]. Applied geography, 2013, 39: 5-15.
- [49] 张菁, 侯康, 李旭祥, 等. 基于 GIS 和 RS 的延安地区土地利用及生态脆弱性评价 [J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(6): 26-31.
- [50] 汤万金, 刘平. 露天煤矿生态系统脆弱性评价方法研究 [J]. 世界标准化与质量管理, 2003, 40(2): 33-37.
- [51] 廖雪琴, 李巍, 侯锦湘. 生态脆弱性评价在矿区规划环评中的应用研究: 以阜新矿区为例 [J]. 中国环境科学, 2013, 33(10): 1891-1896.
- [52] AL-JENEID S, BAHNASSY M, NASR, et al. Vulnerability assessment and adaptation to the impacts of sea level rise on the Kingdom of Bahrain [J]. Mitig Adapt Start Glob Change, 2008, 13: 87-104.
- [53] TRAN L T, KNIGHT C G, O'NEILL R V, et al. Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic Regional [J]. Environmental management, 2002, 29(6): 845-859.
- [54] CASTANED C, HERRERO J, CASTERAD M A. Landsat monitoring of playa-lakes in the Spanish Monger desert [J]. Journal of arid environments, 2005, 63(2): 497-516.
- [55] 侯湖平, 张绍良, 闫艳, 等. 基于 RS、GIS 的徐州城北矿区生态景观修复研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2010, 39(4): 504-510.
- [56] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(2): 18-25.
- [57] 赵林, 王维, 张宇硕, 李瑞, 等. 东北振兴以来东北地区城市脆弱性时空格局演变 [J]. 经济地理, 2014, 34(12): 69-77.
- [58] FADDA S, FIORI M, MATZUZZI C. Developing rehabilitation design for the abandoned mine excavations in Central Sardinia, Italy [J]. International journal of mining, reclamation and environment, 2010, 24(4): 286-306.

(上接第 43 页)

样性的研究, 如与碳循环、氮循环、铁循环等相关的微生物。另外, 利用分子生物学技术表征某特定地区土壤微生物多样性方面也有较多研究。而对于水稻不同生长时期土壤中优势微生物的特征, 微生物在降解残留农药的作用机理, 土壤微生物群落多样性与其功能多样性的联系等方面的研究较少, 成为今后稻田土壤微生物群落的研究方向。

参考文献

- [1] ROSELLÓ-MORA R, AMAN R. The species concept for prokaryotes [J]. FEMS Microb Rev, 2001, 25(1): 39-67.
- [2] JACKINSON D S, LADD J N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover [M]//PAUL E A, LADD J N. Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker INC., 1981: 445-471.
- [3] 周桔, 雷霆. 土壤微生物多样性影响因素及研究方法的现状与展望 [J]. 生物多样性, 2007, 15(3): 306-311.
- [4] 林先贵, 胡君利. 土壤微生物多样性的科学内涵及其生态服务功能 [J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 892-900.
- [5] 付岩. 典型农药在稻田及周围水环境中对微生物群落的影响研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 8-12.
- [6] AMANN R I, LUDWIG W, SCHLEIFER K H. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation [J]. Microbiol Rev, 1995, 59(1): 143-169.
- [7] WILSON M C, PIEL J. Metagenomic approaches for exploiting uncultivated bacteria as a resource for novel biosynthetic enzymology [J]. Chemistry & biology, 2013, 20(5): 636-647.
- [8] 王晓, 楚小强, 虞云龙, 等. 毒死蜱降解菌株 *Bacillus laterosporus* DSP 的降解特性及其功能定位 [J]. 土壤学报, 2006, 43(4): 648-654.
- [9] 顾挺, 申卫收, 钟文辉. 稻秆纤维素降解菌的分离筛选和降解性能研究 [J]. 南京师范大学学报(工程技术版), 2011, 11(1): 73-79.
- [10] 杨翠云, 郭淑政, 刘琪, 等. 石油污染土壤微生物多样性的研究技术及进展 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(33): 16479-16482, 16553.
- [11] 陈承利, 廖敏, 曾路生. 污染土壤微生物群落结构多样性及功能多样性测定方法 [J]. 生态学报, 2006, 26(10): 3404-3412.
- [12] 林黎, 崔军, 陈学萍, 等. 淹涂围垦和土地利用对土壤微生物群落的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(4): 899-906.
- [13] 宋亚娜, 吴明基, 林艳. 稻田土壤 *nisS* 型反硝化细菌群落对氮肥水平的响应 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1818-1826.
- [14] MUYZER G. DGGE/TGGE a method for identifying genes from natural ecosystems [J]. Current opinion in microbiology, 1999, 2(3): 317-322.
- [15] 章家恩, 许荣宝, 全国明, 等. 鸭稻共作对土壤微生物数量及其功能多样性的影响 [J]. 资源科学, 2009, 31(1): 56-62.
- [16] 孔维栋, 朱永官, 傅伯杰, 等. 农业土壤微生物基因与群落结构多样性研究进展 [J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2894-2900.
- [17] 罗青, 宋亚娜, 郑伟文. PCR-DGGE 法研究福建省稻田土壤微生物地区多态性 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 669-674.
- [18] 郭梨锦, 曹涛贵, 张枝盛, 等. 耕作方式和秸秆还田对稻田表层土壤微生物群落的短期影响 [J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(8): 1577-1584.
- [19] 卜元卿, 黄为一. 稻秸对土壤细菌群落分子多态性的影响 [J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 270-277.
- [20] 陈晓娟, 吴小红, 刘守龙, 等. 不同耕地利用方式下土壤微生物活性及群落结构特性分析: 基于 PLFA 和 MicroRespTM 方法 [J]. 环境科学, 2013, 34(6): 2375-2382.
- [21] 袁红朝, 吴昊, 葛体达, 等. 长期施肥对稻田土壤细菌、古菌多样性和群落结构的影响 [J]. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1807-1813.
- [22] 张雯雯, 徐军, 董丰收, 等. 苄嘧磺隆对水稻田土壤微生物群落功能多样性的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(9): 1749-1754.
- [23] 张仕颖, 夏运生, 肖炜, 等. 除草剂丁草胺对高产水稻土微生物群落功能多样性的影响 [J]. 生态环境学报, 2013, 22(5): 815-819.

科技论文写作规范——文内标题

文章内标题力求简短, 一般不超过 20 字, 标题内尽量不用标点符号。标题顶格书写, 文内标题层次不宜过多, 一般不超过 4 级, 分别以 1; 1. 1; 1. 1. 1; 1. 1. 1. 1 方式表示。