

富里酸促进苕麻对汞污染农田土壤修复的研究

范占煌¹, 孙佳峰², 陆永明³, 孙达³, 徐灿灿^{2*}, 刘锐² (1.中节能大地(杭州)环境修复有限公司, 浙江杭州 310020; 2.浙江清华长三角研究院生态环境研究所, 浙江省水质科学与技术重点实验室, 浙江嘉兴 314006; 3.嘉兴市南湖区农业经济局, 浙江嘉兴 314001)

摘要 为了提高汞污染农田土壤的修复效率, 在汞污染农田土壤中投加富里酸(投加量为 0、0.075、0.150、0.225 kg/m²), 并在试验结束后分析植物生物量和组织内汞含量及土壤中总汞、有效汞含量, 研究富里酸促进苕麻对土壤汞的修复效果。结果表明, 投加富里酸可促进苕麻地上部分生长, 但差异不显著, 投加富里酸能提高苕麻中总汞的含量, 促进苕麻根部汞向地上部分转运以及土壤中总汞和有效汞的降低。富里酸投加量为 0.075 kg/m² 时促进效果最好, 修复后, 土壤中总汞含量由 (0.56±0.05) mg/kg 降低至 (0.38±0.03) mg/kg, 土壤中有效汞含量由 (2.13±0.04) μg/kg 降低至 (0.97±0.07) μg/kg。投加富里酸可作为促进苕麻修复汞污染农田土壤的潜在修复技术。

关键词 汞污染农田土壤; 富里酸; 苕麻; 强化修复

中图分类号 X53 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)08-0080-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Promotion of Fulvic Acid on the Remediation of Mercury Contaminated Farmland Soil by Ramie

FAN Zhan-huang¹, SUN Jia-feng², LU Yong-ming³ et al (1. Cecep Dadi (Hangzhou) Environmental Remediation Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310020; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Water Science and Technology, Department of Environment, Yangtze Delta Region Institute of Tsinghua University, Jiaxing, Zhejiang 314006; 3. Agricultural Economic Bureau of Nanhu District, Jiaxing City, Jiaxing, Zhejiang 314001)

Abstract In order to improve the remediation efficiency of mercury contaminated farmland soil, fulvic acid (dosage: 0, 0.075, 0.150, 0.225 kg/m²) was added to the mercury contaminated farmland soil. After the experiment, the plant biomass, the mercury content in the tissue, the total mercury and the effective mercury content in the soil were analyzed, and the enrichment of mercury in ramie was studied. The results showed that the addition of fulvic acid had no significant effect on the biomass of ramie plants, but could increase the content of total mercury in plants, promote the transport of mercury from plant roots to aboveground parts and reduce the total and effective mercury in soil. When the fulvic acid dosage was 0.075 kg/m², the promotion effect was the best. After restoration, the total mercury content of soil decreased from (0.56±0.05) mg/kg to (0.38±0.03) mg/kg, and the effective mercury content of soil decreased from 2.13±0.04 μg/kg to 0.97±0.07 μg/kg. The addition of fulvic acid could be used as a potential remediation technology to promote remediation of mercury contaminated farmland soil by ramie.

Key words Mercury contaminated farmland soil; Fulvic acid; Ramie; Enhanced remediation

生态环境部公布的《全国土壤污染状况调查公报》(2014年)显示,我国汞污染点位超标率达 1.6%^[1]。汞及其化合物是具有很强的致癌致畸作用、神经毒性持久性、遗传毒性和生物积累效应的最危险的环境污染物之一^[2-4]。由此汞被国际卫生组织列为优先控制污染物^[5]。1980—2012 年我国汞的排放增量明显,被认为是最大的汞排放国^[6]。排放到环境的汞会通过大气沉降、固废堆积等方式污染土壤。土壤中的汞可通过食物链在人体中富集,受汞污染的土壤被认为是人类健康风险和全球环境的主要来源之一^[7]。所以土壤中汞污染的治理迫在眉睫。

在众多土壤重金属污染治理技术中,植物修复属于成本低、环境友好型的措施之一^[8-9]。植物修复技术通常采用两类方式:应用超富集植物修复,但截至目前,尚无报道发现有汞的超富集植物;应用生物量大但不具备超富集能力的植物修复污染的土壤^[10]。苕麻是多年生的草本植物,根系发达、生长迅速、生物量大、抗逆性强,对镉^[11]、汞、铅、砷、等重金属都有一定的吸收富集能力,且苕麻不进入食物链,在修复重金属污染土壤的同时,还具有一定的经济效益^[10]。我国苕麻资源丰富,为其在土壤修复领域的应用提供了有利条件,

应用苕麻进行重金属污染的修复成为近年来植物修复研究的热点^[12]。而土壤中大部分汞都以惰性形态存在,生物可利用态汞的含量普遍较低^[7,13-14]。因此,汞污染土壤的植物修复最主要的是提高土壤中汞的生物有效性。有文献报道富里酸可显著促进土壤中汞的迁移活性^[15]。因此,富里酸可作为植物吸收汞的促进剂之一。

目前,苕麻对汞污染农田土壤修复的田间试验报道并不多,大部分都是基于盆栽试验和人为制备污染土的研究结果^[1],在田间环境下添加富里酸,研究苕麻对农田土壤汞污染修复潜力的更是鲜有报道。基于此,笔者以苕麻为修复植物,探究大田环境下添加富里酸对苕麻富集农田土壤汞的影响以及土壤汞有效态的变化情况,以期为汞污染农田土壤的强化苕麻修复提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计 田间试验位于嘉兴市南湖区某农田(原种植模式为稻麦轮作),在小型热电厂附近。试验田土壤有机质含量 38.2 g/kg、全氮含量 2.5 g/kg、全磷含量 0.8 g/kg、水解性氮含量 175.1 mg/kg、有效磷含量 20.9 mg/kg、速效钾含量 139.6 mg/kg、阳离子交换量 20.2 cmol(+)/kg、土壤总汞含量 0.56 mg/kg、有效汞含量 2.13 μg/kg,土壤 pH 6.3。土壤总汞含量超过我国《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618—2018)中农用地土壤污染风险筛选值。

供试苕麻采自温州某无汞污染山区的野生苕麻,苕麻采

基金项目 浙江省农业农村厅项目(2017330401000007)。

作者简介 范占煌(1980—),男,福建永定人,高级工程师,硕士,从事环境污染修复技术研究。*通信作者,高级工程师,硕士,从事环境污染修复技术研究。

收稿日期 2020-06-15;修回日期 2020-07-11

集后,马上采用根部移栽的方式种植。试验设置富里酸投加量分别为 0(对照,只种苕麻,不加富里酸)、0.075、0.150、0.225 kg/m²共 4 个处理,每处理 3 个重复,小区随机排列,每个试验小区面积为 33.3 m²(3.0 m×11.1 m)。苕麻移栽量为每个小区 100 兜。在播种前,按试验设置撒入富里酸,撒入后进行翻土,翻土深度为 20 cm 左右,然后进行播种,浇水,后期对试验农田定期浇水并进行统一管理。苕麻生长期为 6 个月。

1.2 样品采集与分析 苕麻收获时,在每个小区采用 5 点采样法采集 5 穴的苕麻样。同时,在采集每穴苕麻时收集该穴根部的土壤,5 穴混合均匀后采用四分法分样,每小区最后获得 1 kg 新鲜土壤样品。将土壤样品置于密封样品袋中带回试验室,自然风干后过 100 目筛。

每个小区先采的 5 穴苕麻样,按地下部分根和地上部分茎叶采集,地上部分捆成一捆,之后收割每个小区地上部分的苕麻样,捆成一捆,植物样带回实验室后,用自来水反复冲洗干净,在烘箱中 50 ℃烘干,每个小区所有地上部分(茎叶)称重,地上部分植物干重除以小区面积(33.3 m²)即为每个小区地上部分植株的生物量(kg/m²)。称重后,每个小区采集的 5 穴苕麻植株,分根、茎、叶三部分,经植物粉碎机粉碎后待测总汞^[4]。

土壤基本理化性质测定采用常规分析法^[7]。土壤有机质测定采用容量法;全氮测定采用开氏法;pH 测定采用电位法,土水比例确定为 1:2.5;阳离子交换量测定采用醋酸铵浸提火焰分光光度计;速效磷测定采用 NH₄F-HCl 法;速效钾测定采用醋酸铵-火焰光度计法。总汞测定采用原子荧光谱仪(科创海光 AFS-9700)^[7],土壤有效汞采用 0.1 mol/L 盐酸浸提后再测定^[16]。

1.3 数据分析 采用 SPSS 24.0 软件对试验数据进行显著性分析,其中投加富里酸小区与对照组的差异性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 苕麻植株生物量 各处理小区苕麻植株地上部分生物

量见表 1。富里酸投加量为 0.075、0.150、0.225 kg/m² 的小区,苕麻植株地上部分生物量均比对照有所增加,但差异均不显著。随着富里酸投加量的增加,苕麻植株地上部分生物量逐渐增加,表明投加量为 0.075~0.225 kg/m² 的富里酸能促进苕麻地上部分生长,但差异不显著。

表 1 不同处理下苕麻植物生物量情况

序号 No.	处理 Treatments	生物量 Biomass
1	苕麻	8.77±0.59
2	苕麻 + 0.075 kg/m ² 富里酸	8.95±0.84
3	苕麻 + 0.150 kg/m ² 富里酸	9.01±1.57
4	苕麻 + 0.225 kg/m ² 富里酸	9.16±1.52

2.2 苕麻对汞的富集 由表 2 可见,对照处理的苕麻植株根、茎、叶中总汞含量分别是 0.042、0.019 和 0.015 mg/kg,表明不加富里酸,苕麻对汞的富集量较低,且主要富集在植株根部;富里酸投加量为 0.075、0.150、0.225 kg/m² 的小区,苕麻根部总汞含量逐渐增高,投加富里酸的小区苕麻根部汞含量均显著高于对照。投加富里酸,苕麻茎部总汞含量均极显著高于单种苕麻的对照组,但不同投加量富里酸的小区茎部总汞含量也不同,富里酸 0.075~0.225 kg/m² 的投加量下,随着投加量的增加,苕麻茎部总汞含量逐渐降低。投加富里酸,苕麻叶部总汞含量均高于单种苕麻的对照组,富里酸投加量为 0.075、0.150 kg/m² 的小区均达到显著性水平;不同投加量富里酸的小区,叶部总汞含量也不同,富里酸 0.075~0.225 kg/m² 的投加量下,随着投加量的增加,苕麻叶部总汞含量逐渐降低。

以上结果表明,与不加富里酸的对照相比,投加富里酸能促进苕麻对土壤汞的吸收,且促进根系部分的汞向地上部分转运,而低投加的富里酸促进效果最好。总体而言,富里酸可促进土壤汞在苕麻植株中富集。在项目组之前的研究中也显示,一定投加量的富里酸能促进印度芥菜、油菜对汞的富集,且促进印度芥菜、油菜根部汞向地上部分转移^[17-18]。

表 2 不同处理的苕麻根、茎、叶中总汞含量

Table 2 Total mercury content in ramie roots, stems and leaves of different treatments

序号 No.	处理 Treatments	根 Roots	茎 Stems	叶 Leaves
1	苕麻	0.042±0.004	0.019±0.003	0.015±0.002
2	苕麻 + 0.075 kg/m ² 富里酸	0.058±0.003 *	0.160±0.003 **	0.053±0.003 **
3	苕麻 + 0.150 kg/m ² 富里酸	0.084±0.003 **	0.110±0.005 **	0.031±0.002 **
4	苕麻 + 0.225 kg/m ² 富里酸	0.120±0.005 **	0.082±0.003 **	0.021±0.003

注: * 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: * means significant difference ($P < 0.05$), ** means extremely significant difference ($P < 0.01$)

2.3 土壤中总汞、有效汞含量 由表 3 可见,苕麻修复后,与修复前土壤中总汞含量(0.56±0.05 mg/kg)相比,对照小区土壤中总汞含量(0.51±0.06 mg/kg)略有降低,但差异不显著。3 种投加量(0.075、0.150、0.225 kg/m²)富里酸处理小区土壤中总汞含量均显著低于对照,也显著低于修复前土壤中总汞含量。可见,投加富里酸有利于苕麻对土壤汞的吸收,有利

于土壤中总汞的降低。投加量为 0.075~0.225 kg/m²,随着富里酸投加量的增加,土壤中总汞含量的降低量减少,表明低投加量的富里酸更有利于促进苕麻对土壤中总汞的修复。

与修复前土壤有效汞含量(2.13±0.04 μg/kg)相比,对照小区土壤中有效汞含量显著降低,为(1.32±0.06) μg/kg,表明苕麻本身能吸收一定量的有效汞。3 种投加量富里酸处理

小区土壤有效汞含量均显著低于对照和修复前,可见投加富里酸不仅能使土壤中总汞降低,也能促进苕麻对土壤有效汞的吸收。投加量为0.075~0.225 kg/m²,随着富里酸投加量的增加,这种促进作用减弱,低投加量的富里酸促进效果更好。投加富里酸,土壤中有效汞降低的趋势和土壤中总汞的降低趋势相同。该研究中,从修复效果及经济性考虑,投加量为0.075 kg/m²的富里酸更适合用于苕麻修复汞污染农田土壤。苕麻是多年生宿根性作物,栽麻一次,可多年收益,根部留在土壤中,而一年内地上部分可以收割多轮^[10]。所以,促进苕麻根部汞向地上部分转运,对于苕麻修复汞污染农田土壤更具现实意义。

表3 不同处理的土壤中总汞、有效汞含量

Table 3 The content of total and effective mercury in soil in different treatments

序号 No.	处理 Treatments	土壤总汞 Total mercury in soil mg/kg	土壤有效汞 Effective mercury in soil// $\mu\text{g}/\text{kg}$
1	苕麻	0.51±0.06	1.32±0.06
2	苕麻 + 0.075 kg/m ² 富里酸	0.38±0.03**	0.97±0.07**
3	苕麻 + 0.150 kg/m ² 富里酸	0.40±0.05**	1.04±0.06**
4	苕麻 + 0.225 kg/m ² 富里酸	0.43±0.05*	1.07±0.05**

注: *表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)

Note: * means significant difference ($P<0.05$), ** means extremely significant difference ($P<0.01$)

3 结论与讨论

该研究在汞污染农田土壤中投加富里酸,研究富里酸对苕麻修复汞污染农田土壤的促进情况。结果表明,与只种苕麻不加富里酸的对照小区相比,投加0.075~0.225 kg/m²富里酸,随着投加量增加,苕麻地上部分生物量逐渐增加,但差异不显著。投加富里酸能促进苕麻对土壤汞的吸收,且促进根部汞向地上部分转运。随着富里酸投加量的增加,苕麻植株根部总汞富集量增加,地上部分总汞富集量减少。低投加量的富里酸更有利于促进苕麻对土壤总汞的吸收,富里酸投加量为0.075 kg/m²,修复后土壤中总汞含量由(0.56±0.05) mg/kg降低至(0.38±0.03) mg/kg,土壤中有效汞含量由(2.13±0.04) $\mu\text{g}/\text{kg}$ 降低至(0.97±0.07) $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

部分有机物与汞的相互作用可影响土壤汞的赋存形态、迁移转化以及生物有效性^[19]。而富里酸对土壤中铁锰氧化物结合态的汞无论是水迁移活性还是植物迁移活性均表现出极显著的促进效应^[15]。一定投加量的富里酸和土壤汞可能形成部分易溶出的络合物,易被苕麻吸收。土壤中有效汞的含量在投加富里酸修复后显著降低,所以该研究中投加富里酸促进苕麻修复土壤汞,可能是由于通过降低土壤中潜在有效汞含量而降低土壤汞的潜在风险。这样的机理可能与硫代硫酸盐促进植物吸收土壤汞的机理相似^[7,20]。过量的富里酸可能与汞进一步发生络合而形成不易被植物吸收的络合物形态,或是过量的富里酸对土壤汞的溶出效果不佳,也有可能是过量的富里酸与土壤汞发生其他反应而形成不易被植物吸收的汞的化合物,从而不利于苕麻对汞的富

集^[18]。硫代硫酸盐促进植物吸收土壤汞,与硫代硫酸盐和汞络合形成的 $\text{Hg}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{2-}$ 比其他汞的络合形态更易被植物吸收有关^[20]。有机或无机螯合剂可通过沉淀、酸化、络合、氧化还原等方式改变土壤中重金属的溶解性,或间接通过影响土壤微生物群落、酶活性来影响土壤中重金属的活性^[21],富里酸作为一种成分复杂的有机螯合剂,可能与土壤根际微生物之间也存在着密切的联系^[22],所以富里酸促进苕麻修复土壤汞的相关机理可能非常复杂,有待进一步研究。有相关文献已经报道,外源螯合剂CA和NTA对苕麻修复铅镉复合污染土壤的影响^[21],茶皂素作用下苕麻对镉污染土壤的修复效应^[23],EDDS与EDTA强化苕麻修复镉铅污染土壤^[13]。而相关活化剂对促进苕麻修复汞污染土壤的却鲜有报道。在汞污染农田土壤中,经过一季的种植,富里酸促进苕麻修复土壤汞以及苕麻吸收汞。有文献报道,通过投加一定浓度的促进剂长期种植优选的有效修复植物,是一种比较经济的汞污染农田修复技术^[4],而苕麻可以一年内采收多轮地上部分。所以投加富里酸可作为促进苕麻修复低汞污染农田土壤边生产边修复的潜在修复技术。

参考文献

- [1] 刘冲,赵玲,李秀华,等.苕麻对农田土壤中汞、镉的吸收累积特征研究[J].农业环境科学学报,2020,39(5):1034-1042.
- [2] 李爱民,杨福胜,郝帅,等.基于热脱附法的汞污染土壤修复研究进展[J].土壤,2020,52(3):433-438.
- [3] 王燕,李盛慧,文静,等.某体温计厂附近土壤汞含量及影响因素研究[J].安徽农业科学,2010,38(1):283-285,288.
- [4] 肖永红,高良敏,刘玉玲,等.淮南市十涧湖中汞污染现状研究[J].安徽农业科学,2010,38(1):472-474.
- [5] LIU Z C, CHEN B N, WANG L A, et al. A review on phytoremediation of mercury contaminated soils [J]. Journal of hazardous materials, 2020, 400: 123-128.
- [6] HUANG Y, DENG M H, LI T Q, et al. Anthropogenic mercury emissions from 1980 to 2012 in China [J]. Environmental pollution, 2017, 226: 230-239.
- [7] WANG J X, FENG X B, ANDERSON C W N, et al. Thiosulphate-induced mercury accumulation by plants: Metal uptake and transformation of mercury fractionation in soil—results from a field study [J]. Plant & soil, 2014, 375 (1/2): 21-33.
- [8] RANIERI E, MOUSTAKAS K, BARBAFIERI M, et al. Phytoextraction technologies for mercury- and chromium-contaminated soil: A review [J]. Journal of chemical technology & biotechnology, 2020, 95(2): 317-327.
- [9] TENG D Y, MAO K, ALI W, et al. Describing the toxicity and sources and the remediation technologies for mercury-contaminated soil [J]. RSC Advances, 2020, 10(39): 23221-23232.
- [10] 曹诣,余玮,孙敬钊,等.苕麻修复重金属污染土壤研究现状[J].作物研究,2014,28(6):775-779.
- [11] GONG X M, HUANG D L, LIU Y G, et al. Stabilized nanoscale zerovalent iron mediated cadmium accumulation and oxidative damage of *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich cultivated in cadmium contaminated sediments [J]. Environmental science technology, 2017, 51(19): 11308-11316.
- [12] 刘小平,高润霞,吕发生,等.小白菜间作对苕麻地上部分汞吸收富集的影响[J].中国农学通报,2018,34(24):29-33.
- [13] 刘金,殷安强,孙慧敏,等.EDDS与EDTA强化苕麻修复镉铅污染土壤[J].农业环境科学学报,2015,34(7):1293-1300.
- [14] WANG J, XIA J, FENG X. Screening of chelating ligands to enhance mercury accumulation from historically mercury-contaminated soils for phytoextraction [J]. Journal of environmental management, 2017, 186 (Part2): 233-239.
- [15] 姚爱军,青长乐,牟树森.腐殖酸对矿物结合汞环境迁移性的影响及其机制研究[J].生态学报,2004,24(2):274-277.
- [16] 王建旭,张军方,冯新斌,等.硫代硫酸盐添加对黄平大油菜富集土壤汞的影响-田间试验[J].生态毒理学报,2014,9(5):992-997.

乡村旅游产品的知名度,形成区域乡村旅游特色IP与品牌,推进全省乡村旅游大发展。

3.3 推动大提升,实现主体建营能力上台阶 乡村旅游经营主体建设和运营能力提高主要源于以下3个方面:一是提高对乡村旅游区的规划和创意水平。规划是发展旅游业的龙头,乡村旅游的规划和创意水平决定着乡村旅游区开发的水平。乡村旅游规划编制不应不动不动高水平、高档次,乡村旅游规划编制必须先调查研究,充分发掘一个地区的乡土特色,再通过创意进行科学谋划,否则都将是对资源最大的浪费和破坏。同时一个好的规划要能统领乡村旅游建设和运营者的思路,要让其充分认识到规划创意的项目、目标、路径的作用与意义,让规划真正起到引领作用。二是提高乡村旅游建设和运营者的素质。乡村旅游在不断升级,要求经营管理者思想和理念也要跟着不断变革。积极支持多途径培育或引进乡村旅游开发与建设运营人才,重点培育或引进理念新、执行力强、懂得乡村旅游建设运营规律的专业人才。当前乡村旅游的开发理念已从自然生态观光向回归大自然转变,游客也从纯粹的吃喝玩乐走向求真、求新、求异以及追求天人合一的乐趣、追求一种惬意的美丽的优养的乡村生活方式转变等,只有了解这些转变,才能提供出这种需求的产品。三是提高行业的规范化程度。一个行业的提升,来源于规范化程度的提高。从总体情况看,安徽省乡村旅游业发展的规范性行业指导意见和规范的标准细则还不是很多。强化服务,制订并完善乡村旅游各类接待服务标准体系,才能真正提升一个地区的经营管理水平和接待服务水平。

3.4 加快大融合,促动乡村优势资源“+文旅” 乡村旅游的进一步发展,需要深入挖掘乡村旅游资源的文化内涵,赋予旅游产品之灵魂,同时加快文旅产业的大融合,实现乡村的特色优势产业在深度和广度上不断“+文旅”^[11],不断推进农区变景区、民房变客房、产品变旅游商品。如“农业+文旅”。促进衍生出多种新产业、新业态、新模式。具体以地方优势农业为依托,通过拓展农业观光、休闲、度假和体验等功能,开发出“农业+文旅”、“农业+科技+文旅”等多途径融合的产业。旅游吸引物可以是特色农业的大地景观、特色农业加工工艺或特色农产品体验,配套开发出观光、休闲、体验等旅游产品,再带动餐饮、住宿、购物、娱乐等产业延伸,实现农业与旅游业的协同发展。又如“民俗、商贸、体育、宗教、教育、科研等+文旅”,规划开发出一批文化休闲、生态观光、商务会展、休闲度假、乡村研学、农村旅居等跨界产品,推动区域乡

村旅游要素深度整合,将会进一步提升区域旅游业整体实力和竞争力。

3.5 优化大环境,形成乡村旅游发展大联动 在用地、税收、投融资及社会资本参与等方面出台相关指导性意见,并多方整合资源,不断加大乡村旅游的基础设施和服务设施的投入,优化发展环境,形成乡村旅游发展大联动。一是改善乡村旅游发展的基础设施。加大投入,着力改善旅游景区道路、饮水、用电、通讯等基础设施。加快旅游村镇、街道、乡村旅游区的绿化、洁化和美化。二是提升农村环境卫生水平。加强环境整治,引导经营主体加快庭院改造、污水治理、推广使用清洁能源。三是提高乡村旅游接待服务设施建设水平。在全省内具有一定规模的乡村旅游区全面推广“八个一”工程,完善旅游标识标牌的引导作用。四是加强乡村资源的保护,实现乡村旅游的可持续发展。在乡村旅游开发时强调对自然与文化资源的保护,必要时可设立生态或乡土文化保护区。通过举办地方文化节庆活动和申报非物质文化遗产等方式,防止地方乡土文化的流失。五是积极塑造乡村原乡生活空间,重塑乡村价值。对有文化历史价值的乡村可按生态、经济、文化等三方面效益相统一的原则进行保护开发,塑造乡村原乡生活空间,重塑乡村价值。

参考文献

- [1] 新华社.中共中央 国务院印发《乡村振兴战略规划(2018—2022)》[EB/OL].(2018-09-26)[2020-04-25].http://www.gov.cn/gongbao/content/2018/content_5331958.htm.
- [2] 张众.乡村旅游与乡村振兴战略关联性研究[J].山东社会科学,2020(1):134-138.
- [3] 马斌斌,陈兴鹏,马凯凯,等.中国乡村旅游重点村空间分布、类型结构及影响因素[J].经济地理,2020,40(7):190-199.
- [4] 姜刚.安徽:休闲农业带动农民就业58万余人[EB/OL].(2019-08-07)[2020-04-25].<http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/39595/41336/xgbd41343/Document/1661752/1661752.htm>.
- [5] 汪乔,周阳,史士斌.安徽推动休闲农业高质量发展 今年上半年全省休闲农业接待游客过亿人次[EB/OL].(2019-07-26)[2020-04-25].<http://ah.people.com.cn/n2/2019/0726/c358428-33181501.html>.
- [6] 安徽之声.安徽旅游“百村”拍摄正式启动,这些美丽的村子你都去过吗?[EB/OL].(2018-08-20)[2020-04-25].https://www.sohu.com/a/249031560_394097.
- [7] 金玉玲.安徽乡村旅游扶贫问题与对策[J].广西民族师范学院学报,2019,36(2):36-39.
- [8] 张庆霞.文化大县乡村旅游发展研究:以安徽桐城为例[J].安徽农业科学,2018,46(18):95-97,137.
- [9] 刘婷.产业链视域下安徽乡村旅游扶贫效应的影响因素分析[J].蚌埠学院学报,2019,8(6):27-31.
- [10] 武红霞.乡村旅游对乡村振兴的作用分析:评《新乡建与乡村旅游——乡村振兴战略下乡村旅游发展的理念和路径创新研究》[J].中国农业资源与区划,2020,41(3):242,298.
- [11] 刘彦平,胡卫伟.全域旅游背景下乡村旅游转型升级的探索研究:基于旅游者需求的角度[J].农村经济与科技,2020,31(7):112-113.
- [12] WANG J,FENG X,ANDERSON C W,et al.Implications of mercury speciation in thiosulfate treated plants[J].Environmental science & technology,2012,46(10):5361-5368.
- [13] 樊扬帆,刘云国,龚小敏,等.外源螯合剂CA和NTA对苕麻修复铅镉复合污染土壤的影响[J].环境工程学报,2016,10(8):4547-4552.
- [14] JONES D L.Organic acids in the rhizosphere-A critical review[J].Plant and soil,1998,205(1):25-44.
- [15] 李榜江,李萍.茶皂素作用下苕麻对镉污染土壤的修复效应[J].中国水土保持,2017(3):34-37.

(上接第82页)

- [17] 徐灿灿,孙达,王根荣,等.螯合剂促进印度芥菜修复低汞污染农田土壤[J].广东农业科学,2018,45(12):56-61.
- [18] 徐灿灿,孙达,王根荣,等.富里酸结合叶面施肥用于油菜修复低汞污染农田土壤[J].环境工程,2019,37(7):199-203.
- [19] MAZRUI N M, JONSSON S, THOTA S, et al. Enhanced availability of mercury bound to dissolved organic matter for methylation in marine sediments[J].Geochimica et cosmochimica acta,2016,194:153-162.