

# 南泥湾湿地不同植被类型土壤养分变化规律与肥力评价

周永维, 葛瑶, 艾宁, 郝宝宝, 李阳, 强大宏, 刘长海

(延安大学 生命科学学院, 陕西 延安 716000)

**摘要:**为了研究南泥湾湿地不同植被类型土壤养分特征,选取河滩草地、旱地草地、灌木地、小叶杨林地 4 种不同植被类型为研究对象,并运用单因素方差分析法和土壤肥力综合评价法对其进行了分析。结果表明:(1)在 0—40 cm 土层,南泥湾湿地 4 种植被类型间土壤碱解氮含量和 pH 值无显著差异( $p>0.05$ );灌木地的土壤有机质、全磷和速效磷含量与其余植被类型均存在显著差异( $p<0.05$ );(2)不同植被类型的 pH 值随土层深度增加而增加,但变幅不大;而土壤有机质、全磷、速效磷和碱解氮在整体上呈现降低趋势;(3)南泥湾湿地 4 种植被类型土壤肥力综合评价值为河滩草地(0.433)>小叶杨林地(0.387)>旱地草地(0.374)>灌木地(0.133),且河滩草地、小叶杨林地和旱地草地的土壤肥力为中等水平,灌木地的土壤肥力为低等级水平。该研究结果明确了南泥湾湿地不同植被类型土壤质量情况,为今后研究区林业生态工程建设以及生态修复提供了科学依据与数据支撑。

**关键词:**土壤养分;土壤肥力;植被类型;南泥湾湿地

中图分类号:S158

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)05-0076-05

## Soil Nutrient Variation Pattern and Fertility Evaluation in Different Vegetation Types in Nanniwan Wetland

ZHOU Yongwei, GE Yao, AI Ning, HAO Baobao, LI Yang, QIANG Dahong, LIU Zhanghai

(College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

**Abstract:** In order to study the soil nutrient characteristics in different vegetation types in the Nanniwan Wetland, we selected four different vegetation types: river beach grassland, dryland grassland, shrubland, and *Populus simonii* Carr as the research objects, and used single-factor analysis of variance and comprehensive soil fertility evaluation to evaluate the soil nutrients in these types of vegetation. The results show that: (1) in the 0—40 cm soil layer, there was no significant difference in soil alkaline nitrogen content and pH value among the four types of vegetation in Nanniwan wetland ( $p>0.05$ ); the soil organic matter, total phosphorus and available phosphorus contents of shrub forest land were significantly different from those in the other vegetation types ( $p<0.05$ ); (2) pH values of different vegetation types increased with the increase of the soil depth, but the change was not great, while the soil organic matter, total phosphorus, available phosphorus and alkali-hydrolyzable nitrogen showed the decreasing trend as a whole; (3) the comprehensive evaluation values of soil fertility in four vegetation types in Nanniwan Wetland decreased in the order: river beach grassland (0.433)>*Populus simonii* Carr (0.387)>dry grassland (0.374)> shrub land (0.133); in addition, the soil fertility of river beach grassland, *Populus simonii* Carr and dryland grassland was at the middle level, and the soil fertility of shrubland was at the low level. The results of this study can clarify the soil qualities of different vegetation types in the Nanniwan Wetland, and provide scientific basis and data support for the construction of forestry ecological engineering and ecological restoration in the study area in the future.

**Keywords:** soil nutrients; soil fertility; vegetation type; Nanniwan wetland

收稿日期:2020-09-03

修回日期:2020-10-27

资助项目:国家重点研发计划课题(2016YFC0501705, 2016YFC0501602);国家自然科学基金项目(31370541);大学生创新训练计划项目(S202010719047)

第一作者:周永维(1996—),女,贵州遵义人,硕士研究生,主要从事动物及修复生态学研究。E-mail:zhou8765@163.com

通信作者:刘长海(1965—),男,陕西淳化人,博士,教授,主要从事动物生态学与修复生态学研究。E-mail:yadxlch@yau.edu.cn

湿地是位于陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡性地带,拥有许多野生动植物资源,是重要的生态系统之一,也是生源要素碳、氮和磷最重要的源和汇,以及生物地球化学转化最活跃的场所<sup>[1]</sup>。其中湿地研究的核心是湿地生物地球化学循环,湿地生物地球化学循环的关键任务是研究其物理、化学和生物过程以及这些过程与湿地功能的关系<sup>[2]</sup>;近年来,减缓和防止湿地生态系统的人为破坏、修复重建受损的湿地已经受到了广泛关注<sup>[3-4]</sup>。南泥湾湿地在陕北黄土高原具有极其重要的地位,然而人为的干扰和破坏对南泥湾湿地的生物多样性造成严重的影响<sup>[5]</sup>。前人关于南泥湾湿地的研究有植物多样性<sup>[6]</sup>、土壤动物多样性<sup>[7-8]</sup>与蝶类<sup>[9]</sup>、蚯蚓等<sup>[10]</sup>湿地指示性生物的多样性分析,以及土壤因子、土壤微生物和湿地保护等方面<sup>[11-13]</sup>,目前还没有关于南泥湾湿地土壤养分与土壤肥力方面的研究。不同植被类型会影响土壤发育和营养物质富集<sup>[14]</sup>、土壤质量<sup>[15]</sup>、土壤理化性质<sup>[16]</sup>和土壤养分的积累、分布与循环等<sup>[17]</sup>,然而不同的植被类型与土壤养分的变化也会间接导致湿地生态系统发生变化。因此研究湿地不同植被类型土壤养分特征及肥力评价对生态植被的建设、减少土壤养分的流失和湿地的恢复与重建具有重要的意义。本研究对南泥湾湿地不同植被类型(河滩草地、旱地草地、灌木地、小叶杨林地)的土壤养分变化规律进行分析,并运用土壤肥力综合评价法量化比较南泥湾湿地不同植被类型的土壤肥力状况,探讨南泥湾湿地不同植被类型对土壤养分变化规律的影响,皆在为该区域土壤质量评价、林业生态工程建设及生态修复提供科学依据和数据支撑。

# 1 材料与方法

## 1.1 研究区概况

本研究区域位于陕西省延安市南泥湾(109°32′36″—109°44′52″E, 36°19′52″—36°21′53″N),平均海拔为 1 230 m。该地区是我国内陆干旱区与东部季风湿润区过渡带,年平均气温为 8.2℃,年日照时间在 2 420 h 左右,年平均降雨量 530~600 mm。区内植被覆盖率达 83%,主要以次生林为主,优势种主要有山杨(*Populus davidiana*)、辽东栎(*Quercus wutaishansea*)、油松(*Pinus tabuliformis*)、桦树(*Betula*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等。

## 1.2 试验方法

2019 年 5 月,我们在延安市宝塔区南泥湾选取了 4 个典型(河滩草地、灌木地、小叶杨林地、旱地草地)样地。在 4 个典型样地分别选取总面积为 20 m×20 m 的样方,每个样方按照“品”字形设置 3 个采

样点,在每个采样点内使用土钻对土层 0—10 cm, 10—20 cm, 20—40 cm 进行样品采集。土壤样品在实验室自然风干后,捡去石块、残根等杂物过筛,过筛后的土壤用于有机质、pH、速效磷等土壤化学质的测定。土壤养分指标的测定参照《土壤农化分析》<sup>[18]</sup>。各样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

植被类型	海拔/m	经纬度	地形地貌
河滩草地	1148	109°38′57″E, 36°14′56″N	河滩平地
灌木地	1208	109°38′58″E, 36°14′5″N	水平台地
小叶杨林地	1215	109°39′5″E, 36°13′59″N	水平台地
旱地草地	1150	109°38′55″E, 36°14′52″N	水平台地

## 1.3 数据处理

1.3.1 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据处理, SPSS 22.0 进行统计分析,用 Origin 2018 进行作图。

1.3.2 土壤质地的计算 土壤肥力综合评价计算公式为<sup>[19-20]</sup>:

$$\mu(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{j,\min}}{X_{j,\max} - X_{j,\min}} \quad (1)$$

$$V_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}}{\bar{X}_j} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad (3)$$

$$H = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times W_j] \quad (4)$$

式中: $u(X_{ij})$ 为各土壤养分指标的隶属度值; $X_{ij}$ 为土壤养分指标值; $X_{j,\min}$ ,  $X_{j,\max}$ 分别为第  $j$  项土壤养分指标的最小值和最大值; $V_j$ 为标准差系数; $W_j$ 为各指标的权重; $H$ 为土壤综合质量指数。

# 2 结果与分析

## 2.1 南泥湾湿地土壤养分指标的统计与分析

对所测的土壤养分指标分别进行算术平均,其结果作为南泥湾湿地土壤养分的平均状况(表 2)。结果表明,南泥湾湿地土壤养分差异较大。变异系数(CV)不仅能反映其空间变异性,还是进行土壤养分管理和合理施肥的基础<sup>[21]</sup>。南泥湾湿地 0—40 cm 土层中,土壤有机质、速效磷、全磷为中等变异性,其中土壤有机质、速效磷变异系数较大,这可能与植被残渣、枯落物等有密切关系,因为土壤有机质和速效磷除了与其成土母岩、气候和自然理化性质有密切关系外,植被的作用也不可忽视<sup>[22]</sup>。土壤碱解氮含量和 pH 为弱变异性,其中 pH 的变异系数为 2.20%,空间变异性最小,说明南泥湾湿地的土壤 pH 变化不

大,其原因是南泥湾湿地地处西北干旱地区,降雨量小而蒸发量大,导致该区域水资源短缺,地下水及其盐类成分对其影响较小所致<sup>[23]</sup>。

表 2 南泥湾湿地土壤肥力统计信息

养分指标	最大值	最小值	均值	标准差	变异 系数/%
有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	46.59	3.90	16.92	14.78	87.35
速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	85.72	1.07	25.31	25.06	99.02
全磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	740.40	296.00	503.99	103.49	20.53
碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	5.72	4.00	4.43	0.30	6.71
pH 值	9.26	6.54	7.97	0.18	2.20

表 3 不同植被类型土壤养分指标特征

养分指标	河滩草地	旱地草地	灌木地	小叶杨林地
有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	21.15±4.72a	19.82±2.50a	7.58±0.62b	19.15±3.51a
速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	32.53±7.41a	27.55±8.55b	12.61±1.97c	28.55±6.31ab
全磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	557.10±40.38a	489.80±35.63b	407.87±26.53c	561.20±3.43a
碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.55±0.18a	4.50±0.16b	4.25±0.06a	4.42±0.13a
pH 值	7.87±0.31a	8.04±0.11a	8.05±0.11a	7.94±0.17a

注:同行不同字母表示同一养分指标在不同植被类型间存在显著差异( $p<0.05$ )。

2.3 不同植被类型下土壤养分垂直分布特征

不同植被类型下土壤养分在 0—40 cm 呈现差异较大,见图 1。各植被类型中全磷含量变化无规律,表现出波动趋势,整体变化幅度较大。各植被类型的碱解氮、速效磷和有机质含量在土层 20 cm 处有一个明显的拐点,在土层 10—20 cm 变幅剧烈,在土层 20—40 cm 变化幅度减小,而灌木地在 20 cm 处含量大于其余植被类型,各植被类型在整体趋势上表现出表层含量大于底层含量,具有明显的垂直分布特征。各植被类型的 pH 波动幅度较小,表现出随土层深度而递增。

2.2 不同植被类型土壤养分指标特征分析

由表 3 可知,0—40 cm 土层各植被类型样地的 5 项养分指标存在一定的差异。有机质、速效磷、全磷和碱解氮含量由高到低为草地>林地>灌木地,而 pH 由高到低为灌木地>草地>林地,4 种植被类型土壤呈碱性。在 0—40 cm 土层,灌木地的有机质、速效磷和全磷含量与其余植被类型存在显著差异( $p<0.05$ ),河滩草地的速效磷含量和全磷含量显著大于旱地草地( $p<0.05$ )。然而各植被类型的碱解氮含量和 pH 无显著差异( $p>0.05$ )。

2.4 不同植被类型土壤肥力的综合评价

由表 4 可以看出灌木地的土壤肥力与其余植被类型存在显著差异,土壤肥力由高到低为河滩草地>小叶杨林地>旱地草地>灌木地。土壤肥力综合评价划分为 5 个等级,>0.8 为极高等级,0.6~0.8 为高等级,0.4~0.6 为中等级,0.2~0.4 为低等级和<0.2 为极低等级<sup>[19,24]</sup>。因此,河滩草地、小叶杨林地和旱地草地土壤肥力属于中等级(0.433,0.387,0.374),而灌木地属于极低等级(0.133)。因而,南泥湾湿地土壤肥力较低。

表 4 土壤肥力综合评价

样地	土层	隶属函数值					土层综合 评价值	样地综合 评价值
	深度/cm	有机质	速效磷	全磷	pH	碱解氮		
河滩草地	0—10	0.794	0.765	1.000	0.140	1.000	0.800	0.433±0.039a
	10—20	0.441	0.373	0.633	0.228	0.391	0.424	
	20—40	0.000	0.098	0.271	0.509	0.000	0.076	
旱地草地	0—10	0.912	0.804	0.833	0.456	0.897	0.850	0.374±0.040a
	10—20	0.176	0.176	0.271	0.702	0.241	0.193	
	20—40	0.049	0.059	0.252	0.649	0.069	0.080	
灌木地	0—10	0.098	0.235	0.205	0.193	0.126	0.173	0.133±0.024b
	10—20	0.118	0.157	0.000	0.807	0.172	0.133	
	20—40	0.020	0.059	0.486	0.860	0.046	0.091	
小叶杨林地	0—10	1.000	1.000	0.648	0.000	0.747	0.948	0.387±0.033a
	10—20	0.088	0.078	0.657	0.263	0.138	0.141	
	20—40	0.000	0.000	0.633	1.000	0.034	0.072	
权重	0.405	0.459	0.095	0.010	0.031			

注:同列相同字母表示土壤肥力综合评价值差异不显著( $p>0.05$ )。

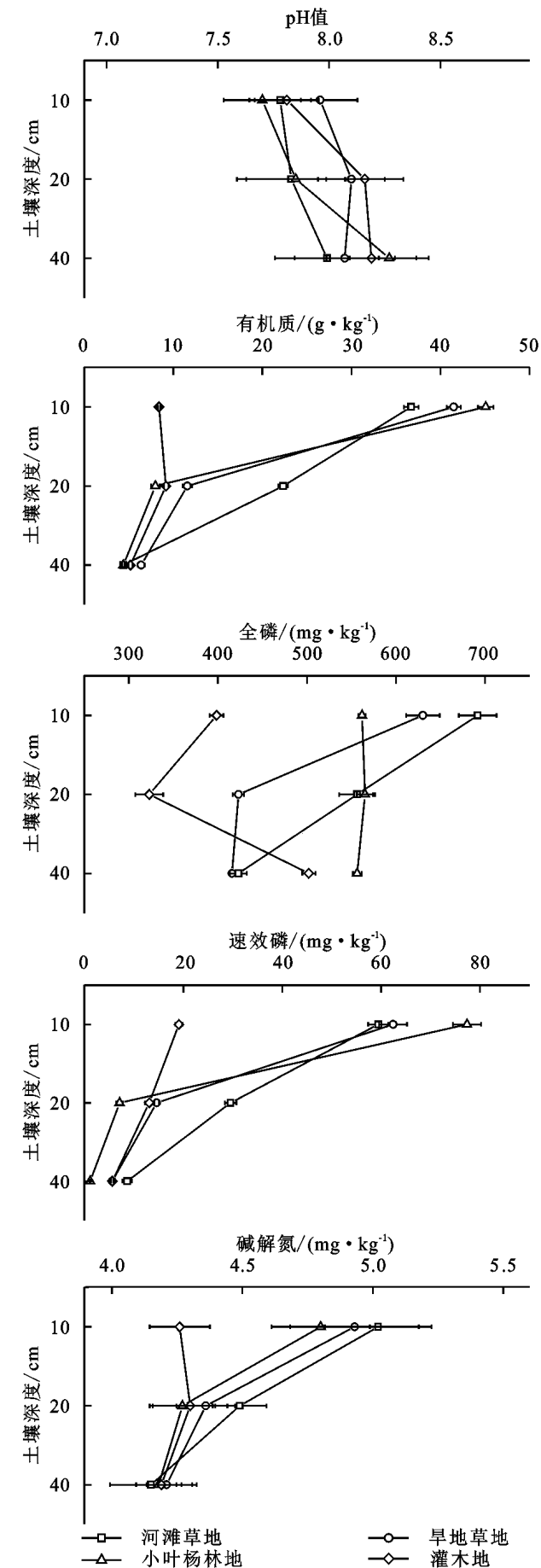


图 1 土壤养分指标含量与采样深度的关系

### 3 讨论

#### 3.1 不同植被类型对养分指标的影响

灌木地全磷含量显著低于其余植被类型 ( $p < 0.05$ ), 可能是因为土层中的植物根系对其产生的影响, 也可能与土壤有机质存在一定的关系, 一般情况下有机质含量高的土壤具有较强的磷吸附能力<sup>[25]</sup>。有机质含量大小主要取决于有机物质的输入和输出, 输入量来源于植物枯落物腐化, 输出量包括各种环境条件下对土壤碳的分解和侵蚀<sup>[26-27]</sup>, 而水盐条件也决定了土壤有机质的积累<sup>[28]</sup>。在 0—40 cm 土层中, 灌木地土壤有机质含量与其余植被类型存在显著差异 ( $p < 0.05$ ), 可能是与发达的根系和地下生物量有关, 草地除根状茎外还有发达的蘖节, 林地的枯落物大于灌木地, 因而有机质含量高于灌木地。

#### 3.2 土壤养分的垂直变化

不同的植被类型改变了土壤理化性质和环境状况, 进而影响了许多生态过程, 使得土壤养分在垂直深度上发生变化<sup>[29-30]</sup>。研究结果显示, 不同植被类型下土壤养分具有明显的垂直分布特征, 南泥湾湿地 4 种植被类型的土壤有机质含量分布表现为明显的表聚性特征, 这可能是由于地面的枯枝落叶和土壤表层的根系较多, 所以有机质分解后大多数积聚在土壤浅层<sup>[31]</sup>, 而有机质向下运输较慢。已有研究表明<sup>[32]</sup>, 土壤全磷含量随土层深度的增加而减少, 主要是由于湿地土壤全磷和有机质受土壤水分和 pH 的制约, 与本研究结果相一致。艾尤尔·亥热提等<sup>[33]</sup>研究结果表明碱解氮含量随土层深度的增加而降低, 植被对土壤养分具有表聚作用, 可能与植物根系的深浅、水分条件、化学过程有关, 而本研究结果与其一致。南泥湾湿地的 4 种植被类型土壤均呈现弱碱性, 并随着土层的增加 pH 值逐渐增加, 影响土壤 pH 变化的因素可能有地下水盐类的成分和含量、蒸发量、降雨量和植物生长状况等<sup>[34]</sup>。

#### 3.3 南泥湾湿地不同植被类型土壤肥力综合评价

影响土壤肥力的因素主要有土壤养分含量、植物对养分指标的吸收能力以及各环境因子。研究结果表明, 南泥湾湿地的河滩草地、小叶杨林地和旱地草地土壤肥力属于中等级, 可能是由于河滩草地土壤含水量和养分含量较高, 草本植被的根系较浅, 因此河滩草地土壤肥力较高; 旱地草地在一定承载力范围内, 牲畜的粪便和凋落物在一定程度上补充有机肥到草地中, 改善草地质量; 小叶杨林地土壤肥力属于中等级, 主要是由于地表的枯落物和腐殖质较多, 而且覆盖度较高。灌木地的覆盖度较低, 阳光长时间的照



射使得土壤的地表温度较高,从而使土壤水分散失和呼吸过程加剧<sup>[35]</sup>,因此灌木地属于极低等级。通过施加氮肥、磷肥和种植固氮植物等措施,从而减少南泥湾湿地土壤养分的流失,可以促进植物生长,而植物的凋落物可以促进土壤中有机的增加,还可以促进土壤熟化和磷含量的提高<sup>[36]</sup>。

## 4 结论

(1) 在 0—40 cm 土层,南泥湾湿地不同植被类型土壤碱解氮含量和 pH 值无显著差异;灌木地土壤有机质、全磷和速效磷含量与其余植被类型的差异显著( $p < 0.05$ )。

(2) 不同植被类型的 pH 值随土层深度递增;土壤有机质、全磷、速效磷和碱解氮随土层深度的增加而呈降低趋势。

(3) 南泥湾湿地植被类型中,河滩草地、小叶杨林地和旱地草地的土壤肥力为中等水平,灌木地的土壤肥力为低等级水平。

### 参考文献:

- [1] Mitsch W J, Zhang L, Waletzko E, et al. Validation of the ecosystem services of created wetlands: two decades of plant succession, nutrient retention, and carbon sequestration in experimental riverine marshes [J]. *Ecological Engineering*, 2014, 72: 11-24.
- [2] 栾军伟,崔丽娟,宋洪涛,等.国外湿地生态系统碳循环研究进展[J].*湿地科学*, 2012, 10(2): 235-242.
- [3] 刘伟,但新球,刘世好,等.浅海湿地生态系统恢复技术初探[J].*湿地科学*, 2014, 12(5): 606-611.
- [4] 王立新,刘华民,刘玉虹,等.河流景观生态学概念、理论基础与研究重点[J].*湿地科学*, 2014, 12(2): 228-234.
- [5] 赵桂玲,刘长海,王文强,等.南泥湾湿地生态变迁研究[J].*湿地科学与管理*, 2015, 11(1): 65-67.
- [6] 刘蒲东,吕坤,王敏,等.南泥湾湿地观赏植物调查研究[J].*吉林农业*, 2018(9): 52-53.
- [7] 邵颖,曹四平,曹文文,等.南泥湾湿地退化与管理对土壤动物多样性的影响[J].*生态与农村环境学报*, 2019, 35(5): 634-643.
- [8] 罗梦娇,李松松,强大宏,等.南泥湾湿地土壤动物群落组成与土壤理化性质的关系[J].*生态环境学报*, 2018, 27(8): 1432-1439.
- [9] 谭灿,王亭怡,王璐,等.南泥湾不同干扰湿地蝶类多样性[J].*生态学杂志*, 2017, 36(10): 2840-2846.
- [10] 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.
- [11] 李松松,曹文文,曹四平,等.南泥湾湿地土壤理化性质变化探析[J].*延安大学学报:自然科学版*, 2016, 35(4): 91-94.

- [12] 邵颖,曹四平,刘长海,等.基于高通量测序的南泥湾湿地土壤细菌多样性分析[J].*干旱区资源与环境*, 2019, 33(2): 158-163.
- [13] 李阳,温润泉,杨鹏,等.南泥湾国家湿地公园资源现状及湿地保护对策[J].*延安大学学报:自然科学版*, 2019, 38(3): 67-71, 76.
- [14] 林春英,李希来,韩辉邦,等.黄河源区河漫滩湿地土壤和植被变化特征[J].*江苏农业科学*, 2016, 44(4): 423-426.
- [15] 陈璟,杨宁.衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤质量评价[J].*草地学报*, 2018, 1(8): 160-167.
- [16] 李静鹏,徐明锋,苏志尧.不同植被恢复类型的土壤肥力质量评价[J].*生态学报*, 2014, 34(9): 2297-2307.
- [17] 戴全厚,刘国彬,张健,等.黄土丘陵区植被次生演替灌木种群的土壤养分效应[J].*西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2006, 38(8): 125-131.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社, 2000.
- [19] 黎妍妍,许自成,肖汉乾,等.湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J].*西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2006, 34(11): 179-183.
- [20] 马杰,李兰海,白磊,等.不同土地利用类型土壤养分变化研究[J].*灌溉排水学报*, 2014, 33(2): 77-79, 133.
- [21] 信忠保,余新晓,张满良,等.黄土高原丘陵沟壑区不同土地利用的土壤养分特征[J].*干旱区研究*, 2012, 29(3): 379-384.
- [22] 姜红梅,李明治,王亲,等.祁连山东段不同植被下土壤养分状况研究[J].*水土保持研究*, 2011, 5(5): 166-170.
- [23] 高君亮,罗凤敏,高永,等.阴山北麓不同土地利用类型土壤养分特征分析与评价[J].*草业学报*, 2016, 4(8): 230-238.
- [24] 赵军,尚杰,耿荣,等.西安咸阳国际机场绿地土壤养分分析与评价[J].*西北林学院学报*, 2015, 30(1): 257-262.
- [25] 孙万龙,孙志高,孙文广,等.黄河口潮滩湿地土壤  $\text{CH}_4$  氧化潜力及其对有机物输入的响应[J].*草业学报*, 2014, 23(1): 104-112.
- [26] Dias V, Belcher K. Value and provision of ecosystem services from prairie wetlands: A choice experiment approach[J]. *Ecosystem Services*, 2015, 15: 35-44.
- [27] Gaglio M, Aschonitis V G, Gissi E, et al. Land use change effects on ecosystem services of river deltas and coastal wetlands: case study in Volano-Mesola-Goro in Po river delta (Italy) [J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2017, 25(1): 67-86.
- [28] 凌敏,刘汝海,王艳,等.黄河三角洲柽柳林场湿地土壤养分的空间异质性及其与植物群落分布的耦合关系[J].*湿地科学*, 2010, 8(1): 92-97.
- [29] 傅伯杰,郭旭东,陈利顶,等.土地利用变化与土壤养分的变化[J].*生态学报*, 2001, 21(6): 927-931.