

内蒙古砒砂岩不同类型区土壤有机质与速效钾特征

邢启鑫^{1,2}, 饶良懿^{1,2}, 王志臻^{1,2}, 胡剑汝^{1,2}, 徐也钦^{1,2}

(1.北京林业大学水土保持学院,北京 100083;2.水土保持国家林业局重点实验室,北京 100083)

摘要: 选择内蒙古鄂尔多斯准格尔旗不同类型砒砂岩区,通过野外采样和室内分析试验,研究了土壤有机质和速效钾特征,并探讨不同土层、坡位和坡向以及植被丰富度等因子对其影响。结果表明:(1)整体上看,覆土区、覆沙区和裸露区有机质含量介于 6.65~7.41 g/kg,处于低水平,速效钾含量介于 74.61~137.38 mg/kg,处于中高水平。(2)覆土区地形因子对土壤有机质和速效钾的影响最明显,根据 3 个不同类型区坡向、坡位及坡向与坡位的交互作用对土壤有机质、速效钾呈现的显著或者极显著关系出现频数,初步判断其影响程度大小为坡位(6 次)>坡向(4 次)>坡向×坡位(2 次)。(3)3 个类型区植被丰富度指数与土壤有机质、速效钾含量相关性较高,是进行土壤养分研究应考虑的重要因素。

关键词: 砒砂岩;有机质;速效钾;坡位;坡向;植被丰富度

中图分类号:S155

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2019)06-0257-08

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.06.036

Characteristics of Soil Organic Matter and Available Potassium in Different Types of Pisha Sandstone Area of Inner Mongolia

XING Qixin^{1,2}, RAO Liangyi^{1,2}, WANG Zhizhen^{1,2}, HU Jianru^{1,2}, XU Yeqin^{1,2}

(1.School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2.Key Laboratory of State Forestry Administration on Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: In this study, different types of pisha sandstone in Zhungeer Banner, Ordos, Inner Mongolia were selected to study the characteristics of organic matter (OM) and available potassium (AK) in soil through field sampling and indoor experiments, and the impact of different soil layers, slope position and slope direction, vegetation richness and other factors on OM and AK was also explored. The results showed that: (1) On the whole, the content of OM in the loess covered area, the sand covered area and the exposed area was between 6.65~7.41 g/kg, which was at a low level, and the content of AK was between 74.61~137.38 mg/kg, which was at a medium high level. (2) Topographic factors had the most obvious effect on soil OM and AK in the loess covered area. Slope direction, slope position and the interaction between slope direction and slope position were correlated with soil nutrients, according to the frequency of significant or extremely significant occurrence. The relationship of the degree of influence was preliminarily demonstrated as slope position> slope direction> slope direction× slope position. (3) There was a high correlation between vegetation richness and soil OM and AK content in three different types of regions, which is an important factor to be considered in soil nutrient study.

Keywords: pisha sandstone; organic matter; available potassium; slope position; slope direction; vegetation richness

土壤是生态、地理等领域的研究热点。土壤有机质富含植物生长所需的养分,是土壤的重要组成部分^[1]。速效养分对土壤质量评价及生态恢复具有指示意义,其中速效钾是反映土壤钾素供应能力的重要

指标,直接影响植物生长发育。植物与土壤有机质及速效钾间存在密切关系,植物丰富度与土壤的关系是研究植物与环境间关系的重要内容之一^[2]。地形作为间接的环境因子^[3]对土壤有机质和速效钾有着重

收稿日期:2019-06-04

资助项目:国家重点研发计划项目“砒砂岩区复合土壤侵蚀综合治理技术”(2017YFC0504503)

第一作者:邢启鑫(1995—),男,硕士研究生,主要从事水土保持与生态水文效应研究。E-mail:1136501473@qq.com

通信作者:饶良懿(1976—),女,博士,教授,主要从事水土保持与生态水文效应研究。E-mail:raoliangyi@bjfu.edu.cn

要影响,在坡向影响下,土壤所受太阳辐射强度和日照时长不同,在坡位影响下,土壤含水量不同,因此,坡位和坡向等地形因子也都直接或间接影响土壤。

砒砂岩区是黄河流域生态环境最脆弱、水土流失最严重的区域,长期以来受到社会和科学界广泛关注。目前该区开展的研究较多,例如,孙婴婴等^[4]研究了人工施加适量生物炭对土壤有机质、速效钾含量的影响;梁月等^[5]通过对比砒砂岩区种植沙棘前后的土壤理化性质,发现土壤保肥能力显著提高;闫励等^[6]比较了砒砂岩区不同立地条件下种植沙棘的根系差异,来选择合理种植位置。此外,也有一些学者开展了砒砂岩岩性及新型材料应用于侵蚀治理的研究,梁止水等^[7]从砒砂岩侵蚀机理等方面研发了一种新型亲水性聚氨酯复合材料(W—OH),加强了砒砂岩的抗蚀性、改善了其促生机理;李晓丽等^[8]拟合出砒砂岩法向位移和剪切位移的函数关系,较好地反映了砒砂岩剪切过程的剪胀规律;另外一些学者^[9]在砒砂岩与沙复配土的研究方面也取得了进展,但侧重于养分测定和物理特性研究。

目前关于砒砂岩不同类型区土壤有机质、速效钾的特征及其与坡位坡向和植被丰富度等因子之间关系的研究却未见报道。因此,本文基于野外断面布设、土壤样品采集和室内测试分析,对内蒙古砒砂岩不同类型区土壤有机质与速效钾特征进行了研究,并对其影响因子进行了分析,以为砒砂岩区水土流失治理和生态工程建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本文选择的试验样点二老虎沟(覆土区)、特拉沟(覆沙区)、什布尔太沟(裸露区)位于内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗(图 1),属典型大陆性季风气候,主要特点是冬季寒冷漫长,夏季炎热短暂,春季多风沙,以西北风为主,降雨少而变频大,雨水多集中在 7、8、9 月,天然本土植被种类单一、覆盖度低,草本主要有胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、百里香(*Thymus mongolicus* Ronn.)等;灌木主要有沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)、柠条锦鸡儿(*Caragana Korshinskii* Kom.)等;乔木主要是油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)。

覆土区是皇甫川流域的三级支沟,黄土覆盖在 1.5 m 以上,砒砂岩出露面积达 30% 以上,沟壑密度为 3~6 km/km²,岩性为砂岩及泥岩,颜色有紫红色、黄绿色、灰白色等。覆沙区是皇甫川流域的一级支沟,属于沙丘丘陵沟壑区,沟壑密度 1~3 km/km²,流域内大部分地表为黄土、风沙土所覆盖,零星分布有栗钙土,岩性

为泥岩、含砾砂岩、页岩及长石砂岩,颜色有紫红色、灰白色、姜黄色等。裸露区是皇甫川流域的一级支沟,地貌多呈岗状丘陵,沟壑密度平均为 5~7 km/km²,上覆薄层黄土或浮沙,一般为 10~150 cm,基岩大面积裸露,岩性为砾岩、砂岩及泥岩,交错层理发育,颜色混杂,有紫红色、黄绿色、灰白色等。

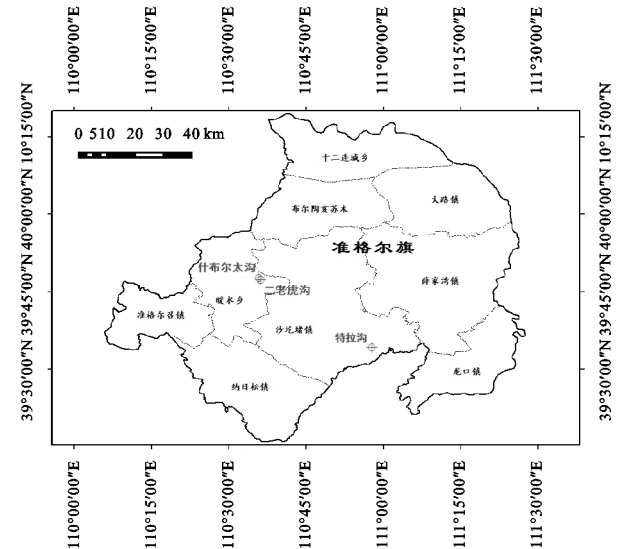


图 1 研究区地理位置

1.2 试验设计

1.2.1 样地布设 2018 年 5 月,根据沟道长度将覆土区小流域划分为沟口、下游、中游、上游、沟头 5 个区间,一共选择 8 个断面进行研究,其中沟口、下游、沟头各包含 2 个断面,上游、中游包含 1 个断面;裸露区小流域划分为沟口、下游、中游、上游、沟头 5 个区间,每个区间各包含 1 个断面;覆沙区小流域划分为沟口、中下游、中上游和沟头 4 个区间,每个区间各包含 1 个断面。在每个类型区沟道选择的断面布设采样点,由阴坡顶至阳坡顶呈“U”形布设 9 个点,包括阴坡和阳坡的坡顶、坡上、坡中、坡下及沟底。

1.2.2 样本采集与处理 在每个区间断面布设采样点位上,分别采集 0—10、10—20 cm 土层土样约 500 g 装入密封袋中。新鲜土样采回后,去除土中植物根系和石块,研磨过筛,测定土壤有机质和速效钾含量。

1.2.3 测定方法

(1)土壤有机质和速效钾测定。土壤有机质含量采用重铬酸钾浓硫酸消解硫酸亚铁滴定法测定;土壤速效钾采用紫光分光光度计法测定^[10]。

(2)植被丰富度指数。在每个样点随机选择 5 m×5 m 大小的面积进行植被调查,记录植被种类及数量。植被丰富度指数可用植被种类数量表示^[11-13],即 Patrick 丰富度指数(D)= S (“ S ”代表样方内植被种类数量)。

1.2.4 数据处理 采用 Excel 2016 进行数据录入、整

理与统计,并制作土壤有机质与速效钾含量特征条形图;使用 SPSS 23.0 对不同坡向、坡位及其交互作用对土壤有机质和速效钾含量的影响采取双因素方差分析,并选择 Pearson 相关系数法分析土壤有机质与速效钾含量及植被丰富度之间的相关性;应用 Origin 2017 绘制土壤有机质与速效钾变化特征箱线图。

2 结果与分析

2.1 区域土壤有机质和速效钾含量特征

2.1.1 区域土壤有机质和速效钾含量分级评级 对照全国第二次土壤普查养分分级标准,对不同类型区土壤有机质与速效钾含量进行分级(表 1),覆土区有机质含量最大值为 17.26 g/kg,最小值为 3.45 g/kg,平均值为 7.24 g/kg,级别属于五级(低),速效钾含量变化幅度为 200.67~32.50 mg/kg,2 平均值为 83.54 mg/kg,处于四级(中);覆沙区有机质含量变化幅度为 10.45~5.10 g/kg,平均值为 7.41 g/kg,属于五级(低),速效钾含量处为 135.50~39.33 mg/kg,平均值为 74.61 mg/kg,属于四级(中);裸露区有机质含量和速效钾含量最大值分别为 11.44 g/kg 和 411.83 mg/kg,最小值分别为 3.61 g/kg 和 36.63 mg/kg,平均值分别为 6.65 g/kg 和 137.38 mg/kg,分别属于五级(低)、三级(高)。变异系数(CV)的大小反映特性参数的空间变异程度^[14]。不同类型区土壤有机质、速效钾的变异系数(CV)均在 0.1~1.0,属中等变异,反映了不同类型区土壤有机质与速效钾含量由沟口到沟头相对均匀一致的特点。

2.1.2 区域土壤有机质和速效钾含量变化特征 覆土区不同坡位有机质含量(为减小比较误差,比较标准选择 0—10,10—20 cm 土层养分含量平均值,下

同)大小关系为阴顶>阳顶>其他坡位,其中沟底有机质含量最低,除阴顶和阳顶,其他坡位有机质含量相差不多,各坡位 0—10 cm 与 10—20 cm 土层有机质含量差异不大。从图 2 可以发现,覆土区阳坡速效钾含量由坡顶至坡下呈现逐渐增大的趋势,阴坡 0—10 cm 土层速效钾含量由坡顶至坡下逐渐增大,10—20 cm 土层速效钾含量由坡顶至坡下逐渐减小,其中阴顶和阴下的 0—10 cm 和 10—20 cm 土层速效钾含量差值较大。

表 1 不同类型区土壤有机质、速效钾含量特征及变异系数

区域	指标	土壤有机质、速效钾质量分数	
		有机质/ (g·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
覆土区	平均值	7.24	83.54
	最大值	17.26	200.67
	最小值	3.45	32.50
	标准差	2.91	34.69
	变异系数	0.40	0.42
覆沙区	平均值	7.41	74.61
	最大值	10.45	135.50
	最小值	5.10	39.33
	标准差	1.38	24.12
	变异系数	0.19	0.32
裸露区	平均值	6.65	137.38
	最大值	11.44	411.83
	最小值	3.61	36.63
	标准差	2.20	81.07
	变异系数	0.33	0.59

注:为减小试验误差,表中最大值、最小值和平均值均是指 0—10 cm 土层和 10—20 cm 土层土壤有机质、速效钾含量平均值。

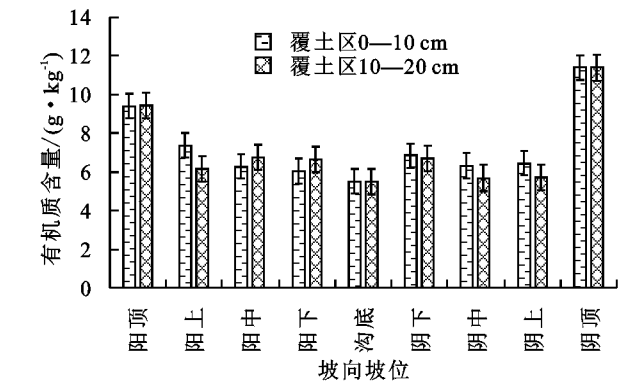
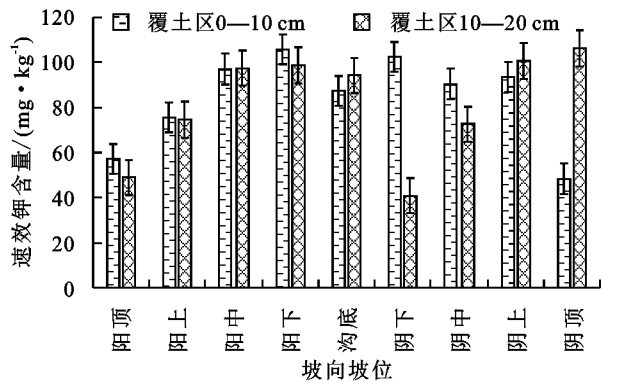


图 2 覆土区不同土层有机质和速效钾含量特征

从图 3 可以看出,覆沙区有机质含量整体上阴顶>阳顶>其他坡位,除阴顶和阳顶,其他坡位有机质含量无明显差异,除阳顶和沟底,其他坡位 10—20 cm 土层有机质含量略高于 0—10 cm。覆沙区整体上阴顶速效钾含量最高,阳坡和阴坡速效钾含量变化由坡顶至坡下趋势为先减小后增大。



由图 4 可知,裸露区有机质含量整体上阳顶高于其他坡位,阳坡 0—10 cm 土层有机质含量低于 10—20 cm。裸露区速效钾含量整体上阴顶<阳顶<其他坡位,阴坡和阳坡速效钾含量由坡顶至坡下变化趋势都是先增大后减小,0—10 cm 与 10—20 cm 土层速效钾含量差异随坡位变化不明显。

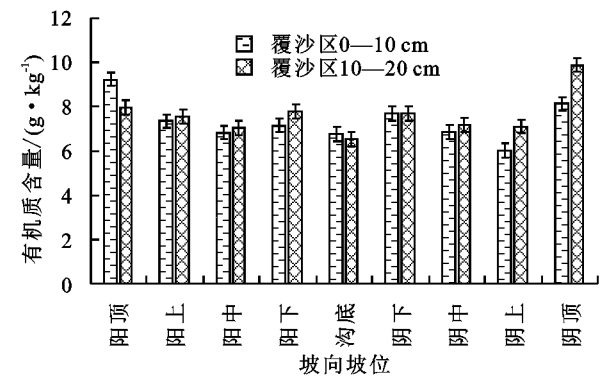


图 3 覆沙区不同土层有机质和速效钾含量特征

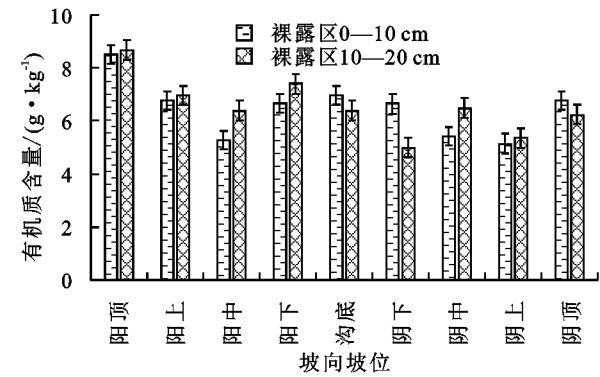
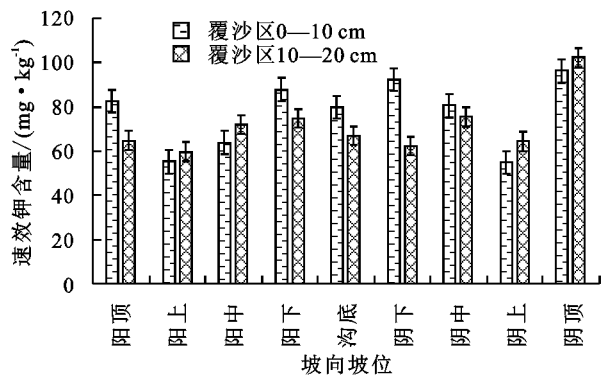
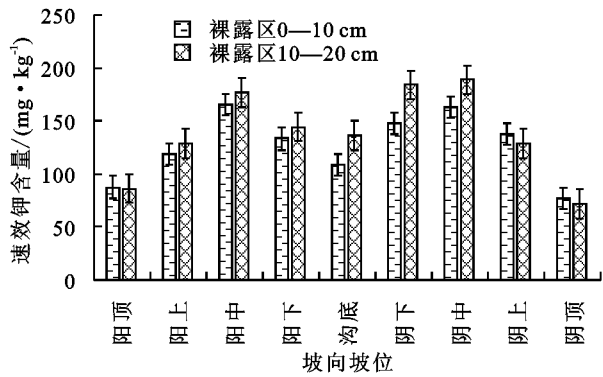


图 4 裸露区不同土层有机质和速效钾含量特征



由表 2 可知,覆土区阳坡有机质含量略低于阴坡,阳坡速效钾含量略高于阴坡,两者差异不大;覆沙区阳坡有机质含量与阴坡差值为 0.04 g/kg,阳坡速效钾含量明显低于阴坡,差值为 8.47 mg/kg;裸露区阳坡机质较阴坡高出 1.2 g/kg,阳坡速效钾含量与阴坡差异显著,阴坡比阳坡高出 7.25 mg/kg。

表 2 不同类型区不同坡向土壤有机质和速效钾质量分数

区域	有机质/(g·kg ⁻¹)		速效钾/(mg·kg ⁻¹)	
	阳坡	阴坡	阳坡	阴坡
覆土区	7.26	7.56	81.96	81.89
覆沙区	7.61	7.57	70.11	78.58
裸露区	7.08	5.88	130.15	137.40

2.2 不同坡位和坡向土壤有机质和速效钾含量差异

从表 3 可以看出,覆土区除 10—20 cm 土层速效钾外,0—10,10—20,0—20 cm 土层的有机质与速效钾含量在不同坡位间差异极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$),坡位和坡向的交互作用对速效钾含量影响极显著($P<0.01$),而对有机质含量没有明显影响;此外,坡向对有机质和速效钾含量的作用不显著。对于覆沙区而言,只有 10—20 cm 土层的速效钾含量在不同坡向间显示出显著差异($P<0.05$)。裸露区坡位的作用主要体现在整体层(0—20 cm)土壤速效钾含量的显著差异($P<0.05$)上;坡向对 10—20 cm 和整体层的有机质含量影响显著($P<0.05$),各土层有机质和速效钾含量不受坡向和坡位交互作用的影响。

表 3 变异来源对土壤有机质、速效钾含量影响方差分析

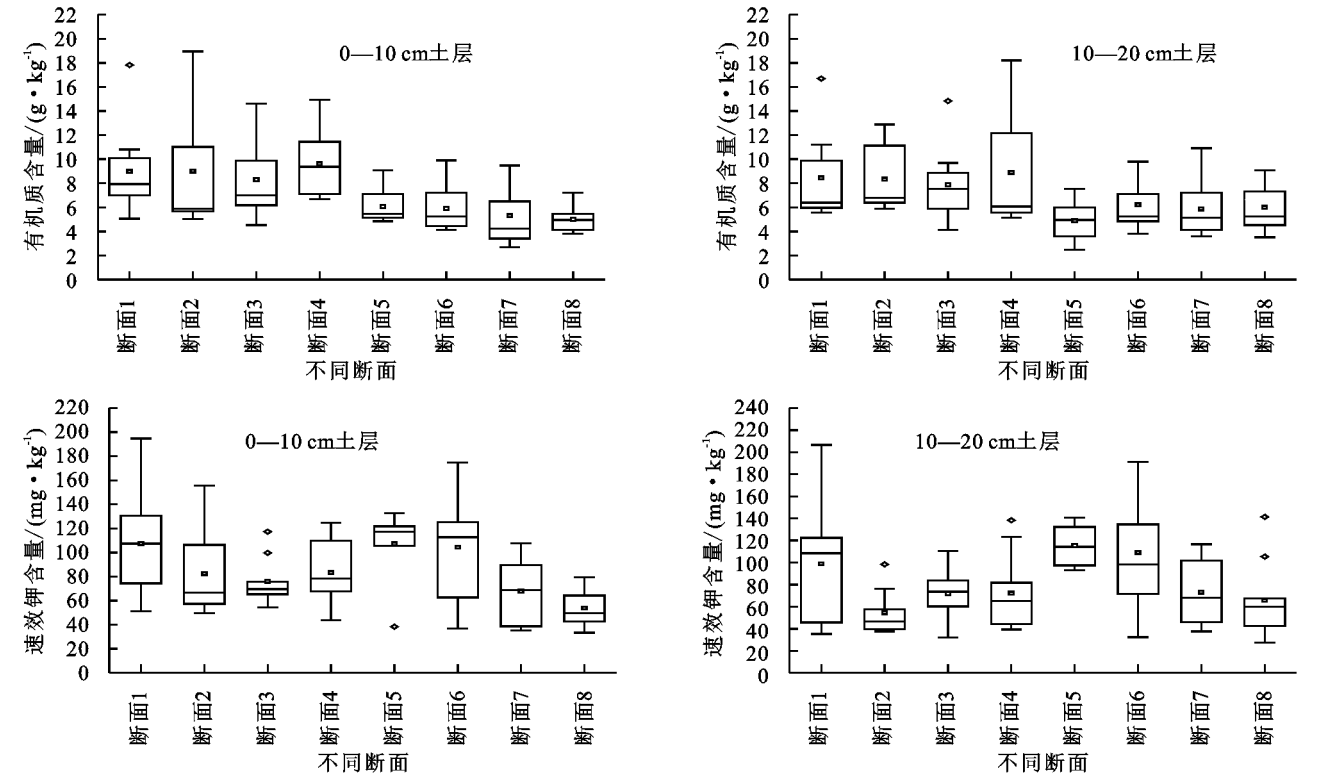
类型区	土层深度/cm	变异来源	有机质含量	速效钾含量
覆土区	0—10	坡向	0.358	0.001
		坡位	6.111**	7.243**
		坡向×坡位	0.635	0.585
	10—20	坡向	0.034	0
		坡位	8.699**	0.787
		坡向×坡位	0.838	8.009**
覆沙区	0—20	坡向	0.341	0.020
		坡位	15.176**	2.811*
		坡向×坡位	1.426	4.406**
	0—10	坡向	3.050	2.653
		坡位	0.810	0.723
		坡向×坡位	0.754	0.147
裸露区	10—20	坡向	1.489	0.751
		坡位	0.367	0.873
		坡向×坡位	0.615	1.234
	0—20	坡向	4.219*	3.012*
		坡位	0.002	1.535
		坡向×坡位	0.378	0.945
裸露区	0—10	坡向	0.547	0.033
		坡位	0.909	1.178
		坡向×坡位	0.221	0.053
	10—20	坡向	5.200*	0.082
		坡位	0.916	1.711
		坡向×坡位	0.728	0.121
裸露区	0—20	坡向	4.039*	0.125
		坡位	1.825	3.206*
裸露区	0—20	坡向×坡位	0.680	0.139

注:表中数据为 F 值;* 表示相关性显著($P<0.05$);** 表示相关性极显著($P<0.01$);0—20 cm 包含 0—10,10—20 cm 2 个土层,即将 2 个土层作为整体分析。

2.3 沟道不同部位土壤有机质和速效钾含量

从图 5 可以看出,除断面 4,覆土区 0—10 cm 土层有机质含量由沟口到沟头逐渐减小,下游及沟口含量水平高于上游及沟头,根据箱形宽度可以看出下游比上游波动幅度大,上游 0—10 cm 土层有机质含量分布更为均匀稳定。覆土区 10—20 cm 土层有机质含量下游及沟口高于上游及沟头,箱形宽度在一定程度上反映了下游比上游波动幅度大,上游 10—20 cm 土层有机质含量

分布更为均匀稳定。覆土区 0—10 cm 土层速效钾含量由沟口到沟头呈现先减小再增大再减小的趋势,除异常值较多的断面 3 外,断面 5(中游)箱型宽度较小,波动幅度较小。同时,断面 5(中游)的速效钾含量平均水平最高。覆土区 10—20 cm 土层速效钾含量由沟口到沟头呈现先减小再增加再减小的趋势,中游的速效钾含量平均水平最高,沟口和上游箱形宽度较大,即速效钾含量波动幅度较大,相对不均一。



注:箱体内的横线表示数据的中位数;箱体上下边缘分别表示数据的上下四分位数;箱体中的小方块为均值;由箱体边缘向上下延伸的垂线被称为“触须”,表示数据正常的散布范围;数据如无异常值,触须上下端点分别表示数据的最大值和最小值;数据如有异常值(即图中菱形),触须外端点表示 1.5 倍四分位数的间距。下同。

图 5 覆土区不同土层有机质和速效钾含量变化

覆沙区 0—10 cm 土层有机质含量由沟口到沟头没有明显变化趋势,含量水平波动不明显,说明有 0—10 cm 土层有机质整体分布均匀;覆沙区 10—20 cm 土层有机质含量由沟口到沟头变化趋势不明显,沟口有机质含量平均水平最高。从图 6 可以看出,覆沙区 0—10 cm 土层速效钾含量呈现由沟口到沟头先增大再减小的趋势,中上游平均水平最高,整体含量水平波动不大,0—10 cm 土层速效钾呈现均匀分布;覆沙区 10—20 cm 土层速效钾含量水平在区内无明显波动。

由图 7 可知,裸露区 0—10 cm 土层有机质含量由沟口到沟头呈现先减小再增大再减小的趋势,异常值较多,平均含量水平差异较大体现了有机质整体分布的不均一性;裸露区 10—20 cm 土层有机质含量变化基本与 0—10 cm 土层一致,断面间含量水平差异

较大也反映了 10—20 cm 土层有机质整体分布相对不均匀。裸露区 0—10 cm 土层速效钾含量由沟口逐渐增大到中游再减小至沟头,中游波动幅度最大、含量水平最高。裸露区 10—20 cm 土层速效钾含量变化与 0—10 cm 土层基本相同。

图 8 对比总结了不同类型区不同土层的有机质含量变化,覆土区和覆沙区 0—10 cm 比 10—20 cm 土层有机质含量平均水平略高,裸露区 0—10 cm 比 10—20 cm 土层有机质含量平均水平略低。整体上覆沙区波动幅度最小,3 个类型区有机质含量差异不大。覆土区和覆沙区 0—10 cm 比 10—20 cm 土层速效钾含量平均水平略高,裸露区 10—20 cm 土层速效钾含量高于 0—10 cm。整体上覆土区和覆沙区速效钾含量水平相近,裸露区速效钾含量高于覆土区和覆沙区。

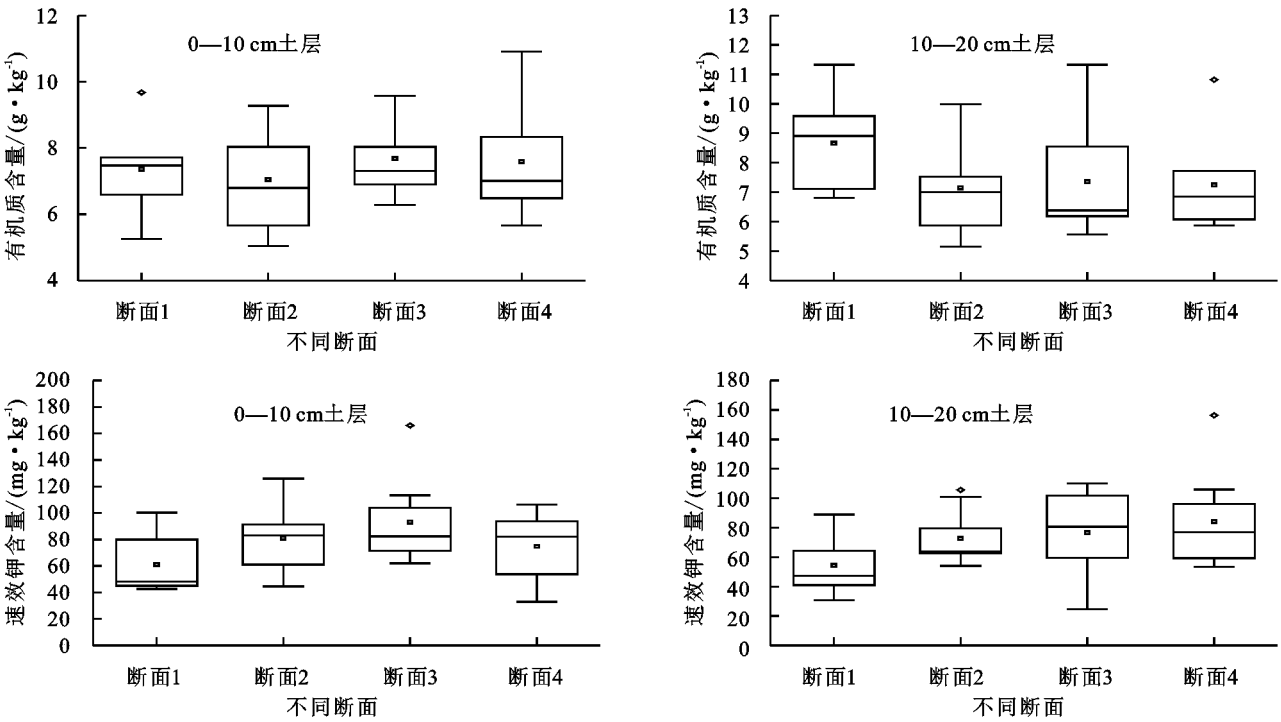


图 6 覆沙区不同土层有机质和速效钾含量变化

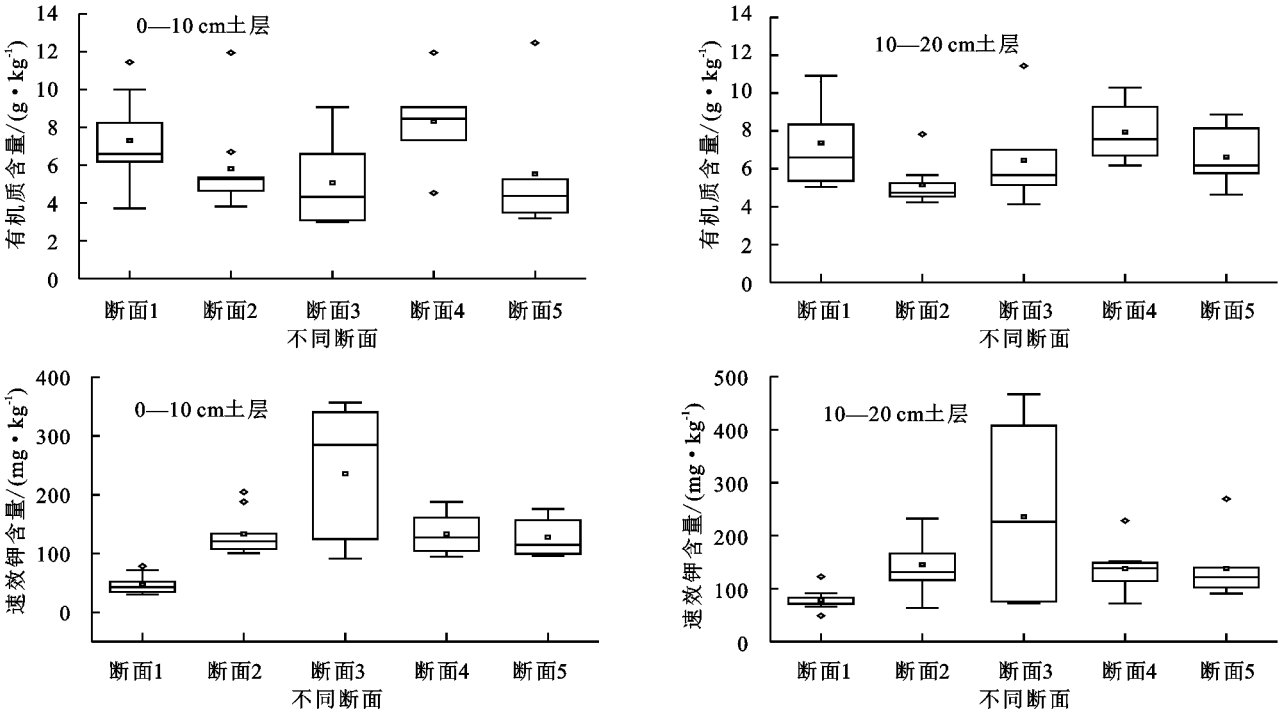


图 7 裸露区不同土层有机质和速效钾含量变化

2.4 植被丰富度对土壤有机质和速效钾含量的影响

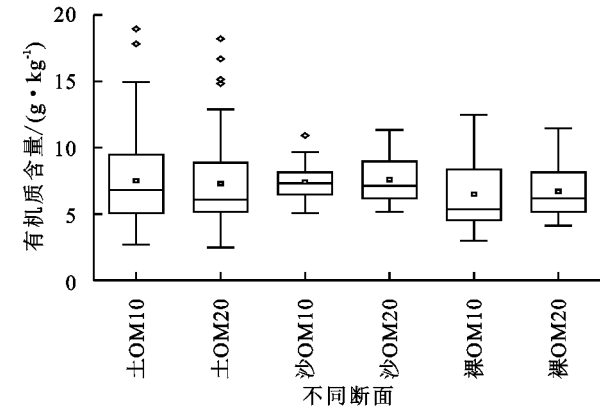
表 4 为土壤有机质、速效钾含量与植被丰富度指数 (D) 之间的相关性,覆土区 0—10,10—20 cm 和整体层 (0—20 cm) 的有机质含量均与 D 呈极显著正相关关系 ($P<0.01$);此外 10—20 cm 土层和整体层 (0—20 cm) 的速效钾含量与 D 存在显著负相关关系 ($P<0.01$),相关系数为 -0.346 。覆沙区 0—10 cm 土层土壤有机质与速效钾含量存在显著正相关关系 ($P<0.05$), D 正向影响 0—10 cm 土层和整体层土壤有机质含量及整体层速效钾含量,即 D 越高,土壤有机质或速效钾含量越高。裸

露区各土层土壤速效钾和有机质含量均存在显著负相关关系,但 D 正向影响着各土层土壤有机质含量,整体层中土壤速效钾含量随 D 增加而减小。

3 讨论

本研究表明,砒砂岩覆土区、覆沙区和裸露区土壤有机质含量分布在 6.65~7.41 g/kg,水平分级整体属于五级(低),与袁勇等^[15]对纳板河自然保护区土壤有机质与速效钾含量进行水平分级所得结果一致,但是与纳板河自然保护区土壤不同的是砒砂岩受成土母质影响土壤组成特殊,土壤表层易被侵蚀,植

被覆盖少,导致有机质积累少,随土壤侵蚀流失一部分有机质,导致有机质整体含量低;而速效钾含量介于 74.61 ~137.38 mg/kg,处于中高水平,这可能与



注:“土”表示覆土区;“沙”表示覆沙区;“裸”表示裸露区;AK 表示速效钾;OM 表示有机质;10 表示 0—10 cm 土层,20 表示 10—20 cm 土层。

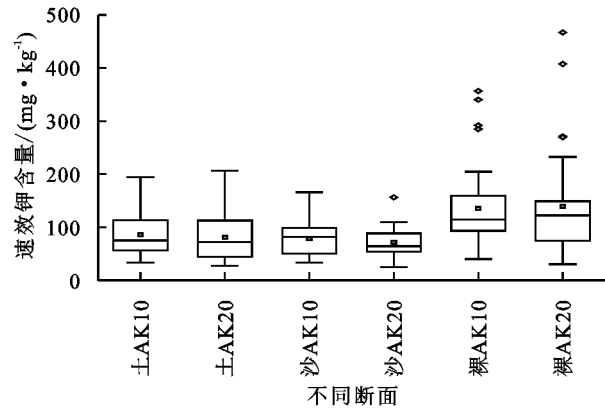
图 8 不同类型区不同土层土壤有机质和速效钾含量变化

表 4 不同土壤类型区土壤有机质、速效钾含量与植被丰富度相关性					
区域	土层深度/cm	指标	有机质/ (g·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	D
覆土区	0—10	有机质	1		
		速效钾	-0.113	1	
		D	0.485 **	-0.244	1
	10—20	有机质	1		
		速效钾	-0.232	1	
		D	0.506 **	-0.439 **	1
	0—20	有机质	1		
		速效钾	-0.172	1	
		D	0.494 **	-0.346 **	1
	0—10	有机质	1		
		速效钾	0.394 *	1	
		D	0.375 *	0.223	1
覆沙区	10—20	有机质	1		
		速效钾	0.282	1	
		D	0.045	0.337	1
	0—20	有机质	1		
		速效钾	0.345 **	1	
		D	0.321 **	0.135	1
	0—10	有机质	1		
		速效钾	-0.344 *	1	
		D	0.390 *	-0.231	1
	10—20	有机质	1		
		速效钾	-0.382 *	1	
		D	0.321 *	-0.214	1
裸露区	0—20	有机质	1		
		速效钾	-0.353 **	1	
		D	0.354 **	-0.220 *	1

注:表中数据为皮尔逊相关系数; * * 表示相关性极显著($P < 0.01$); * 表示相关性显著($P < 0.05$); 0—20 cm 包含 0—10, 10—20 cm 2 个土层,即将 2 个土层作为整体分析。

从坡向、坡位、垂直土层差异及所处沟道区间(沟

伍艳等^[16]提到的砒砂岩组成成分有关,钾长石是砒砂岩主要组成部分,钾元素含量高,长期的风蚀水蚀在一定程度上改变了钾元素的存在形式。



口、下游、中游、上游、沟头、中下游、中上游等)断面差异分析有机质和速效钾含量特征,就各类型区而言,覆土区有机质含量阴顶<阳顶<其他坡位,这是由于覆土区多为梁峁和缓坡地,相对海拔高而接受更多太阳辐射,坡顶较为平缓同时覆盖大量黄土有利于水分储存,为植被生长发育提供良好条件,有利于有机质的积累。张巧琴^[17]认为,不同坡向由于光热供应差别显著,影响植物生长的环境因子差别很大。阳坡日照时间长,太阳辐射强,温度高,生长季长,蒸发量大,湿度低,土壤较干燥瘠薄,而阴坡的生境与之相反,这使得阴坡有机质含量平均水平略高于阳坡,两者差值为 0.3 g/kg;而阴坡速效钾含量平均水平略低于阳坡,两者含量差值为 0.07 mg/kg,可能是由于速效钾稳定性不强,试验过程中出现误差。有机质含量整体上从沟口到沟头逐渐减小,这是由于受地形条件影响,在水力侵蚀下,土壤有机质在沟口积累;有机质含量受土层深度影响不大,这与覆土区土壤质地均匀有关系。覆沙区阴顶有机质含量最高,这与覆土区情况一致,但是阳坡有机质含量平均水平高出阴坡 0.04 g/kg,阴坡阳坡有机质含量差异不明显,可能是因为覆沙区有机质含量普遍较低,风蚀水蚀严重,植被覆盖度低,未造成有机质含量的显著差异。阴坡速效钾含量平均水平明显高于阳坡,裸露区阳顶有机质含量最高,这与其他 2 个类型区情况相同,阳坡有机质含量平均水平明显高于阴坡,差值为 1.19 g/kg,这与吴昊^[18]对秦岭山地松栎混交林土壤养分研究所得结论相近,这是由于阳坡接受更多太阳辐射,地温变化更剧烈,土壤微生物活性受到影响;而阴坡处于微地形条件下的寡日照部位,地温趋于稳定,更有利于土壤动物、微生物活动,所以阳坡土壤中有有机质的分解和转化速率相对低于阴坡,使阳坡土壤更有利于土壤有

机质的积累。阴坡速效钾含量平均水平明显高于阳坡,是由于阳坡水热条件较差,正向影响了土壤速效钾的不稳定性,使得速效钾不易累积。综合来看,3个类型区有机质与速效钾含量受土层差异影响不大,这可能是由于本研究只选择了 0—20 cm 土层采样。一般来讲,表层土壤有机质会淋溶至深层,同时有机质含量与植被根系相互影响^[19],对于本研究,今后可适当加深土层深度并结合植被根系情况,进行土壤有机质与速效钾间的差异比较。3个类型区的有机质含量差异不大,气候条件与成土母质条件决定了砒砂岩地区土壤条件较差,植被覆盖率低,有机质含量低。覆土区和覆沙区速效钾含量水平相近,裸露区速效钾含量最高,受气候条件、土壤母质条件和地形条件影响,裸露区岩体与外界条件接触面积大,大量岩体风化使得速效钾累积。

覆土区有机质含量受坡位影响极显著,本研究与张顺平等^[20]的观点相同,这是由于受地形与植被因素影响较大。一般来讲,覆土区坡顶水热条件较好,植被覆盖较高,有机质含量相对较高,但有机质含量受坡向影响不明显。速效钾含量在坡位作用影响下呈现显著差异,这与刘鑫等^[21]研究结论一致,同时坡向坡位的交互作用对速效钾含量也有影响。坡位单独作用及坡向和坡位的交互作用对覆沙区有机质、速效钾含量均无明显影响,只有 10—20 cm 土层速效钾含量在不同坡向间呈现显著差异($P < 0.05$)。坡向对裸露区的 10—20, 0—20 cm 土层有机质含量影响较大, 0—20 cm 土层速效钾含量与坡位呈显著差异($P < 0.05$)。整体来说,覆土区有机质和速效钾含量受地形因子影响较大,而覆沙区和裸露区受地形因子影响较小,可能是由于不同类型区表层土壤组成差异造成的。

覆土区植被丰富度指数(D)基本上与各土层有机质和速效钾含量存在极显著正、负相关性($P < 0.01$), D 值越高,有机质含量越容易积累,但是植物生长发育对速效钾需求量增大,导致速效钾含量变小。覆沙区植被丰富度主要与 0—10, 0—20 cm 土层有机质存在显著正相关性($P < 0.05$),同时有机质与速效钾也存在显著正相关关系,这与周萍等^[22]的研究结论一致。裸露区与覆土区的 D 值与土壤有机质、速效钾含量相关性相似,同时速效钾含量与有机质含量呈显著负相关($P < 0.05$),这与覆土区 D 值高而积累有机质、消耗速效钾结论相吻合。整体来说, D 值对有机质和速效钾影响较大,在对坡面进行植被恢复时,需结合坡面土壤养分变化规律,因地制宜,合理利用土壤条件,促进植被恢复演替;同时,在土壤改良时,也应考虑植被丰富度指数,合理进行植物配置。

4 结论

(1) 3 个不同类型区总体土壤有机质含量介于 6.65~7.41 g/kg,含量水平属于五级(低);土壤速效钾含量介于 74.61~137.38 mg/kg,含量水平为三级(高)或四级(中)。3 个类型区有机质与速效钾含量受垂直土层差异影响不大。不同类型区土壤有机质含量差异不大,覆土区和覆沙区速效钾含量水平相近,裸露区最高。

(2) 覆土区土壤有机质含量与速效钾含量受坡位单独作用和坡位与坡向的交互作用影响极大,坡向的单独作用对其无明显影响;覆沙区只有 10—20 cm 有机质含量和速效钾含量在坡向的单独作用下呈现显著差异($P < 0.05$);裸露区 10—20, 0—20 cm 土层速效钾受坡向显著影响,坡位对 0—20 cm 土层速效钾含量有显著影响。以与土壤有机质、速效钾的显著或者极显著关系的出现频数比较坡向、坡位及坡向与坡位的交互作用对土壤有机质、速效钾含量的影响程度,其大小关系为坡位(6 次) > 坡向(4 次) > 坡向 × 坡位(2 次)。

(3) 植被丰富度指数(D)与 3 个不同类型区的土壤有机质、速效钾含量相关性较高,是进行土壤养分研究应考虑的重要因素。

参考文献:

- [1] 许文霞,翟勇,黄婷,等.石河子垦区农田土壤有机质和全氮空间分布特征研究[J].土壤通报,2015,46(6):1352-1358.
- [2] 王永健,陶建平,彭月.陆地植物群落物种多样性研究进展[J].广西植物,2006(4):406-411.
- [3] Cantón Y, Del Barrio G, Solé-Benet A, et al. Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain[J].Catena, 2004,55(3):341-365.
- [4] 孙婴婴,魏彬萌,吴林川.砒砂岩对毛乌素沙地风沙土固碳能力影响研究[J].西部大开发(土地开发工程研究),2018,3(2):25-30.
- [5] 梁月,殷丽强.砒砂岩区沙棘人工林对土壤化学性质的影响分析[J].国际沙棘研究与开发,2014,12(2):15-17.
- [6] 闫励,杨方社,李怀恩,等.砒砂岩区不同立地下沙棘根系分形特征[J].干旱区研究,2019,36(2):467-473.
- [7] 梁止水,吴智仁,杨才千,等.基于 W-OH 的砒砂岩抗蚀促生理理研究[J].水利学报,2016,47(9):1160-1166.
- [8] 李晓丽,于际伟,刘李杰,等.鄂尔多斯砒砂岩力学特性的试验研究[J].干旱区资源与环境,2016,30(5):118-123.
- [9] 郭振,李娟.砒砂岩与沙复配土体的固碳机制研究进展[J].农技服务,2019,36(1):109-110.
- [10] 查同刚.土壤理化分析[M].北京:中国林业出版社,2017.

- 社,2000.
- [14] Brodowski S, John B, Flessa H, et al. Aggregate-occluded black carbon in soil[J].European Journal of Soil Science,2006,57(4):539-546.
- [15] Sun F F, Lu S G. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil[J].Journal of Plant Nutrition and Soil Science,2014,177(1):26-33.
- [16] 张磊,柳璇,韩俊杰,等.生物炭对土壤团聚体及结合态碳库影响研究进展[J].山东农业科学,2016,48(9):157-161.
- [17] 陈心想,耿增超,王森,等.施用生物炭后壤土土壤微生物及酶活性变化特征[J].农业环境科学学报,2014,33(4):751-758.
- [18] Kelly C N, Benjamin J, Calderon F C, et al. Incorporation of biochar carbon into stable soil aggregates: The role of clay mineralogy and other soil characteristics[J].Pedosphere,2017,27(4):694-704.
- [19] 徐爽,王益权.湿筛过程中分散液的质量对土壤团聚体稳定性的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):1012-1020.
- [20] 何玉亭,王昌全,沈杰,等.两种生物质炭对红壤团聚体结构稳定性和微生物群落的影响[J].中国农业科学,2016,49(12):2333-2342.
- [21] Yan F L, Shi Z H, Li Z X, et al. Estimating interrill soil erosion from aggregate stability of Ultisols in subtropical China[J].Soil and Tillage Research,2008,100(1/2):34-41.
- [22] Wang D Y, Fonte S J, Parikh S J, et al. Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates[J].Geoderma,2017,303:110-117.
- [23] 王月玲,耿增超,王强,等.生物炭对壤土土壤温室气体及土壤理化性质的影响[J].环境科学,2016,37(9):3634-3641.
- [24] 刘中良,宇万太.土壤团聚体中有机碳研究进展[J].中国生态农业学报,2011,19(2):447-455.
- [25] 郭天雷,史东梅,卢阳,等.几种保护措施对紫色丘陵区坡耕地土壤团聚体结构及有机碳的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):200-206.
- [26] Xu N, Tan G C, Wang H Y, et al. Effect of biochar additions to soil on nitrogen leaching, microbial biomass and bacterial community structure[J].European Journal of Soil Biology,2016,74:1-8.
- [27] Ameloot N, Maenhout P, De Neve S, et al. Biochar-induced N₂O emission reductions after field incorporation in a loam soil[J].Geoderma,2016,267:10-16.
- [28] 李帅霖,上官周平.生物炭对不同水氮条件下小麦产量的影响[J].干旱地区农业研究,2018,36(2):8-15.
- [29] 贾树海,张佳楠,张玉玲,等.东北黑土区旱田改稻田后土壤有机碳、全氮的变化特征[J].中国农业科学,2017,50(7):1252-1262.
- [30] 吕元春,薛丽佳,尹云锋,等.外源新碳在不同类型土壤团聚体中的分配规律[J].土壤学报,2013,50(3):534-539.
- (上接第 264 页)
- [11] 马克平,黄建辉,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1995,15(3):268-277.
- [12] 陈廷贵,张金屯.十五个物种多样性指数的比较研究[J].河南科学,1999(增刊 1):62-64.
- [13] 邢亚蕾,魏天兴,葛根巴图.鹫峰国家森林公园残次林物种多样性及生态位特征[J].植物研究,2015,35(6):915-922.
- [14] 高君亮,罗凤敏,高永,等.农牧交错带不同土地利用类型土壤碳氮磷生态化学计量特征[J].生态学报,2019(15):1-9.
- [15] 袁勇,李小英,刘晓梅,等.纳板河自然保护区不同坡向和坡位的常绿阔叶林土壤养分[J].东北林业大学学报,2016,44(3):12-15.
- [16] 伍艳,杨忠芳,刘慧,等.砭砂岩物质组成及其对养分含量的影响[J].人民黄河,2016,38(6):18-21.
- [17] 张巧琴.山地阴阳坡生态因子的分析[J].湖南林业科技,1982(2):27-32.
- [18] 吴昊.秦岭山地松栎混交林土壤养分空间变异及其与地形因子的关系[J].自然资源学报,2015,30(5):858-869.
- [19] 魏巍,周娟娟,白玛嘎翁,等.西藏不同草地类型群落根系分布特征与土壤因子的关系[J].中国草地学报,2018,40(6):33-38,46.
- [20] 张顺平,乔杰,孙向阳,等.坡向、坡位对泡桐人工林土壤养分空间分布的影响[J].中南林业科技大学学报,2015,35(1):109-116.
- [21] 刘鑫,满秀玲,陈立明,等.坡位对小叶杨人工林生长及土壤养分空间差异的影响[J].水土保持学报,2007,21(5):76-81.
- [22] 周萍,刘国彬,侯喜禄.黄土丘陵区侵蚀环境不同坡面及坡位土壤理化特征研究[J].水土保持学报,2008,22(1):7-12.