

兰州雨养生态试验示范区坡向对土壤养分特征的影响

张瑜, 吴永华, 张建旗, 黄蓉, 赵峰

(兰州市园林科学研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为了探索坡向与土壤养分含量之间的关系,为兰州市雨养生态区植被恢复与重建提供理论依据,以兰州市皋兰县水阜镇老虎台雨养生态试验示范区为试验点,测定不同坡向(阳坡、半阳坡和阴坡)土壤有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量,分析不同土层和坡向土壤养分含量及相互之间的相关性,综合评价土壤养分状况。结果表明:(1)土壤养分含量呈现出阴坡>半阳坡>阳坡,且随着土壤深度的增加呈显著下降的趋势。(2)坡向与土壤有机质和速效 N 含量呈显著正相关($P<0.05$);土层深度与土壤有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量呈显著负相关($P<0.05$);土壤有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量之间存在显著的正相关关系($P<0.05$)。(3)土壤有机质和速效 N 含量在不同土层和不同坡向间差异显著($P<0.001$),且土层和坡向交互作用对其也有显著影响($P<0.05$)。整体上土壤养分含量偏低,建议在植被恢复配置时,要适地适树,选择抗性强的植物,并适当施用有机肥料。

关键词:雨养生态区;土壤养分;坡向;土层深度;兰州

中图分类号:S158 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)05-0087-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.05.012

地形是影响土壤和环境间物质能量交换的重要因素,在同一地区其他成土条件相近的情况下,地形的差异往往会导致土壤养分的空间变异。土壤的水热分配和物质移动堆积在不同的海拔、坡度和坡向地形条件下存在差异。因此,地形地貌特征影响着表层土壤养分的含量及空间分配特征,地形条件的变化,导致土壤养分状况的改变。所以说,研究坡向与土壤养分空间特征之间的关系,能够为合理进行土地利用规划提供理论依据,并且对土壤养分综合管理以及进行土壤改良和耕作都具有一定的指导作用^[1-2]。

黄土丘陵地区干旱缺水,生态环境脆弱,水土流失

严重,山区的地形条件复杂多变,土地利用方式与地形因子的交互作用尤为明显。植被恢复重建是治理该区水土流失、改善土壤质量的重要措施之一。兰州市皋兰县水阜镇老虎台地处甘肃中部,位于黄河上游,地形属黄土高原丘陵沟壑区,属北温带半干旱大陆性季风气候,年降水量少,地下水匮乏,蓄水保墒性差,森林覆盖率低、生态环境脆弱,生态系统退化严重^[3],在此区域开展雨养生态系统保育、恢复与重建技术研究对建设以根治旱涝为本的雨养生态试验示范区和改善区域生存环境具有极其重要的作用。近年来,学者对兰州市南北两山的土壤养分和水分动态变化规律进行了较多研究^[4],但对雨养生态区不同坡向的土壤养分和土层与坡向相关性研究少有报道,对于黄土高原丘陵沟壑区土壤养分状况在坡向、坡位尺度上的空间分布特征的研究仍然不够深入。本试验通过对老虎台雨养生态试验示范区不同坡向土壤的有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量的测定,分析坡向与土层之间的相关性,评价土壤质量。以期揭示黄土丘陵沟壑区不同坡向土壤全量养分特征,为该区退化生态系统的植被恢复重建提供一定的决策依据。

收稿日期:2020-07-06; **修回日期:**2020-08-24

基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAC07B05-5);兰州市人才创新创业项目(2018-RC-41)

作者简介:张瑜(1987-),女,河南郑州人,工程师,硕士,研究方向为园林植物。

E-mail:gansuy1@126.com

张建旗为通讯作者。

E-mail:229526074@qq.com

1 材料和方法

1.1 试验地概况

研究区位于兰州市皋兰县水阜镇。地理位置为 N 36°06'94"~36°16'36", E103°49'51"~103°56'39", 海拔

平均 1 833 m。气候干燥,雨量稀少,温差大。年均温 7.2℃, 年均降水量 200 mm, 年蒸发量 1 850 mm。全年日照时数 2 768 h, 无霜期 144 d, 土壤为淡灰钙土^[5]。研究区 3 个坡向植被类型见表 1。

表 1 不同坡向植物分布

Table 1 Plant distribution at the different slope aspects

坡向	木(藤)本植物	草本植物
阳坡	半日花、柠条、红砂、白刺	狗尾草、画眉草、洽草、银灰旋花、碱蓬、猪毛菜
半阳坡	半日花、红砂、梭梭、蒙古菴、沙木蓼	阿尔泰狗娃花、碱蓬、骆驼蓬、狗尾草、针毛、中华因子草、蝎虎霸王、洽草、猪毛菜、束散亚菊
阴坡	西北天门冬、沙木蓼、荒漠锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、蒙古菴、驼绒藜	束散亚菊、针毛、碱蓬、骆驼蓬、滩地韭、黄花角蒿、阿尔泰狗娃花、针毛、蝎虎霸王、马蔺、黄花矾松

1.2 研究方法

1.2.1 土样采集与处理 土样采自兰州雨养生态系统试验区皋兰县水阜镇老虎台试验点, 分别从阴坡、阳坡和半阳坡 3 个坡向按照 X 型取样方法进行分层取样(0~20、20~40、40~60、60~80 cm), 重复 3 次, 并将每层土样进行混合装入自封袋编号, 带回实验室备用。共采集 60 个样品。土样自然风干后碾碎, 分别过 2.00、0.25 mm 筛备用, 测定其有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量。

1.2.2 土壤测定指标及方法 土壤有机质、速效 N、速效 P 和速效 K 含量的测定分别依据中华人民共和国行业标准 LY/T1237-1999、LY/T1229-1999、LY/T1233-1999 和 Y/-1236-1999 进行。其中, 有机质含量采用重铬酸钾-硫酸氧化外加加热法; 速效 N 采用碱解扩散法; 速效 P 采用碳酸氢钠浸提-钼蓝比色法; 速效 K 采用乙酸铵浸提-火焰光度法^[6-8]。

1.3 数据分析

数据处理和分析采用 Excel 2010 和 SPSS 22.0 软件。采用 SPSS 22.0 中 one-way ANOVA 进行不同坡向土壤特性指标数据的显著性差异分析和多重比较; 采用 Two-way ANOVA, 分析土层和坡向间及其互作下土壤理化性质变化; 采用 Pearson 相关分析对不同坡向和不同土层深度的土壤养分进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同坡向土壤有机质含量变化

有机质含量在同一坡向不同土层深度整体上表聚

现象明显, 平均含量为阴坡>半阳坡>阳坡。土层深度 0~20 cm 时, 阴坡的有机质含量最高, 达 19.624 g/kg, 较半阳坡和阳坡分别高出 79%、175%; 土层深度 20~40 cm 时, 阴坡较半阳坡和阳坡分别高出 69%、161%; 随着土层深度的继续增加, 阳坡的土壤有机质含量下降趋势不明显。土层深度 0~80 cm 时, 阴坡与阳坡和半阳坡间均有显著性差异, 但阳坡和半阳坡间差异不显著($P<0.05$); 阳坡和阴坡均为土层深度 0~20 与 20~80 cm 间差异显著($P<0.05$), 半阳坡为 0~20 与 40~80 cm 间差异显著($P<0.05$); 3 个坡向在土层 40~80 cm 间均没有显著性差异($P>0.05$)(图 1)。

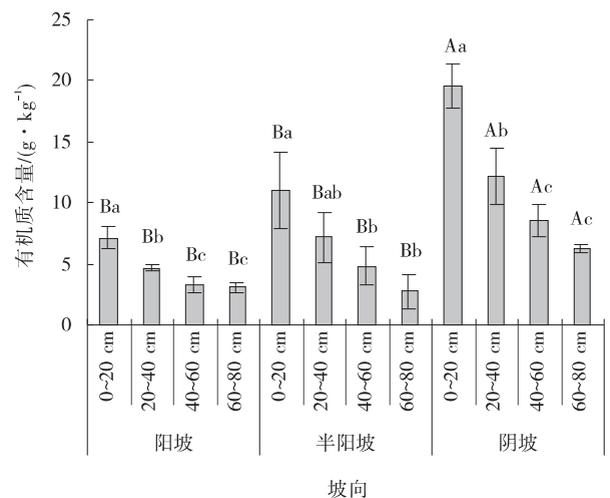


图 1 不同坡向不同土层深度有机质含量

Fig. 1 Soil organic matter content at different soil layers from the different slope aspects

注: 不同小写字母表示同一坡向不同土层间差异显著($P<0.05$); 不同大写字母表示同一土层不同坡向间的差异显著($P<0.05$), 下同

2.2 不同坡向土壤速效 P 含量变化

不同坡向的土壤速效 P 含量主要集中在 0~20 cm 土层,阳坡尤为明显,达 15.83 mg/kg,比半阳坡和阴坡分别高出 0.47% 和 1.54%;随着土层深度的增加,阴坡土壤速效 P 含量逐渐降低;半阳坡和阳坡速效 P 含量呈 U 形变化,当土层深度下降到 60~80 cm 时又有所增加,这是否与植物根系的吸收有关,需进一步深入研究。除了土层深度 60~80 cm 时阳坡与阴坡间差异显著外($P < 0.05$),其余土层深度不同坡向间均无显著差异($P > 0.05$);同一坡向下,土壤速效 P 含量在整体表现出 0~20 cm 时含量高,且与其他土层之间形成显著性差异,20~80 cm 土层间速效 P 含量均不显著($P > 0.05$)(图 2)。

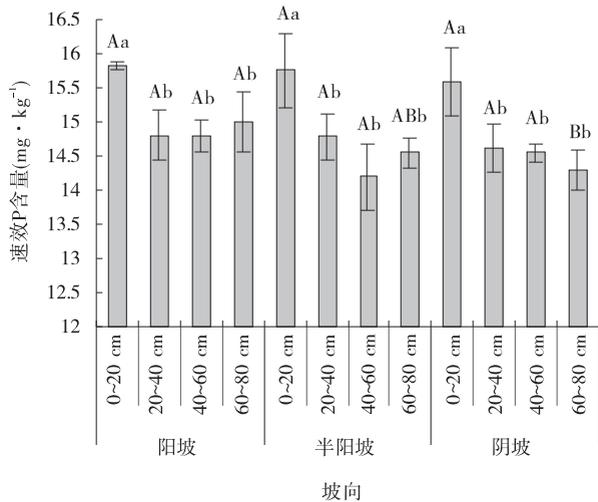


图 2 不同坡向不同土层深度速效 P 含量

Fig. 2 Variation in soil available P content at different soil depths from the different slope aspects

2.3 不同坡向土壤速效 K 含量变化

不同坡向土壤速效 K 含量均为 0~20 cm 土层时最高,同样阴坡最为明显,达 192.46 mg/kg;土层深度在 20~80 cm,不同坡向土壤速效 K 含量变化趋势不明显。土层深度 0~40 cm 时,不同坡向速效 K 含量差异不显著;土层深度 40~60 cm 时,阳坡与阴坡之间差异性显著,但与半阳坡之间无显著性差异($P > 0.05$);土层深度 60~80 cm 时,阳坡与阴坡和半阳坡之间均差异显著($P < 0.05$),但半阳坡与阴坡之间差异不显著($P > 0.05$)(图 3)。

2.4 不同坡向土壤速效 N 含量变化

整体上土层深度与土壤速效 N 含量的高低呈反比,且阴坡 > 半阳坡 > 阳坡;40~80 cm 土层间,阳坡和半阳坡有 2 次交集。在 0~80 cm 土层深度之间,土

壤速效 N 含量表现出阴坡显著高于阳坡和半阳坡,但阳坡和半阳坡之间差异性不显著($P < 0.05$)。就坡向而言,阳坡和半阳坡的土壤速效 N 含量为土层深度 0~20 cm 与土层深度 40~60 cm 和 60~80 cm 差异性显著,其余土层深度之间速效 N 含量均不显著;阴坡土壤速效 N 含量在 40~60 cm 和 60~80 cm 间差异性不显著,其余土层深度速效 N 含量显著($P < 0.05$)(图 4)。

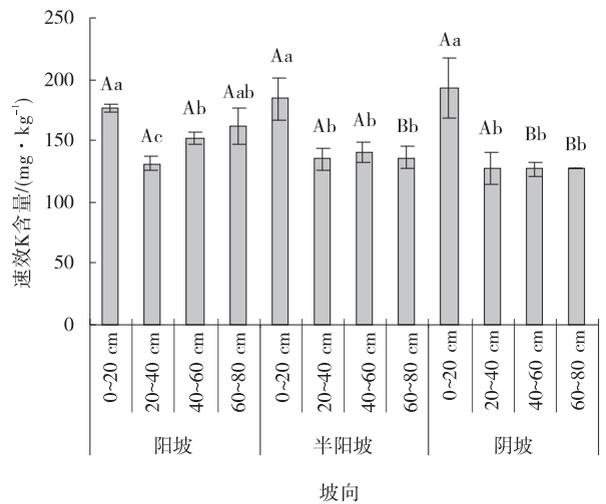


图 3 不同坡向不同土层深度速效 K 含量

Fig. 3 Variation in soil available K content at different soil depths from the different slope aspects

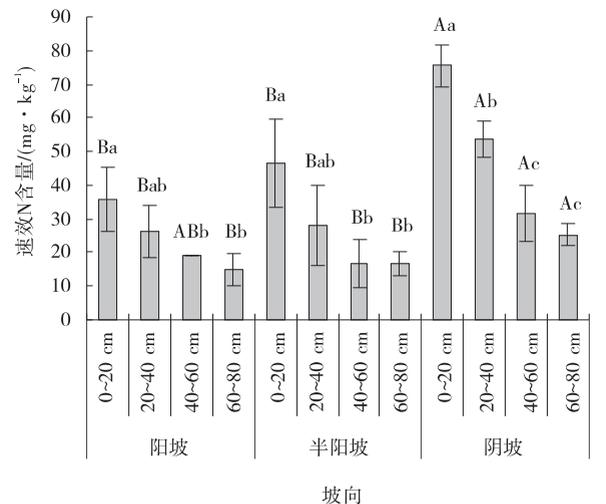


图 4 不同坡向不同土层深度速效 N 含量

Fig. 4 Variation in soil available N content at different soil depths from the different slope aspects

2.5 土层深度和坡向对土壤养分的影响

土壤有机质、速效 P、速效 K 和速效 N 含量均在不同土层之间差异极显著($P = 0.000$),但坡向对养分含量的影响和同时受土层与坡向互作的影响不尽相同。土壤有机质含量在坡向之间差异极显著($P =$

0.000),同时受土层和坡向交互影响显著($P=0.020$);土壤速效P含量在坡向($P=0.063$)以及土层和坡向交互影响($P=0.559$)下差异均不显著;土壤速效K含量在土层与坡向交互影响下差异显著($P=0.021$),在坡向之间差异不显著($P=0.057$);土壤速效N含量在坡向之间差异极显著($P=0.000$),同时受土层和坡向交互影响显著($P=0.042$)(表2)。由此可见,相对于坡向而言,各项指标整体更易受到土层深度的影响,因此,老虎台雨养生态系统立地选择过程中,若能充分考虑坡向的影响,将有助于改善立地土壤环境,提高植物的生长质量状况。

2.6 不同坡向土壤养分间相关性分析

土壤养分的相关性分析结果表明(表3),坡向与土壤有机质和速效N含量呈显著正相关($P<0.05$);土壤深度与土壤有机质、速效P、速效K和速效N含

表3 采用 Pearson 对不同坡向不同土层深度的土壤养分的相关性分析

Table 3 Pearson correlation between soil depth, slope aspects, and soil nutrients

	坡向	土层深度	有机质	速效 P	速效 K	速效 N
坡向	1					
土层深度	0	1				
有机质	0.592**	-0.638**	1			
速效 P	-0.233	-0.663**	0.469**	1		
速效 K	-0.198	-0.547**	0.463**	0.824**	1	
速效 N	0.500**	-0.693**	0.941**	0.543**	0.492**	1

注:**表示相关性显著水平 $P<0.05$ 。

3 讨论

坡向作为重要的地形因子,对土壤矿化和腐殖化过程以及有机质含量的空间分布有重要的影响^[9]。许多研究表明:坡向对土壤养分的剖面分布有着重要影响,且不同坡向土壤养分剖面分布的差异主要是由坡面养分和土壤养分在降水侵蚀过程中的再分配造成的^[10]。老虎台雨养生态区土壤养分含量呈现出表聚现象,随着土层深度的增加而下降,这与前人的研究结果一致^[11-14],可能与草本植物的落叶腐熟有关。本研究中,土壤有机质含量在0~80 cm土层间阴坡、阳坡和半阳坡的差异显著,表层土(0~20 cm)阴坡土壤有机质含量最高,这可能是由于阴坡、半阳坡、阳坡坡向不同,导致不同样地间温度和含水量不同。而温度和降水是影响土壤表层养分含量和分布的主要环境因子^[15]。不同类型土壤速效养分多集中在表层土中,整

表2 不同土层深度和坡向对土壤养分的影响

Table 2 Soil physical and chemical properties at different soil depth from the different slope aspects

因素	类项	有机质	速效 P	速效 K	速效 N
土层深度	F	31.964	21.755	38.298	25.372
	P	0	0	0	0
坡向	F	41.918	3.113	3.225	30.392
	P	0	0.063	0.057	0
土层深度×坡向	F	3.162	0.83	3.123	2.268
	P	0.02	0.559	0.021	0.042

量呈显著负相关($P<0.05$);土壤有机质、速效P、速效K和速效N含量之间存在显著的正相关关系($P<0.05$)。土壤有机质与速效P、速效K和速效N含量的相关程度为:速效N>速效P>速效K,说明土壤有机质含量的积累和分布对土壤速效N、速效P和速效K的分布有着重要影响。

体上,土壤有机质含量阴坡>半阳坡>阳坡,是因为从阳坡到阴坡,太阳辐射减少,阴坡温度较低,蒸发较少,土壤有机质降解较低,积累较多,阴坡土壤含水量高于半阳坡和阳坡,因此导致不同坡向的有机质不同,阴坡土壤有机质含量高于阳坡^[16-17]。坡向作为重要的地形因子,通过改变光照、温度,间接影响着土壤水分的含量和分布,坡向通过影响植被和土壤水分等微环境产生作用,进而影响造成土壤养分的差异。

速效N、速效P和速效K是对植物生长起重要作用的矿质元素,其中总N和总P含量是反映土壤养分的基础,而速效N、速效P和速效K含量则反映土壤供给植物养分的能力^[18]。本研究表明,阴坡的速效N含量明显高于半阳坡和阳坡,土壤速效P和速效K含量偏低,速效钾在阴坡显著高于半阳坡和阳坡。这可能是由于阳坡植被覆盖度较低,土壤中植物根系较少,土壤氮素流失较多^[19]。深层土壤速效N和有机质变

化趋势一致。以往研究也表明,土壤有机质的积累与分解直接影响 N 素在土壤中的存贮和转化^[20-21],对土壤氮素含量起主导作用^[22-23]。不同土壤深度的速效 N、有效 P 和速效 K 含量随着土层深度的增加而降低,土壤中速效 P 的含量,随着土壤类型、气候、施肥水平、灌溉和耕作栽培措施等条件的不同而异,从植物和施肥角度来看,土壤中速效 P 的含量测定能说明土壤磷肥的供应情况,为施用磷肥及提高磷肥利用率提供依据。与速效 N、速效 P 不同的是,速效 K 含量在不同坡向深度分布上变化不大,这可能与速效 K 在土壤中比较稳定,在不同剖面分布中较为均匀有关。不同坡向的速效 N、速效 P 和速效 K 含量在不同剖面分布的差异,与植被对不同养分的选择性吸收以及吸收强度和深度有密切的关系。

4 结论

通过综合分析各项指标,结合第二次全国土壤普查技术规程^[24-25]得出,老虎台试验示范区土壤养分含量整体上非常匮乏,土壤有机质和速效 N 含量属于极低级别,速效 P 和速效 K 含量均属于低级。不同坡向土壤养分之间和土层与坡向交互作用的相关性显著。在今后植被恢复配置时,首先要根据植物的生长习性选择栽植地,其次还要考虑抗性强和耐瘠薄的品种,在种植时施用一些充分腐熟的有机肥料。

参考文献:

- [1] 蒋文惠. 地形与土地利用对山区土地养分空间变异的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2014.
- [2] 张建旗,程晓月,赵峰,等. 兰州市区行道树一七叶树土壤养分状况初探[J]. 草原与草坪,2018,38(1):90-96.
- [3] 李小英,段争虎,陈小红,等. 黄土高原西部人工灌木林土壤水分分布规律[J]. 干旱区研究,2014,31(1):38-43.
- [4] 张灵,王绪芳,王春燕,等. 兰州市南北两山土壤养分空间分布及其影响因素[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2007,43(3):53-57.
- [5] 张瑜,吴永华,张建旗,等. 兰州市黄河风情线行道树柳树穴土壤有机质及盐碱特征[J]. 草原与草坪,2013,33(6):67-71.
- [6] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:农业出版社,2000.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:北京农业出版社,1999:178-200.
- [8] 龚子同. 中国科学院南京土壤研究所土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978:196-211.
- [9] Mulla D. Mapping and managing spatial patterns in soil fertility and crop yield [C]//Robet P C.,Rust R H.,Laron W E. Proceedings of soil specific crop management, Amer Soc Agron Madison: Soil Science Society of America, 1993:15-26.
- [10] 林葆,林继雄,李家康. 长期施肥作物产量和土壤肥力变化[M]. 北京:农业科技出版社,1996.
- [11] 李兴明,车克钧,杨永红,等. 白龙江上游不同海拔森林土壤养分变化规律研究[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(6):131-137.
- [12] 刘文杰,陈生云,胡凤祖,等. 疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素[J]. 生态学报,2012,32(17):5429-5437.
- [13] 宋依璇,邓继峰,李景浩,等. 辽西北典型人工林地不同坡位土壤养分特征及与林木生长性状的关系[J]. 西北林学院学报,2017,32(3):18-24.
- [14] 王彦龙,王晓丽,马玉寿. 坡向对长江源区高寒草地植被生长和土壤养分特征的影响[J]. 草业科学,2018,35(10):2336-2346.
- [15] 柏延芳. 黄土高原第 I 副区不同植被条件下土壤有机质及氮素的分布与迁移行为研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2008.
- [16] 刘文杰,陈生云,胡凤祖,等. 疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素[J]. 生态学报,2012,32(17):5429-5437.
- [17] 刘旻霞,王刚. 高寒草甸植物群落多样性及土壤因子对坡向的响应[J]. 生态学杂志,2013,32(2):259-265.
- [18] 马帅,赵世伟,李婷,等. 子午岭林区不同植被恢复阶段土壤有机碳变化研究[J]. 水土保持通报,2011,31(3):94-98,154.
- [19] 李小娟,李以康. 青藏高原高寒草甸退化对矮嵩草有关生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2017,37(8):1577-1585.
- [20] 张兴昌,刘国彬,付会芳. 不同植被覆盖度对流域氮素径流流失的影响[J]. 环境科学,2000,21(6):16-19.
- [21] Wang J. Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China [J]. Journal of Arid Environments,2001,48(4):537-550.
- [22] 王国梁,刘国彬,许明祥. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J]. 水土保持通报,2002,22(1):1-5.
- [23] 邱权,李吉跃,王军辉,等. 柴达木盆地不同居群白刺土壤养分空间变异性[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):15

—20,52.

- [23] Wang J. Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment? on the? loess plateau in China [J]. *Journal of Arid Environments*, 2001, 48(4): 537—550.

[24] 张茂康. 甘肃土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1993.

- [25] 李红裔, 张野, 赵迪, 等. 基于神经网络多模型的土壤养分肥力评价[C]// 中国植物营养与肥料学会 2010 年学术年会论文集, 2010.

Effects of slope aspects on soil nutrient characteristics at rain-fed ecological experiment demonstration site in Lanzhou

ZHANG Yu, WU Yong-hua, ZHANG Jian-qi, HUANG Rong, ZHAO Feng

(Lanzhou Institute of Landscape Gardening, Lanzhou 730070, China)

Abstract: This study aimed to explore the relationship between different slope aspects and soil nutrient content, and to provide the theoretical basis for vegetation restoration and reconstruction at Lanzhou rain-fed ecological zones. The soil organic matter, available P, available K, available N, and their correlation were analyzed at different soil depth from the different slope aspects (South-facing slope, half sunny slope and North-facing slope) at the Tiger Terrace Rain-fed Ecological Experiment and Demonstration Zone, in Shuifu Township, Gaolan County, Lanzhou. The results showed that soil nutrient content decreased significantly with the increasing soil depth, and followed a trend of south-facing slope > half sunny slope > north-facing slope. The slope aspects had a significant and positive correlation with soil organic matter and available N content ($P < 0.005$). Soil depth showed a significant and negative correlation with soil organic matter, available P, available K and available N content ($P < 0.005$). There was a significant and positive correlation between soil organic matter, available P ($P < 0.001$), available K and available N ($P < 0.005$). Soil organic matter content and available N were significantly affected by soil depth, slope aspects ($P < 0.001$) and their interactions ($P < 0.05$). As soil nutrient content was generally low, we suggest that plants with strong resistance should be selected and planted at the suitable sites, with the appropriate application of organic fertilizers for soil rehabilitation.

Key words: rain-fed ecological zone; soil nutrient; slope aspect; soil depth; Lanzhou