

干旱区典型植物群落土壤水盐空间差异

黄 晔¹, 王雪梅^{1,2}

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆维吾尔自治区重点实验室 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 乌鲁木齐 830054)

摘 要:以渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带典型植物群落以及土壤因子作为研究对象,通过野外调查、样品采集和室内分析,对典型植物群落物种与土壤因子的空间关系进行了统计分析,探讨了土壤盐渍化的影响因素及其变化规律。结果表明:(1)随着土壤剖面深度的增加,土壤含水量整体逐渐升高,土壤含盐量和电导率在各层均具有较高的含量分布,土壤 pH 值在不同样线不同剖面整体呈碱性。(2)随着土壤的含盐量、电导率和 pH 值的增加,植物多样性指数与优势度指数等呈相应下降趋势,典型植物群落的物种多样性与土壤含水量和 pH 值具有显著的相关性($p < 0.05$),而与土壤含盐量和电导率无明显的相关关系($p > 0.05$)。(3)研究区土壤表层的盐渍化现象非常严重,对植物群落的物种多样性影响较大,土壤水盐空间分布呈由东向西逐渐增加的趋势。

关键词:典型植物群落; 土壤水盐; 空间差异; 绿洲—荒漠过渡带

中图分类号:Q948

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)02-0126-05

Spatial Difference of Soil Water and Salt in Typical Plant Communities in Arid Region

HUANG Ye¹, WANG Xuemei^{1,2}

(1. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Key Laboratory, Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi 830054, China)

Abstract: Based on the field investigation, sample collection and laboratory analysis, the spatial relationship between typical plant community and soil factor was analyzed statistically in order to explore the influencing factors on soil salinization and its variation. The results showed that: (1) with the increase of soil depth, the soil water content increased gradually, and the soil salinity and conductivity had higher distribution in each layer, and the soil pH values in different profiles of different sections were alkaline in general; (2) with the increase of soil salinity, electrical conductivity and pH value, the plant diversity index and dominance index of the corresponding area decreased correspondingly; the species diversity of typical plant community was related to soil water content and pH value ($p < 0.05$), but had no significant correlation with soil salinity and electrical conductivity ($p > 0.05$); (3) the salinization of the surface soil in the study area is very serious, which has a great influence on the species diversity of the plant community, and the spatial distributions of soil water and salt are increasing from east to west.

Keywords: typical plant community; soil water and salt; spatial difference; oasis-desert transition zone

土壤盐渍化是土地退化和土地荒漠化的主要形式之一,目前盐渍土广泛分布于中国的干旱区,约占全国总面积的 $1/3$ ^[1]。针对不同的研究区域,寻求土壤盐渍化最准确和最适用的监测方法,以及土壤盐渍化动态变化对绿洲生态环境的影响则是当前土壤盐渍化研究的主要目的^[2]。干旱区荒漠植物广泛分布

于土壤盐渍化发生区域,具有耐盐碱、抗干旱的特性,对维持绿洲—荒漠复合生态系统的平衡起着积极作用,同时可有效改良盐碱土,对解决干旱区土壤盐渍化问题具有十分重要的现实价值。

近年来,众多学者研究认为,在天然条件下,土壤的水、盐背景值及其分布决定着植物的种群、群落自

然选择的生存条件。土壤的质地、土壤的水分含量和盐分含量对研究植物的生长状况往往起着至关重要的作用^[3-4]。关于植物群落与环境因子之间的关系研究已成为地植物学研究的重要内容。张雪妮等^[5]从不同水盐梯度,对荒漠区植物多样性空间格局与土壤环境因子之间的关系进行了分析。王蒙^[6],王健铭^[7]等通过研究沙漠和戈壁地区植物多样性与土壤特性之间的关系,认为土壤是影响植物生长的主要因素。张元明等^[8]通过研究进一步证实了塔里木河流域植物群落的分布格局与环境因子之间存在紧密的关系。因此,土壤水盐已成为干旱荒漠区植被地下生境的关键因子,并直接影响和制约着天然植被的分布、生存和演替^[9]。

渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带位于新疆塔里木盆地的北缘,是我国西北干旱区生态脆弱带的重要组成部分。如何科学合理地防治土壤盐渍化,改善生态环境则成为目前该区农业发展中面临的主要问题^[10-12]。本研究以大量的野外调查为基础,通过分析土壤各项理化指标与典型植物群落物种多样性特征,对渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带典型植物群落土壤水盐空间差异进行研究,通过揭示植物群落生长与环境因子之间的关系,为绿洲生态系统的稳定和可持续发展提供理论指导。

1 试验材料与方法

1.1 研究区概况

渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带位于新疆天山山脉南麓,塔克拉玛干沙漠北缘,介于北纬 $39^{\circ}30'—42^{\circ}40'$,东经 $81^{\circ}27'—84^{\circ}07'$ 。该地区在行政上隶属新疆阿克苏地区管辖,主要包括库车、沙雅和新和3个县,东接轮台县,西邻阿克苏、温宿两县。该区属于温带大陆性干旱气候,热量丰富,气候干燥,光照充足,降水稀少,夏季干热,冬季干冷,气候的年较差大,风多沙大,土地盐碱化、沙化现象严重。其中大部分是沙漠和戈壁,绿洲面积仅有 $56.096\text{万}\text{hm}^2$,占总面积的 10.7% 。由于该区降水稀少,水分蒸发强烈,区域土壤盐渍化现象普遍。荒漠植物以小乔木柽柳(*Tamarix ramosissima*)及灌木和半灌木盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)、白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)和花花柴[*Karelinia caspia* (Pall.) Less.]等为主,草本植物主要有芦苇(*Phragmites australis*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)和猪毛菜(*Salsola arbuscula*)等,在绿洲—荒漠过渡带构成了乔木、灌木和草本植物群落。这些植物含有大量可溶性盐分,残落物和残体经矿化分解归入土壤,可加剧土壤积盐过程^[13]。

1.2 野外调查

2015年10月上旬在新疆南疆阿克苏地区渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带开展项目研究。由于该区常年降水稀少,蒸发强烈。土壤水分经过夏季的强烈蒸发作用以后,在每年秋季的9—10月,土壤盐渍化的表层集聚现象在这一时期非常明显,故选择这一时期进行野外调研。在研究区不同盐渍化区域选取三条典型样线,每条样线调查的长度约为5 km。其中样线Ⅰ位于库车县东部区域,样线Ⅱ则位于库车县的东南部,样线Ⅲ位于新和县的西南缘。在每条调查样线上,每隔500 m设置一个样地。在样地内调查1个 $50\text{m}\times 50\text{m}$ 的乔木样方、3个 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 的灌木样方和5个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 的草本样方,并记录其植被数量特征;用激光测高仪和钢尺在现场测量各样方的乔、灌木树高;在每一个样地内挖取土壤剖面,调查0—5,5—10,10—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm各土壤剖面层的土壤特征,并分别在各层约取500 g土样,并装入写好标签的塑料袋中用于室内指标的测定。采样时每个样点用GPS精确定位,获取样点经纬度信息,并实地记录样点土壤状况、植被生长状况、地貌类型等地表信息,同时用数码相机对样点区域进行景观拍照。

1.3 室内分析

参照《土壤理化性质分析土壤农业化学常规分析方法》中的方法,通过用烘干法测得土壤含水量。同时,对土壤样品进行风干处理,风干后的土壤研磨后过筛待测。将预处理后土样按5:1水土比进行浸提,用Orion 115A+仪器测定浸提液 25°C 时的电导率、含盐量,土壤pH值用pH值计测定^[14]。

1.4 数据处理

根据野外调查和室内试验测定的数据,利用Excel对数据进行初步的计算与整理。另外,利用SPSS 21.0进行数据统计分析,通过单因素方差分析及LSD多重比较分析方法,比较不同采样区域的环境因子之间的差异,并运用相关分析法对典型植物群落的各项多样性指数与土壤的水盐特征值之间进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同样线环境因子特征分析

由表1可以看出,在不同的样线上,经纬度变化范围有所不同,海拔高度随着样线Ⅰ>样线Ⅱ>样线Ⅲ,呈明显的增加趋势。同样可以看出,土壤含水量和pH值整体以相同规律呈增加趋势,且变化趋势明显,说明不同样线间的土壤水分与pH值有显著差异。认为,海拔高度对土壤含水量和pH值均存在一

定的影响。土壤含盐量与电导率也逐渐增加,但增加趋势不显著,说明不同样线间的土壤含盐量和电导率差异并不明显。土壤水盐的空间格局变化说明,土壤盐渍化在空间上呈现出由研究区东部向西部递增的变化趋势。pH 值在 8.12~8.33 范围内变化,说明研究区土壤整体呈碱性。土壤电导率的含量高低反映了研究区土壤中盐基离子含量的多少,与土壤含盐量存在一定的关系。土壤的含盐量越多,土壤中盐基离子的含量就越高,则电导率值越大。

表 1 研究区不同样线环境因子

样线编号	样线 I	样线 II	样线 III
经度/(°)	83.310—83.322	82.214—82.236	83.263—83.287
纬度/(°)	41.676—41.712	41.493—41.512	41.602—41.624
平均海拔/m	949.7±3.15a	957.4±4.72b	964.8±5.08c
土壤含水量/%	17.8±0.82a	11.0±1.73b	16.3±0.94a
土壤含盐量/(g·kg ⁻¹)	26.9±1.03a	27.8±0.56a	28.5±0.50a
电导率/(mS·cm ⁻¹)	1.6±0.27a	1.6±0.14a	1.8±0.11a
pH 值	8.1±0.09b	8.2±0.05b	8.3±0.03a

注:不同的小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,相同的小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著。

2.2 土壤水盐空间差异分析

2.2.1 土壤含水量空间差异 土壤水分状况是影响植物多样性及群落分布的重要环境因子。如图 1 所示,在研究区 3 条样线上,土壤含水量的变化范围在 0%~25%,含量较低,植被主要以耐干旱、瘠薄的荒漠植物为主,且不同区域的土壤含水量呈现出显著的差异。土壤含水量在样线 II 上的含量最低,样线 I 与样线 III 的含水量相比,样线 III 的土壤含水量略低。在同一区域,随着土壤剖面的逐渐加深,土壤含水量均呈递增趋势,且差异较为显著。由于研究区为典型的干旱区域,降水稀少、蒸发强烈。土壤中的含水量不仅受海拔高度的影响,还与离渭干河的距离有关,距离越近含水量越大,呈现出明显的区域差异,同时,土壤含水量与地下水埋深也有密切的关系,并受人为因素的影响较为显著,具有显著的纵向差异^[15]。

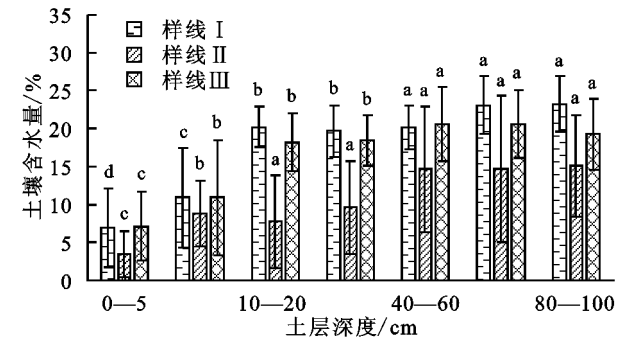


图 1 不同土层深度的土壤含水量

2.2.2 土壤含盐量空间差异 如图 2 所示,从研究区的总体变化情况来看,不同区域的土壤含盐量均呈现出较高的含量水平,变化范围在 22~30 g/kg。在 3 条样线中,不同土壤剖面含盐量基本按照样线 I>样线 II>样线 III 的顺序,呈逐渐增加趋势,同一区域的不同剖面深度的土壤含盐量无明显差异。通过分析认为,在研究区内土壤盐渍化现象自东向西越来越严重,受土壤表层的蒸发量、地下水埋深、土壤中的盐离子含量以及人为因素的影响,并对区域内的植物多样性造成显著的影响。

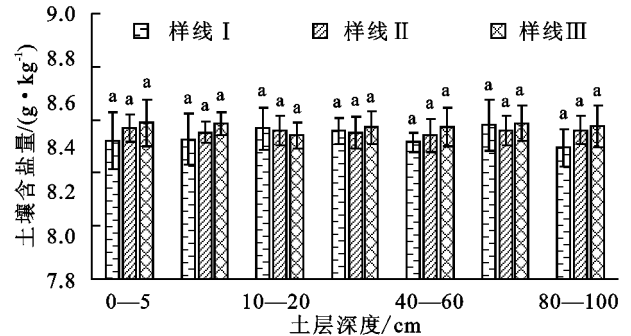


图 2 不同土层深度的土壤含盐量

2.2.3 土壤电导率空间差异 如图 3 所示,土壤电导率与大量的可溶性盐离子有显著关系,土壤中可溶性盐离子越多,则土壤的电导率越大导电性越强,土壤的含盐量也越高。因此,土壤含盐量不同,造成土壤电导率有显著差异。在整个土壤剖面,电导率在 1.30~2.00 mS/cm 发生变化。不同土壤剖面的电导率无明显变化,而不同区域间的电导率则有较为明显的差异。

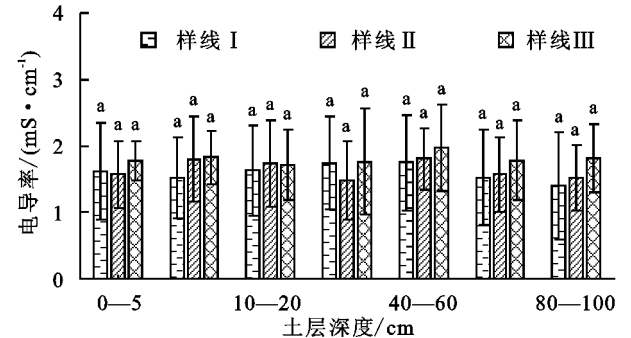


图 3 不同土层深度的电导率

2.2.4 土壤 pH 值空间差异 如图 4 所示,研究区典型样线上的 pH 值在 7.80~8.40 的范围内发生变动,在不同样线、不同剖面,土壤 pH 值总体呈碱性。在同一区域不同剖面深度,土壤 pH 值差异并不明显。但在不同采样区域,土壤 pH 值按照样线 I>样线 II>样线 III 的顺序依次增加,与土壤含盐量和电导率的变化趋势相同,呈现出显著的区域差异。因此,土壤 pH 值也是造成不同样线间植物优势群落差异的因素之一。

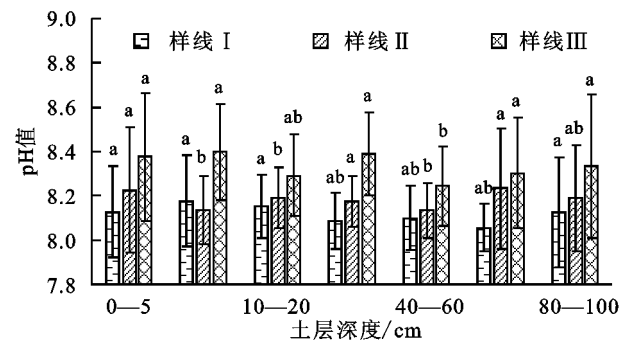


图 4 不同土层深度的 pH 值

在渭干河—库车河三角洲绿洲—荒漠过渡带的不同区域,随着土壤剖面深度的增加,土壤含水量呈现较为显著的增加趋势,其中,土壤表层的含水量最低。土壤含盐量随着土壤剖面深度的增加,则含量逐渐增大,表层的总盐含量最高。土壤含盐量与土壤剖面的深度以及土壤的含水量有密切的相关关系。在 0—60 cm 范围内,土壤含盐量表层的集聚现象较为明显,而在 60—100 cm,由于土壤母质中的盐基离子含量较高,蒸发作用无法将其带到土壤表层,因此这一剖面深度的土壤也具有较高水平的含盐量。综上分析,土壤的含水量越低则土壤的含盐量越高,对植物多样性的影响便愈大。

2.3 土壤水盐与植物多样性的关系分析

2.3.1 典型植物群落物种多样性分析 由表 2 所示,研究区典型植物群落的丰富度指数、多样性指数、优势度指数随着样线 I > 样线 II > 样线 III 的顺序逐渐降低,而均匀度指数则表现为样线 II > 样线 I > 样线 III。由研究区土壤理化性质与典型植物群落物种多样性指数分析可知(表 1—2),植物的长势与土壤的水盐成分以及 pH 值和电导率有很大的关系,同时优势物种盐穗木、盐节木、怪柳、花柴等抗盐碱性植物的生长也对土壤的盐渍化具有一定的影响。荒漠化抗盐碱性植物盐穗木、盐节木、怪柳、花柴等的优势度越高,则对应的土壤盐渍化程度相对得到缓解。

表 2 典型植物群落物种多样性指数

样线编号	样线 I	样线 II	样线 III
丰富度指数(R)	7	6	6
均匀度指数(J)	0.78	0.82	0.68
多样性指数(H)	1.52	1.47	1.22
优势度指数(D)	0.76	0.75	0.63

2.3.2 土壤水盐因子与植物群落物种多样性的相关分析 土壤含水量、含盐量、电导率和 pH 值,以及区域人为因素均可以对研究区不同样线的植物群落优势度产生一定的影响。其中,土壤的含水量以及 pH 值对植物生物多样性的影响最为显著。由表 3 土壤水盐因子与植物群落物种多样性的相关性分析可以看出,土壤含水量与植物的丰富度指数、多样性指数和优势度呈显

著的正相关($p < 0.05$),土壤的含水量越多,植物的长势越好。电导率与植物的均匀度指数呈显著的负相关($p < 0.05$),说明土壤中的盐基离子随着土壤水分的蒸腾作用,土壤盐分被带到地表,在土壤表层集聚,从而对植物的生长起到了抑制作用。从研究中可以发现,研究区典型植物群落的物种多样性是各种生境因子综合作用的结果,不同的地形、土壤质地,以及土壤水盐条件对植物群落的生长具有显著影响,其中土壤的水盐是影响植物生长的主导因素。

表 3 相关系数矩阵

物种多样性指数	土壤含水量	土壤含盐量	电导率	pH 值
丰富度指数(R)	0.202 *	0.049	-0.011	0.142
多样性指数(H)	0.178 *	0.044	-0.019	0.108
均匀度指数(J)	-0.143	0.002	-0.222 *	-0.102
优势度(D)	0.156 *	0.035	-0.009	0.085

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

区域土壤盐渍化现象与地理环境、气候、水文条件及人类活动密切相关。地理环境和气候状况是该区域发生土壤盐渍化的背景条件;不合理的水资源利用和人类活动将加剧这一过程。主要表现为,地下水通过携带可溶性的盐基离子由高地势运向低地势,从而影响土壤中的含盐量。土壤的含盐量与植物的各种多样性指数存在显著关系,整体趋势表现为土壤含水量越低,则土壤的含盐量便越高,植物群落的物种多样性相对降低。另外,土壤电导率、pH 值及人为因素等对土壤盐渍化均有显著影响。由于植物群落的物种多样性受区域条件差异的影响较为显著,地理条件的不同造成了其植物群落在分布格局上的差异。特别是区域的地形地貌及水文条件是影响植物群落物种多样性的主导因素,并具有空间尺度上的依赖性。因此,研究植物群落物种多样性在不同区域上的空间差异与分布规律,有助于更好地揭示生境因子对植物生长所起的作用^[16-18]。

3 结论

(1) 通过研究发现渭—库绿洲—荒漠过渡带的整体环境含水量较少,土壤盐渍化严重,同时,土壤的水盐状况对植物的生长造成了不同的影响。随着土壤剖面深度的增加,土壤中的含水量整体呈增加趋势,土壤含盐量、电导率、pH 值随着样线位置的改变从东南向西北呈逐渐增加趋势。随着土壤的含盐量、电导率、pH 值的增加,相对应区域的植物多样性指数与优势度指数等呈下降趋势。

(2) 土壤表层的盐渍化现象严重,对植物群落的多样性影响较大。随着土壤剖面深度的增加,土壤含水量整体逐渐升高,土壤含盐量和电导率在各层均具

有较高的含量分布,土壤 pH 值在不同样线不同剖面的整体呈碱性。

(3) 土壤的含水量与电导率对植物生长的影响最为显著($p < 0.05$)。土壤含水量在各剖面层呈显著的差异,且随着土壤含水量的增大,植被的各项多样性指标越高。而土壤含盐量和 pH 值与植物群落的物种多样性之间无显著的相关关系($p > 0.05$)。

参考文献:

- [1] 沈丽娜,吴巍,周孝德,等.塔里木河下游土壤盐分空间变异规律研究[J].水资源与水工程学报,2016,27(2):231-236.
- [2] 史晓霞,李京,陈云浩,等.基于 CA 模型的土壤盐渍化时空演变模拟与预测[J].农业工程学报,2007,23(1):6-13.
- [3] 张丽,董增川.干旱区典型植物生长与地下水位关系的模型研究[J].中国沙漠,2004,24(1):110-113.
- [4] Zhuang Li, Chen Yaning. Physiological responses of three contrasting plant species to groundwater level changes in an arid environment[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006,48(5):520-526.
- [5] 张雪妮,杨晓东,吕光辉.水盐梯度下荒漠植物多样性格局及其与土壤环境的关系[J].生态学报,2016,36(11):3206-3215.
- [6] 王蒙,董治宝,罗万银,等.巴丹吉林沙漠南缘植被物种多样性及其与土壤特性的关系[J].西北植物学报,2015,35(2):379-388.
- [7] 王健铭,董芳宇,巴海·那斯拉,等.中国黑戈壁植物多样性分布格局及其影响因素[J].生态学报,2016(12):3488-3498.
- [8] 张元明,陈亚宁,张道远.塔里木河中游植物群落与环境因子的关系[J].地理学报,2003,58(1):109-118.
- [9] 刘普幸,张克新,霍华丽,等.疏勒河中下游绿洲胡杨林土壤水盐的空间变化特征与成因[J].自然资源学报,2012,27(6):943-952.
- [10] 满苏尔·沙比提,海鹰,帕尔哈提·艾孜木.渭干河—库车河三角洲绿洲 50 a 来农业开发及所引发的生态问题探析[J].中国沙漠,2004,24(3):349-354.
- [11] 满苏尔·沙比提,陈冬花.渭干河—库车河三角洲绿洲形成演变和可持续发展研究[J].资源科学,2005,27(6):118-124.
- [12] 王立洪,张斌,万英.新疆南疆农业灌溉对生态与环境[J].水土保持研究,2002,9(1):30-34.
- [13] 库车县水利志编纂委员会编.库车县水利志[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化性质分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [15] 孙飞达,陈文业,袁海峰,等.甘肃敦煌西湖荒漠—湿地生态系统土壤水分空间异质性及其影响因子研究[J].西北植物学报,2016,36(1):165-173.
- [16] 罗宁,刘尊驰,于航,等.古尔班通古特沙漠南部植物多样性的区域差异[J].生态学报,2016(12):3572-3581.
- [17] 张锦春,张甲雄,袁宏波,等.库姆塔格沙漠植物群落类型及其多样性[J].草业科学,2012(10):1581-1588.
- [18] 赵常明,陈伟烈,黄汉东,等.三峡库区移民区和淹没区植物群落物种多样性的空间分布格局[J].生物多样性,2007(5):510-522.

(上接第 125 页)

- [23] Rytter R M, Hansson A C. Seasonal amount, growth and depth distribution of fine roots in an irrigated and fertilized, *Salix viminalis* L. plantation[J]. Biomass and Bioenergy, 1996,11(2/3):129-137.
- [24] Burke M K, Raynal D J. Fine root growth phenology, production, and turnover in a northern hardwood forest ecosystems[J]. Plant and Soil, 1994,162(1):135-146.
- [25] 杨世琦,高旺盛,隋鹏,等.共和盆地土地沙漠化因素定量研究[J].生态学报,2005,25(12):3181-3187.
- [26] 张东杰.共和盆地近 50 年来草地荒漠化驱动因素定量研究[J].水土保持研究,2010,17(4):166-169.
- [27] 封建民,李晓华.近 15 年来共和盆地土地沙质荒漠化动态变化及原因分析[J].水土保持研究,2010,17(5):129-133.
- [28] 魏占雄.高寒沙区生态恢复对植物物种多样性的影响[J].草业与畜牧,2009(7):36-51.
- [29] 魏婷婷.共和盆地沙质荒漠化过程植被群落特征变化[J].生态环境学报,2011,20(12):1788-1793.
- [30] 张永秀.青海共和盆地高寒流动沙丘快速治理技术[J].青海大学学报:自然科学版,2009,27(4):56-64.
- [31] 韩晓玲.共和盆地沙化土地现状及治理途径初探[J].防护林科技,2010(1):106-108.
- [32] Jia Z Q, Zhu Y J, Liu L Y. Different water use strategies of juvenile and adult *Caragana intermedia* plantations in the Gonghe Basin, Tibet Plateau[J]. Plos One, 2012,7(9):e45902.
- [33] 刘丽颖,贾志清,朱雅娟,等.高寒沙地不同林龄中间锦鸡儿的水分利用策略[J].干旱区资源与环境,2012,26(5):119-125.
- [34] 朱宏.正态格拉布斯统计量的近似分布[J].电子科技大学学报,1990,19(3):279-283.
- [35] 张琳琳.长期大风对霸王根系分布的影响[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2014.
- [36] 石坤,贾志清,张洪江,等.青海共和盆地典型固沙植物根系分布特征[J].中国水土保持科学,2016(6):78-85.