

# 盛行风作用下柴木达盆地典型多花柽柳灌丛资源岛特征

高斯远<sup>1,2,3</sup>, 曹广超<sup>2,3,4</sup>, 刁二龙<sup>1,2,3</sup>,  
何启欣<sup>1,2,3</sup>, 程梦园<sup>1,2,3</sup>, 邱巡巡<sup>1,2,3</sup>, 程国<sup>1,2,3</sup>, 赵美亮<sup>1,2,3</sup>

(1.青海师范大学地理科学学院, 青海 西宁 810008; 2.青海省自然地理与  
环境过程重点实验室, 青海 西宁 810008; 3.青藏高原地表过程与生态保育教育部重点实验室,  
青海 西宁 810008; 4.青海省人民政府—北京师范大学高原科学与可持续发展研究院, 青海 西宁 810008)

**摘要:** [目的] 探究盛行风作用下柴木达盆地诺木洪地区典型多花柽柳(*Tamarix hohenackeri*)灌丛资源岛特征,旨在深入了解在类似的生境下柽柳灌丛的生态学意义,为盐碱地改良和荒漠—绿洲的生态保护提供借鉴。[方法] 通过对柴木达盆地诺木洪地区荒漠—绿洲过渡带典型多花柽柳灌丛周围土壤系统采样,全面了解冠下、冠缘和间地 110 cm 深不同土层土壤有机碳(SOC)、土壤含水率(SMC)、土壤 pH 和 EC 值特征,探讨盛行风对灌丛资源岛的影响。[结果] ①典型多花柽柳灌丛周围,冠下枯落物和地下生物量显著大于冠缘和间地,SOC 含量在冠下显著大于冠缘,具有资源岛特征; ②盛行风背风向冠下 SMC、冠缘和间地 SOC 含量显著大于其他方向,且冠缘 0—5 cm 土层有着较低的土壤 pH 值; ③背风向地上生物量和冠缘枯落物量显著大于其他方向,减少了水分蒸发,促进了 SOC 的增加。[结论] 柴木达盆地荒漠—绿洲过渡带多花柽柳灌丛周围土壤不仅冠下具有资源岛特征,且背风向土壤会形成更适合植物生长的 SMC、SOC 含量和较低土壤 pH 值,即风影区资源岛。

**关键词:** 柽柳灌丛; 盛行风; 资源岛; 荒漠—绿洲过渡带; 柴木达盆地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)04-0293-08

中图分类号: Q948

**文献参数:** 高斯远, 曹广超, 刁二龙, 等. 盛行风作用下柴木达盆地典型多花柽柳灌丛资源岛特征[J]. 水土保持通报, 2022, 42(4): 293-300. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.04.037; Gao Siyuan, Cao Guangchao, Diao Erlong, et al. Characteristics of a typical *Tamarix hohenackeri* shrub resource island in Qaidam Basin under prevailing wind [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(4): 293-300.

## Characteristics of a Typical *Tamarix Hohenackeri* Shrub Resource Island in Qaidam Basin Under Prevailing Wind

Gao Siyuan<sup>1,2,3</sup>, Cao Guangchao<sup>2,3,4</sup>, Diao Erlong<sup>1,2,3</sup>,

He Qixin<sup>1,2,3</sup>, Cheng Mengyuan<sup>1,2,3</sup>, Qiu Xunxun<sup>1,2,3</sup>, Cheng Guo<sup>1,2,3</sup>, Zhao Meiliang<sup>1,2,3</sup>

(1.School of Geography Science, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810008,

China; 2.Key Laboratory of Natural Geography and Environmental Process, Xining, Qinghai

810008, China; 3.Key Laboratory of Local Surface Process and Ecological Collection and Education

Department, Qinghai Plateau, Xining, Qinghai 810008, China; 4.Qinghai Provincial People's Government-Institute of Plateau Science and Sustainable Development, Beijing Normal University, Xining, Qinghai 810008, China)

**Abstract:** [Objective] The characteristics of a typical *Tamarix hohenackeri* shrub resource island in Nuomuhong area of Qaidam Basin under the action of prevailing winds were studied in order to deeply understand the ecological significance of tamarisk shrubs in similar habitats, and to provide a reference for saline-alkali land improvement and ecological protection of desert-oases. [Methods] Measurements of soil organic carbon (SOC), soil moisture content (SMC), soil pH value, and EC values in different soil layers to a depth of 110 cm at positions under the canopy, at the edge of the canopy, and in open areas were made by systematically

收稿日期: 2021-11-24

修回日期: 2022-02-03

资助项目: 青海省重大科技专项“柴木达盆地水循环过程高效利用与生态保护技术研究与示范”(2019-SF-A4-3); 青海省自然地理与环境过程重点实验室项目(2020-ZJ-Y06)

第一作者: 高斯远(1995—), 男(汉族), 陕西省榆林市人, 硕士研究生, 研究方向为自然地理与生态环境过程研究。Email: sy\_gao2019@126.com.

通讯作者: 曹广超(1971—), 男(汉族), 山东省苍山县人, 教授, 博士生导师, 主要从事青藏高原地区环境变化与地理信息系统应用研究。Email: caoguangchao@126.com.

sampling the soil surrounding typical tamarisk shrubs in the desert-oasis transition zone in the Nuomuhong area of the Qaidam Basin. [Results] ① The litter and underground biomass around the shrub and under the canopy were significantly greater than at the edge of the canopy in the open space. SOC under the canopy was significantly greater than at the canopy edge, exhibiting the characteristics of a resource island; ② SMC under the canopy in the leeward direction and SOC of the leeward canopy edge and open space were significantly greater than in other directions, and the soil pH values of the 0—5 cm soil layer at the canopy edge were lower; ③ The aboveground biomass and litter at the edge of the canopy were significantly greater in the leeward direction than in other directions, which in turn reduced water evaporation and increased SOC. [Conclusion] The soil around the shrub not only exhibited the characteristics of a resource island under the canopy, but also resulted in SMC, SOC contents, and lower soil pH value that were more suitable for plant growth in the leeward direction, and therefore could be called a resource island in the wind shadow area.

**Keywords:** *Tamarix chinensis* shrub; prevailing wind; resource island; desert-oasis ecotones; Qaidam Basin

怪柳(*Tamarix chinensis*)广泛分布于荒漠和盐碱地,有很强的抗旱和耐盐特性<sup>[1]</sup>。所形成的怪柳灌丛具有水分调节<sup>[2]</sup>,拦截风中沙尘、种子和凋落物,庇护动物在冠下生存等生态功能<sup>[3]</sup>。灌丛内和周围枯落物、土壤根系、动物相对较多,使得冠下成为生态系统能量流动和物质循环的集中地,进而改变怪柳灌丛根部土壤结构<sup>[4-6]</sup>,使水盐发生转移<sup>[7]</sup>,增加冠下土壤微生物多样性和土壤有机质含量<sup>[8-12]</sup>,显著提高荒漠和盐碱地的生态与环境质量。这种将优势资源集中在灌丛周围的现象称为资源岛<sup>[13]</sup>。灌丛资源岛是荒漠地区植被与环境链接的纽带,提升了荒漠生态系统的多样性和稳定性。有关资源岛的研究主要针对灌丛周围土壤理化性质,土壤微生物和土壤动物等<sup>[14-17]</sup>,也证实了植物群落与资源岛间具有正反馈作用<sup>[18-23]</sup>。

柴达木盆地风力强劲且风向集中,大部分地区多盛行西北偏西(WNW)风或西(W)风<sup>[24-26]</sup>,大风主要发生在春、冬季节。强劲的风力不仅可以改变地形,塑造出风蚀雅丹地貌<sup>[27]</sup>,也对植物在此环境中的生存造成了极大挑战,因此盆地内植物不仅需要适应极端干旱的环境,还要面对强劲的盛行风带来的直接和间接影响。盆地南缘分布有广泛的荒漠绿洲,且与戈壁滩相邻的荒漠—绿洲过渡带是由绿洲和相邻生态系统在一定范围内形成的与原生生态系统在群落外貌、物种组成以及生态功能等诸方面差异明显的区域<sup>[28]</sup>,受风沙侵蚀非常严重<sup>[29]</sup>。其对绿洲生态系统的稳定和生物多样性的保护起到重要作用<sup>[30]</sup>。怪柳作为该地区荒漠—绿洲过渡带生物群落的优势物种,所形成的灌丛资源岛对简单的群落结构和群落环境有很大影响。李志忠等<sup>[18-22]</sup>在新疆和田河流域探究了怪柳灌丛沙堆地貌的发育过程。刘进辉等<sup>[3]</sup>类似研究表明在塔克拉玛干沙漠南缘策勒沙漠绿洲过渡带上的怪柳灌丛沙堆—丘间地的土壤养分在冠下较多,且风影区土壤养分大于灌丛间地。本研究以柴达

木盆地诺木洪地区荒漠—绿洲过渡带典型多花怪柳灌丛周围土壤为对象,重点讨论强劲盛行风影响下多花怪柳灌丛周围不同层位土壤含水率(SMC)、土壤有机碳(SOC)、土壤 pH 值和电导率(EC)的分布和影响机制。研究结果有助于深入了解在类似的生境下怪柳灌丛的生态学意义,为盐碱地改良和荒漠—绿洲的生态保护提供借鉴。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于昆仑山脉北部多个冲洪积扇联结而成的浩瀚戈壁滩与北部溢出带芦苇盐生草甸之间形成的一条东西走向并以多花怪柳(*Tamarix hohenackeri*)为优势种的细长荒漠—绿洲过渡带上(图 1)。该地区属于高原大陆性气候,风力强劲,风向集中,主风向为 WNW 风<sup>[24-26]</sup>,年平均风速 2.7 m/s,最大可达 22 m/s。年平均气温 6.3 °C,全年 >0 °C 积温 2 991.6 °C, >10 °C 积温 2 463.5 °C。年均降水量 63 mm,多集中在 5—8 月,多年平均日照总时数 2 923.8 h,年蒸发量高达 2 600 mm。

### 1.2 采样地特征与典型多花怪柳灌丛的选择

诺木洪地区位于一个发育完整的典型冲洪积扇上,且荒漠—绿洲过渡带位于冲洪积扇前缘,土壤类型为草甸盐土,盐碱化严重,由于常年风沙吹积,土壤质地以沙壤土/粉砂壤土为主。特殊的气候土壤条件导致该地区物种组成单一,植被主要由多花怪柳、大叶白麻(*Poa cynosuroides*)、芦苇(*Phragmites australis*)等盐生植物构成。多花怪柳作为优势种呈斑块状分布,大叶白麻和芦苇均匀分布在灌丛间地(图 2a)。为了避免人类活动的影响,首先将具体的研究区选在了冲洪积扇前缘东部(诺木洪农场以西约 10 km)的荒漠—绿洲过渡带。且该地区地形平坦,

使得地形地貌与气候土壤的影响非常小。在冲洪积扇前缘,土壤颗粒均匀,因此该地区以冲洪积物为主的成土母质在较小尺度上也不会有很大差异。那么斑块状多花怪柳灌丛就成为了影响该地区土壤微环境(土壤物理和化学环境,如微气候、质地、水分、养分、酸碱度等)的主要因素<sup>[31]</sup>。多花怪柳灌丛斑块的冠幅在5~30 m之间,由于各灌丛各方向之间的距

离不等,为了减少各灌丛之间的互相影响,并更好地探究区域内怪柳灌丛资源岛特征以及盛行风对灌丛周围不同层位土壤微环境的影响。本研究于2020年9月27日选取了位于36°25'6"N,96°37'13"E,海拔2 703 m,冠幅15 m,高3.7 m,且各个方向距其他灌丛都较远(平均距离约40 m)的典型怪柳灌丛,对其周围植被土壤进行系统采样分析。

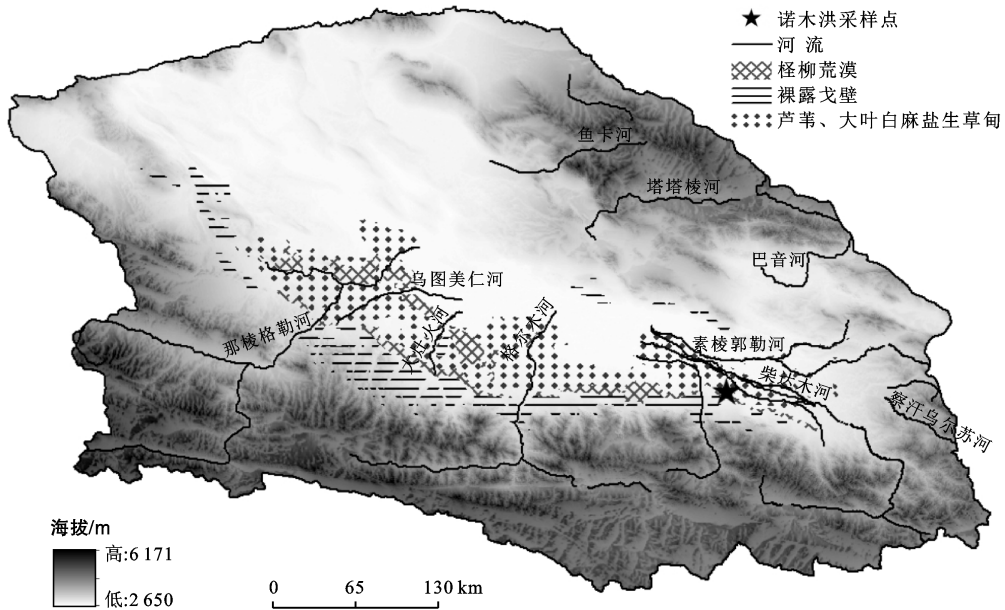


图1 柴达木盆地地理要素及采样点位置示意图

### 1.3 植被调查及样品采集

在100×100 m的样地内随机选择7个怪柳灌丛进行冠幅和高度测量,之后利用0.5 m×0.5 m的小样方框在灌丛间地同样随机测量7次草本层平均高度和盖度,灌木层则通过冠幅对盖度进行估算。期间记录所有观察到的植物物种。在所选取的典型多花怪柳灌丛从背风向和其他方向的冠下(紧靠根部),冠缘(距根部约5 m)和间地(距根部约15 m)选取12个采样点(图2b)。在每个采样点利用20 cm×20 cm的样方框采取地上生物量和枯落物,其中背风向每个采样点取3个重复,其他方向每个采样点只取一次。之后在各采样点利用内径6 cm的土钻分12层(0—5 cm,5—10 cm,10—20 cm,20—30 cm,30—40 cm,40—50 cm,50—60 cm,60—70 cm,70—80 cm,80—90 cm,90—100 cm,100—110 cm)取1.1 m深的土壤样品。每层土壤取三钻混合于铁盘中,用四分法取一半带回。随后挖掘剖面,使用容积为100 cm<sup>3</sup>的环刀在每层土壤取两个重复并混合,用10目的土壤筛挑出植物根系(装到纸袋带回)称重后带回测SMC。期

间共采集土壤样品288个(普通土样144个,测含水率和地下生物量土样144个),地上生物量和枯落物样品36个,共计324个。

### 1.4 样品分析

为了探究盛行风影响下多花怪柳灌丛周围土壤资源岛特征<sup>[13]</sup>,本研究选择SMC, SOC、土壤pH值和EC这4个相对重要且具有代表性的指标进行测量<sup>[13]</sup>。SMC采用105℃烘干恒重法测定(其中背风向间地80—90 cm土层土壤在烘干时铝盒倾倒,导致最后结果异常,故剔除该数据)。将土样过0.15 mm筛后用HCl去除土壤无机碳后利用总有机碳分析仪(vario TOC select, Elementar)测定SOC<sup>[32]</sup>。另外一份土壤样品风干后过2 mm筛,分别用pH计(PHS-3C,上海仪电科学仪器股份有限公司)和电导率仪(DDS-307,上海越平科学仪器制造有限公司)在水土比5:1的条件下测定土壤溶液的pH值和EC值。清洗掉植物、根系和枯落物上的泥沙后采用80℃烘干恒重法测定地上生物量、地下生物量和枯落物含量。

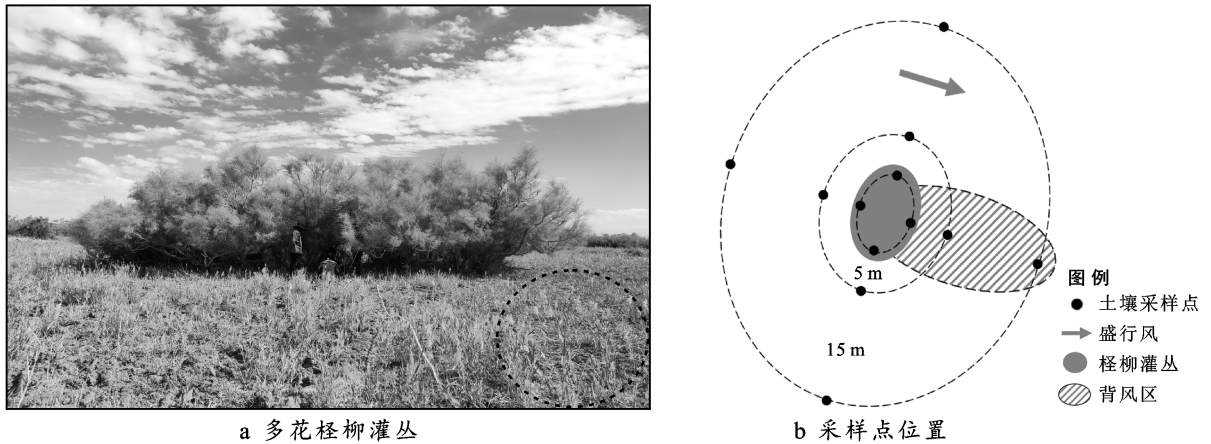


图 2 诺木洪地区多花柽柳灌丛及采样点位置示意图

### 1.5 数据处理

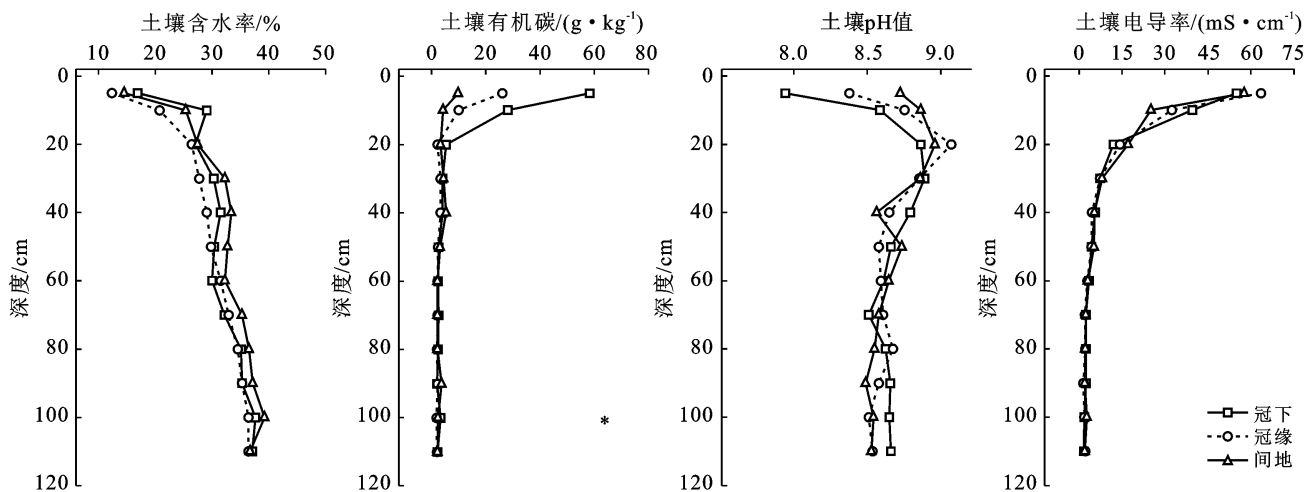
利用 SPSS 26.0 软件对各项指标进行统计分析,采用单因素方差分析法(one-way ANOVA)对不同部位各指标进行比较,非正态分布的样本用克鲁斯卡尔-沃利斯检验(Kruskal-Wallis test),显著性水平设定为  $p < 0.05$ 。最后使用 Origin 2021b 软件进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 植被及灌丛资源岛特征

该样地植物群落存在明显的垂直分层结构,较高的灌木层和较低的草本层,且所记录到的植物只有多花柽柳、芦苇和大花野麻 3 种。多花柽柳灌丛平均高度  $3.24 \pm 0.22$  m,盖度  $10.0 \pm 1.36\%$ 。草本层高  $0.17 \pm 0.02$  m,盖度  $15.0 \pm 2.9\%$ 。通过对柽柳灌丛周围不同部位地上生物量、枯落物和地下生物量测定可知,冠下草本层地上生物量为  $318.54 \pm 44.97$  g/m<sup>2</sup>,冠缘为  $271.46 \pm 29.29$  g/m<sup>2</sup>,间地为  $332.08 \pm 44.75$

g/m<sup>2</sup>,且互相间无显著差异。土壤表面枯落物主要集中在冠下为  $2420.63 \pm 624.47$  g/m<sup>2</sup>,显著大于冠缘和间地的  $755.23 \pm 114.22, 529.04 \pm 33.63$  g/m<sup>2</sup> ( $p < 0.05$ )。冠下地下生物量( $1.88 \pm 0.75$  mg/cm<sup>3</sup>)显著大于冠缘和间地的  $0.51 \pm 0.19, 0.40 \pm 0.99$  mg/cm<sup>3</sup> ( $p < 0.05$ )。SMC, SOC, 土壤 pH 值和 EC 这 4 个主要指标的空间分布特征如图 3 所示。垂直方向上 SMC 随深度加深而增大,在 0—20 cm 土层迅速增加至近 30%,20 cm 以下则增加缓慢。SOC 主要分布在 0—20 cm 浅层土壤,最大值均在 0—5 cm 土层,且 SOC 含量在 0—20 cm 土层内迅速降低,20 cm 以下变化不大。土壤 pH 值在 0—20 cm 土层随深度加深而增大,而 20 cm 以下随深度加深而缓慢减小,最大值普遍出现在 10—20 cm 土层。土壤 EC 值在 0—30 cm 土层随着深度加深迅速减小,30 cm 以下相对稳定。在整个剖面上对比冠下、冠缘和间地之间各指标发现(图 3),只有 SOC 含量在冠下显著大于冠缘( $p < 0.05$ ),其他指标均无显著差异。



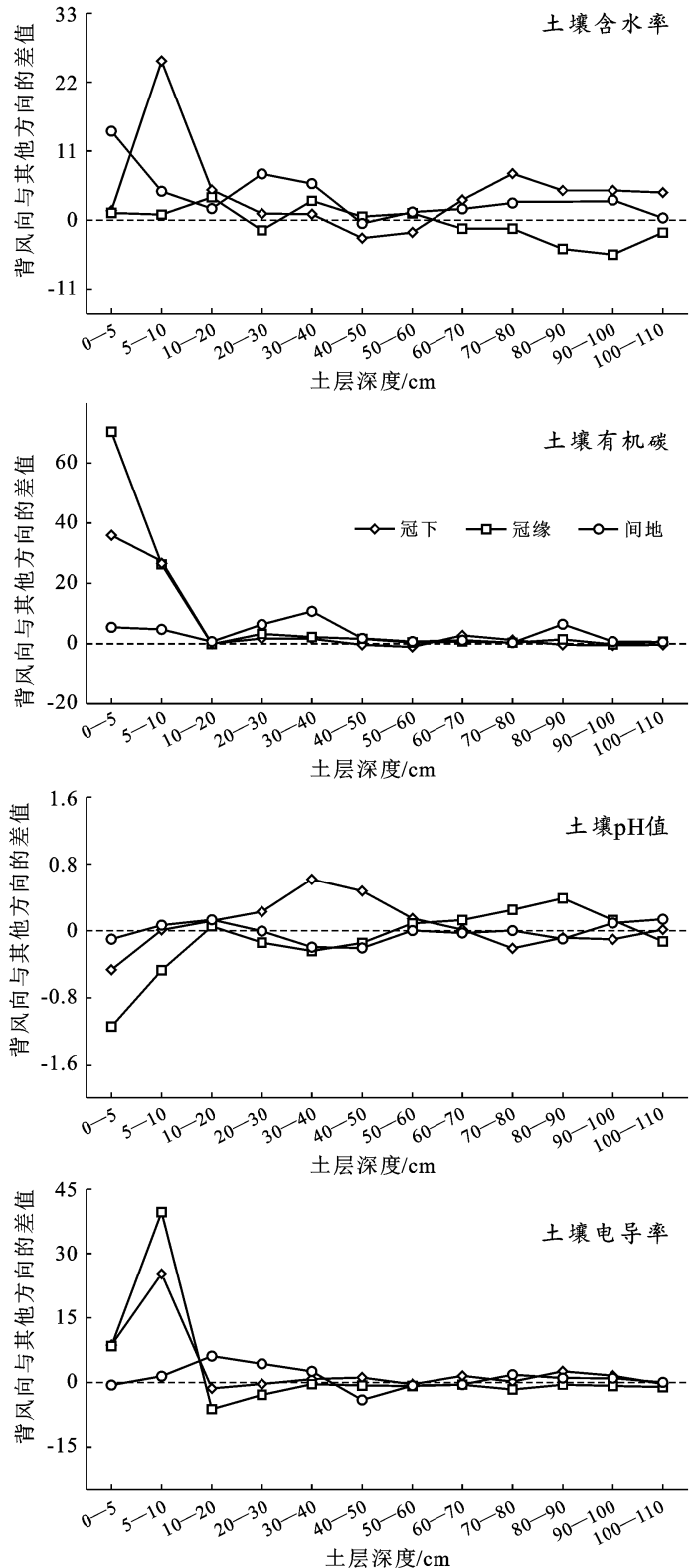
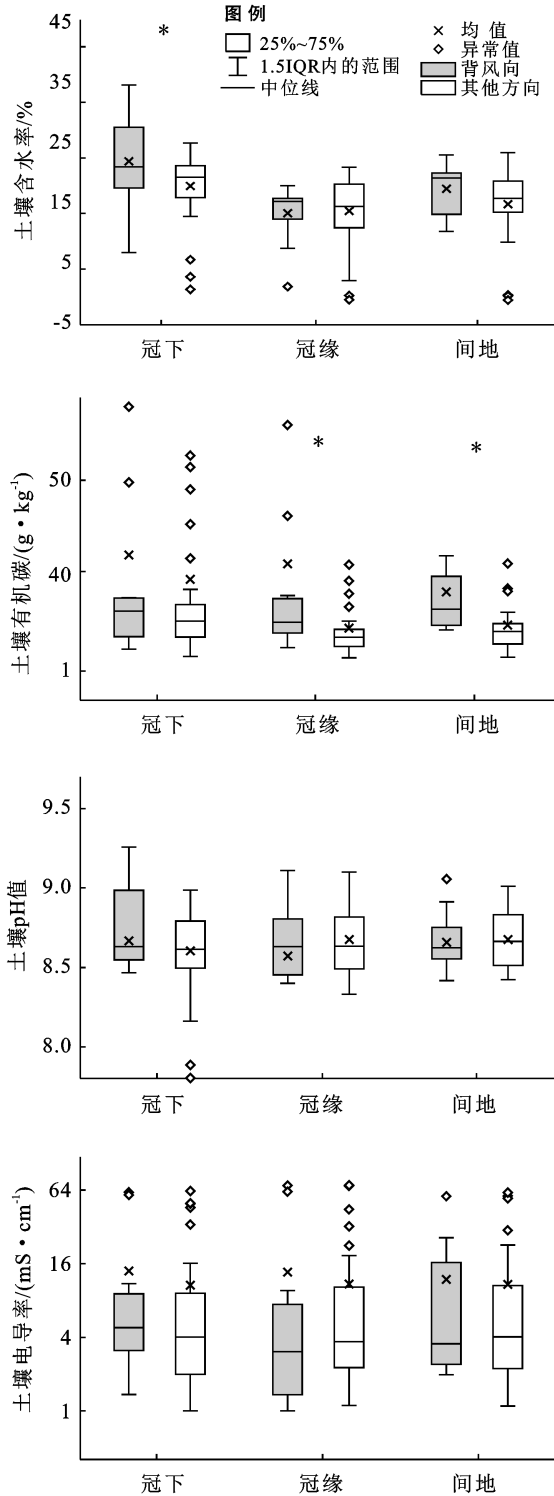
注: \* 表示整个剖面不同距离间差异显著( $p < 0.05$ )。

图 3 典型多花柽柳灌丛周围 SMC、SOC、土壤 pH 值和 EC 值空间分布特征

### 2.2 盛行风对灌丛资源岛的影响

由图 4 可知,背风向冠下 SMC 均值为 24.4 ± 2.3%,冠缘 19.1 ± 1.8%和间地 24.3 ± 1.5%,经对比发现背风向冠下显著大于 ( $p < 0.05$ )其他方向冠下 (19.9 ± 1.0%)。背风向冠下 SOC 含量均值为 14.19

± 7.50 g/kg,冠缘 11.79 ± 6.52 g/kg 和间地 6.38 ± 1.22 g/kg,最大值均出现在 0—5 cm 土层,与其他方向对比发现背风向冠缘和间地 SOC 含量显著大于 ( $p < 0.05$ )其他方向 (冠缘 2.77 ± 0.33 g/kg,间地 2.97 ± 0.32 g/kg)。



注:背风向不同距离各指标  $n=12$  (背风向间地土壤含水率  $n=11$ );其他方向不同距离各指标  $n=36$ ; \*表示对应距离背风向与其他方向差异显著 ( $p < 0.05$ )。

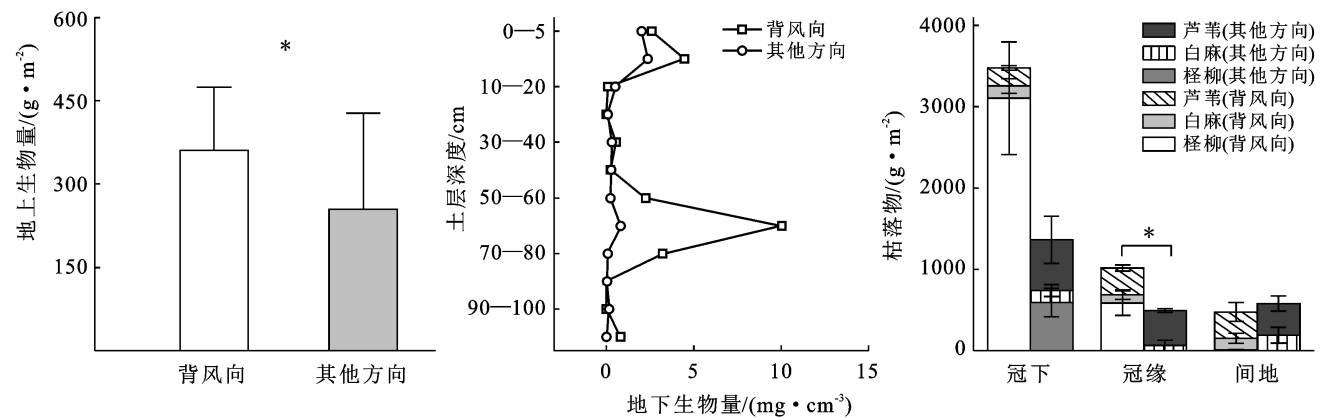
图 4 不同位置各指标背风向与其他方向对比以及各指标背风向与其他方向的差值随深度的变化

背风向冠下土壤 pH 均值为  $8.67 \pm 0.12$ , 冠缘  $8.57 \pm 0.11$  和间地  $8.66 \pm 0.06$ , 冠下土壤 EC 均值为  $13.97 \pm 6.25$  mS/cm, 冠缘  $13.65 \pm 7.12$  mS/cm 和间地  $11.88 \pm 4.75$  mS/cm, 与其他方向对比后发现均无显著差异。通过背风向不同层位各指标值与其他方向差值发现, 背风向冠下 SMC 在 5—10 cm 土层与其他方向的差值最大为  $25.4 \pm 3.0\%$ , 其次为间地 0—5 cm 土层 ( $14.2 \pm 0.3\%$ )。背风向 SOC 含量在冠缘的 0—5 cm 土层与其他方向差值最大为  $70.53 \pm 1.59$  g/kg, 其次为冠下 0—5 cm 土层 ( $36.00 \pm 11.94$  g/kg)、冠缘 5—10 cm 土层 ( $26.38 \pm 0.58$  g/kg) 和冠下 5—10 cm 土层 ( $27.40 \pm 11.79$  g/kg)。背风向距根部不同距离土壤 pH 值虽然在整个剖面上与其他方向无显著差异。但是由图 4 可知, 背风向冠缘 0—5 cm 土层 pH 与其他方向的差值最大达  $-1.14 \pm 0.08$ , 土壤 EC 值在背风向冠缘和冠下的 5—10 cm 土层与其他方向的差值也高达  $39.66 \pm 5.72$  mS/cm,  $25.25 \pm 9.76$  mS/cm。

### 3 讨论与结论

干旱区灌丛周围土壤微环境一般呈现出冠下较优的特点<sup>[3,13]</sup>, 从而具有灌丛资源岛特征。对多花柽柳灌丛的冠下、冠缘和间地各指标对比发现 SOC 含量在冠下显著大于间地, 虽然其他指标在不同距离间无显著差异, 但也是将更有利的资源集中到了冠下, 属于灌丛资源岛<sup>[13]</sup>。诺木洪地区强劲的盛行风会直接或间接影响多花柽柳灌丛周围土壤微环境, 其中土壤水分是影响植物生长的重要因素<sup>[4]</sup>。在多花柽柳灌丛周围 SMC 随深度增加而增大, 且在背风向的冠下显著大于其他方向, 特别在 5—10 cm 土层。在降水极少地区, 表层 SMC 的主要影响因素是水分蒸发, 而水分的蒸发主要与温度、湿度、与空气接触面积和

空气流动速度有关。该地区风力强劲且风向集中, 灌丛背风向气流会明显减弱<sup>[33]</sup>, 被携带的枯枝落叶在背风向冠下和冠缘积聚, 加上更多的地上生物量使得土壤表面风速进一步降低(图 5), 减少水分蒸发。同时更多枯落物和地上生物量(图 5)避免了土壤表面温度过高造成的水分蒸发。该地区地下水资源丰富, 且背风向较多的根系含量也可将深层土壤水提升<sup>[2,34]</sup>, 导致 SMC 较高。SOC 主要分布在冠下浅层土壤<sup>[10-12]</sup>, 且在背风向冠缘和间地显著大于其他方向。冠下和背风侧 0—10 cm 土层 SOC 含量高, 主要是因为柽柳自身的凋落物和截留的枯枝落叶在冠下与背风向积累和分解使得 SOC 含量增大<sup>[8,35]</sup>。由于该地 SMC 和土壤含盐量较大, 间地较强的光照和风速导致盐分随土壤水的蒸散转移到地表, 经过长时间的积累形成具有一定厚度和硬度的壳状盐结皮<sup>[36]</sup>。间地盐结皮的形成不仅会抑制土壤水分的蒸发<sup>[37]</sup>, 还可以减小风蚀作用<sup>[38-39]</sup>, 同时表面的枯落物与外来颗粒物更容易受盛行风的影响被搬运至冠下和背风侧<sup>[18-22]</sup>, 增加表层 SOC 的含量<sup>[8,40]</sup>。由图 5 可知, 背风向冠缘枯落物(主要以柽柳为主)显著大于( $p < 0.05$ )其他方向, 而间地枯落物(主要为芦苇和白麻枯落物)则相对较少, 且与其他方向无明显差异。可知在冠下和背风向的冠缘可以积聚更多的枯落物, 从而增加该部位 SOC 含量。同时背风向显著较大的地上生物量会进一步增加 SOC 含量( $p < 0.05$ )<sup>[41]</sup>, 也反映出典型多花柽柳灌丛背风向土壤微环境更适合植物生长。背风向地下生物量虽然较其他方向无显著差异, 但在 0—10 cm, 50—80 cm 土层突变明显, 是因为芦苇和柽柳根系主要分布在这两个土层, 背风向较好的土壤微环境也会促进地下生物量的增多, 而残留根的腐烂和更多根系分泌物也可能会使背风向 SOC 含量进一步增加<sup>[42]</sup>。



注: \* 表示不同方向的差异显著( $p < 0.05$ )。

图 5 背风向与其他方向之间地上生物量、地下生物量和枯落物含量对比

多花怪柳灌丛周围 0—5 cm 土层的土壤 pH 值不仅在冠下小于冠缘和间地,而且在冠缘的背风向小于其他方向。主要因为冠下和背风向较好的遮阴作用和更多的凋落物增强了微生物活动,使其在对植物残体分解时产生更多的有机酸<sup>[40,43]</sup>,并且根际在吸收养分子时也会释放有机酸<sup>[44]</sup>,这些都会导致相应土壤 pH 值降低。土壤 EC 值最大均在 0—5 cm 土层,且在背风向冠下和冠缘 5—10 cm 土层与其他方向差值较大。主因为浅层土壤蒸发作用强 SMC 低,导致盐随水动,聚集在土壤表层<sup>[23]</sup>。其次怪柳属于泌盐植物,通过根系吸收土壤盐分,运输到叶片中,以凋落物形式回落到土壤表层<sup>[5-7]</sup>,最后在盛行风的作用下积聚在冠下和背风向导致土壤 EC 值增大(图 5)。而王玉龙等<sup>[35]</sup>研究认为更多的枯枝落叶增加了地表的粗糙度,可以截留更多的降水,从而增强土壤的淋溶作用,使得地表的积盐向下运动。这与本研究结果不同,主要原因是该地区多年平均降水量只有 63.03 mm,导致淋溶作用很小而蒸发量很大,使得盐分向上的迁移作用大于向下的淋溶。综上所述,由于诺木洪地区常年盛行风直接与间接的影响,使得多花怪柳灌丛背风向积聚了更多的枯落物,导致背风向土壤有着更高 SOC 含量以及表层更高的 SMC 和较低的土壤 pH 值。这种相对适宜的土壤微环境也使得灌丛背风向地上生物量增多,与土壤微环境形成正反馈,与冠下资源岛特征类似,可以称为“风影区资源岛”。这种风影区资源岛会使得灌丛背风向有效减少土壤水分流失和增加土壤 SOC 含量,改善浅层土壤 pH,将有利有限的资源集中,促进植被的生长和流沙的固定<sup>[3,45]</sup>。提升诺木洪地区荒漠—绿洲过渡带生态系统多样性和稳定性<sup>[13,23]</sup>。

本探究与其他灌丛资源岛或肥岛相关研究不同的是,冠下、冠缘和间地间各指标对比时只有 SOC 含量有显著差异,可能是因为强劲的盛行风造成背风向个别指标值与其他方向差异较大,导致距灌丛相同距离的各方向数据方差偏大,从而使得不同距离间的差异性分析无显著性。其次对于不同大小多花怪柳灌丛以及风影区资源岛的具体空间范围研究有待进一步深入,且该地区普遍发育的盐结皮对资源岛的影响,以及作为克隆植物的芦苇和大叶白麻对冠下和风影区资源岛有利条件的利用策略值得进一步探究。

#### [参 考 文 献]

[1] 何秀平,王保栋,谢琳萍.怪柳对盐碱地生态环境的影响[J].海洋科学,2014,38(1):96-101.  
[2] Xia Jiangbao, Zhao Ximei, Chen Yinping, et al. Responses

of water and salt parameters to groundwater levels for soil columns planted with *tamarix chinensis* [J]. PLoS One, 2016,11(1):e0145828.

- [3] 刘进辉,王雪芹,马洋.沙漠绿洲过渡带怪柳灌丛沙堆—丘间地系统土壤养分空间异质性[J].生态学报,2016,36(4):979-990.  
[4] 张立华,陈小兵.盐碱地怪柳“盐岛”和“肥岛”效应及其碳氮磷生态化学计量学特征[J].应用生态学报,2015,26(3):653-658.  
[5] Li Congjuan, Li Yan, Ma Jian. Spatial heterogeneity of soil chemical properties at fine scales induced by *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae) plants in a sandy desert [J]. Ecological Research, 2011,26(2):385-394.  
[6] 李从娟,雷加强,徐新文,等.树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制[J].生态学报,2012,32(15):4819-4826.  
[7] 尹传华,冯固,田长彦,等.塔克拉玛干沙漠边缘怪柳对土壤水盐分布的影响[J].中国环境科学,2007,27(5):670-675.  
[8] Smyth C E, Titus B, Trofymow J A, et al. Patterns of carbon, nitrogen and phosphorus dynamics in decomposing wood blocks in Canadian forests [J]. Plant and Soil, 2016,409(1):459-477.  
[9] 雷金银,班乃荣,张永宏,等.怪柳对盐碱土养分与盐分的影响及其区化特征[J].水土保持通报,2011,31(2):73-76.  
[10] Zhou Yong, Boutton T W, Wu X B. Woody plant encroachment amplifies spatial heterogeneity of soil phosphorus to considerable depth [J]. Ecology, 2017, 99(1): 136-147.  
[11] Rong Qiangqiang, Liu Jingtao, Cai Yanpeng, et al. “Fertile island” effects of *Tamarix chinensis* Lour. on soil N and P stoichiometry in the coastal wetland of Laizhou Bay, China [J]. Journal of Soils and Sediments, 2016,16(3):864-877.  
[12] Anthelme F, Dangles O. Plant-plant interactions in tropical alpine environments [J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2012, 14 (5): 363-372.  
[13] 王世林,曹文侠,王小军,等.火烧迹地怪柳灌丛资源岛特征及植被的自然恢复[J].生态学报,2020,40(1):284-294.  
[14] 许婕,陈永金,刘加珍.盐生植物灌丛对土壤养分和盐分空间分布的影响及其机制研究进展[J].安徽农业科学,2020,48(1):19-23.  
[15] Jones D L. Organic acids in the rhizosphere: A critical review [J]. Plant & Soil, 1998, 205(1):25-44.  
[16] Baetz U, Martinoia E. Root exudates: The hidden part of plant defense [J]. Trends in Plant Science, 2014,19(2):90-98.  
[17] 刘亚琦,刘加珍,陈永金,等.黄河三角洲湿地怪柳灌丛

- 周围有机质富集及水分运动研究[J].南水北调与水利科技,2017,15(1):113-120.
- [18] 武胜利,李志忠,惠军,等.灌丛沙堆表面压力分布特征的试验研究[J].干旱区地理,2006,29(6):790-796.
- [19] 李志忠,武胜利,肖晨曦,等.新疆和田河流域灌丛沙堆风洞流场的试验研究(I)[J].中国沙漠,2007,27(1):9-14.
- [20] 李志忠,武胜利,肖晨曦,等.新疆和田河流域灌丛沙堆风洞流场的试验研究(II)[J].中国沙漠,2007,27(1):9-14.
- [21] Judd M J, Raupach M R, Finnigan J J. A wind tunnel study of turbulent flow around single and multiple windbreaks (part I): Velocity fields [J]. *Boundary-Layer Meteorology*, 1996,80(1):127-165.
- [22] 李志忠,武胜利,王晓峰,等.新疆和田河流域柽柳沙堆的生物地貌发育过程[J].地理学报,2007,62(5):462-470.
- [23] 王世林,曹文侠,王小军,等.河西走廊荒漠盐碱地人工柽柳林土壤水盐分布[J].应用生态学报,2019,30(8):2531-2540.
- [24] 陈宗颜,董治宝,汪青春,等.柴达木盆地风况及输沙势特征[J].中国沙漠,2020,40(1):195-203.
- [25] 徐贵江,董治宝,王中原.柴达木盆地新月形沙丘和线性沙丘共生现象[J].中国沙漠,2017,37(3):407-413.
- [26] 李继彦,董治宝.线形沙丘研究进展评述与展望[J].中国沙漠,2018,38(6):1153-1165.
- [27] 刘红英,董治宝.柴达木盆地雅丹形态特征及成因[J].中国沙漠,2019,39(3):214-220.
- [28] 常学礼,季树新,乔荣荣,等.基于 NDVI 绿洲—荒漠过渡带宽度识别:以河西走廊中部荒漠绿洲为例[J].生态学报,2020,40(15):5327-5336.
- [29] 贾宝全,慈龙骏,任一萍.绿洲景观动态变化分析[J].生态学报,2001,21(11):1947-1951.
- [30] 赵成义,王玉朝,李国振.荒漠—绿洲边缘区研究[J].水土保持学报,2001,15(3):93-97.
- [31] 吴珊眉.土壤生态学及其发展近况[J].土壤,1991,23(4):198-201.
- [32] 王巧环,任玉芬,孟龄,等.元素分析仪同时测定土壤中全氮和有机碳[J].分析实验室,2013,32(10):41-45.
- [33] 霍天赐,来风兵,塔克拉玛干别里库姆沙漠胡杨沙堆流场风洞模拟[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2018,46(4):98-103.
- [34] 李唯,倪郁,胡自治,等.植物根系提水作用研究述评[J].西北植物学报,2003,23(6):1056-1062.
- [35] 王玉龙,李志格,张峰,等.柽柳林下土壤剖面调查研究[J].内蒙古林业调查设计,2004,27(S1):71-72.
- [36] 刘涛涛,王勇辉,阿迪拉·阿布力米提.盐结皮对艾比湖湿地土壤特性的影响及其自然要素分析[J].地球与环境,2021,49(3):285-296.
- [37] 李诚志.土壤风蚀环境下盐结皮研究及展望[J].新疆大学学报(自然科学版),2018,35(4):402-408.
- [38] 夏倩柔,张波,伍德彦.绿洲荒漠交错带风沙土盐结皮抗风蚀特性分析[J].新疆环境保护,2020,42(2):28-34.
- [39] 张建国,李红伟,李雅菲,等.土壤盐结皮人工培育及其破损程度对土壤蒸发的影响[J].农业工程学报,2019,35(13):138-144.
- [40] 王玉珍,刘永信,魏春兰,等.6种盐生植物对盐碱地土壤改良情况的研究[J].安徽农业科学,2006,34(5):951-952.
- [41] 赵景学,陈晓鹏,曲广鹏,等.藏北高寒植被地上生物量与土壤环境因子的关系[J].中国草地学报,2011,33(1):59-64.
- [42] 苏永中,赵哈林,张铜会.几种灌木、半灌木对沙地土壤肥力影响机制的研究[J].应用生态学报,2002,13(7):802-806.
- [43] Ladenburger C G, Hild A L, Kazmer D J, et al. Soil salinity patterns in Tamarix invasions in the Bighorn Basin, Wyoming, USA [J]. *Journal of Arid Environments*, 2006,65(1):111-128.
- [44] Hinsinger P, Plassard C, Tang Caixian, et al. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review [J]. *Plant and Soil*, 2003,248(1/2):43-59.
- [45] 刘进辉,王雪芹,马洋,等.沙漠绿洲过渡带柽柳灌丛沙堆—丘间地系统土壤粒度分异规律[J].北京林业大学学报,2015,37(11):89-99.