

# 乌鲁木齐地区典型灌木群落 结构特征及其多样性研究

袁 蕾<sup>1,2</sup>, 周华荣<sup>1,2\*</sup>, 宗召磊<sup>1</sup>, 叶 琴<sup>1,2</sup>

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:** 根据 2013 年对乌鲁木齐地区典型灌木群落野外 50 个样地调查的数据, 结合双向指示种分析分类方法, 从各群落基本特征、物种组成、区系特征、物种多样性等方面对乌鲁木齐地区典型灌木群落结构特征及其多样性进行了分析。结果表明: (1) 被调查的 50 个样地灌木植被群落中共出现了 169 种植物 (其中灌木植物 36 种, 草本植物 133 种), 隶属于 118 属, 31 科, 其中以藜科、菊科、禾本科等干旱区的表征科居多。灌木物种的植物区系以地中海区、西亚至中亚分布和北温带分布为主。(2) 采用 TWINSpan 分类方法可将 50 个样方划分为 10 个灌木群落类型。乌鲁木齐地区典型灌木群落多样性指数偏低, 黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落的多样性指数最大, 群落之间水平差异显著; 欧亚圆柏群落、宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落和铃铛刺+喀什菊群落次之; 多枝桤柳群落和琵琶柴+喀什霸王群落最低。(3) 属于灌丛植被类型的灌木群落, 物种多样性指数为草本层>灌木层; 属于荒漠植被类型的灌木群落, 物种多样性空间结构为灌木层>草本层。

**关键词:** 乌鲁木齐; 灌木群落; 物种多样性; 空间结构; 双向指示种分析

**中图分类号:** Q948.15<sup>+</sup>6 **文献标志码:** A

## Structural Characteristics and Diversity of Typical Shrub Plant Community in the Urumqi Region

YUAN Lei<sup>1,2</sup>, ZHOU Huarong<sup>1,2\*</sup>, ZONG Zhaolei<sup>1</sup>, YE Qin<sup>1,2</sup>

(1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** According to the quadrat investigation material and TWINSpan classification, we analyzed the community structure and diversity of typical shrub community by the species composition, floral feature and species diversity. The results showed that: (1) The investigated plants belong to 169 species (including 36 kinds of shrubs, 133 kinds of herbs), 118 genera and 31 families. Most plants belong to chenopodiaceae, compositae and gramineae, which were the characteristic families in arid region. The ancient Mediterranean and West Asia to Central Asia and the North temperate distribution pattern are the dominant flora. (2) Using the TWINSpan method, the typical shrub communities in the 50 plots were sorted into ten types. The shrub community species diversity indexes are generally low, in which the species diversity indexes of *Berberis heteropoda* + *Rosa platyacantha* + *Spiraea hyperici folia* community are larger; and the species diversity index of *Juniperus sabina* community, *R. platyacantha* + *Caragana pygnaea* community and *Halimodendron halodendron* + *Kaschgaria komarovii* community are second, *Tamarix chinensis* + *Reaumuria son-*

收稿日期: 2013-12-03; 修改稿收到日期: 2014-03-04

基金项目: 国家自然科学基金 (41171157)

作者简介: 袁 蕾 (1989-), 女, 在读硕士研究生, 主要从事植物生态及环境影响评价研究。E-mail: happy\_yuanlei@163.com

\* 通信作者: 周华荣, 博士, 研究员, 主要从事干旱区景观生态和环境影响评价研究工作。E-mail: zhouhr@ms.xjb.ac.cn

*garica* + *Sarcozygium kaschgaricum* are lower. (3) The shrub community belongs the thicket vegetation and the species diversity indexes of herb are larger than the shrub layer. The community is classified by desert vegetation types, the species diversity indexes of shrub are larger than that of the herb layer.

**Key words:** Urumqi; shrub community; species diversity; spatial structure; TWINSpan

群落结构是植物群落的基本属性,也是认识群落的组成、变化和发展趋势的基础<sup>[1]</sup>。结构是群落的一个重要特征,反映了群落对环境的适应、动态和机能,进而有助于群落的分类和保护。群落物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的量度<sup>[2]</sup>,是反映群落特征的重要指标之一。进行群落物种多样性研究不仅能更好地反映群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性,也可反映不同自然地理条件与群落的相互关系及其发展变化<sup>[3]</sup>。物种多样性研究在整个生物多样性研究中占有非常重要的地位,是群落生态学研究的重要课题<sup>[4]</sup>。分析植物群落的结构和物种多样性对揭示群落的更新、稳定性与演替规律具有极为重要的意义<sup>[5]</sup>。

灌木是干旱荒漠区植被的主要组成部分,它在维持荒漠生态系统的生物多样性、生态服务功能及稳定性等方面具有重要作用,而灌木群落是由灌木类型植物为建群种(或优势种,有时为标志种)的植被类型。由于灌木群落的适应性和生态效益,其在干旱区的作用更为显著。乌鲁木齐作为干旱区的典型区域,以沙质、砾质旱生和超旱生的稀疏灌木、半灌木荒漠占优势<sup>[6]</sup>,前人有用以单一的灌丛或以周边荒山植被为研究对象进行了一些研究<sup>[7-8]</sup>,但针对不同类型的灌木群落(包括荒漠和山地、平原灌丛等)方面的研究较少。本研究在对乌鲁木齐地区灌木群落调查的基础上,对群落结构和多样性进行分析,探讨灌木植物在干旱区“山地-荒漠-绿洲”景观构型下构成的群落物种组成和多样性变化规律,揭示灌木群落特征与环境间的相互关系,旨在加深对本地区植物群落性质的认识,为该地区的生态恢复及生物多样性保护提供科学依据和实践基础。

## 1 研究区概况

乌鲁木齐地处中温带半干旱大陆性气候区,位于新疆中部,地处天山北麓、准噶尔盆地南缘。地理坐标为  $86^{\circ}37'33''\sim 88^{\circ}58'24''E$ 、 $42^{\circ}45'32''\sim 44^{\circ}08'00''N$ ,海拔 450~4 800 m。南北长约 153 km、东西长约 190 km,总面积为  $1.42\times 10^4$  km<sup>2</sup>。乌鲁木齐年均气温 7.5℃,年均降水量 236 mm,年均蒸发量 2 570 mm,年均无霜期 150~190 d,年均总日照数

2 775 h<sup>[6]</sup>。地势东南高,西北低,自然坡度 12‰~15‰;地貌类型俱全,兼有冲积平原、山间谷地、低山丘陵、中高山地等;山地面积占总面积的 61.50%,平原、丘陵面积占 38.50%。土壤发育主要受制于中温带大陆性干旱气候和山地地形及其植被的影响,表现出荒漠和半荒漠性质。根据其成土过程和发育特征,可分为栗钙土、棕钙土、灰漠土、草甸土、灌耕土、潮土、水稻土和沼泽土等 8 个土类,以典型灰漠土为主<sup>[9]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 野外样地调查

在 2013 年 6 月~7 月对乌鲁木齐地区进行野外调查,植物样地的调查采用典型取样法,选择有代表性的植被地段进行常规群落学调查,根据不同的地形、土壤和植被类型在乌鲁木齐地区设置了 50 个样方(图 1)。灌木样方面积选取 10 m×10 m,并在每个灌木样方内设置 3 个 1 m×1 m 的草本植物调查样方。调查内容包括:①生境:海拔、坡度、坡向、土壤类型;②植株的基本特征调查:高度、基径、盖度、冠幅、株数。

### 2.2 数据分析

**2.2.1 重要值计算** 重要值是评价植物种群在群落中相对作用大小的一种综合性数量指标<sup>[10]</sup>。

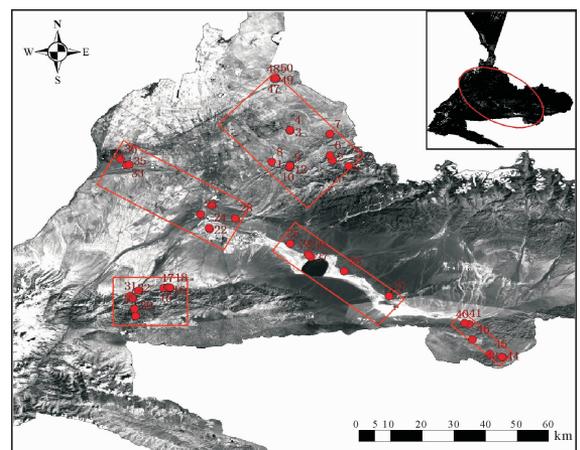


图 1 研究区及样方的地理位置

Fig. 1 The location of study area and the investigated plots

物种重要值=(相对密度+相对盖度+相对高度)/3

**2.2.2 TWINSpan 分类** 群落分类有正分析和逆分析,前者指用属性对实体进行分类,后者指用实体对属性进行分类。本次研究中采用正分析,以物种为属性对样方实体进行分类。双向指示种分析(two-way indicator species analysis, TWINSpan)是 20 世纪 80 年代以来使用最多的数量分类方法之一。根据灌木层样地物种重要值矩阵信息,利用 WinTWINS 2.3 软件完成对样地及灌木物种的聚类。

**2.2.3 物种多样性指数计算** 根据物种多样性指数应用的广泛性以及其对群落物种多样性状况的反映,对物种多样性的衡量可以通过对群落或生境内物种丰富度、物种均匀度的测量获得<sup>[11]</sup>。选用 Simpson 指数( $D$ )、Shannon-Wiener 指数( $H$ )、Pielou 均匀度指数( $J$ )、Simpson 优势度指数( $C$ )、Margalef 丰富度指数( $M$ ),计算公式如下:

$$(1) \text{Simpson 多样性指数}(D): D = 1 - \sum_{i=1}^S N_i^2$$

$$(2) \text{Shannon-Wiener 多样性指数}(H):$$

$$H = - \sum_{i=1}^S N_i \times \ln N_i$$

$$(3) \text{Pielou 均匀度指数}(J): J = J_{sw} = H / \ln S$$

$$(4) \text{Simpson 优势度指数}(C): C = \sum_{i=1}^S N_i^2$$

$$(5) \text{Margalef 丰富度指数}(M): M = (S - 1) / \log_2 N$$

式中, $S$ 为样方内物种数; $N$ 为样方内所有物种个体数总和; $N_i$ 为样方内种 $i$ 的重要值。

### 2.3 数据处理

应用 Excel 软件对数据进行统计处理,利用 WinTWINS 2.3 软件的 TWINSpan 模块对样方及植物种进行聚类分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 灌木群落物种组成和灌木区系特征

本次调查的 50 个样方中,灌木植物共出现了 36 种(表 1),隶属于 12 科 27 属。从科的角度而言,物种最多的科为藜科,包含 9 种灌木,分别是囊果碱蓬(*Suaeda physophora*)、盐生假木贼(*Anabasis salsa*)、细枝盐爪爪(*Kalidium gracile*)、白滨藜(*Atriplex cana*)、心叶驼绒藜(*Ceratoides ewersmanniana*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、驼绒藜(*C. latens*)、木本猪毛菜(*Salsola arbuscula*)、小蓬(*Nanophyton erinaceum*),占总物种数的 25.00%;

其次为蔷薇科,包含 6 种灌木。从属的角度而言,种数最多的属是蔷薇属,包含 4 种灌木;其次为忍冬属,包含 3 种灌木。草本植物共调查到 133 种,隶属于 26 科 100 属,菊科包含的物种数最多,有 11 个属 23 个种;其次是藜科和禾本科,包含 19 个种;蝶形花科和十字花科次之。

根据吴征镒对中国种子植物属的分布区类型的划分方法<sup>[12]</sup>,将乌鲁木齐地区调查的灌木物种划分为 8 个分布类型。结果表明,地中海区、西亚至中亚分布所占比例最大,共 9 个属,占总属数的 33.33%,其次是北温带分布有 7 个属,世界分布和旧世界温带分布有 3 个属,各占 11.11%,温带亚洲分布有 2 个属,泛热带分布、东亚分布、中亚分布各有 1 个属。总的看来,地中海区、西亚至中亚分布和北温带分布占绝对优势,这与本地地处中温带半干旱大陆性气候区基本相吻合。

### 3.2 灌木群落类型划分和群落基本特征

在分别计算出样地的物种重要值的基础上,对研究区域的灌木物种进行 TWINSpan 等级分类,其中 TWINSpan 分类的一级分类结果主要将研究区灌木群落划分为灌丛(群落 I~VII)和荒漠(群落 VIII~X)两种类型,在具体分类过程中,应充分考虑群落的生境特征和物种在群落中的地位和作用,才能获得更加客观和符合植被分类原则的结果<sup>[13]</sup>。根据图 2 中灌木群落分类结果,可将乌鲁木齐地区的典型灌木群落分为 10 种类型(表 2)。群落的命名主要依据各层的优势种和 TWINSpan 划分的指示种作为群落划分结果的名称。

群落 I:以欧亚圆柏(*Juniperus sabina*)为建群种的灌木群落,属于针叶灌丛植被类型。由样方 5、29、30 组成,分布在乌鲁木齐东山及天山大峡谷的山坡上部和山脊,分布地段多坡度较大、海拔较高为 1 900~2 322 m,伴生种为小叶忍冬(*Lonicera microphylla*)、腺毛蔷薇(*Rosa fedtschenkoana*)、刚毛忍冬(*L. hispidula*)、宽刺蔷薇(*R. platyacantha*)等。草本层主要有苔草(*Carex tristachya*)、平车前(*Plantago depressa*)、土库曼米努草(*Minuartia turcomanica*)、荆芥(*Nepeta cataria*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)等。植被种类丰富,植被盖度最大,为 89.00%,且群落中灌木物种平均高度也最大,达 244.88 cm。

群落 II:黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊灌木群落,属于山地落叶阔叶灌丛植被类型。由样方 2、6、9~13、15、18、19、31、32 组成,主要分布在

乌鲁木齐东山及南山等地,在山地分布较广,海拔跨度大,在 1 150~2 000 m 之间。灌木层伴生有黑果枸杞(*Cotoneaster melanocarpus*)、刚毛忍冬、截萼忍冬(*L. altmannii*)、尖刺蔷薇(*R. oxyacantha*)等。草本层主要有苔草、千叶蓍(*Achillea millefolium*)、直立老鹳草(*Geranium rectum*)、北方拉拉藤(*Galium boreale*)、白莲蒿(*Artemisia gmelinii*)、荆芥、蒲公英(*Ta-*

*raxacum mongolicum*)、森林草莓(*Fragaria vesca*)、鹤虱(*Lappula myosotis*)、苜蓿(*Medicago sativa*)等。植被种类较丰富,植被盖度高。

群落 III:宽刺蔷薇十矮锦鸡儿灌木群落,属于落叶阔叶灌丛植被类型。由样方 14、16、17、20 组成,主要分布在乌鲁木齐南山水西沟,海拔为 1 780~2 030 m,该群落类型灌木层主要伴生有金丝桃叶绣

表 1 灌木植物调查分析统计表

Table 1 Typical shrub community statistic analysis

灌木物种名 Shrub name	科名 Family	属名 Genus	属的分布区类型 Areal-type
囊果碱蓬 <i>Suaeda physophora</i>	藜科 Chenopodiaceae	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	世界分布 Cosmopolitan
盐生假木贼 <i>Anabasis salsa</i>	藜科 Chenopodiaceae	假木贼属 <i>Anabasis</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
细枝盐爪爪 <i>Kalidium gracile</i>	藜科 Chenopodiaceae	盐爪爪属 <i>Kalidium</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
白滨藜 <i>Atriplex cana</i>	藜科 Chenopodiaceae	滨藜属 <i>Atriplex</i>	世界分布 Cosmopolitan
心叶驼绒藜 <i>Ceratoides ewersmaiana</i>	藜科 Chenopodiaceae	驼绒藜属 <i>Ceratoides</i>	东亚分布 E. Asia
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	藜科 Chenopodiaceae	梭梭属 <i>Haloxylon</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
驼绒藜 <i>Ceratoides latens</i>	藜科 Chenopodiaceae	驼绒藜属 <i>Ceratoides</i>	东亚分布 E. Asia
木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>	藜科 Chenopodiaceae	猪毛菜属 <i>Salsola</i>	世界分布 Cosmopolitan
小蓬 <i>Nanophyton erinaceum</i>	藜科 Chenopodiaceae	小蓬属 <i>Nanophyton</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
黑果枸杞 <i>Cotoneaster melanocarpus</i>	蔷薇科 Rosaceae	枸杞属 <i>Cotoneaster</i>	北温带分布 North Temperate
宽刺蔷薇 <i>Rosa platyacantha</i>	蔷薇科 Rosaceae	蔷薇属 <i>Rosa</i>	北温带分布 North Temperate
金丝桃叶绣线菊 <i>Spiraea hyperici folia</i>	蔷薇科 Rosaceae	绣线菊属 <i>Spiraea</i>	北温带分布 North Temperate
尖刺蔷薇 <i>Rosa oxyacantha</i>	蔷薇科 Rosaceae	蔷薇属 <i>Rosa</i>	北温带分布 North Temperate
腺毛蔷薇 <i>Rosa fedtschenkoana</i>	蔷薇科 Rosaceae	蔷薇属 <i>Rosa</i>	北温带分布 North Temperate
落花蔷薇 <i>Rosa beggeriana</i>	蔷薇科 Rosaceae	蔷薇属 <i>Rosa</i>	北温带分布 North Temperate
刺叶锦鸡儿 <i>Caragana acanthophylla</i>	豆科 Leguminosae	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	温带亚洲分布 Temp. Asia
矮锦鸡儿 <i>Caragana pygnaea</i>	豆科 Leguminosae	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	温带亚洲分布 Temp. Asia
铃铛刺 <i>Halimodendron halodendron</i>	豆科 Leguminosae	铃铛刺属 <i>Halimodendron</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
小叶忍冬 <i>Lonicera microphylla</i>	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 <i>Lonicera</i>	北温带分布 North Temperate
刚毛忍冬 <i>Lonicera hispida</i>	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 <i>Lonicera</i>	北温带分布 North Temperate
截萼忍冬 <i>Lonicera altmannii</i>	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 <i>Lonicera</i>	北温带分布 North Temperate
喀什霸王 <i>Sarcozygium kaschgaricum</i>	蒺藜科 Zygophyllaceae	霸王属 <i>Sarcozygium</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
霸王 <i>Sarcozygium xanthoxylon</i>	蒺藜科 Zygophyllaceae	霸王属 <i>Sarcozygium</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
小果白刺 <i>Nitraria sibirica</i>	蒺藜科 Zygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
黑果枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>	茄科 Solanaceae	枸杞属 <i>Lycium</i>	北温带分布 North Temperate
枸杞 <i>Lycium chinense</i>	茄科 Solanaceae	枸杞属 <i>Lycium</i>	北温带分布 North Temperate
宁夏枸杞 <i>Lycium barbarum</i>	茄科 Solanaceae	枸杞属 <i>Lycium</i>	北温带分布 North Temperate
宽苞水柏枝 <i>Myricaria bracteata</i>	柽柳科 Tamaricaceae	水柏枝属 <i>Myricaria</i>	旧世界温带分布 Old World Temperate
琵琶柴 <i>Reaumuria songarica</i>	柽柳科 Tamaricaceae	红砂属 <i>Reaumuria</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia
柽柳 <i>Tamarix chinensis</i>	柽柳科 Tamaricaceae	柽柳属 <i>Tamarix</i>	旧世界温带分布 Old World Temperate
蛇麻黄 <i>Ephedra distachya</i>	麻黄科 Ephedraceae	麻黄属 <i>Ephedra</i>	泛热带分布 Pantropic
膜果麻黄 <i>Ephedra przewalskii</i>	麻黄科 Ephedraceae	麻黄属 <i>Ephedra</i>	泛热带分布 Pantropic
喀什菊 <i>Kaschgaria komarovii</i>	菊科 Compositae	喀什菊属 <i>Kaschgaria</i>	中亚分布 E. Asia
黑果小檗 <i>Berberis heteropoda</i>	小檗科 Berberidaceae	小檗属 <i>Berberis</i>	北温带分布 North Temperate
欧亚圆柏 <i>Juniiperus sabina</i>	柏科 Cupressaceae	圆柏属 <i>Juniiperus</i>	北温带分布 North Temperate
木蓼 <i>Atraphaxis frutescens</i>	蓼科 Polygonaceae	木蓼属 <i>Atraphaxis</i>	旧世界温带分布 Old World Temperate
沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	蓼科 Polygonaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia

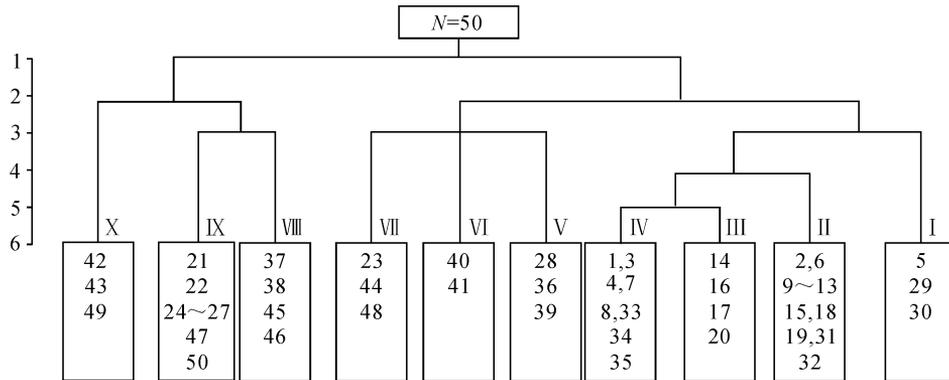


图2 50个植物样方的 TWINSpan 分类结果

最左侧竖线上的数字表示分类水平、N 表示样方总数。图下方长方形内的数字为所调查的 50 个样方编号

Fig. 2 TWINSpan classification of the plant communities in the 50 plots

Numbers on the vertical line on the left designate classification level. N represents the total number of plots.

Numbers in the rectangles at the bottom of the figure designate the identification code for each of the 50 plots

线菊(*Spiraea hypericifolia*)、刚毛忍冬等,草本层主要有苔草、二裂委陵菜、羊茅(*Festuca ovina*)、密序硬萼草(*Sideritis balansae*)、丝状点地梅(*Androsace filiformis*)等。植被盖度为 62.50%。

群落Ⅳ:刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇灌木群落,属于山地落叶阔叶灌丛植被类型。由样方 1、3、4、7、8、33、34、35 组成,主要分布在乌鲁木齐东山石人沟和白鸟湖等地。伴生种中包含荒漠植被类型,有白滨藜、驼绒藜、木蓼,此外还有金丝桃叶绣线菊等灌丛植被类型。草本层以角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)、卷茎蓼(*Polygonum convolvulus*)、涩芥(*Malcolmia africana*)、针茅(*Stipa capillata*)、角果毛茛(*Ceratocephalus testiculatus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)等为主,植被覆盖度较低,为 52.50%。

群落Ⅴ:黑果枸杞+宁夏枸杞灌木群落,属于杜加依灌丛植被类型。由样方 28、39 组成,该群落分布在乌鲁木齐柴窝堡湖附近,海拔在 1 100 m 左右,伴生种有小果白刺(*Nitraria sibirica*),草本层主要有苔草、叉毛蓬(*Petrosimonia sibirica*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、蒿蓄(*Polygonum aviculare*)、赖草(*Leymus secalinus*)、骆驼蓬(*Peganum harmala*)等。

群落Ⅵ:宽苞水柏枝+落花蔷薇灌木群落,属于灌丛植被类型。由样方 40、41 组成,伴生种为铃铛刺(*Halimodendron halodendron*),草本层主要有苔草、碱蓬、天兰苜蓿(*Medicago lupulina*)、布顿大麦草(*Hordeum bogdanii*)、小花棘豆(*Oxytropis glabra*)、亚洲车前(*Plantago asiatica*)、蒿蓄等,主要分布在乌鲁木齐达坂城后沟湿地附近,土壤水分

含量高,草本层种类丰富,盖度相对较高。

群落Ⅶ:多枝桤柳灌木群落,属于杜加依灌丛植被类型。由样方 23、44、48 组成,主要分布在达坂城后沟和乌拉泊水库边、米东区等地,伴生种为小果白刺,草本层主要有骆驼蓬、粉苞苣(*Chondrilla piptocoma*)、苦豆子、中亚滨藜(*Atriplex centralasiatica*)、赖草、地肤(*Kochia scoparia*)、角果藜、蒿蓄、白莲蒿等,群落灌木物种稀少,灌木群落以单优势种存在。

群落Ⅷ:铃铛刺+喀什菊灌木群落,属于灌木-半灌木荒漠植被类型。由样方 37、38、45、46 组成,主要分布在柴窝堡湖和达坂城后沟等地,灌木层伴生有小果白刺、黑果枸杞(*L. ruthenicum*)、木蓼、蛇麻黄(*Ephedra distachya*)等,草本层以骆驼蓬为优势种,还伴生有盐生草(*Halogeton glomeratus*)、芦苇(*Phragmites australis*)、苦豆子、猪毛菜(*Salsola collina*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、蒺藜(*Tribulus terrester*)等。

群落Ⅸ:囊果碱蓬+梭梭+铃铛刺灌木群落,属于荒漠植被类型。由样方 21、22、24~27、47、50 组成,主要分布在乌鲁木齐乌拉泊,柴窝堡和米东区九沟十八坡等地,海拔为 825~1 113 m。灌木层伴生有小果白刺、盐生假木贼、细枝盐爪爪、驼绒藜、木本猪毛菜、琵琶柴(*Reaumuria songarica*)、霸王(*Sarcocyzium xanthoxylon*)等,草本层主要有叉毛蓬、刺毛碱蓬(*Suaeda acuminata*)、骆驼蓬、紫翅猪毛菜(*Salsola affinis*)、芦苇、赖草、地肤、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、顶羽菊(*Acroptilon repens*)等。荒漠植被类型较丰富,但植被盖度较低。

表 2 典型灌木群落类型的基本特征和物种多样性  
Table 2 The basic characteristics and species diversity of typical shrub community types

群落类型 Community types	海拔 Elevation /m	灌木层主要伴生种 The associate species of shrub layer	草本层主要优势种 The dominant species of herb layer	灌木物种平均高度 Average height /cm	盖度 Coverage /%	D	H	J <sub>sw</sub>	C	M
欧亚圆柏群落 <i>J. sabina</i> community	1 900~2 322	小叶忍冬、刚毛忍冬、宽刺蔷薇、腺毛蔷薇 <i>L. microphylla</i> , <i>L. hispidula</i> , <i>R. platyacantha</i> , <i>R. fedtschenkoi</i>	苔草、平车前、土库曼米努草 <i>Carex tristachya</i> , <i>Plantago depressa</i> , <i>Minuartia turcomanica</i>	244.88	89.00	0.31	2.71	1.12	0.69	1.60
黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落 <i>B. heteropoda</i> + <i>R. platyacantha</i> + <i>S. hypericifolia</i> community	1 150~2 000	黑果小檗、刚毛忍冬、截萼忍冬、尖刺蔷薇 <i>C. melanocarpus</i> , <i>L. hispidula</i> , <i>L. altmannii</i> , <i>R. oxyacantha</i>	苔草、千叶薷、直立老鹳草 <i>C. tristachya</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Cerastium rectum</i>	166.23	88.00	0.51	3.06	1.14	0.59	1.72
宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落 <i>R. platyacantha</i> + <i>C. pygmaea</i> community	1 780~2 030	金丝桃叶绣线菊、刚毛忍冬 <i>S. hypericifolia</i> , <i>L. hispidula</i>	苔草、二裂委陵菜、羊茅 <i>C. tristachya</i> , <i>Potentilla bifurca</i> , <i>Festuca ovina</i>	96.30	62.50	0.39	2.80	1.04	0.71	1.56
刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇群落 <i>C. acanthophylla</i> + <i>R. platyacantha</i> community	910~1 050	白滨藜、驼绒藜、金丝桃叶绣线菊、木蓼 <i>A. cana</i> , <i>C. latens</i> , <i>S. hypericifolia</i> , <i>A. frutescens</i>	角果藜、卷茎蓼、涩芥 <i>Ceratocarpus arenarius</i> , <i>Polygonum convolvulus</i> , <i>Malcolmia africana</i>	74.58	52.50	0.15	1.56	0.88	0.96	0.99
黑果小檗+宁夏枸杞群落 <i>L. ruthenicum</i> + <i>L. chinense</i> community	1 108~1 117	小果白刺 <i>N. sibirica</i>	苔草、叉毛蓬、碱蓬 <i>C. tristachya</i> , <i>Petrosimonia sibirica</i> , <i>Suaeda glauca</i>	78.11	80.00	0.16	1.63	0.78	0.84	1.21
黑果水柏枝+落花蔷薇群落 <i>M. bracteata</i> + <i>R. beggeriana</i> community	1 075~1 105	铃铛刺 <i>H. halodendron</i>	苔草、碱蓬、天兰苜蓿 <i>C. tristachya</i> , <i>S. glauca</i> , <i>Medicago lupulina</i>	153.56	77.50	0.16	1.60	0.81	0.97	0.90
多枝怪柳群落 <i>T. chinensis</i> community	600~1 000	小果白刺 <i>N. sibirica</i>	骆驼蓬、粉苞苣 <i>Peganum harmala</i> , <i>Chondrilla pycnoma</i>	121.00	68.33	0.15	1.07	0.55	0.95	0.34
铃铛刺+喀什菊群落 <i>H. halodendron</i> + <i>K. komarovii</i> community	850~1 100	小果白刺、黑果枸杞、木蓼、蛇麻黄 <i>N. sibirica</i> , <i>L. ruthenicum</i> , <i>A. frutescens</i> , <i>E. distachya</i>	盐生草、芦葦 <i>Halogeton glomeratus</i> , <i>Phragmites australis</i>	82.92	57.50	0.34	1.69	0.93	0.56	0.80
囊果碱蓬+梭梭+铃铛刺群落 <i>S. physophora</i> + <i>H. ammodendron</i> + <i>H. halodendron</i> community	825~1 113	小果白刺、盐生假木贼、细枝盐爪爪、驼绒藜、木本猪毛菜、琵琶柴、霸王 <i>N. sibirica</i> , <i>A. salsa</i> , <i>K. gracile</i> , <i>C. latens</i> , <i>S. arbuscula</i> , <i>R. songarica</i> , <i>S. xanthoxylon</i>	叉毛蓬、刺毛碱蓬、骆驼蓬 <i>P. sibirica</i> , <i>Suaeda acuminata</i> , <i>P. harmala</i>	71.69	55.00	0.27	1.89	0.99	0.73	0.77
琵琶柴+喀什霸王群落 <i>R. songarica</i> + <i>S. kaschgaricum</i> community	600~800	沙拐枣 <i>C. mongolicum</i>	短苞盐蓬 <i>Halimocnemis karelinii</i>	55.07	36.67	0.13	0.95	0.92	0.90	0.47

群落 X: 琵琶柴+喀什霸王灌木群落, 属于灌木-半灌木荒漠植被类型。由样方 42、43、49 组成, 主要分布在乌鲁木齐达坂城后沟和米东区九沟十八坡等地, 海拔为 600~800 m。灌木层伴生种有沙拐枣 (*Calligonum mongolicum*), 草本层主要有短苞盐蓬 (*Halimocnemis karelinii*)、碱蓬、角果藜等。植被种类单一, 植被盖度和灌木平均高度均最低。

### 3.3 典型灌木群落的物种多样性

植物群落物种多样性指数能客观地反映群落内物种组成的特征<sup>[14-15]</sup>。本实验采用 Simpson 多样性指数 ( $D$ )、Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H$ )、Pielou 均匀度指数 ( $J_{sw}$ )、Simpson 优势度指数 ( $C$ )、Margalef 丰富度指数 ( $M$ ) 来描述不同植物群落的物种多样性特征。

表 2 显示了不同典型灌木群落物种多样性的情况, 总体上看, 研究区典型灌木群落物种多样性水平较低, 植物群落结构简单, 物种组成稀少。就各群落而言, 物种多样性指数随丰富度增高而增大, 即物种组成的丰富程度决定着群落多样性水平高低。就 10 种类型的灌木群落而言, 群落 I~III 处于山地和低地草甸区,  $D$ 、 $H$ 、 $M$  较大; 其中黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落的多样性指数最大, 群落

之间显著性水平差异显著; 欧亚圆柏群落、宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落和铃铛刺+喀什菊群落次之; 多枝柽柳群落和琵琶柴+喀什霸王群落最低, 物种组成相对贫乏, 荒漠植被类型特征明显。均匀度则反映了群落物种分布的均匀程度, 从各群落的  $J_{sw}$  来看, 其变化趋势与物种多样性指数基本一致, 黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落物种分布均匀, 均匀度指数  $J_{sw}$  最高如物种组成较单一的多枝柽柳群落, 优势物种呈片状分布, 均匀度低, 为 0.55。群落优势度变化与物种多样性指数变化相反。且与优势物种数量极为密切, 即由于物种多样性水平低的刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇群落、黑果枸杞+宁夏枸杞群落、宽苞水柏枝+落花蔷薇群落和琵琶柴+喀什霸王群落出现的物种数少, 优势物种对群落多样性指标贡献率相对较大, 优势度较高, 在 0.90~0.97 之间。

### 3.4 群落物种多样性的层间分布特征

植物群落的空间结构取决于物种的生长型和相同生长型的物种组成的层片<sup>[16-17]</sup>, 不同层片的物种多样性指标表征了群落的物种组成、垂直结构、外貌特征和生态功能等方面的垂直层次的差异性。表 3 显示了各群落内灌木和草本两种生长型物种多样性

表 3 典型灌木群落类型各生长型的物种多样性分析

Table 3 The species biodiversity characteristics of different growth forms of typical shrub community types

群落类型 Community type	生长型 Growth form	$D$	$H$	$J_{sw}$	$C$	$M$
欧亚圆柏群落 <i>J. sabina</i> community	灌木 Shrub	0.58	1.04	0.81	0.42	0.69
	草本 Herb	0.73	1.69	0.80	0.27	1.06
黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落 <i>B. heteropoda</i> + <i>R. platyacantha</i> + <i>S. hyperici folia</i> community	灌木 Shrub	0.68	1.39	0.85	0.32	0.75
	草本 Herb	0.76	1.58	0.84	0.29	0.88
宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落 <i>R. platyacantha</i> + <i>C. pygnaea</i> community	灌木 Shrub	0.57	0.92	0.93	0.43	0.36
	草本 Herb	0.69	1.74	0.79	0.31	1.14
刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇群落 <i>C. acanthophylla</i> + <i>R. platyacantha</i> community	灌木 Shrub	0.32	0.50	0.51	0.68	0.22
	草本 Herb	0.55	1.11	0.70	0.45	0.56
黑果枸杞+宁夏枸杞群落 <i>L. ruthenicum</i> + <i>L. chinense</i> community	灌木 Shrub	0.34	0.52	0.76	0.66	0.20
	草本 Herb	0.54	1.23	0.59	0.46	0.60
宽苞水柏枝+落花蔷薇群落 <i>M. bracteata</i> + <i>R. beggeriana</i> community	灌木 Shrub	0.24	0.34	0.49	0.76	0.09
	草本 Herb	0.54	1.29	0.58	0.46	0.59
多枝柽柳群落 <i>T. chinensis</i> community	灌木 Shrub	0.14	0.20	0.29	0.86	0.08
	草本 Herb	0.62	1.45	0.72	0.38	0.80
铃铛刺+喀什菊群落 <i>H. halodendron</i> + <i>K. komarovii</i> community	灌木 Shrub	0.62	1.12	0.80	0.38	0.65
	草本 Herb	0.32	0.58	0.42	0.68	0.29
囊果碱蓬+梭梭+铃铛刺群落 <i>S. physophora</i> + <i>H. ammodendron</i> + <i>H. halodendron</i> community	灌木 Shrub	0.56	1.03	0.75	0.44	0.48
	草本 Herb	0.46	0.86	0.62	0.54	0.30
琵琶柴+喀什霸王群落 <i>R. songarica</i> + <i>S. kaschgaricum</i> community	灌木 Shrub	0.33	0.46	0.67	0.67	0.23
	草本 Herb	0.20	0.49	0.30	0.80	0.20

的特征。

在铃铛刺+喀什菊群落、囊果碱蓬+梭梭+铃铛刺群落和琵琶柴+喀什霸王群落中,灌木层物种多样性指数大于草本层,表明物种组成以灌木种类居多,灌木层占主导地位;在宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落、刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇群落、黑果枸杞+宁夏枸杞群落、宽苞水柏枝+落花蔷薇群落、欧亚圆柏群落和多枝怪柳群落中,草本层物种多样性指数大于灌木层,表明物种组成以草本种类居多,草本层占主导地位;在黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落中灌木层和草本层物种多样性指数几乎相当,表明物种组成灌草均一,这是因为植物群落的垂直层次结构主要受地带性气候所确立的水热组合影响,同时也受微生境、群落的种群组成和发育阶段的影响<sup>[18]</sup>。各群落不同层片的  $D$  和  $H$ 、 $J_{sw}$ 、 $C$ 、 $M$  与群落各相应物种多样性指数的变化规律相似。琵琶柴+喀什霸王群落中,草本层物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数均较低,优势度较高,且与各群落间差异性显著。通过各群落灌木层物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数和优势度之间的方差分析,群落间物种多样性指标差异性显著,说明处于低地草甸和山地的灌木群落,草本层为主要层次;而处于荒漠的灌木群落,灌木层是其主要层次。因此,不同生境和不同的植被类型,所占主导地位的生长期也不同。

#### 4 结论与讨论

本次样方调查的灌木植被群落中出现了 169 种植物,隶属于 31 科 118 属。灌木层共出现 36 种植物,隶属于 12 科 27 属,物种最多的科为藜科;草本层共出现 133 种草本,隶属于 26 科 100 属,物种最多的科为菊科,这与以藜科、菊科等西北干旱区的表征科数量居多<sup>[19]</sup>,这一点是相一致的。结合吴征镒和中国种子植物属的分布区类型的划分方法,将乌鲁木齐地区调查的灌木物种划分为 8 个分布类型,以地中海区、西亚至中亚分布和北温带分布为主,分别占总属数的 33.33% 和 25.93%,符合本研究区

于中温带半干旱大陆性气候区的典型灌木群落分布特征;新疆灌木植物属的分布类型以北温带成分和地中海成分占优势<sup>[20]</sup>,从而得知乌鲁木齐地区灌木植物的分布性质与新疆灌木植物的总体分布趋势相似。

采用 TWINSpan 法对研究区域的植被进行分类,一级分类将植被分为灌丛和荒漠,灌丛植被类型分为欧亚圆柏群落、黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落、刺叶锦鸡儿+宽刺蔷薇群落、宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落、黑果枸杞+宁夏枸杞群落和宽苞水柏枝+落花蔷薇群落;荒漠植被类型分为囊果碱蓬+梭梭+铃铛刺群落、铃铛刺+喀什菊群落和琵琶柴+喀什霸王群落。

乌鲁木齐地区典型灌木群落  $D$ 、 $H$  和  $M$  最大值分别为 0.51、3.06 和 1.72。在不同区域灌木群落多样性的研究中,就  $H$  而言,乌兰布和沙漠典型灌木群落类型的多样性指数  $H$  的变化范围在 0.98~3.42 之间<sup>[19]</sup>,鄂尔多斯高原荒漠化草原灌木群落的多样性指数  $H$  为 1.86~3.41<sup>[21]</sup>,而乌鲁木齐地区灌木群落多样性指数  $H$  变化范围在 0.95~3.06 之间。说明乌鲁木齐地区典型灌木群落物种多样性指标相对较低,群落结构比较简单,物种组成相对稀少,植物分布极不均匀,这与当地干旱的气候条件和脆弱的生态环境有关。植被受地形地貌及立地条件差异的影响,从而导致不同群落物种多样性特征变化不同。黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落的多样性指数最大,群落之间水平差异显著;欧亚圆柏群落、宽刺蔷薇+矮锦鸡儿群落和铃铛刺+喀什菊群落次之;多枝怪柳群落和琵琶柴+喀什霸王群落最低。

灌丛植被类型的灌木群落空间结构,草本层的物种多样性水平较高,在该群落中占主要层次;荒漠灌木群落以灌木层为主导地位;只有黑果小檗+宽刺蔷薇+金丝桃叶绣线菊群落中灌木层和草本层物种多样性指数几乎相当。说明乌鲁木齐地区环境复杂,在“山地-荒漠-绿洲”不同尺度的景观构型下,导致群落多样性层间结构的不同。

**致谢:**衷心感谢新疆师范大学海鹰老师,中国科学院新疆生态与地理研究所段世民老师和尹林克老师在植物鉴定方面的指导和帮助!

## 参考文献:

- [1] SHI Z M(史作民), CHENG R M(程瑞梅), LIU SH R(刘世荣), *et al.* Study on species diversity of plant communities in Bao Tianman [J]. *Scientia Silvae Sinicae*(林业科学), 2002, **38**(60): 17—23(in Chinese).
- [2] YUE M(岳 明), REN Y(任 毅), DANG G D(党高弟), *et al.* Species diversity of higher plant communities in Foping National Reserve [J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), 1999, **7**(4): 263—269(in Chinese).
- [3] RU W M(茹文明), ZHANG J T(张金屯), ZHANG F(张 峰), *et al.* Species diversity and community structure of forest communities in Lishan Mountain [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*(应用生态学报), 2006, **17**(4): 561—566(in Chinese).
- [4] ZHENG T(郑 田), LI W H(李卫红), LI J G(李建贵), *et al.* Characters of community diversity in the oasis-desert transition zone in lower reaches of Tarim River [J]. *Journal of Desert Research*(中国沙漠), 2009, **29**(2): 241—247(in Chinese).
- [5] PANDEY S K, SHUKLA R P. Plant diversity in managed sal (*Shorea robusta* Geamn.) forests of Gorakhpur, India: species composition regeneration and conservation [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2003, **12**: 2 295—2 319.
- [6] YIN L K(尹林克), NAN W J(南伟疆), YAN CH(严 成), *et al.* Study on types and features of Urban Vegetation in Urumqi [J]. *Arid Zone Research*(干旱区研究), 2011, **28**(6): 1 011—1 019(in Chinese).
- [7] ZHANG L Y(张立运), HAI Y(海 鹰). Appraisal to *Nanophyton erinaceum* Bunge desert and its ecological economics in Urumqi suburb [J]. *Arid Land Geography*(干旱区地理), 1990, **13**(2): 83—85(in Chinese).
- [8] YE W Y(叶卫英), YIN L K(尹林克), QIAN Y(钱 翌), *et al.* Study on plant community types and species diversity of main barren hill in Urumqi [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*(新疆农业大学学报), 2005, **28**(1): 44—48(in Chinese).
- [9] 乌鲁木齐市统计局. 乌鲁木齐市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [10] 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 326—327.
- [11] 孙儒泳, 李庆芳, 牛翠娟, 等. 基础生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 137—188.
- [12] WU ZH Y(吴征镒). The Areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*(云南植物研究), 1991, **27**(SIV): 577—604(in Chinese).
- [13] XU B(许 彬), ZHANG J T(张金屯), YANG H X(杨洪晓), *et al.* Quantitative analysis of plant communities in Baihua Mountains, Western Beijing [J]. *Journal of Beijing Normal University*(Nat. Sci. Edi.) (北京师范大学学报·自然科学版), 2006, **42**(1): 90—94(in Chinese).
- [14] WANG G H(王国宏), REN J ZH(任继周), ZHANG Z H(张自和). Studies on the population diversity of plant community in Hexi mountain-oasis-desert area, Gansu, China II Impacts of grazing pressure on species diversity in steppe [J]. *Acta Prataculturae Sinica*(草业学报), 2002, **11**(1): 31—37(in Chinese).
- [15] LEI L(雷 磊), TASHPOLAT · T(塔西甫拉提·特依拜), LI J X(李金香), *et al.* Correlation between land surface temperature and vegetation coverage in a typical arid oasis [J]. *Journal of Desert Research*(中国沙漠), 2011, **31**(4): 1 001—1 007(in Chinese).
- [16] GUO ZH G(郭正刚), LIU H X(刘慧霞), SUN X G(孙学刚), *et al.* Characteristics of species diversity of plant communities in the upper reaches of Bailong River [J]. *Journal of Plant Ecology*(植物生态学报), 2003, **27**(3): 388—395(in Chinese).
- [17] ZHANG L(张 雷), WANG X J(王晓江), HU E CH(胡尔查), *et al.* Population structure and spatial pattern of *Ulmus macrocarpa* var. *mongolica* in Horqin Sandy Land, China [J]. *Journal of Desert Research*(中国沙漠), 2011, **31**(1): 115—120(in Chinese).
- [18] MA K P(马克平), HUANG J H(黄建辉), YU SH L(于顺利), *et al.* Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 1995, **15**(3): 268—277(in Chinese).
- [19] JIN H J(靳虎甲), MA Q L(马全林), ZHANG D K(张德魁), *et al.* Analysis on typical shrub plant community characteristics and quantitative characteristics in Ulanbuh Desert [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2012, **32**(3): 579—588(in Chinese).
- [20] LIANG X Q(梁雪琼), ZHOU H R(周华荣), HUANG SH G(黄世光). Geographical elements analysis of shrub plants in Xinjiang [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2010, **30**(3): 593—600(in Chinese).
- [21] LI X R(李新荣), ZHANG X SH(张新时). Biodiversity of shrub community in desert steppe and steppe desert on Erdos plateau [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*(应用生态学报), 1999, **10**(6): 665—669(in Chinese).