

阿克苏河中游荒漠河岸林物种多样性与群落稳定性

史浩伯¹, 孙桂丽^{1,3}, 王桂华⁴, 陈亚宁², 李卫红², 李路¹

[1. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 干旱区林业生态与产业技术重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052; 4. 内蒙古农业大学 沙漠治理学院 沙地(沙漠)生态系统与生态工程重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010018]

摘要: [目的] 探究阿克苏河中游荒漠河岸林群落的物种多样性、稳定性及其之间的关系, 在物种水平上对当前群落植物组成的复杂性及部分环境因子的关系进行探讨, 为荒漠河岸生态系统的恢复提供理论依据。[方法] 在样方调查的基础上, 运用格局分析法, 物种多样性指数与均匀度指数, 聚类分析以及 M. Godron 稳定性测度对植物群落进行综合评估。[结果] 阿克苏河中游荒漠河岸林主要的植物种群均呈现聚集分布的格局, 群落结构简单, 具有单寡种优势群落的特征。不同地段的植物群落物种分布较为均匀, 但丰富度与多样性的高低略有起伏; 荒漠河岸林植物群落根据环境因子的聚类结果可分为 6 个群丛, 其中有 3 个群丛的物种多样性较低。物种组成与土壤水分的关联较为密切; 当前植物群落尚未达到稳定阶段, 物种多样性与群落稳定性者之间并无任何直接联系。[结论] 单一以河水漫灌的方式促进该地区植物多样性的恢复具有一定的困难, 考虑以胡杨、怪柳为主要格局, 种植深根系的乔灌木以营造局部地区小气候, 间接优化生境的方式对荒漠河岸林的植被恢复更为有利。

关键词: 物种多样性; 群落稳定性; 荒漠河岸林; 阿克苏河

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)02-0009-07

中图分类号: Q948

文献参数: 史浩伯, 孙桂丽, 王桂华, 等. 阿克苏河中游荒漠河岸林物种多样性与群落稳定性[J]. 水土保持通报, 2020, 40(2): 9-15. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.02.002; Shi Haobo, Sun Guili, Wang Guihua, et al. Species diversity and community stability of desert riparian forests in middle reaches of Aksu River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(2): 9-15.

Species Diversity and Community Stability of Desert Riparian Forests in Middle Reaches of Aksu River

Shi Haobo¹, Sun Guili^{1,3}, Wang Guihua⁴, Chen Yaning², Li Weihong², Li lu¹

[1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830000, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000, China; 3. Key Laboratory of Forestry Ecology and Industrial Technology in Arid Area, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 4. College of Desert Governance, Inner Mongolia Agricultural University, Key Laboratory of Sandland (Desert) Ecosystem and Ecological Engineering, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China]

Abstract: [Objective] The diversity and stability of the desert riparian forest community in the middle reaches of the Aksu River were studied to explore the complexity of the current community plant composition and the relationship between some environmental factors at the species level, aiming at provide theoretical support for the desert riparian ecosystem restoration. [Methods] Based on the sample survey, the plant community was comprehensively evaluated by pattern analysis method, species diversity index and evenness index, cluster analysis and M. Godron stability measure. [Results] The main plant populations of desert riparian forests in the middle reaches of the Aksu River showed an aggregated distribution pattern, and the community structure was simple, which characterized with single oligo-dominant communities. The species distribution of plant communities was relatively uniform across different locations, but the richness and

收稿日期: 2019-08-18

修回日期: 2019-10-26

资助项目: 国家林业局软科学项目“丝绸之路经济带核心区生态保护与建设”(2016-R25-1); 国家自然科学基金项目(41861046; 41361093); 中国科学院科技服务网络计划(STS计划)课题(KFJ-STZ-ZDTP-036)

第一作者: 史浩伯(1995—), 男(汉族), 吉林省通化市人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区生态与恢复。Email: 815154549@qq.com。

通信作者: 孙桂丽(1979—), 女(汉族), 河南省兰考市人, 副教授, 主要从事生态风险评估与荒漠化防治方面的研究。Email: sxfgl@126.com。

diversity changed up and down; the desert riparian forest communities could be divided into six categories according to environmental factors, and the plant diversity of three types of plots was low. The specie composition was closely related to soil moisture, and the plant community species diversity was negatively correlated with soil moisture. The higher the water content, the more uniform the plant composition; the current plant community has not reached the stable stage, and there was no direct connection between plant diversity and community stability. [Conclusion] It is difficult to promote the restoration of plant diversity in the region by flood irrigation. Considering *Populus euphratica* and *Tamarix chinensis* as the main patterns, planting deep-rooted trees and shrubs to create a local microclimate, and indirectly improving habitats are the better ways for vegetation restoration in desert riparian forests.

Keywords: species diversity; community stability; desert riparian forest; Aksu River

荒漠河岸林,又称杜加依林,是由荒漠河岸森林,森林中的灌木和芦苇等种类组成,它是中亚沙漠典型的河漫滩植被类型^[1]。荒漠河岸林植被作为干旱区生态系统重要的组成部分,是对干旱区内陆河流域环境长期适应的产物^[2],在有效遏制干旱区荒漠化问题的同时,对于维持脆弱的生态系统,防止生态环境的进一步恶化都具有重要意义。但由于荒漠河岸林一般处于脆弱的自然地理环境之中^[3],能量分配的不平衡与环境因素对植被干扰的不协调对植物群落的多样性与稳定性造成了一定的影响,表现出一系列脆弱的生态特征^[4]。因此对荒漠河岸林植被进行研究,能够进一步了解到该区域植物群落的生态特征,从现状的基础上剖析其演化与变迁的内在规律,从而科学合理的保护并充分发挥荒漠河岸林生态功能,加快促进干旱区荒漠河岸的生态恢复与重建趋势。

阿克苏河发源于天山南脉,由托什干河和库玛里克河两源组成,下端注入塔里木河,同时也是塔里木河水量最大的源流,对塔里木河的水量补给具有举足轻重的地位,因此对于阿克苏河流域生态环境的保护也逐渐形成了较高的共识。近几年对该区域的研究主要集中于农业灌区的生态研究^[5]与水文特征分析,包括生态系统服务价值动态^[6]、生态现状与管理^[7]、水文特征变化^[8]以及流域内的气候土壤等方面的变化^[9],而对于流域内植被方面的探究则较为少见,针对该流域的河岸群落生态特征尚无详细阐述。本文以物种多样性与群落稳定性的角度出发,并以阿克苏河中游拜什艾日克镇流域的荒漠河岸林为研究对象,探讨当前阿克苏河中游荒漠河岸林的生态特征,并结合部分环境因子分析其对植被分布的内在作用,旨在为今后对阿克苏河荒漠河岸林的保护与恢复提供理论依据。

1 研究区概况

阿克苏河介于东经 75°35′—80°59′,北纬 40°17′—42°27′之间,长约 224 km,位于我国新疆塔里木盆地西部,河水主要由自然降水与冰川融水共同补给。本

研究选取的中游地段指的是拜什艾日克镇管辖下的玉斯屯克敦克什拉克村到夏喀长约 28 km 的沿河流域,该地区气候干燥,蒸发量大,降水稀少,属于典型的大陆性温带干旱气候,是我国目前的棉花主产区和重要的果蔬生产基地,同时也是水资源供求矛盾突出与生态环境问题较为严重的地区。

2 试验设计

沿阿克苏河流域拜什艾日克镇行政区域内的 28 km 河段选取河岸植物群落,每隔 1~2 km 依次设置一个 50 m×50 m 的样地,每个样地划分为 4 个 25 m×25 m 的样方,共计 19 个样地 76 个样方,记录不同样方内植物(除人工栽植植被)的株高、冠幅、基径等基本特征。具体的沿岸植被物种组成与所在样地编号详见表 1。

表 1 沿岸 19 个样地植物群落的物种组成

编号	种名	拉丁学名	所在样地
1	胡杨	<i>Populus euphratica</i>	1,5,15~18
2	怪柳	<i>Tamarix chinensis</i>	1~19
3	黑果枸杞	<i>Lycium ruthenicum</i>	2,4,8,10
4	铃铛刺	<i>Halimodendron halodendron</i>	4,5,9,12,13,17
5	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	1~19
6	苦豆子	<i>Sophora alopecuroides</i>	2,3,8,9,16~19
7	刺沙蓬	<i>Salsola ruthenica</i>	2
8	刺儿菜	<i>Cirsium setosum</i>	2,3,4,7,9
9	白茅	<i>Imperata cylindrica</i>	9
10	苜蓿	<i>Medicago Sativa</i>	19
11	蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>	19
12	甘草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	8

在调查样地的各样方中,共统计到植物 12 种。其中乔木 1 种,灌木与半灌木 3 种,草本植物 8 种,分属 7 科 12 属。当前样地内的胡杨、怪柳、铃铛刺、芦苇与苦豆子的分布较为广泛,属干旱区典型的隐域性植被类型,具有单寡种优势群落的特征,使得多数群落并未形成完整的群落结构。由于该区域超过 1/2

以上的样地土壤沙化程度较为严重,土壤信息的获取具有一定难度,因此将土样范围定为 0—20 cm 的表层土。将 TZS-2X-G 土壤温湿度计的探针插入样地 15 cm 处,对不同样地内土壤的水分、pH 值、温度、盐分四项指标进行测量,并加以整理统计。

3 研究方法

3.1 格局分析

计算样地内植被的多度、均值与方差,并以指数计算方法^[10]对群落的格局类型进行判定。

$$\text{扩散系数: } DI = s^2/x \quad (1)$$

$$\text{聚集指数: } CI = s^2/x - 1 \quad (2)$$

$$\text{平均拥挤度: } m^* = x + [(s^2/x) - 1] \quad (3)$$

$$t \text{ 检验: } t = (DI - 1) / (2/N - 1)^{1/2} \quad (4)$$

$$\text{负二项参数(K): } K = x^2 / (s^2 - x) \quad (5)$$

式中: s^2 为种群多度的方差; x 为种群多度的均值。根据 DI 值,可以对种群的分布格局做出初步判断;CI>0 时,种群服从聚集分布,CI<0 时,种群则不服从随机分布;若 $m^* = x$,种群服从随机分布,若 $m^* > x$,种群则服从聚集分布; t 检验能够检验种群分布格局偏离 Poisson 分布的显著性, N 为样方总数。若 $t < t_{0.05/2}$,种群服从随机分布,若 $t > t_{0.05/2}$,种群则不服从随机分布;聚集强度负二项参数(K)能够度量种群聚集程度:K>0 时,种群为聚集分布,K<0 时,种群为均匀分布。在聚集分布的情况下,K 值愈小聚集程度越高;当 K 值趋于无穷大时(一般来说>8 的情况下),则逼近 Poisson 分布。

3.2 多样性分析

选取植物群落丰富度、均匀度、多样性 3 个指标,以重要值作为物种多样性的测度依据,因为重要值考虑了高度、密度、盖度及生物量等参数,从而避免了单一个体数测度而导致的偏差,其中重要值公式为:重要值=(相对频度+相对盖度+相对高度)/3。选取 Dahl 丰富度指数^[11]、Shannon-Weiner 多样性信息指数^[12]与 Pielou 均匀度指数^[13]来分析,计算方法为:

Dahl 丰富度指数:

$$R = (S - \bar{S}) \ln Q \quad (6)$$

Shannon-Weiner 多样性指数:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (7)$$

Pielou 均匀度指数:

$$J = H / \ln S \quad (8)$$

式中: S 为各样地调查样方内出现的总物种数; \bar{S} 为样方的平均种数; Q 为样方数目; p_i 为样地内第 i 个物种的重要值。

3.3 群落聚类分析

采用聚类分析的方法分析植物群落分布与环境的关系,选取 19 个样地的植物群落作为研究对象,不同区域的土壤水分、土壤温度、pH 值、土壤盐分作为样地群落的属性变量,以上二者均列为聚类分析的原始数据矩阵,将问题简化到二维空间中进行研究。以上操作均在 SPSS Statistics 24 中进行。

3.4 植物群落稳定性测算

群落稳定性测度方法采用 M. Godron 稳定性测度方法^[14]。以群落物种累积百分数和相对频度累积百分数设立横纵坐标轴并做散点图,以一条平滑曲线将各点串连起来。另外做一条经过(0,100),(100,0)的线段,该线段与平滑曲线的交点即为所求点。所求点越接近(20,80),群落就越稳定;相反,所求点离(20,80)越远,群落稳定性就越差。

4 结果与分析

4.1 乔灌木物种分布格局

对不同样地生长的胡杨、怪柳、黑果枸杞与铃铛刺进行格局分析(如表 2 所示),结果发现 t 检验的结果远大于 $t_{0.05/2}$;CI 值均大于 0; $m^* > x$ 且 K 值皆明显趋近于 0,这 4 项格局判定结果证明当前沿岸生长的 4 种乔灌木的分布表现为聚集类型,聚集程度的等级划分为:黑果枸杞>铃铛刺>胡杨>怪柳。其中怪柳的分布范围最广,泛化程度最高,环境因素对其生长发育的影响较小,是当前沿河道植物群落中具有极大优势的物种;胡杨次之,其对环境的耐受性较其他物种相比具有一定的优势;铃铛刺常见于胡杨林下,在一定时期内属于胡杨的伴生树种,因此各项格局指数与胡杨相差不大;而黑果枸杞的聚集程度最高,证明其受当前环境因素的制约较大。另外,通过以上 4 种物种的分布格局可以看出,即使在大尺度环境均属于阿克苏河沿岸的情况下,不同的地段的环境条件也存在差别,这也是构成当前物种呈聚集分布的主要原因。

表 2 阿克苏河中游沿岸乔灌木物种分布格局

物种	s^2	x	DI	t	CI	m^*	K	分布格局
胡杨	171.876	6.868 4	25.024	147.026	24.024	30.892 0	0.285 9	聚集
怪柳	166.928	13.710 5	12.175	68.812	11.175	24.885 5	1.226 9	聚集
黑果枸杞	14.302	1.210 5	11.815	66.187	10.815	12.025 5	0.111 9	聚集
铃铛刺	114.729	4.565 8	25.128	147.662	24.128	28.693 8	0.189 2	聚集

4.2 沿河植物群落多样性变化特征

将各沿岸样地的多样性指数制成差异性曲线图(如图 1 所示)。同处于沿岸样地的各植物群落受不同区域分布环境条件差异的影响,物种丰富度与多样性存在有一定的差异,虽然 Dahl 丰富度指数与 Shannon-Weiner 多样性指数的值不同,但这二者的曲线极为相似,根据计算,二者的 Pearson 相关系数达到了 0.973,表现为显著的正相关,说明在当前群落中这二者表征的生态学意义相同。从 Dahl 丰富度指数的变化曲线来看, $R < 0$ 的样地共有 9 处,其中样地 1、样地 6—7,样地 10—15 的均处于 0 以下,且多样性低的样地之间具有连续性特征,说明以上地区的物种丰富度与多样性较为低下,很大程度上是受到区域性环境因素干扰的影响。从 Pielou 均匀度指数的角度来看,沿岸各植物群落内部物种的分布较为均匀,这是由于各植物群落中以芦苇、苦豆子为主的优势草本物种具有较广的分布范围,普遍分布于各样地之中,相对于单一的乔灌木来讲具有较大的重要值与优势地位,以此为基础形成的优势草本层群落使不同区域的均匀度并没有表现出明显的差异。

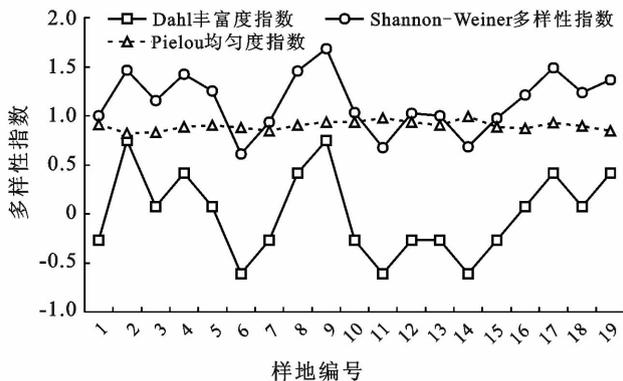


图 1 阿克苏河中游沿岸各样地植物群落多样性特征

4.3 植物群落分布与环境因子的关系

采用 SPSS 软件结合已测得的 4 项土壤理化性质对 19 块样地进行系统聚类分析,具体结果如图 2 所示,由于所有样地均属于沿河样地,为保证分类的精度,细化土壤的差异性,选择距离 5 为标度,将 19 处样地划分为 6 类,第 1 类包括:样地 2,样地 3,样地 4,样地 6,样地 8,样地 9,样地 10,样地 11,样地 12,样地 19;第 2 类包括:样地 1;第 3 类包括:样地 5,样地 16,样地 18;第 4 类包括:样地 13,样地 14;第 5 类包括:样地 17;第 6 类包括:样地 7,样地 15。基于聚类分析的结果与以上分类好的群落类型,选取优势物种作为命名,可将当前的植物群落划分为如下 6 个群丛,即:

a. 怪柳 + 黑果枸杞 + 铃铛刺 + 草本植物群丛

(*Tamarix chinensis* + *Lycium ruthenicum* + *Halimodendron halodendron* + Herb Association);

b. 胡杨 + 芦苇群丛 (*Populus euphratica* + *Phragmites australis* Association);

c. 胡杨 + 怪柳 + 芦苇群丛 (*Populus euphratica* + *Tamarix chinensis* + *Phragmites australis* Association);

d. 怪柳 + 芦苇群丛 (*Tamarix chinensis* + *Phragmites australis* Association);

e. 胡杨 + 铃铛刺 + 芦苇群丛 (*Populus euphratica* + *Halimodendron halodendron* + *Phragmites australis* Association);

f. 胡杨 + 怪柳 + 芦苇群丛 (*Populus euphratica* + *Tamarix chinensis* + *Phragmites australis* Association)。

以上群丛均是由环境因子影响所划分出的不同优势物种组成的集合,其中群丛 c 与群丛 f 的优势物种虽然组成相同,但群丛 f 内样地的土壤水分均达到了 30% 左右,群丛 c 内各样地的土壤水分值偏低,均未达到 10%,其余的土壤理化性质差距虽不明显,但依然在聚类分析结果中划分为两类。根据植物群落多样性与丰富度的分析结果, $R < 0$ 的样地主要位于第 2 类、第 4 类与第 6 类样地,由此可见,阿克苏河沿岸植物群落物种的多样性与土壤理化性质具有一定的联系,为更加直观的对聚类结果产生的主要因子进行研究,故选用相关性系数方法对二者进行分析。

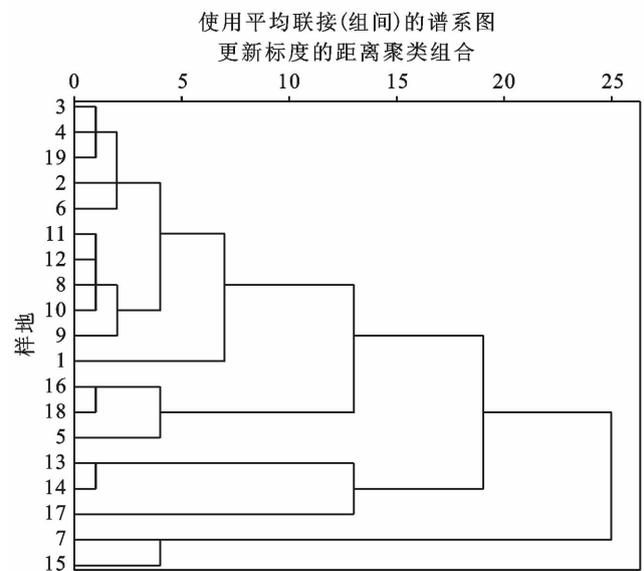


图 2 植物群落聚类分析结果

对当前植物群落多样性、丰富度、均匀度指数与各样地土壤四项指标采用秩相关系数进行测算,具体结果详见表 3。在以上指标中,土壤水分与群落多样

性指数、丰富度指数的具有极显著的负相关性,而其他指标均未表现出与当前群落之间的相关关系,这也能够说明样地的聚类分析主要以土壤水分作为主要的参照依据,而其他的指标则是在此基础上进行细

化,从而对样地进行分类。与此同时,丰富度指数 $R < 0$ 的 9 处样地土壤水分均达到了 14.9% 以上,较其他样地的水分含量具有明显的差距,由此可以说明当前样地的植物群落物种组成主要受控于土壤水分。

表 3 土壤指标与群落特征 Spearman 相关性系数

项目	土壤水分		土壤温度		pH 值		土壤盐分	
	R	sig.	R	sig.	R	sig.	R	sig.
多样性指数	-0.635**	0.003	0.122	0.619	0.295	0.220	-0.240	0.322
丰富度指数	-0.600**	0.007	0.145	0.554	0.262	0.279	-0.280	0.245
均匀度指数	0.220	0.365	-0.406	0.085	0.078	0.75	0.178	0.465

注: ** 表示在 0.01 级别下(双尾),相关性极显著。

4.4 植物群落稳定性分析

为方便对沿河植物群落的稳定性变化情况进行分析,并结合物种多样性进行讨论,对研究区域的 19 块样地以聚类分析结果进行整合,共计为 6 个植物群落。按照聚类结果的群丛顺序,将重组后的植物群落

同样按照 a, b, c, d, e, f 模式进行编号。具体的植物群落的稳定性测算结果如图 3 所示。群落稳定性的曲线方程以多项式函数做趋势线的方式进行模拟,结合函数 $x + y = 100$ 求解,具体函数、交点坐标与距离稳定点的欧氏距离如表 4 所示。

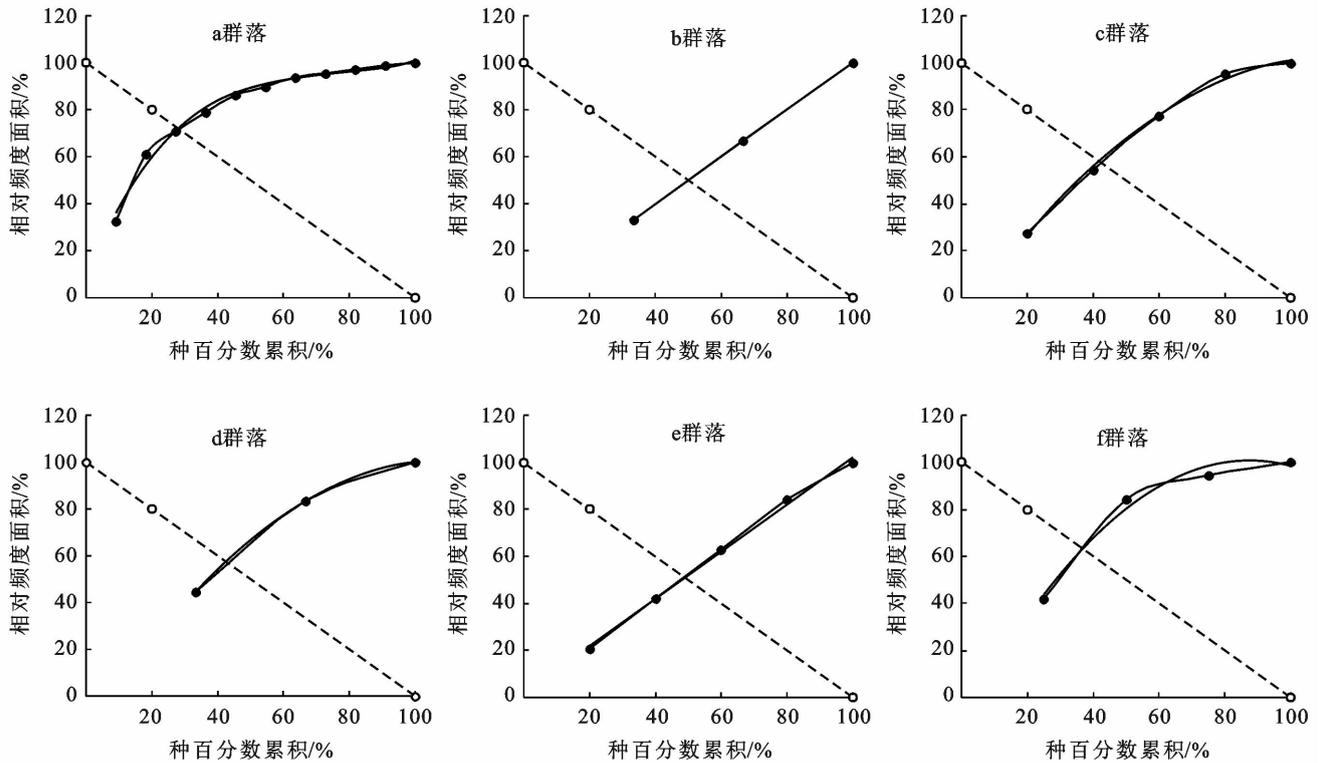


图 3 不同区域植物群落稳定性图解

表 4 群落稳定性测算结果

群落序号	稳定性曲线方程	交点坐标	距离稳定点距离	稳定性结果
a	$y = 0.0002x^3 - 0.042x^2 + 3.2229x + 9.8773$	(28.18, 71.82)	11.57	不稳定
b	$y = x$	(50.00, 50.00)	42.43	不稳定
c	$y = -0.0089x^2 + 2.0031x - 10$	(41.81, 58.19)	30.84	不稳定
d	$y = -0.01x^2 + 2.1669x - 16.672$	(42.56, 57.44)	31.90	不稳定
e	$y = x + 2.1$	(48.95, 51.05)	40.94	不稳定
f	$y = -0.0147x^2 + 2.5798x - 11.855$	(36.81, 63.19)	23.77	不稳定

根据对已知曲线方程的交点坐标可知,函数交点坐标的不同决定了不同区域的群落稳定性具有一定的差别,将各模式的生态稳定性予以量化。根据 M. Godron 的方法定义:距离稳定点 20/80 越远者稳定性越差,依照此原理对不同区域的群落稳定性进行排序,排序结果为: $a > f > c > d > e > b$ 。通过对 6 个重组植物群落不同群系的稳定性与 Shannon-Weiner 多样性指数、Dahl 丰富度指数进行相关性检验,结果显示:无论是 Pearson 还是 Spearman 检验,均未表现出两者之间具有任何相关性($p > 0.05$),即植物群落的稳定性并未随着物种多样性的产生而产生线性变化,这也同时表明了该河段的沿河植物群落稳定性与土壤水分之间具有关联性的可能性极小。

5 讨论

5.1 物种多样性与群落稳定性的关系

长期以来,针对物种多样性与群落稳定性之间的关系尚存在一定的争议^[15],其主要的根源问题在于群落稳定性在长时间的发展过程中依然是一个比较模糊的概念,至今为止测度指标依然难以达成统一,往往造成了理论探索与实践研究的不一致性。这里采用的 M. Godron 稳定性测度方法是一种从群落整体性出发的数学模型模拟手段,这种定量化的方法能够结合现有的群落生态特征进行线性分析,从而能够反应群落整体的稳定性高低。本次研究是将乔木层、灌木层、草本层整合到一起进行分析,以便于得到更为整体的多样性与稳定性之间的联系。但依照现有结果来看,生物多样性与群落的稳定性之间并没有任何具体的关系。

早在 20 世纪 70 年代以前,专家学者们普遍认为是物种的多样性导致了群落的稳定性,且二者之间存在明确的线性关系,但在 1970 年后这一中心准则开始不断的遭受质疑与挑战,一部分学者开始认为较高的物种多样性并不总是意味着群落具有较强的稳定性;而物种多样性偏低的植物群落稳定性也并非一定偏低^[16],这种情况的出现很可能源于多样性导致稳定性的驱动力并不在于物种多样性的本身,而是群落包含物种或功能群的能力,这种观点形成了后期较有争议的物种冗余学说^[17],这个学说的主要核心观点在于认为植物群落中存在许多功能相似的种,如果这些生态系统中的主要功能群存在,那么植物群落的稳定性就不会受到物种多样性的影响。但是生物多样性的衰减在一定意义上也意味着物种冗余部分的丧失,物种冗余是生态系统功能群中物种的丰富度赋予的,这反而不能否定物种多样性对群落稳定性的影

响,因此,考虑物种多样性在相关问题的讨论中并不能成为一个独立变量,其与稳定性之间所存在的应该也不是一个简单的线性关系,群落稳定性的维持机制很可能还要涉及功能多样性,谱系多样性等多种因素的影响。目前来看,不同研究造成多样性与稳定性关系的不一致性是与所选取的系统有关,且其间关系也应结合多种因素一并讨论。

本研究区域位于温带干旱气候条件下的生态环境较为脆弱的荒漠化河岸带,河岸植物的生长发育过度依赖河水的灌溉,但干旱的环境与河水的不稳定性造成植物群落仍处于演替的初期阶段,植物种类稀少且并未形成成熟的功能群。如依上述所言,植物的稳定性是与多种因素密切相关,因此单纯的采用物种多样性来说明群落的稳定性尚存在一定的不足之处,尤其是对于处在构建初期的群落,因此在日后的研究中,结合功能多样性、物种多样性与谱系多样性等复杂因素来探讨群落的稳定性将会是一个更为可行的方法。另外,针对 Hector 等^[18]对于物种具有极大单一性的群落,内部物种对环境响应的异步性以及物种之间的不同步性是影响群落稳定性的主要机制这一研究结果,很可能对当前受环境胁迫作用较大的退化生态系统群落稳定性的探究具有重要意义,但种群稳定性与群落稳定性的复杂关系^[19]以及相关研究开展的时限问题阻碍了这一实验的进一步验证,值得肯定的是,此假说对于退化生态系统群落的生物多样性与系统稳定性关系的研究具有重要的进步意义。

5.2 物种多样性对环境响应的内在机制

通过上述有关物种多样性与环境因子的相关性能够推断,阿克苏河中游荒漠河岸林的植物群落物种多样性主要受控于土壤水分,但是物种多样性与土壤水分并非呈现正相关的关系,在对物种多样性与土壤水分关系的普遍认知中,水分含量越高的区域,植物多样性理应越高^[20],显然这与目前的实验结果相背离。而产生这一结果的原因并非无法解释,目前有两种观点可以对这一情况进行说明,其一就是当前的植物群落处于干旱地区,环境对于水分的蒸发极为强烈。所处生境水分条件较好的区域往往地下水埋深较浅,故水分的蒸发情况尤为明显,而水分蒸发的同时伴随着盐分向表层土壤不断积聚,这也是部分区域表层土壤盐碱程度较高的原因,这种盐碱积聚的情况使得浅根系的草本植物遭受到了严重的盐碱胁迫,对于浅根系草本植物的生长尤为不利,这与张晓龙^[21]的研究结果一致。而群落中的乔灌木与芦苇的根系较深,避免了表层土壤的盐碱胁迫,这也是当前各多

样性较低的植物群落均是由乔灌木与芦苇组成的主要原因。其二,在荒漠河岸林这种特定群落中,禾本科植物中的芦苇对干湿环境交替的变化尤为敏感^[22],能够大幅度的增加芦苇种群的密度,而水分环境较好的区域更能为芦苇生长提供有利的环境。根据 Tilman 生态位占领假说^[23]这一理论来看,优先生长的芦苇会占据大量的有限资源,而其他物种只能占用剩余且较少的资源,而不断地干湿交替与水分的补充很大程度上提高了芦苇的竞争性,因此使得其余物种处于劣势的状态而被淘汰。但第二种说法缺少了对群落形成时间尺度的进一步认识,并未区分植物群落演替的不同阶段,因而需要结合不同演替阶段的荒漠植物群落作进一步的研究。

5.3 限制条件下的群丛物种搭配与群落稳定性

依照聚类分析后的群落稳定性研究结果,能够得到如下初步的结论:该地区以怪柳+黑果枸杞+铃铛刺+草本植物配置的群丛的稳定性最高,但植物的庞杂化使其与另外几个群丛不具有可比性;其次是胡杨+怪柳+芦苇群丛,f组与c组均属此类,二者之间构造的群落稳定性也具有较小的差异;怪柳+芦苇群丛次之;而胡杨+铃铛刺+芦苇群丛与胡杨+芦苇群丛的稳定性与之前的群丛相比具有较大差距,属于极不稳定的组成方式。综上所述,具有完整乔、灌、草格局的群落可能会存在更高等级的稳定性,但不同物种搭配也能够显示出差距,怪柳+芦苇为主要物种的组成方式在稳定性层面具有极明显的优势度,在这个基础上增添胡杨会使稳定性再度提高;而铃铛刺为主的群丛与怪柳相比具有弱势性,并不具备较高稳定性群落的能力。另外,以灌木+草本的群丛稳定性要远高于乔木+草本的稳定性,植物垂直分布的断层导致群落结构缺失,可能是造成这一现象的主要原因。

本实验是基于阿克苏河拜什艾日克镇流域所完成,相关的数据与实验结果均是在此基础上获得,研究区域与测量手段均具有一定的限制性。虽然近 30 km 的河道对阿克苏河中游整体来说存在局限性,但河道附近的村镇密集,且多数以条带状格局沿河分布。从广义的角度分析,受农业影响的河道周边部分地区,对荒漠河岸林生态恢复的相关研究就整段中游来看依然具有较高的普适性;而排除阿克苏河中游大环境条件的影响,从狭义的角度分析,虽然有关物种多样性与环境因子的关系可能与该研究区域范围与样本数量的限制有关,当前的结论也是由上述 19 个样地的数据获得,存在出现差异化结果的可能,但至少拜什艾日克镇流域,有关的实验结果对生态恢复与水土保持均具一定的启示作用。而具体的样本数

量与环境因子的分析,则需要在获取较大样本数量的条件下进一步分析。

6 结论

(1) 阿克苏河中游荒漠河岸林主要的植物种群均呈现聚集分布的格局,群落结构简单,具有单寡种优势群落的特征。不同地段的植物群落物种分布较为均匀,但丰富度与多样性的高低略有起伏;同处于沿岸环境下的植被生长条件亦有所不同,这也是当前影响植被分布现状的主要因素。

(2) 根据环境因子的聚类结果,可将荒漠河岸林植物群落分为 6 种群丛,其中有 3 种群丛的物种多样性较低。物种多样性与土壤水分的关系较为密切,该机制的形成与研究区域蒸发量大,表层土壤盐碱的积聚以及芦苇的优势种特性均有一定关系,这对接下来荒漠地区有关生境与物种组成方面的研究具有一定的启示作用。

(3) 阿克苏河中游河岸荒漠林的植物群落尚未达到稳定阶段,根据有关植物多样性与群落稳定性的相关讨论,该二者之间并无任何直接联系,说明荒漠河岸林正处于演替的初期阶段,还未形成稳定成熟的功能群。根据讨论结果可知,单一以河水漫灌的方式促进该地区植物多样性的恢复具有一定的困难,考虑以胡杨、怪柳为主要格局,种植深根系的乔灌木以营造局部地区小气候,间接优化生境的方式对荒漠河岸林的植被恢复更为有利。

[参 考 文 献]

- [1] 贾娜提·毛列提别克. 塔里木河中游杜加依林的植被与地下水、土壤之间的空间分析[D]. 新疆 乌鲁木齐:新疆大学,2008.
- [2] 陈亚宁,李卫红,陈亚鹏,等. 荒漠河岸林建群植物的水分利用过程分析[J]. 干旱区研究,2018,35(1):130-136.
- [3] 周斌. 河水漫溢对荒漠河岸林植被及土壤的影响[D]. 新疆 乌鲁木齐:新疆大学,2011.
- [4] 韩路. 塔里木河上游荒漠河岸林植物群落动态与优势种群生态特征研究[D]. 北京:中国农业大学,2014.
- [5] 汪洋,安沙舟. 干旱区内陆河流域典型灌区土地利用变化与耗水量研究[J]. 新疆农业科学,2018,55(2):362-370.
- [6] 周德成,罗格平,许文强,等. 1960—2008 年阿克苏河流域生态系统服务价值动态[J]. 应用生态学报,2010,21(2):399-408.
- [7] 陈德斌,陈旭光,邓萍. 阿克苏河流域生态环境现状、问题及治理措施[J]. 新疆环境保护,2001(4):21-25.
- [8] 龚伟华,王彦国,赵成义,等. 2009 年阿克苏河枯水年水文特征及其对塔里木河干流生态环境的影响[J]. 冰川冻土,2010,32(3):602-608.

- [5] Motojima H, Yamada P, Irie M, et al. Amelioration effect of humic acid extracted from solubilized excess sludge on saline-alkali soil [J]. *Journal of Material Cycles & Waste Management*, 2012, 14(3):169-180.
- [6] 李旭霖,刘庆花,柳新伟,等.不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J].*水土保持通报*,2015,35(2):219-224.
- [7] 郑普山,冯悦晨,郝保平,等.盐碱地改良剂对紫花苜蓿生长的影响[J].*山西农业科学*,2012,40(5):466-469.
- [8] 杜志敏,郝建设,周静,等.四种改良剂对铜和镉复合污染土壤的田间原位修复研究[J].*土壤学报*,2012,49(3):508-517.
- [9] 易琼,杨少海,黄巧义,等.改良剂对反酸田土壤性质与水稻产量的影响[J].*土壤学报*,2014,51(1):176-183.
- [10] 侯红乾,冀建华,刘秀梅,等.土壤改良剂对鄱阳湖区潜育性稻田的改良作用研究[J].*土壤通报*,2016,47(6):1448-1454.
- [11] 王文彪,党晓宏,张吉树,等.库布齐沙漠北缘不同作物秸秆平铺式沙障的防风效能[J].*中国沙漠*,2013,33(1):65-71.
- [12] 格日乐,张力,刘军,等.库布齐沙漠人工梭梭林地土壤水分动态规律的研究[J].*干旱区资源与环境*,2006,20(6):173-177.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 吴金水,林启美,黄巧云,等.土壤微生物生物量测定方法及其应用[M].北京:气象出版社,2006.
- [15] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [16] 全国土壤普查办公室.第二次全国土壤普查暂行技术规程[M].北京:中国农业出版社,1979.
- [17] Letey J,袁剑舫.土壤物理性质和作物生产的关系[J].*土壤学进展*,1987,15(1):40-44,39.
- [18] 刘东,任树梅,杨培岭.聚丙烯酰胺(PAM)对土壤水分蓄渗能力的影响[J].*灌溉排水学报*,2006,25(4):56-58,63.
- [19] 员学锋,吴普特,汪有科,等.施加 PAM 条件下土壤养分淋溶试验研究[J].*水土保持通报*,2003,23(2):26-28.
- [20] 黄刚,赵学勇,苏延桂.科尔沁沙地 3 种草本植物根系生长动态[J].*植物生态学报*,2007,31(6):1161-1167.
- [21] 宋自影,王飞,胡林,等.根系对土壤机械压力影响的模拟试验[J].*农业工程学报*,2011,27(11):101-106.
- [22] 毛思帅,Islam M R,贾鹏飞,等.保水剂和施肥量对沙地燕麦生产的影响[J].*麦类作物学报*,2011,31(2):308-313.
- [23] 谢国雄,季淑枫,孔樟良,等.改良剂对粉砂质涂地土壤水稳定性团聚体形成和养分供应能力的影响[J].*农学学报*,2015,5(1):46-50.

(上接第 15 页)

- [9] 王志成,方功焕,张辉,等.基于高空与地面观测的阿克苏河流域气候水文要素变化分析[J].*气候变化研究进展*,2018,14(1):1-10.
- [10] 付必谦,张峰,高瑞如.生态学实验原理与方法[M].北京:科学出版社,2006.
- [11] 杨冰,张旭贤.四川福宝地区苔藓植物物种多样性研究[J].*绿色科技*,2016(13):10-13.
- [12] 曹妮,胡永歌,陈冰,等.扶项高速公路边坡植被特征与稳定性比较[J].*水土保持通报*,2017,37(6):129-135.
- [13] 鲁延芳,占玉芳,钱万建,等.河西走廊中部人工沙漠植被典型群落物种的多样性[J].*水土保持通报*,2018,38(4):14-18.
- [14] 吕光辉,杜昕,杨建军,等.阜康绿洲—荒漠交错带荒漠植被群落稳定性[J].*干旱区地理*,2007,30(5):660-665.
- [15] 张景慧,黄永梅.生物多样性与稳定性机制研究进展[J].*生态学报*,2016,36(13):3859-3870.
- [16] Ives A R, Carpenter S R. Stability and diversity of ecosystems [J]. *Science*, 2007,317(5834):58-62.
- [17] 高东,何霞红.生物多样性与生态系统稳定性研究进展[J].*生态学杂志*,2010,29(12):2507-2513.
- [18] Hector A, Hautier Y, Saner P, et al. General stabilizing effects of plant diversity on grassland productivity through population asynchrony andoveryielding [J]. *Ecology*, 2010,91(8):2213-2220.
- [19] 张景慧,黄永梅.生物多样性与稳定性机制研究进展[J].*生态学报*,2016,36(13):3859-3870.
- [20] 张雪妮,吕光辉,王庭权,等.荒漠区垂直河岸带植物多样性格局及其成因[J].*生态学报*,2015,35(18):5966-5974.
- [21] 张晓龙,周继华,蔡文涛,等.水分梯度下黑河流域荒漠植物群落多样性特征[J].*生态学报*,2017,37(14):4627-4635.
- [22] 赵永全,何彤慧,夏贵菊,等.不同控水条件下芦苇生长与光合特征研究[J].*西北林学院学报*,2015,30(1):69-74.
- [23] 赵新风,徐海量,张鹏,等.养分与水分添加对荒漠草地植物群落结构和物种多样性的影响[J].*植物生态学报*,2014,38(2):167-177.