

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

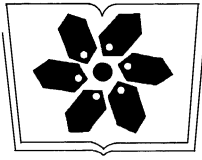
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 4 期

2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响·····	马长安,徐霖林,田伟,等 (1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价·····	孙才志,杨磊 (1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征·····	侯勇,高志岭,马文奇,等 (1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟·····	高照全,冯社章,张显川,等 (1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应·····	宋春桥,游松财,柯灵红,等 (1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应·····	唐振兴,何志斌,刘鹄 (1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素·····	田凤霞,赵传燕,冯兆东,等 (1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应·····	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等 (1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程·····	马井会,顾松强,陈敏,等 (1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系·····	田丰歌,徐兆礼 (1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状·····	张跃环,王昭萍,闫喜武,等 (1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征·····	李慧,王江涛 (1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响·····	魏杰,赵文,杨为东,等 (1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅·····	文世勇,宋琍琍,龙华,等 (1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应·····	陈书军,陈存根,邹伯才,等 (1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局·····	田中平,庄丽,李建贵 (1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较·····	石松利,王迎春,周红兵,等 (1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性·····	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁 (1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响·····	肖逸,王兴祥,王宏伟,等 (1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境·····	张翼飞,王炜,梁存柱,等 (1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系·····	管孝艳,王少丽,高占义,等 (1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性·····	刘春利,胡伟,贾宏福,等 (1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局·····	张春华,王宗明,居为民,等 (1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立·····	王鹏,张春庆,陈化榜,等 (1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较·····	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等 (1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表·····	曹宇,鄧军锐,孔译贤 (1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响·····	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等 (1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别·····	许文雯,孙翔,朱晓东,等 (1264)
珠三角城市绿地 CO ₂ 通量的季节特征·····	孙春健,王春林,申双和,等 (1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例·····	吴以中,朱沁园,刘宁,等 (1283)
专论与综述	
湿地退化研究进展·····	韩大勇,杨永兴,杨杨,等 (1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评·····	杨荣,苏永中,王雪峰 (1308)
问题讨论	
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性·····	屠振力,方俐晶,王家刚 (1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响·····	杨永胜,卜崇峰,高国雄 (1327)
研究简报	
祁连山典型灌丛降雨截留特征·····	刘章文,陈仁升,宋耀选,等 (1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法·····	喻梅,周守标,吴晓艳,等 (1347)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 348 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-02	



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新鸥种,因此得名)。1931 年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987 年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯 的 桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990 年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012271856

田中平, 庄丽, 李建贵. 伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局. 生态学报, 2012, 32(4): 1151-1162.

Tian Z P, Zhuang L, Li J G. The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1151-1162.

伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系 ——一种特殊的双峰分布格局

田中平^{1,3}, 庄 丽^{1,*}, 李建贵²

(1. 石河子大学生命科学学院, 石河子 832000; 2. 新疆农业大学林学院, 乌鲁木齐 830052;

3. 石河子大学化学化工学院, 石河子 832000)

摘要: 针对伊犁河谷北坡山地的植物多样性和土壤因子沿海拔的分布方式进行研究。对研究地海拔 1000—2200m 植物和环境特征进行调查, 选取群落样地总数为 44 个, 共调查到植物种 155 种, 其中乔木 7 种、灌木 18 种、草本 130 种, 调查到的群落类型完全涵盖了研究区所有沿海拔上升的群落类型。通过 NLFS 高级模拟显示总的物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数都与海拔呈现先升高后降低, 再升高的一个特殊分布格局。出现了两个较高的物种丰富度地带, 其中一个为低山荒漠到落叶阔叶林, 另一个为山地草原到针叶林带。土壤养分和盐分也表现出了类似多样性的分布格局。通过 PCA 和相关分析表明, 环境因子控制着物种丰富度和它的分布方式。水分在低海拔比较重要, 在高海拔温度比较重要, 而由于逆温层的作用, 在较高海拔的针叶林带物种多样性出现了上升。物种丰富度与土壤总盐呈现显著负相关关系($r = -0.343$), 与土壤全盐也呈现显著负相关关系($r = -0.341$)。Simpson 指数与土壤 pH 值呈现显著负相关关系($r = -0.465$)。Shannon-Wiener 指数与土壤电导率呈现显著负相关关系($r = -0.367$)。Pielou 均匀度指数与土壤电导率呈现极显著负相关关系($r = -0.477$), 总之, 多样性指数和土壤盐分表现出了强相关性。这个研究为伊犁河谷植被与植物资源的保护和利用提供重要的科学依据, 为河谷区山地植被与环境关系提供基础科学理论, 为山地退化植被的修复提供参考案例和可借鉴的基础性数据。

关键词: 海拔格局; 生物多样性; 环境因子; 物种丰富度; 伊犁河谷

The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern

TIAN Zhongping^{1,3}, ZHUANG Li^{1,*}, LI Jianguai²

1 College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832000, China

2 College of Forest Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

3 School of Chemistry and chemical engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, China

Abstract: The Study of the relationship between vegetation and environment have become important areas of vegetation ecology, different environmental factors of earth's surface leading to the different distribution of plants and vegetation. Ili River Valley is a "U" shaped valley, which was known as one of Xinjiang's most beautiful places. In this closed or semi-closed valley, there is kind of special "cold lake effect": In winter, as cold air accumulating in the bottom, the air in the valley forms a special "inversion layer" zone at altitude of 800—2000 m. In this special mountainous valley environment, the study of the vertical distribution patterns is of special significance. This study is set out to investigate the vertical

基金项目: 国家支撑计划资助项目(2007BAC15B06, 2006BAD26B0901, 2007 BAC17B06); 石河子大学基金项目(Q9yy200814, 500002061602)

收稿日期: 2010-12-27; **修订日期:** 2011-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhuangliiii@163.com

distribution of the soil chemical properties, and to find out the the relationship between vegetation and the soils, which should provide important information for future vegetation restoration and reconstruction. Patterns of plant diversity and soil factors along the altitudinal gradient on northern slope of Ili River Valley were examined. Plant and environment characteristics were surveyed from the altitude of 1000 to 2200 m. There were a total of 155 vascular plants, 133 herbages, 18 shrubs, and 7 tree species in 44 sampled plots. The plant richness of vegetation types generally showed a special pattern along altitude, with a bimodal change of plant species number at 100m intervals of altitude. The two belts of higher plant richness were in transient zones between vegetation types, the first was in the transient zones from lower-mountain desert to forest, and the second in the transient zone from dry grass to coniferous forest. Soil nutrients and salt also showed a similar distribution pattern. Matching the change of richness of plant species to environmental factors along altitude and correlating these by PCA and relation analysis revealed that the environmental factors controlling species richness and its pattern were the combined effects of soil salt and nutrients. Water was more important at low altitude, and temperature was more important at high altitude. The effect of the inversion layer seems made the coniferous forest at high altitude had high plant species diversity. Species richness and soil total dissolved salt had a significant negative correlation ($r = -0.343$), and soil total salt also had a significant negative correlation with species richness ($r = -0.341$). Simpson index and soil pH showed a significant negative correlation ($r = -0.465$). Shannon-Wiener index and soil electrical conductivity showed a significant negative correlation ($r = -0.367$). Pielou evenness index and soil electrical conductivity showed a very significant negative correlation ($r = -0.477$). In a word, there was a strong negative correlation between plant diversity index and the index of soil salinity/alkalinity, which confirms the negative effect of soil salinity/alkalinity on plant or vegetation. This study of altitudinal pattern in Ili River valley provides an important scientific basis for protection and utilization of plant/vegetation resources in this region, should enrich the theory of vegetation-environment relationships, and is also helpful in the future practice of the restoration, reconstruction of the degraded vegetation cover.

Key Words: Altitudinal pattern; biodiversity; environmental factors; species richness; Ili River Valley

植被与环境关系的研究已经成为植被生态学的重要领域之一,地球表面不同的环境因子导致了地表植物和植被分布的多样性^[1-2],而物种多样性沿环境梯度的变化规律是生物多样性研究的重要内容,海拔梯度由于综合了温度、湿度、光照等多种环境因子而成为物种多样性梯度格局研究的重要方面^[3-7],基于样方尺度的物种多样性沿海拔梯度分布格局的研究,在国内外已经开展了大量的工作^[8-12]。研究表明,物种多样性沿海拔梯度的分布格局一般有5种形式,分别是随海拔升高先降低后升高、先升高后降低(单峰曲线)、单调升高、单调下降和没有明显格局^[13-14]。不同山地和不同生活型的物种多样性海拔分布格局不同,可能与山地所处的区域环境条件、山体的相对高度和地质地貌等众多因素相关^[15]。因此,在不同区域,对不同山地进行物种多样性海拔格局的研究非常必要。国内的山地生物多样性研究大多集中在亚热带常绿阔叶林和暖温带落叶阔叶林区域^[10,15-17],而集中于干旱区的较少^[12,18]。伊犁河谷北坡山地位于我国的干旱和半干旱区,山体高耸,海拔梯度长,其南面正是伊犁河谷北坡。伊犁河谷位于新疆西部,地处中纬度内陆,地形为北、东、南三面高山环绕,唯西面开敞的“U”形谷地。大西洋、里海、巴尔喀什湖的温湿气流能顺利进入本区,形成了较为湿润的大陆性北温带气候,河谷山区降水较多,自然条件优越,被誉为新疆的“塞外江南”^[19]。在河谷封闭、半封闭的山间谷底内,有特殊的“冷湖作用”。冬季高山冷空气下沉,聚积于谷底,从而形成谷底气温最低,沿坡随高程增加,至800—2000 m,形成了特殊的“逆温层”地带^[20]。对研究伊犁河谷山地的垂直分布格局具有特殊意义。

张文辉等认为自然界的植物群落是植物与环境相互作用的产物,植物的空间分布格局是植物与环境相互作用、共同发展的结果^[21]。影响群落分布的环境因子有很多,其间的相互作用关系也十分复杂。土壤是植物生存的重要环境因子,也是森林生态系统研究的重要组成部分。一方面,森林土壤可为森林植被的存在和发

展提供必要的物质基础;另一方面,森林植被的出现及其演替反过来也将影响其土壤的形成和发育^[22]。因此,研究不同海拔高度山地植被土壤的化学性质,摸清不同类型土壤化学性质的差异以及植被与土壤之间的关系,对植被更新、植被恢复与重建等也具有重要意义^[23]。

以往对于伊犁河谷山地的植物群落类型及其空间分布的研究不多,张新时在几十年前对野果林的研究时进行过较为细致的垂直带谱分析^[24],最近才有关于伊犁河流域植被垂直分布格局的初步研究^[25],对土壤养分及盐分的垂直分布研究现在还未见报道。因此,本文将以伊犁河谷北坡山地植物群落样方调查和土壤测定数据为基础,分析整个群落的物种多样性、土壤养分和盐分在海拔梯度上的分布格局,并对该地区的植被与环境关系进行研究,不仅可以为当地植被与植物资源的保护与利用提供重要的科学依据,亦将深化河谷区山地植被与环境关系研究的基础科学理论,并为山地退化植被的修复提供参考案例和可借鉴的基础性数据。

1 研究区自然概况

选择的研究地点伊犁河谷北坡(科古琴山南坡)山地位于新疆北天山西段,西接别珍套山,东与婆罗科努山相连,北靠准噶尔盆地,南临伊犁河谷。科古琴山长 90 余 km,宽 40 余 km,山脉走向为北西西—南东东。地理坐标为北纬 44°02′—44°30′,东经 81°01′—82°02′,面积 3600 km²。年平均气温 2.8—9.2℃,≥10℃积温 1326—3300℃,平均日照时数 2898.4 h,无霜期 80—160 d;山脉分水岭脊线海拔高度 4000 m 左右,山顶积雪终年不化。

2 研究方法

2.1 样地设置与数据采集

经过实地考察选择位于伊犁河谷北坡(科古琴山南坡)具有代表性的植物群落进行样地调查和取样。

调查范围从山顶到山前荒漠草原带(其间包括野果林),海拔每下降 100 m 设置 3 个样地,样地面积为 100 m×100 m,最终在伊犁河谷北坡 1000—2200 m 的海拔范围内设置了样地 44 个(由于植物群落物种组成变化较大,在 1900 m 增设 3 个样地,1700 m 增设 5 个样地,1600、1400 m 和 1100 m 的地方而各增设 1 个样地)。在每个样地内随机设置 1 个乔木样方、设置 1 个灌木样方和 3 个草本样方。其中,乔木样方面积为 20 m×20 m,灌木样方及草本样方的面积分别为 10 m×10 m 和 1 m×1 m。

在每个样方内调查乔木、灌木及草本,调查内容包括乔木和灌木的多度、高度、冠幅及盖度,草本的高度及盖度。记录和测定各样地 3 类 11 个非生物无机环境因子:(1)地形因子,包括海拔(ELEV);(2)地理因子,包括经度(LONG)、纬度(LAT);(3)土壤因子,包括有机质(OM)、有效氮(AN)、有效磷(AP)及有效钾(AK)、pH 值(PH)、电导率(EC)、总盐(TS)、全盐(GS)。

土壤的取样方法是在每个样地随机取 3 个点分 0—10 cm、10—20 cm 及 20—50 cm 等 3 层取土样,带回实验室均匀混合风干分析。土壤有机质用重铬酸钾容量法-外加热法,有效氮用碱解蒸馏法,有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法,有效钾用乙酸铵浸提-火焰光度计法,pH 值用电位测定法,电导率用 DDS-307 电导率仪测定,总盐用烘干残渣法,全盐用标准曲线换算法^[27]。

物种鉴定和命名依据《中国植物志》、《中国高等植物》和《新疆植物志》等文献。由于经纬度对样地植被分布影响不明显,因此不参与分析。

2.2 数据处理与分析

2.2.1 物种重要值的计算

分别计算出各物种的密度(D)、频度(F)、盖度(C)以及相对多度(RD)、相对频度(RF)、相对盖度(RC)等基本信息。分层计算重要值,即乔木层、灌木层、草本层;小数点后面保留至少 4 位。草本样方重要值的计算是先把每一个草本样方内的植物的重要值算出来除以 3,然后把 3 个小样方内的同种的重要值加起来作为大样方的草本的重要值。

由于所调查分乔木、灌木、草本层,为准确反映它们的生长和分布状况,本研究中按如下方法表征物种重要值(IV):

乔木、灌木重要值(%) = (相对多度 + 相对高度 + 相对盖度) / 3

草本重要值(%) = (相对高度 + 相对盖度) / 2

2.2.2 群落多样性的计算

丰富度指数:

(1) Patrick 丰富度指数 S = 样地的物种总数

物种多样性指数:

(2) Simpson 指数

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

(3) Shannon-Wiener 多样性指数

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

均匀度指数:

(4) Pielou 均匀度指数

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

上述多样性指标计算公式中 P_i 为种 i 的重要值, S 为种 i 所在样地的物种总数。这些指标在物种多样性研究得到广泛应用。由于群落中个体大小差别很大, 用物种株数计算多样性并不能很好反映群落多样性的状况。所以, 在植物物种多样性计算中多用重要值代替物种株数, 并在很多文献中得到很好的应用^[16-18]。

2.2.3 数据分析

物种多样性指数、土壤养分、土壤盐分沿海拔的分布格局运用 Origin8.0 的 NLFS 高级模式进行多元线性拟合。本研究, NLFS 高级模拟以物种多样性指数、养分、盐分为因变量, 以海拔为自变量。坡向和坡度等地形因子一般在景观尺度上对物种多样性的影响明显, 而在区域尺度上, 地形因子的影响较小^[5], 故主要考虑海拔对于物种多样性指数、养分、盐分的影响。运用 spss17.0 进行物种多样性指数、土壤养分和盐分沿海拔之间的相关分析, 并运用 Origin8.0 作图。土壤因子的 PCA 分析, 通过 CANOCO Version4.5 分析软件及 CANODRAW Version 4.0 作图软件完成^[28]。

3 结果与分析

3.1 伊犁河谷北坡山地垂直带谱

伊犁河谷北坡山地群落选取样地总数为 44 个, 共调查到植物种 155 种, 其中乔木 7 种、灌木 18 种、草本 130 种。调查到的群落类型完全涵盖了研究区所有沿海拔上升的群落和土壤类型(表 1, 表 2)。针叶林带包括样地 4 个, 只有一种乔木以雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)为建群种, 占据绝对优势。山地草原带主要包括样地 27 个, 以草原糙苏(*Phlomis pratensis*)为建群种, 针茅(*Stipa capillata*)、阿尔泰百里香(*Thymus altaicus*)为优势种, 主要伴生种有千叶蓍(*Achillea millefolium*)、仰卧早熟禾(*Poa supina*)、雀麦(*Bromus japonicus*)、荻蓂(*Thlaspi arvense*)等草本植物, 占据的海拔范围最宽。落叶阔叶林带是残存的野果林群落, 包括样地 11 个, 以野杏(*Armeniaca vulgaris*)为建群种, 天山桦(*Betula tianschanica*)、天山樱桃(*Cerasus tianschanica*)、复盆子(*Rubus idaeus*)、美丽木蓼(*Atraphaxis decipiens*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)为优势种, 主要伴生种包括天山花楸(*Sorbus tianschanica*)、黄果山楂(*Crataegus chlorocarpa*)、腺齿蔷薇(*Rosa albertii*)、金丝桃叶绣线菊(*Spiraea hypericifolia*)、刚毛忍冬(*Lonicera hispida*)、天山绣线菊(*Spiraea tianschanica*)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)、草原糙苏、金色狗尾草(*Setaria glauca*)、雀麦。荒漠草原带包括样地 2 个, 仅有草本植物, 结构相对简单, 是野果林分布的下线群落, 对叶元胡(*Corydalis ledebouriana*)为建群种, 芨芨草(*Achnatherum splendens*)、灰毛糖芥(*Erysimum diffusum*)为优势种, 主要伴生种有苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、狗牙根、东方旱麦草(*Eremopyrum orientale*)、新疆亚菊(*Ajania fastigiata*)。

表 1 伊犁河谷北坡的植被垂直带谱

Table 1 Spectrum of vertical zones on northern slope of Ili River Valley

海拔/m Altitude	样地 Plot	群落类型 Community type	主要优势物种 Primary advantage species
>2100	P1—P4	针叶林带	雪岭云杉
1600—2100	P5—P31	山地草原带	阿尔泰百里香、针茅、草原糙苏
1200—1600	P32—P42	落叶阔叶林带	野杏、天山櫻桃、天山花楸、黄果山楂、灌木腺齿蔷薇、金丝桃叶绣线菊
<1200	P43—P44	荒漠草原带	芨芨草、对叶元胡

表 2 伊犁河谷北坡的土壤类型垂直带谱

Table 2 Spectrum of vertical soil zones on northern slope of Ili River Valley

海拔/m Altitude	群落类型 Community type	土壤类型 Soil type	土层厚度 Soil thickness	土壤母质 Soil parent material	腐殖质层 厚度/cm Thickness of soil humus	土壤结构 Soil structure	含水量 Soil moisture	土壤肥力 Soil fertility	参考文献 References
>2100	针叶林带	山地森林土	深厚	黄土状土	20—30	立状-小团粒, 疏松富有弹性	丰富	中	[29]
1600—2100	山地草原带	栗钙土	深厚	黄土丘陵土	12—30	细粒	低	中	[29]
1200—1600	落叶阔叶林带	暗栗钙土	数米至 20 米	山地黄土	深厚	团粒结构良好	高	高	[20]
<1200	荒漠草原带	灰钙土	较厚	黄土	8—12	疏松, 多孔隙	很低	低	[29-30]

3.2 伊犁河谷北坡山地垂直分布格局

3.2.1 伊犁河谷北坡山地多样性指数格局

总的物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数都与海拔呈现先升高后降低,再升高的格局(图 1)。海拔 1200 m 以下为荒漠草原带,在此范围内,只有草本植物,主要包括芨芨草、灰毛糖芥、对叶元胡,比较向阳,坡度 22—30°,土壤含水量较少。所有的群落多样性指数都较低。海拔 1200—1600 m 之间为落叶阔叶林带,在此范围内,具有保护价值的野果林,主要乔木包括野杏、天山櫻桃、天山花楸、黄果山楂、灌木包括腺齿蔷薇、金丝桃叶绣线菊、刚毛忍冬,坡度相对也比较大,在 23.56—39°,土壤含水量相对较少。主要是落叶阔叶林,并且位于山地的中部使得在这个范围内各多样性指数都出现了一个峰值。海拔 1600—2100m 之间为山地草原带,在此范围内,都是草本植物,灌木和乔木只有零星分布,主要包括对叶元胡、阿尔泰百里香、仰卧早熟禾、羊茅、针茅、草原糙苏,坡度 5.74—23.56°,土壤含水量较多。由于都是草本植物使得在这个范围内各多样性指数都下降到最低。海拔 2100 m 以上,群落仅有乔木雪岭云杉,虽然进入了郁闭的雪岭云杉林,林下生境阴暗冷湿,抑制了多数灌木种类的生存,却使得草本种类很多,各多样性指数在这个海拔范围内又升高。

3.2.2 伊犁河谷北坡山地土壤养分格局

土壤有机质是土壤固相的一个重要组成部分,它与土壤矿质部分共同作为林木营养的来源,直接影响着土壤的理化性质及生物性质,对于提高土壤肥力具有重要的作用。从图 1 可以看出,该区土壤有机质含量变化在 9.522—139.947g/kg,各土壤类型的有机质含量差异较大,随着海拔的升高呈现出上升的格局。土壤有效氮是指可以被水溶解的土壤养分,是易淋失和被植物直接吸收和利用的部分,其有效含量对植物生长具有决定性意义。从图 1 可以看出,该区土壤有效氮含量为 15.8—863.03mg/kg,随着海拔升高总体上表现为明显的递增趋势。土壤有效磷含量是指能为当季作物吸收的磷含量。从图 1 可以看出,该区土壤有效磷含量极低,仅在 2.1—22.58mg/kg,从总体上看,与海拔呈现缓慢上升趋势。土壤有效钾是土壤钾素的现实供应指标,它能被植物直接吸收与利用,就植物生长而言,钾是否充足主要取决于土壤的有效钾水平。从图 1 可以看出,该区土壤速效钾含量为 93—1515mg/kg。其垂直变化规律与土壤有机质、有效氮含量、有效磷和有效钾含量的变化趋势明显不同,表现为随着海拔的上升,在落叶阔叶林带(1400—1600m)之间呈现了一个波峰。

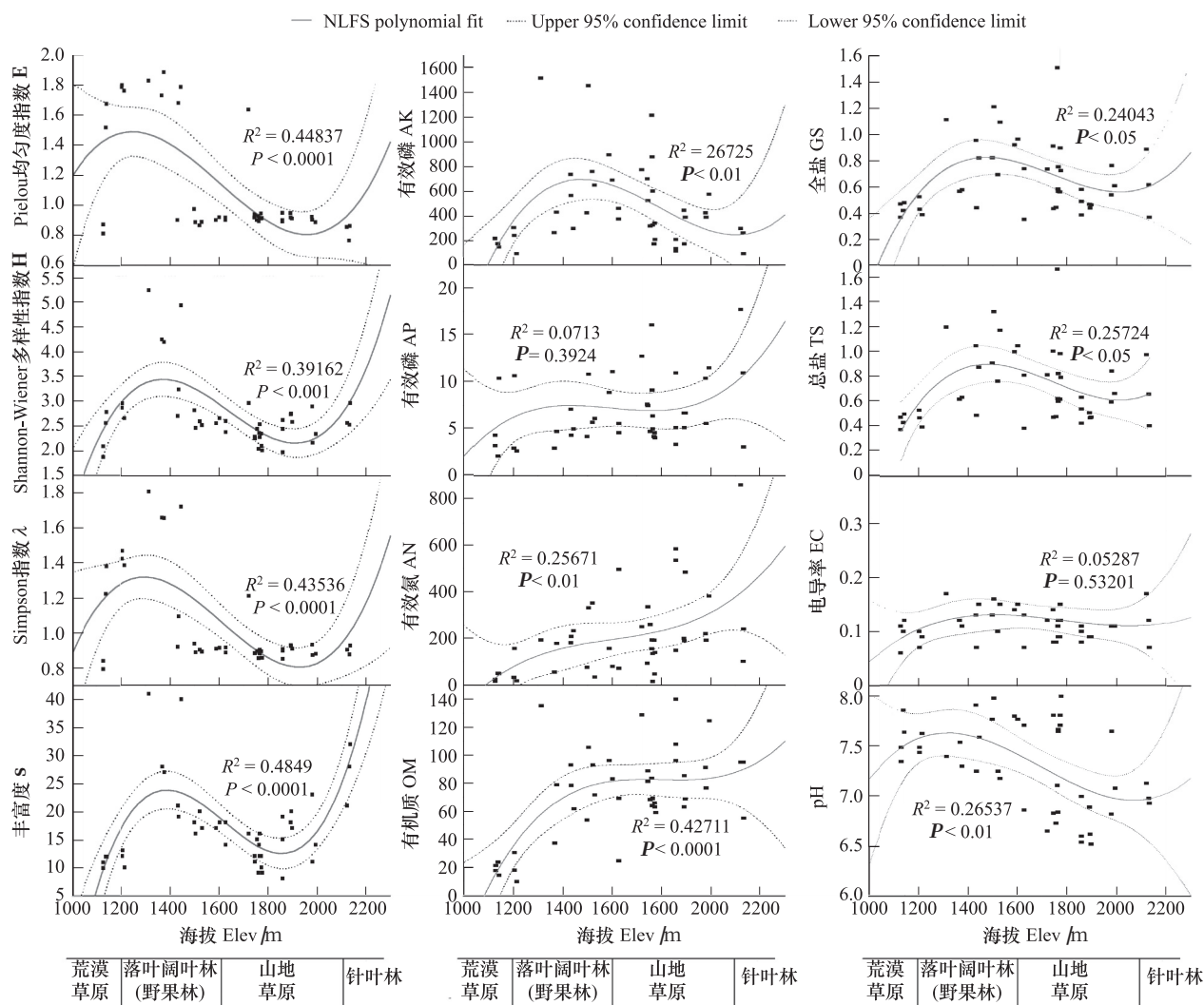


图1 伊犁河谷北坡物种多样性、土壤养分、土壤盐分的海拔格局

Fig.1 Altitudinal pattern of species diversity, soil nutrition and soil salt on northern slope of Ili River Valley

OM: 有机质 Organic matter; TN: Total nitrogen; AP: Available phosphorus; AK: Available potassium; EC: Electricity conductivity; TS: Total salt; GS: Gather salt

3.2.3 伊犁河谷北坡山地土壤盐分格局

土壤酸碱度是土壤的重要化学性质之一,它直接影响作物的生长和微生物的活动以及土壤的其他性质与肥力状况。从图1可以看出,不同海拔高度土壤pH值变动在6.51—7.99,植物生长在较中性的环境。大体表现为随海拔高度的增加呈现先升高后降低,再升高的变化规律。而土壤电导率是反映土壤盐分含量的一个重要指标,该区土壤电导率含量变化在0.06—0.4 ms/cm,随着海拔的升高电导率变化不大。土壤全盐含量为0.375—1.665 g/kg,随着海拔升高,在1400—1600 m之间出现了一个波峰。土壤总盐含量为0.353—1.506 mg/kg,随着海拔升高,和全盐表现同样的趋势,在落叶阔叶林带(1400—1600 m)之间出现了一个波峰。

3.3 随海拔变化样地土壤因子的主成分因子

主成分是原P个指标的线性组合,各指标的权数为特征向量 r 把它刻划了各单项指标,对于主成分的重要程度并决定了该主成分的实际意义。根据主成分计算公式,可得到2个主成分与原8项指标的线性组合如表3。从表3和图2可以看出,在第1主成分上,土壤全盐、总盐、电导率有较大的正值。因此,第1主成分实质上是土壤环境和土壤盐分储量、保存的量度,可称为盐分因子。在第2主成分上,土壤有效氮和有机质有较

大的正值,土壤 pH 值有较大的负值。土壤有效氮是指可以被水溶解的土壤养分,是易淋失和被植物直接吸收和利用的部分,其有效含量对植物生长具有决定性意义。土壤有机质的含量与土壤肥力水平有密切关系,在土壤肥力中起着多方面的作用。通常在其他条件相似的情况下,在一定含量范围内,有机质含量的多少,将反映土壤肥力水平的高低。土壤 pH 值跟土壤盐分有密切关系,在这一主成分中跟养分成较大的负相关关系。因此,第 2 主成分实质上是对土壤环境和土壤养分储量、保存的量度,可称为保肥、供肥因子。

表 3 伊犁河谷北坡土壤因子主成分分析的得分系数表

Table 3 Component Score Coefficient of PCA analysis of soil factors on Northern slope of Ili River Valle

主成分 Component	环境因子在每一主成分中的得分系数 Component Score Coefficient of Environment Variance								累积贡献率 Cumulative/%
	总盐 TS	全盐 GS	电导率 EC	有效钾 AK	有效磷 AP	速效氮 AN	pH 值	有机质 OM	
1	0.969	0.969	0.850	0.833	0.702	-0.022	0.303	0.481	51.422
2	-0.127	-0.110	-0.087	0.124	0.447	0.832	-0.809	0.711	77.716

3.4 物种多样性指数、土壤养分、土壤盐分之间相关关系

物种多样性的分布格局主要与气候、群落生产力和其他因子相关。从图 3 可以看出,物种丰富度与 Simpson 指数呈现极显著正相关关系($r=0.534$),与 Shannon-Wiener 指数也呈现极显著正相关关系($r=0.851$),与 Pielou 均匀度指数呈现显著正相关关系($r=0.310$),与土壤总盐呈现显著负相关关系($r=-0.343$),与土壤全盐也呈现显著负相关关系($r=-0.341$)。Simpson 指数与 Shannon-Wiener 指数呈现极显著正相关关系($r=0.864$),与 Pielou 均匀度指数呈现显著正相关关系($r=0.938$),与土壤 pH 值呈现显著负相关关系($r=-0.465$)。Shannon-Wiener 指数与 Pielou 均匀度指数呈现极显著正相关关系($r=0.714$),与土壤电导率呈现显著负相关关系($r=-0.367$)。Pielou 均匀度指数与土壤电导率呈现极显著负相关关系($r=-0.477$)。土壤有机质与有效氮呈现极显著正相关关系($r=0.473$),与有效磷呈现极显著正相关关系($r=0.571$),与有效钾呈现极显著正相关关系($r=0.487$)。有效磷与有效钾呈现极显著正相关关系($r=0.623$)。土壤 pH 值与土壤总盐呈现显著负正相关关系($r=0.382$),与土壤全盐呈现极显著正相关关系($r=0.391$)。土壤电导率与土壤总盐呈现显著负正相关关系($r=0.843$),与土壤全盐呈现极显著正相关关系($r=0.845$)。土壤总盐与土壤全盐呈现极显著正相关关系($r=0.999$)。

4 讨论

4.1 伊犁河谷北坡植物群落多样性格局

山地由于其复杂多样的生态环境条件,成为多种生物物种生存、繁衍和保存下来的种质库,山地生物多样性的研究历来为生态学家所关注^[31-33]。海拔梯度上的植物物种多样性格局一直是植物生态学家的研究内容,而不同的山地有不同垂直分布格局。已有研究表明,物种多样性沿海拔梯度的分布格局一般有 5 种形式,分别是随海拔升高先降低后升高、先升高后降低(单峰曲线)、单调升高、单调下降和没有明显格局^[13-14]。

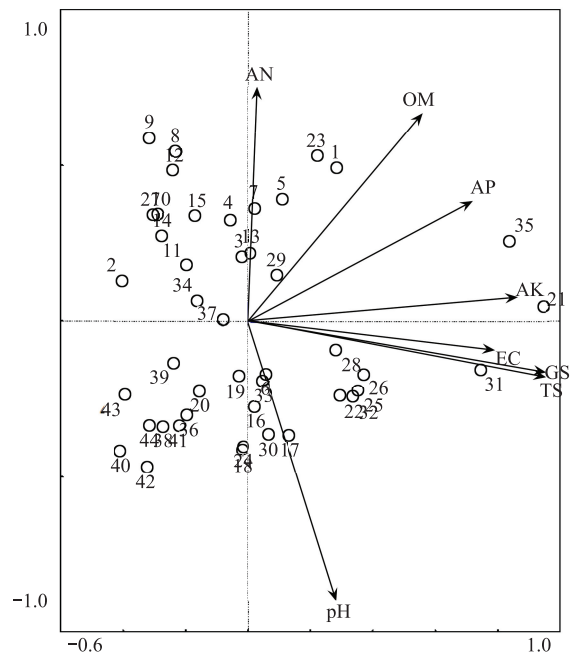
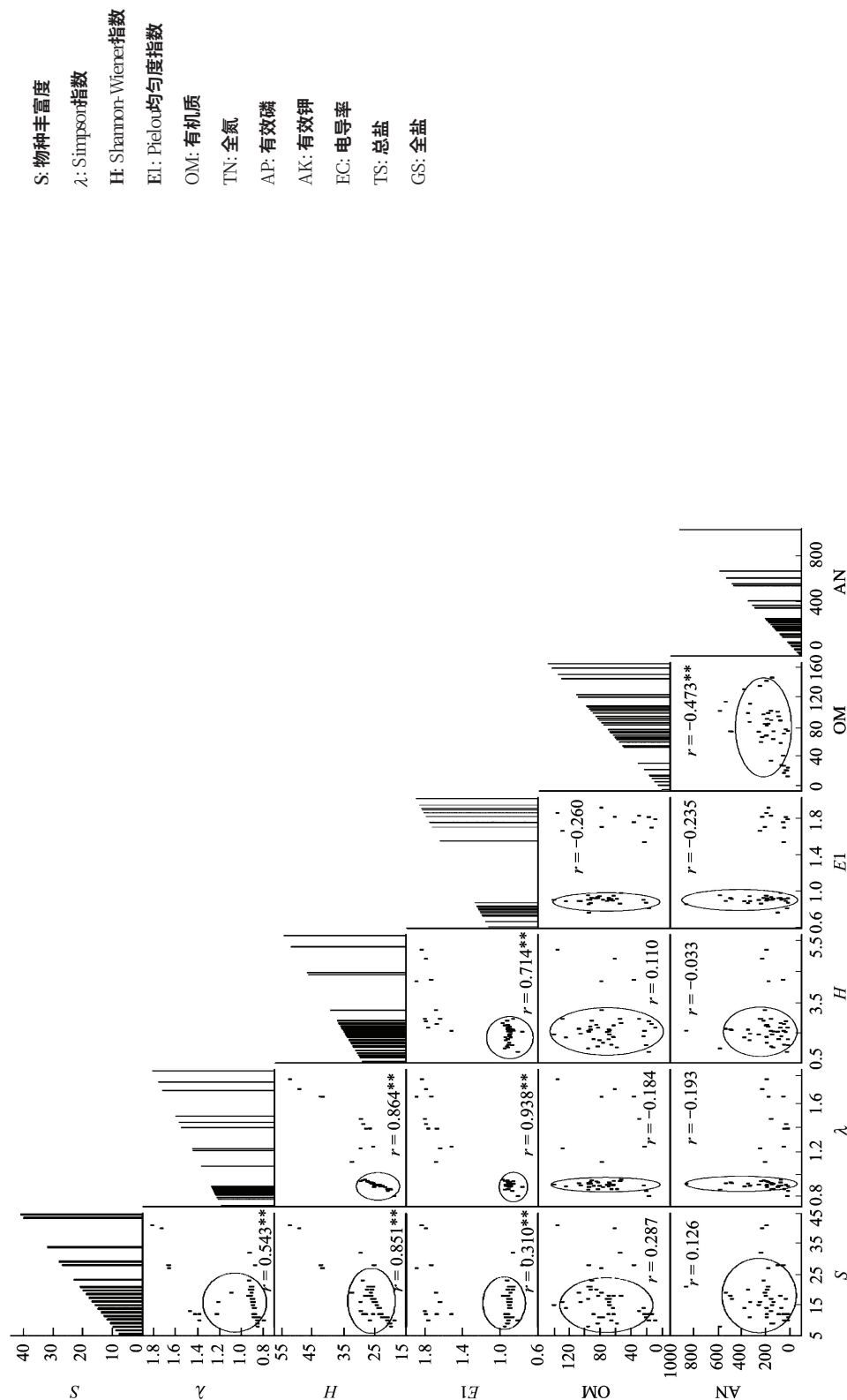


图 2 伊犁河谷北坡 44 个样地土壤因子主成分分析

Fig.2 PCA analysis of 44 samples soil factors on Northern slope of Ili River Valley



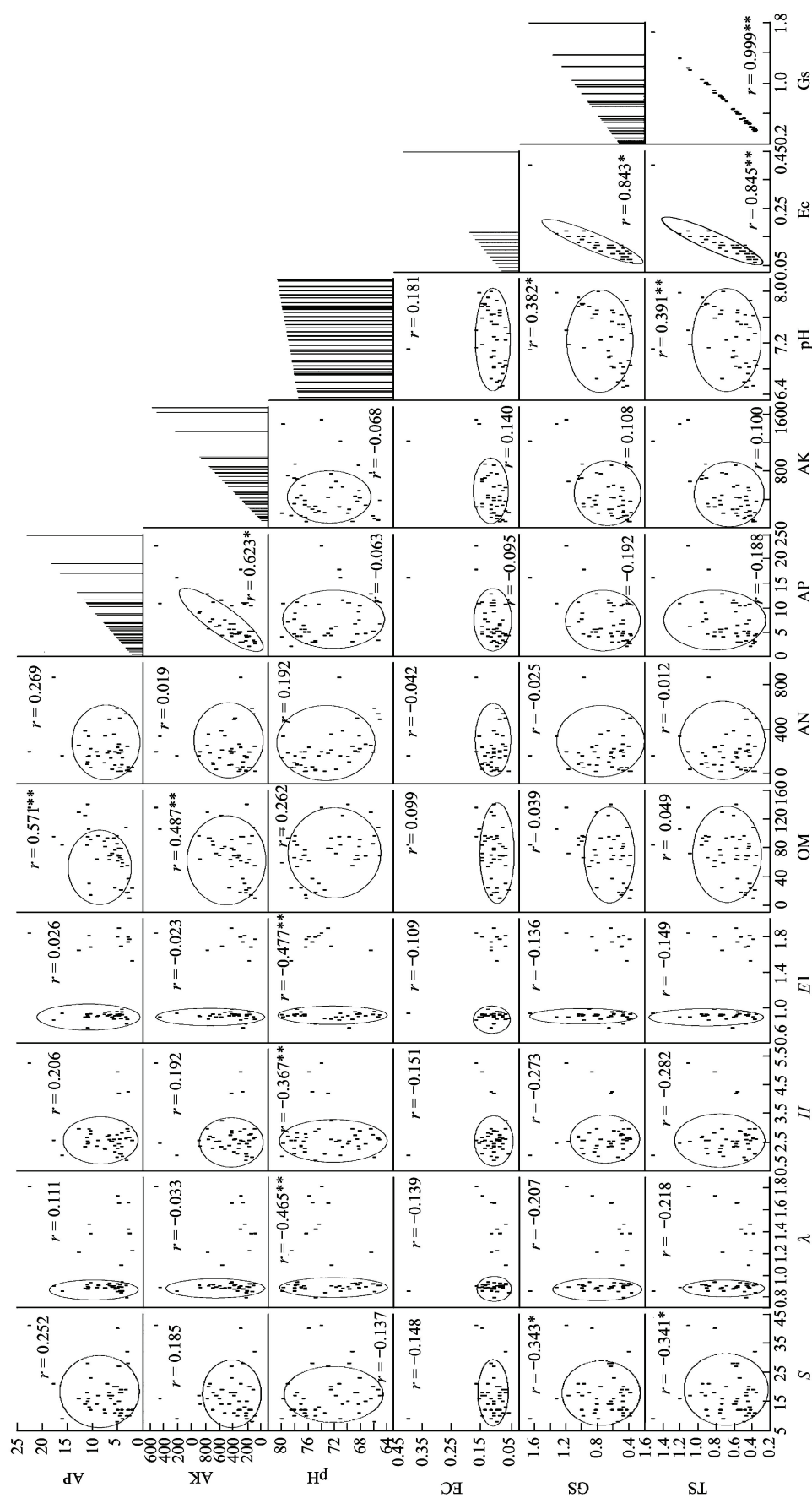


图 3 物种多样性指数、土壤养分、土壤盐分之间的强相关关系
Fig. 3 Strong correlation among species diversity, soil nutrients and soil salinity

而本文拟合得出的物种丰富度格局并没有完全符合以上格局,表现出先逐渐升高后下降再升高的比较特殊的格局。两个 α 多样性指数和均匀度指数也表现了同样的变化趋势。张新时在 1973 年就指出在天山深处浓密的野苹果林以淡绿色球形树冠构成大片林层与高处山坡上的雪岭云杉暗蓝绿色的针叶林带形成鲜明的对照。这样的山地植被垂直带谱结构特点——基带缺乏旱生植被带和具有中生性强的落叶阔叶林带,对于荒漠地带山地垂直带谱结构实在是个极大的例外^[24]。而这种例外也表现出特殊的植被垂直分布格局,当然 Sang Weiguo 在研究天山中段植被的时候也表现出了比较类似的垂直格局^[34]。他指出这是一种单峰分布格局,而本文认为这是在干旱区的一个比较特殊的垂直分布格局。这是因为这种垂直分布方式与当地的特殊气候和环境因子密切相关。

4.2 伊犁河谷北坡植物群落多样性格局与环境的关系

物种多样性的分布格局主要与气候、群落生产力和其他因子相关^[35],同时还在不同程度上受到植被演化历史的影响^[36]。研究区位于我国的干旱和半干旱区,而伊犁河谷地处中纬度内陆,地形为北、东、南三面高山环绕,唯西面开敞的“U”形谷地。大西洋、里海、巴尔喀什湖的温湿气流能顺利进入本区,形成了较为湿润的大陆性北温带气候^[19]。在这封闭、半封闭的山间谷底内,有特殊的“冷湖作用”。冬季高山冷空气下沉,聚积于谷底,从而形成谷底气温最低,沿坡随高程增加,至 800—2000 m,形成了特殊的“逆温层”地带^[20]。在这种独特的地理位置下,研究区物种丰富度随海拔的变化在落叶阔叶林带最高,在荒漠草原带和山地草原带较低,这符合前人的研究在中海拔梯度较高的中间膨胀假说。但由于逆温层的作用在 2000 m 附近物种丰富度又上升了,有很多的研究认为在较高的海拔温度较低限制了物种的生存,而研究地刚好有逆温层的出现。并且,在落叶阔叶林带的土壤肥力高,有利于物种的生长。在针叶林带,多样性指数有所上升可能是由于,土壤含水量较高,而山地草原带的土壤含水量较低。因此,本研究结果显示这种分布格局可能是温度在这起着非常大的作用,土壤因子起的作用次之。

通过主成分分析和相关分析发现,物种多样性指数与土壤营养因子呈现显著负相关关系,物种多样性指数与土壤盐分因子呈现显著负相关关系。特别是物种多样性指数在落叶阔叶林带合针叶林带比较高,相对于营养元素含量也比较高。这可能是因为在森林带植被有较高的生产力,并且有些营养元素喜欢低温,因而在腐殖质层比较厚的地方营养元素积累较多,植物生长比较容易;相反,在高低海拔的荒漠带的物种多样性指数较低^[9]。Tilman 认为在资源丰富的生境上,生长着少量的具有较强竞争力的物种^[37],从而在中等丰富的土壤生长着大量的物种,在这样的海拔梯度上物种多样性也相对较高。本研究区的多样性格局和土壤营养元素格局正好吻合这一点。同样盐分指标与物种多样性指数格局更加相似,也说明在本研究区,盐分因子的变化更能说明,多样性指数的变化情况。当然,本文所调查的区域属于天山西部的北坡,有逆温层的存在,而 Sang^[34]调查属于天山中部的北坡,表现为单峰垂直分布格局,研究区表现为特殊的双峰分布格局是否是干旱区山地北坡特殊的垂直分布格局,还是需要验证的。

References:

- [1] Zhang X S. A vegetation-climate classification system for global change studies in China. *Quaternary Sciences*, 1993, (2): 157-169.
- [2] Zhou G S, Wang Y H. Global change and climate vegetation classification. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(24): 2587-2593.
- [3] Gaston K J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 2000, 405(6783): 220-226.
- [4] Lomolino M V. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, 2001, 10(1): 3-13.
- [5] Whittaker R J, Willis K J, Field R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 2001, 28(4): 53-470.
- [6] Tang Z Y, Fang J Y. A review on the elevational patterns of plant species diversity. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 20-28.
- [7] Oommen M A, Shanker K. Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in Himalayan woody plants. *Ecology*, 2005, 86(11): 3039-3047.
- [8] Carpenter C. The environmental control of plant species density on a Himalayan elevation gradient. *Journal of Biogeography*, 2005, 32(6): 999-1018.

- [9] Sánchez-González A, López-Mata L. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distributions*, 2005, 11(6): 567-575.
- [10] Shen Z H, Fang J Y, Liu Z L, Wu J. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongga Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 721-732.
- [11] Feng J M, Wang X P, Xu C D, Yang Y H, Fang J Y. Altitudinal patterns of plant species diversity and community structure on Yulong Mountains, Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(1): 110-116.
- [12] Zhu Y, Kang M Y, Jiang Y, Liu Q R. Altitudinal pattern of species diversity in woody plant communities of Mountain Helan, Northwestern China. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(3): 574-581.
- [13] He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 91-99.
- [14] Liu X L, Shi Z M, Yang D S, Liu S R, Yang Y P, Ma Q Y. Advances in study on changes of biodiversity and productivity along elevational gradient in mountainous plant community. *World Forestry Research*, 2005, 18(4): 27-34.
- [15] Fang J Y, Shen Z H, Cui H T. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 10-19.
- [16] Ma K P, Huang J H, Yu S L, Chen L Z. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China. II. Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268-277.
- [17] Hao Z Q, Yu D Y, Yang X M, Ding Z H. α diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 786-789.
- [18] Wang G H. Species diversity of plant communities along an altitudinal gradient in the middle section of northern slopes of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu, China. *Biodiversity Science*, 2002, 10(1): 7-14.
- [19] Zhang X C, Wang C X. Thoughts and countermeasures of ecological agriculture in Yili River Valley. *Management of Agricultural Science and Technology*, 2009, 28(2): 74-75, 78-78.
- [20] Liu X S, Lin P J, Zhong J P. An analysis and inquiry into the wild apple trees in Iri. *Arid Zone Research*, 1993, 10(3): 28-30.
- [21] Zhang W H, Lu T, Ma K M, Zhou J Y, Liu S L. Analysis on the environmental and spatial factors for plant community distribution in the arid valley in the upper reach of Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 552-559.
- [22] Song H X, Su Z X, Peng Y Y. Relationships between soil fertility and secondary succession of plant community in Jinyun Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(12): 1531-1533.
- [23] You X H, Jiang E K. A study on soil chemical properties of different forest types. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2005, 27(3): 357-360.
- [24] Zhang X S. On the eco-geographical characters and the problems of classification of the wild fruit-tree forest in the Ili Valley of Sinkiang. *Journal of Integrative Plant Biology*, 1973, 15(2): 239-253.
- [25] Xu Y J, Yang Y H, Chen Y L, Chen Y P. Preliminary investigation on vertical distribution pattern of vegetation in Ili River Valley. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(S3): 21-24.
- [26] Gu H S. On plant resources of inversion layer in Yili. *Journal of Plant Resources and Environment*. 1993, 2(2): 12-15.
- [27] Agricultural Chemistry Committee of Soil Science Society of China. *Conventional Methods for the Agricultural Chemical Analysis of Soil*. Beijing: Science Press, 1983.
- [28] ter Braak C J F. Update Notes: CANOCO, Version 4. 8. Wageningen: Agricultural Mathematics Group, 1997.
- [29] Zhang J M. Study on the soil development rule in YILI River Basin. *Journal of Shihezi University: Natural Science*, 2005, 23(5): 583-586.
- [30] Yang Y H, Chen Y N, Chen Y P, Li W H, Xu Y J, Sun H L. Distribution law of soil and its significance of land development in Ili Valley. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(S3): 25-28.
- [31] Whittaker R J, Willis K J, Field R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 2001, 28(4): 453-470.
- [32] Theurillat J P, Schlüssel A. Phenology and distribution strategy of key plant species within the subalpine-alpine ecocline in the Valais Alps (Switzerland). *Phytocoenologia*, 2000, 30(3/4): 439-456.
- [33] Oommen M A, Shanker K. Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in Himalayan woody plants. *Ecology*, 2005, 86: 3039-3047.
- [34] Sang W G. Plant diversity patterns and their relationships with soil and climatic factors along an altitudinal gradient in the middle Tianshan Mountain area, Xinjiang, China. *Ecological Research*, 2009, 24(2): 303-314.
- [35] Odland A, Birks H J B. The altitudinal gradient of vascular plant richness in Aurland, western Norway. *Ecography*, 1999, 22(5): 548-566.
- [36] Ricklefs R. E. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*, 2004, 7(1): 1-15.

- [37] Tilman D. Resource Competition and Community Structure. Princeton: Princeton University Press, 1982.

参考文献:

- [1] 张新时. 研究全球变化的植被——气候分类系统. 第四纪研究, 1993, (2): 157-169.
- [2] 周广胜, 王玉辉. 全球变化与气候——植被分类研究和展望. 科学通报, 1999, 44(24): 2587-2593.
- [6] 唐志尧, 方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 2004, 12(1): 20-28.
- [10] 沈泽昊, 方精云, 刘增力, 伍杰. 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析. 植物生态学报, 2001, 25(6): 721-732.
- [11] 冯建孟, 王襄平, 徐成东, 杨元合, 方精云. 玉龙雪山植物物种多样性和群落结构沿海拔梯度的分布格局. 山地学报, 2006, 24(1): 110-116.
- [12] 朱源, 康慕谊, 江源, 刘全儒. 贺兰山木本植物群落物种多样性的海拔格局. 植物生态学报, 2008, 32(3): 574-581.
- [13] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- [14] 刘兴良, 史作民, 杨冬生, 刘世荣, 杨玉坡, 马钦彦. 山地植物群落生物多样性与生物生产力海拔梯度变化研究进展. 世界林业研究, 2005, 18(4): 27-34.
- [15] 方精云, 沈泽昊, 崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容. 生物多样性, 2004, 12(1): 10-19.
- [16] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 陈灵芝. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [17] 郝占庆, 于德永, 杨晓明, 丁之慧. 长白山北坡植物群落 α 多样性及其随海拔梯度的变化. 应用生态学报, 2002, 13(7): 786-789.
- [18] 王国宏. 祁连山北坡中段植物群落多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 2002, 10(1): 7-14.
- [19] 张学超, 王彩荣. 伊犁河谷生态农业的发展思路与对策. 农业科技管理, 2009, 28(2): 74-75, 78.
- [20] 刘兴诗, 林培钧, 钟骏平. 伊犁野果林生境分析和发生探讨. 干旱区研究, 1993, 10(3): 28-30.
- [21] 张文辉, 卢涛, 马克明, 周建云, 刘世梁. 岷江上游干旱河谷植物群落分布的环境与空间因素分析. 生态学报, 2004, 24(3): 552-559.
- [22] 宋会兴, 苏智先, 彭远英. 山地土壤肥力与植物群落次生演替关系研究. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1531-1533.
- [23] 游秀花, 蒋尔可. 不同森林类型土壤化学性质的比较研究. 江西农业大学学报, 2005, 27(3): 357-360.
- [24] 张新时. 伊犁野果林的生态地理特征和群落学问题. 植物学报, 1973, 15(2): 239-253.
- [25] 徐远杰, 杨玉海, 陈亚宁, 陈亚鹏. 伊犁河流域植被垂直分布格局的初步研究. 新疆农业科学, 2008, 45(Z3): 21-24.
- [26] 顾鹤寿. 伊犁逆温层的植物资源. 植物资源与环境, 1993, 2(2): 12-15.
- [27] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983.
- [29] 张军民. 伊犁河流域土壤发育规律研究. 石河子大学学报: 自然科学版, 2005, 23(5): 583-586.
- [30] 杨玉海, 陈亚宁, 陈亚鹏, 李卫红, 徐远杰, 孙慧兰. 伊犁河流域土壤分布规律及其对土地开发的意义. 新疆农业科学, 2008, 45(S3): 25-28.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat	MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)
Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique	SUN Caizhi, YANG Lei (1016)
Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing	HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)
The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy	GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)
Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes	SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)
Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors	TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)
Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains	TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)
Response of tree-ring width of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> to climate change in Hulunbuir sand land, China	SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)
Analysis of a dust case using lidar in Shanghai	MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)
Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses	TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)
Phenotypic traits of both larvae and juvenile <i>Crasstrea hongkongensis</i> and <i>C. gigas</i>	ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)
Inter-specific competition between <i>Prorocentrum donghaiense</i> and <i>Skeletonema costatum</i>	LI Hui, WANG Jiangtao (1115)
Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species	WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)
On the ecological amplitude of nitrate of <i>Alexandrium tamarense</i> at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures	WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)
Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary <i>Pinus tabulaeformis</i> on precipitation in the Qinling Mountains, China	CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)
The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern	TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguai (1151)
Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant <i>Tetraena mongolica</i> Maxim. and the closely related <i>Zygophyllum xanthoxylon</i> (Bunge) Maxim.	SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)
Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress	SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)
The effects of the addition of <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (<i>Citrullus lanatus</i>) site in China	XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)
Suitable habitat for the <i>Achnatherum splendens</i> community in typical steppe region of Inner Mongolia	ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)
Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district	GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)
Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau	LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)
Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt	ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)
The evaluation system of strength of winteriness in wheat	WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)
A comparison of summer habitats selected by sympatric <i>Apodemus chevrieri</i> and <i>Apodemus draco</i> in Tiangjiahe Nature Reserve, China	LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)
Life tables for experimental populations of <i>Frankliniella occidentalis</i> on 6 vegetable host plants	CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)
Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach	ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)
Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing	XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)
Seasonal characteristics of CO ₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China	SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)
Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County	WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)
Review and Monograph	
Recent advances in wetland degradation research	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)
A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis	YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)
Discussion	
The diversity of the radio-resistant bacteria <i>Deinococcus radiodurans</i>	TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)
Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of <i>Caragana korshinskii</i>	YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)
Scientific Note	
Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain	LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)
Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild <i>Cryptotaenia japonica</i>	YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 4 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元