

## 浙江省鼠茅植物群落物种多样性研究

黄旭波, 秦玉川, 王丽玲, 王衍彬, 方茹, 杨少宗, 童晓青, 刘本同

(浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 采用样方调查法对浙江省鼠茅 *Vulpia myuros* 天然群落的植物组成、群落结构和物种多样性特征进行调查分析, 同时测定了土壤养分指标, 结合各样地的气候因子和空间数据, 探讨植物群落多样性及其对生态因子的响应, 阐明影响鼠茅群落多样性的主要影响因素。结果显示: (1) 浙江地区的鼠茅群落组成中, 共出现了 72 种植物, 其中灌木植物有 4 种, 草本植物有 68 种 (一年生草本 22 种、多年生草本 46 种), 隶属 67 属 31 科。构成群落的多数种主要集中在菊科 Asteraceae、禾本科 Gramineae、车前科 Plantaginaceae、牻牛儿苗科 Geraniaceae 4 科。浙江省鼠茅自然群落的组成种类较丰富, 但种的分布不均匀, 各鼠茅立地群落物种组成以多年生草本为主, 一年生草本为辅, 木本植物稀少。受鼠茅生长特性, 尤其是其对光照需求强烈的影响, 鼠茅常占据着群落的上层空间, 群落形态结构简单。(2) 鼠茅群落物种多样性与海拔呈显著正相关, 而与经度、纬度等相关性不显著。(3) 冗余分析 (RDA) 表明, 鼠茅群落的多样性受土壤因子、水热因子和空间格局的变化影响较大。土壤因素是影响鼠茅群落物种多样性的主要因素, 其中土壤水解性氮含量与鼠茅群落物种多样性具有显著相关性, 其解释量为 15.7%, 其次为土壤速效钾含量, 其解释量为 15.6%, 水热因子对多样性的解释量为 14.7%。本研究结果揭示了鼠茅群落多样性水平和空间分布现状, 可以为浙江省鼠茅的合理保护与科学利用提供理论依据。

**关键词:** 鼠茅群落; 多样性; 水热; 土壤养分; 浙江

中图分类号: S688.4; S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776 (2023) 01-0045-08

## Species Diversity in *Vulpia myuros* Communities in Zhejiang Province

HUANG Xu-bo, QIN Yu-chuan, WANG Li-ling, WANG Yan-bin, FANG Ru, YANG Shao-zong, TONG Xiao-qing, LIU Ben-tong

(Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** In May and June 2019, 30 natural representative *Vulpia myuros* communities were selected in Zhejiang province, 3 quadrats were established in 26 communities. Investigations were made on species diversity, plant composition, community structure and species diversity, as well as on soil nutrient index in quadrats. The results showed that there were 72 species of plant in *V. myuros* communities, including 4 species of shrub, 22 species of annual herbs and 46 species of perennial herbs, belonging to 67 genera and 31 families, dominated by Asteraceae, Gramineae, Plantaginaceae and Geraniaceae. *V. myuros* communities were rich in species, but the distribution of species was not even. Due to the growth characteristics, especially strong demand for light, *V. myuros* usually occupies the upper space of the community, and the community structure is simple. Species diversity had positive relation with altitude. Redundancy analysis demonstrated that the diversity of *V. myuros* community was greatly affected by soil factors, hydrothermal factors and spatial pattern. Among them, the soil factors were the main factors, especially hydrolyzed available nitrogen content occupied 15.7%, followed by soil available potassium of 15.6%, and hydrothermal factors accounted for 14.7%.

**Key words:** *Vulpia myuros* community; diversity; hydrothermal conditions; soil nutrients; Zhejiang

收稿日期: 2022-06-08; 修回日期: 2022-11-02

基金项目: 浙江省省属科研院所扶持专项 (2020F1065-2、2017F50003)

作者简介: 黄旭波, 助理研究员, 从事森林生态与资源植物开发研究; E-mail: 42243901@QQ.com。通信作者: 刘本同, 高级工程师, 从事森林培育与资源植物开发研究; E-mail: lbtctt@126.com。

物种多样性既体现了物种资源丰富程度,又是生物多样性在物种层次上的表现形式<sup>[1]</sup>。植物群落多样性不仅与纬度<sup>[2]</sup>、海拔、水热<sup>[3]</sup>、土壤<sup>[4]</sup>和地形<sup>[5-6]</sup>等地理因素密切相关,同时也受人类社会活动的影响<sup>[7-8]</sup>。可变性的气候是物种多样性的主要影响因子<sup>[9-10]</sup>,而在气候要素中降水模式和气温变化的影响最大<sup>[11-12]</sup>。植物群落的多样性是该区域植物群落生态环境、群落结构和功能复杂性、植物资源丰富度的重要指标,是植物群落的生境差异、结构类型、组织水平、发展阶段和稳定程度的重要体现<sup>[13-14]</sup>,其研究倍受国内外学者的关注,对物种多样性发生和维持机制的理论探讨和实践验证仍将是今后对物种多样性研究的重点<sup>[15]</sup>。

生草栽培是现代农业生态管理的重要技术措施之一。通过在香榧 *Torreya grandis* ‘Merrillii’、油茶 *Camellia oleifera* 等经济林下的鼠茅 *Vulpia myuros* 栽培实践,充分证明了鼠茅具有适应性广、抗干旱耐瘠薄能力强、自然倒伏、促进主栽植物健康生长等诸多优势,对保墒增肥、固水保土、农业三减、保护环境与推动可持续发展起着重要作用。虽然鼠茅是中国本土植物,但长期以来国内商业化的鼠茅均为日本引进,国内对鼠茅的研究较少,并多集中在栽培技术与土壤改良方面,对鼠茅群落物种多样性缺乏相关的研究。群落结构是群落的基本特征,决定群落的发展动态<sup>[16]</sup>,而群落特征代表着物种的生境需求与生态关系<sup>[17]</sup>、生物(动物、植物、微生物)与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程。本文通过对浙江省内鼠茅群落特征与多样性研究,掌握鼠茅的群落特性与生存现状,对营建适宜鼠茅生长环境,探索经济林生态培育与绿色管护技术具有理论与实践意义。

鼠茅是目前浙江省经济林下大力推广的绿肥及人工生草物种,在经济林生态栽培方面起着重要作用,但对于其群落和物种多样性的研究明显不足<sup>[18]</sup>。目前,有关鼠茅的研究主要集中在栽培技术方面,缺乏在宏观尺度下对鼠茅群落多样性影响因素的定量分析以及遗传多样性分析。为此,本文选择了浙江省内鼠茅植物分布的重点地区,在实地调查的基础上对其群落结构、物种组成、区系特点、地理因素等进行了研究,并进一步探讨了浙江地区鼠茅自然生态群落特征,揭示其群落多样性水平和空间分布现状,以期合理保护与科学利用鼠茅种质资源提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区自然概况

浙江省(118°01' ~ 123°10' E, 27°02' ~ 31°11' N)地处我国东部沿海,最高峰黄茅尖海拔为1 929.0 m,陆域总面积为 $1.055 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,属亚热带季风气候,土壤质地主要为壤土和砂壤土,年平均气温为15 ~ 18 °C,1月、7月分别为全年气温最低和最高的月份,极端高温为33 ~ 43 °C,极端低温为-17.4 ~ -2.2 °C;全省年平均降水量在1 100 ~ 2 000 mm,5—6月为集中降雨期;年平均日照时数为1 710 ~ 2 100 h。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 采样 于2019年5月14日—6月4日

进行植被调查。在浙江全省范围内选择30个具有代表性的鼠茅群落样点,每两个样点之间的距离在60 ~ 80 km,实际调查到26个具有代表性的鼠茅群落样地(图1)。使用GPS(global position system)记录每个样地的纬度、经度和海拔地理信息(表1)。在每个样点选取有代表性的3个样方,每两个样方的间距大于5 m,每个样方大小为1.0 m × 1.0 m,记录样方内所有植物的种类、数量、平均高度、盖度及物候特征,并记载各个样点的地形

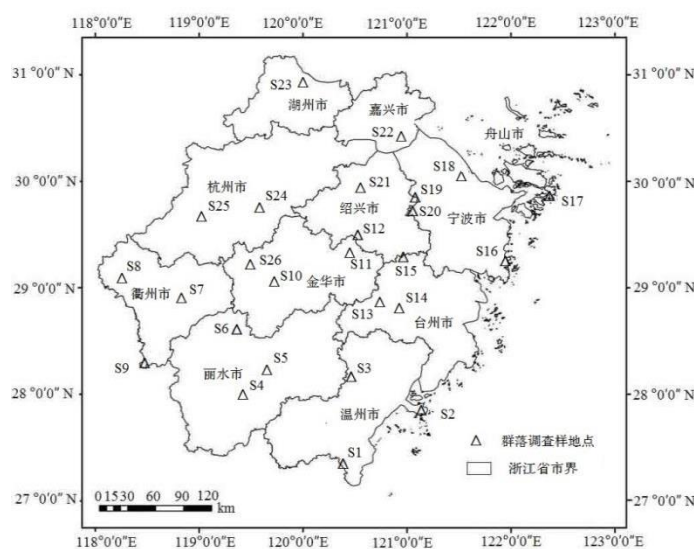


图1 调查样地分布

Fig. 1 Distribution of sample plots

地貌、光照条件、土壤水分条件和土壤类型等环境因素。在每个样方采集 20 cm 以上土层的土壤样本, 重复 3 次。将同一样地土样混匀后用于土壤理化性质测定。

表 1 各观测样点概况  
Tab.1 Information of sample plots

样地编号	经纬度	海拔/m	优势种	样地编号	经纬度	海拔/m	优势种
S1	120°23'26"E, 27°20'22"N	238	一年蓬	S14	120°55'20"E, 28°48'34"N	1 378	鼠茅
S2	121°08'25"E, 27°50'30"N	16	鼠茅	S15	120°58'24"E, 29°17'07"N	695	一年蓬
S3	120°28'35"E, 28°09'57"N	11	鼠茅	S16	121°57'03"E, 29°15'02"N	20	一年蓬
S4	119°26'15"E, 28°01'217"N	1 480	鼠茅	S17	122°22'32"E, 29°52'03"N	22	狗牙根
S5	119°39'26"E, 28°13'35"N	134	鼠茅	S18	121°31'57"E, 30°01'60"N	180	披碱草
S6	119°22'05"E, 28°36'49"N	205	鼠茅	S19	121°05'03"E, 29°50'50"N	427	鼠茅
S7	118°50'42"E, 28°54'57"N	84	鼠茅	S20	121°04'14"E, 29°43'16"N	813	鼠茅
S8	118°16'60"E, 29°06'12"N	137	鼠茅	S21	120°33'44"E, 29°55'02"N	40	旱芹
S9	118°28'53"E, 28°17'45"N	314	鼠茅	S22	120°56'15"E, 30°25'53"N	29	鼠茅
S10	119°45'26"E, 29°03'22"N	63	一年蓬	S23	120°01'08"E, 30°57'18"N	219	鼠茅
S11	120°28'37"E, 29°20'26"N	189	鼠茅	S24	119°34'38"E, 29°45'23"N	720	鼠茅
S12	120°31'53"E, 29°29'56"N	650	鼠茅	S25	119°02'42"E, 29°41'01"N	152	鼠茅
S13	120°45'05"E, 28°51'39"N	66	一年蓬	S26	119°30'58"E, 29°13'00"N	90	苍耳

注: 一年蓬 *Erigeron annuus*、狗牙根 *Cynodondactylon*、披碱草 *Elymusdahuricus*、旱芹 *Apiumgraveolens*、苍耳 *Xanthium sibiricum*。

1.2.2 测定方法 植被数据测量方法: 物种丰富度采用计数法, 植物高度采用自然高度法, 盖度采用针刺法。

土壤理化性状测试方法: pH 采用电位法测定, 参照标准 NY/T1377—2007; 有机质( soil organic matter content, SOC ) 含量利用  $K_2CrO_7$  容量法进行测量, 参照标准 NY/T1121.6—2006; 土壤全磷含量( total phosphorus, TP )、有效磷含量( soil available phosphorus, SAP ) 用钼锑抗比色法( UV-1600 紫外可见分光光度计, 上海美普达仪器有限公司 ) 测定, 参照标准 NY/T1121.7—2014; 土壤氮含量( 全氮 total nitrogen, TN; 水解性氮 soil hydrolytic nitrogen, SHN ) 利用凯氏定氮法( Kjeldahl method ) 测定, 参照标准 IY/T1228—2015; 土壤钾含量( 全钾 total potassium, TPT; 速效钾 soil available potassium, SAK ) 使用原子吸收火焰光度法测定, 参照标准 LY/T1234—2015。

1.2.3 气象数据获取方法 本研究气候数据来源于世界气候数据网站( [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) ), 包括年均温度( mean annual temperature, MAT )、最高温度、最低温度、生长季最高温度、生长季最低温度、年均降水量( mean annual precipitation, MAP )、冷季均温( Mean Temperature of Coldest Quarter, MTCQ )、生长季月均降水量( average monthly precipitation of growing season, GSP ) 和干旱期月均降水量( Precipitation of Driest Quarter, PDQ )。

1.3 数据处理与统计

重要值计算公式: 重要值 = ( 相对高度+相对频度+相对盖度 ) /3;

Shannon-Wiener 指数(  $H'$  ):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Simpson 多样性指数(  $J$  ):

$$J = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Pielou 均匀度指数(  $Y$  ) :  $Y = H' / \ln S$

式中,  $S$  为样方中出现的物种总数;  $P_i$  为第  $i$  种的相对重要值。

基本数据( 如计算平均值、标准偏差、数据记录等 ) 采用 Excel 2016 进行整理统计; 利用 SPSS 22.0 进行

Pearson 相关性分析; 利用物种多样性与环境变量(水热因子和土壤因子)做冗余分析(redundancy analysis, RDA), 并通过方差分析探讨水热和土壤两组变量对鼠茅群落生产力和多样性独立解释率以及共同解释率, 采用蒙特卡洛检验筛选生态因子; 使用 Origin 2020 作图。

2 结果与分析

2.1 浙江鼠茅群落多样性的基本特点

调查结果表明, 浙江地区的鼠茅群落组成中共出现了 72 种植物, 其中灌木植物有 4 种, 草本植物有 68 种(一年生草本 22 种、多年生草本 46 种), 隶属 67 属 31 科。构成群落的多数种主要集中在菊科 Asteraceae、禾本科 Gramineae、车前科 Plantaginaceae、牻牛儿苗科 Geraniaceae。相对而言, 这 4 个科的物种大多对干旱等不良土壤生态环境具有较强的适应能力。浙江省鼠茅自然群落的组成种类较丰富, 但种的分布不均匀, 根据样地调查结果, 鼠茅群落中以一年蓬、披碱草、狗牙根、苦苣菜 *Ixeris polycephala*、车前 *Plantago asiatica*、野老鹳草 *Geranium carolinianum* 等为常见伴生种, 各鼠茅立地群落物种组成以多年生草本为主, 一年生草本为辅, 木本植物稀少。受鼠茅生长特性, 尤其是其对光照需求强烈的影响, 鼠茅常占据着群落的上层空间, 群落形态结构简单。受立地因子及群落内部多年生草本生长竞争的影响, 群落物种的种类和数量会有较大的年度差异。

在分布于浙江 26 个样地的鼠茅群落中, 以位于台州的 S15 群落物种多样性最高, 其物种丰富度最高, 为 12, Shannon-Wiener 多样性指数最大, 为 0.87, 同时该群落的 Simpson 优势度指数最大, 为 2.27; 而位于嘉兴的 S22 群落物种多样性最低, 其 Simpson 优势度指数较低, 仅为 0.93, 物种丰富度也较低, 仅为 4.00(表 2)。

表 2 浙江鼠茅群落多样性的整体分布  
Tab.2 Distribution of diversity in *V. myuros* communities in Zhejiang

样地编号	<i>H'</i>	<i>J</i>	<i>Y</i>	<i>S</i>	样地编号	<i>H'</i>	<i>J</i>	<i>Y</i>	<i>S</i>
S1	0.87±0.01	1.86±0.66	0.78±0.15	11.00±4.24	S14	0.77±0.01	1.76±0.13	0.88±0.02	7.50±0.71
S2	0.71±0.04	1.43±0.15	0.83±0.07	5.67±1.15	S15	0.87±0.05	2.27±0.33	0.92±0.05	12.00±2.83
S3	0.79±0.06	1.79±0.11	0.86±0.10	8.00±2.24	S16	0.81±0.11	1.92±0.58	0.89±0.07	9.00±4.24
S4	0.76±0.03	1.74±0.04	0.78±0.12	9.50±3.54	S17	0.66±0.04	1.35±0.32	0.79±0.04	6.00±2.83
S5	0.60±0.10	1.29±0.28	0.73±0.08	6.00±1.73	S18	0.64±0.04	1.14±0.27	0.82±0.13	4.00±0.68
S6	0.64±0.03	1.34±0.34	0.75±0.06	6.00±1.86	S19	0.70±0.01	1.92±0.58	0.95±0.24	7.50±0.71
S7	0.69±0.06	1.37±0.30	0.83±0.02	5.50±2.12	S20	0.76±0.08	1.72±0.36	0.81±0.07	8.50±2.12
S8	0.70±0.05	1.55±0.13	0.77±0.04	7.67±1.15	S21	0.85±0.04	2.09±0.18	0.91±0.15	10.00±1.12
S9	0.66±0.05	1.49±0.19	0.73±0.01	7.33±2.31	S22	0.50±0.02	0.93±0.03	0.67±0.02	4.00±0.00
S10	0.76±0.07	1.76±0.29	0.71±0.07	12.00±2.42	S23	0.65±0.15	1.37±0.28	0.77±0.15	6.00±0.00
S11	0.76±0.02	1.75±0.41	0.95±0.10	6.33±1.53	S24	0.77±0.07	1.66±0.33	0.85±0.09	7.00±2.06
S12	0.75±0.08	1.59±0.19	0.86±0.15	6.50±0.71	S25	0.51±0.14	1.14±0.46	0.61±0.03	7.00±4.24
S13	0.79±0.02	1.80±0.12	0.84±0.02	8.50±0.71	S26	0.81±0.06	1.79±0.31	0.89±0.02	7.50±2.12

浙江省鼠茅群落指数与空间分布的相关关系见图 2。从图 2 中可以看出, 浙江省鼠茅群落的 Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数、物种丰富度指数与海拔均呈正相关, Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson 多样性指数、物种丰富度指数与纬度呈负相关, Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数与经度均呈正相关, Shannon-Weiner 多样性指数和 Pielou 均匀度指数与海拔呈显著正相关, 其他相关性均不显著。

2.2 浙江鼠茅群落多样性与生态因子的关系

浙江省鼠茅群落各调查样地土壤特征如表 3。由表 3 可知, S14 土壤全氮、水解性氮和有机质含量最高, S16 土壤全磷含量最高, S2 土壤有效磷含量最高, S25 土壤全钾含量最高。通过 Pearson 相关分析可知(表 4), 浙江鼠茅群落 Shannon-Weiner 多样性指数与纬度、土壤全钾含量、全磷含量呈负相关, 与经度、土壤 pH 值、全氮含量、速效钾含量、有机质含量、有效磷含量呈正相关, 与海拔和土壤水解性氮含量呈显著正相关( $P < 0.05$ )。

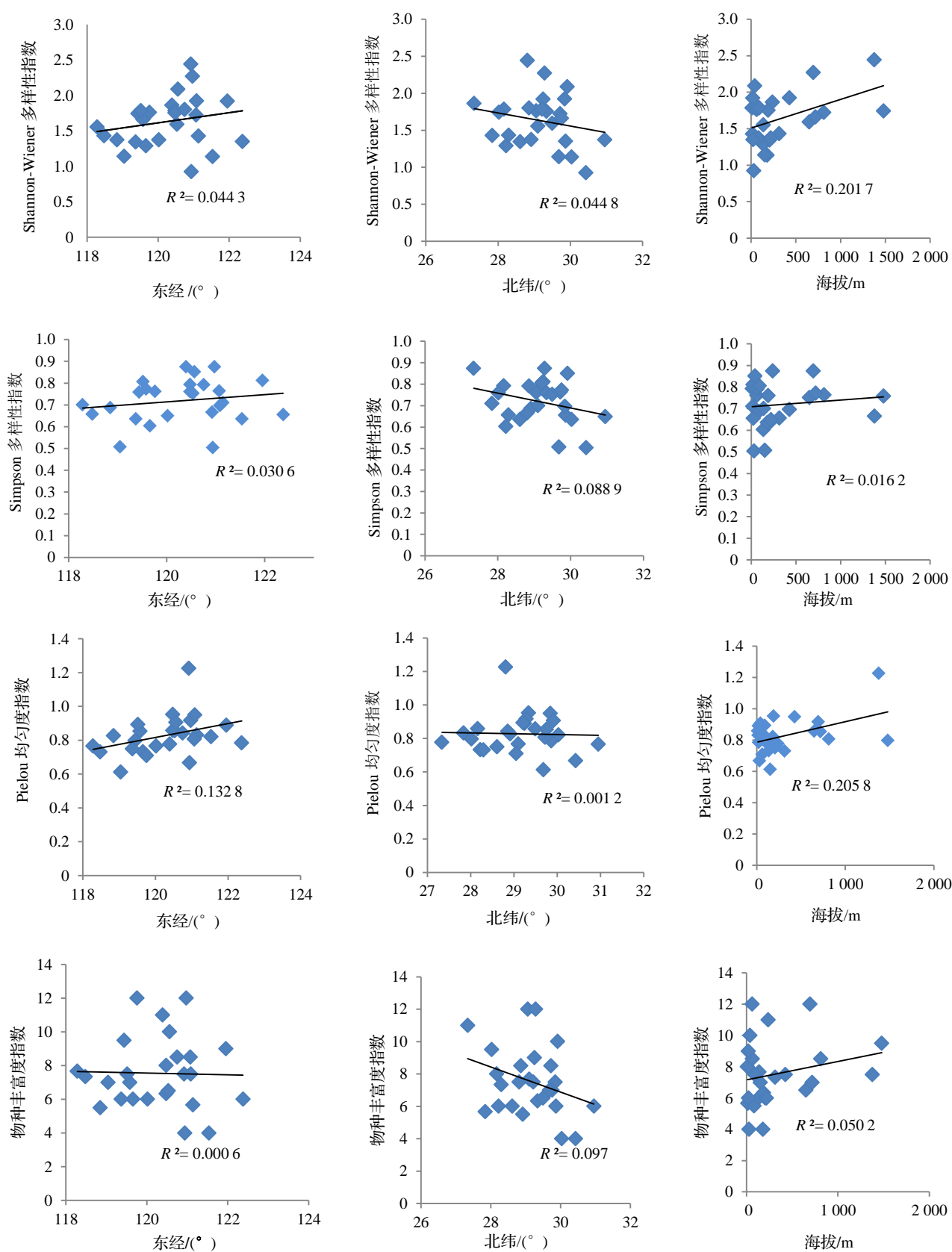


图2 浙江省鼠茅群落 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数和物种丰富度的相关性

Fig. 2 Correlation of Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index, Pielou evenness index and species richness in *V. myuros* communities in Zhejiang

Pielou 均匀度指数与纬度、土壤 pH 值、全钾含量呈负相关，与经度、土壤全磷含量、速效钾含量、有效磷含量呈正相关，与海拔、土壤全氮含量、水解性氮含量和有机质含量呈显著正相关性 ( $P < 0.05$ )；物种丰富度指数与纬度、经度、土壤全氮含量、全磷含量、有机质含量和有效磷含量呈负相关性，与海拔、土壤 pH 值、全钾含量、水解性氮含量呈正相关，与土壤速效钾含量呈显著正相关性（表 4）（ $P < 0.05$ ）。

表 3 鼠茅植物群落（1~20 cm）土壤特征  
Tab.3 Soil properties in the communities (0-20 cm) of *V. myuros*

样地编号	pH	TN/(g kg <sup>-1</sup> )	TPT/(g kg <sup>-1</sup> )	TP/(g kg <sup>-1</sup> )	SHN/(mg kg <sup>-1</sup> )	SAK/(mg kg <sup>-1</sup> )	SOC/(g kg <sup>-1</sup> )	SAP/(g kg <sup>-1</sup> )
S1	7.28	0.87	9.87	0.94	52.00	146.00	23.80	4.00
S2	7.54	1.86	5.99	1.26	104.00	129.00	33.10	18.30
S3	6.87	1.02	8.55	0.39	111.00	71.50	23.50	16.20
S4	7.14	1.40	12.40	0.57	71.60	117.00	28.20	7.86
S5	7.17	1.08	6.01	0.40	53.90	75.70	40.10	3.05
S6	7.84	0.26	3.68	1.92	20.10	26.20	8.08	0.64
S7	7.81	0.12	2.60	0.06	15.10	50.60	3.22	1.51
S8	7.89	0.83	8.07	0.52	62.00	46.90	29.10	4.94
S9	7.88	1.52	3.76	0.87	67.00	97.80	39.00	13.30
S10	7.05	0.53	7.43	0.27	28.90	117.00	14.10	3.72
S11	6.42	0.78	6.49	0.47	50.00	71.00	20.10	7.32
S12	5.56	1.53	6.28	0.45	95.80	98.40	27.20	12.40
S13	7.89	0.47	4.92	0.42	29.90	137.00	11.20	7.75
S14	6.14	4.89	4.01	1.14	287.00	95.00	107.00	18.20
S15	6.22	1.45	2.26	0.37	143.00	165.00	28.50	7.65
S16	6.38	1.76	2.86	0.69	121.00	64.80	45.40	12.20
S17	6.99	2.47	2.53	0.74	118.00	184.00	33.50	15.60
S18	6.92	1.54	5.26	0.65	85.00	94.80	55.60	8.30
S19	7.57	1.48	12.00	0.52	69.40	100.00	42.50	6.87
S20	6.19	0.91	7.80	0.78	65.90	128.00	17.50	8.40
S21	7.59	0.67	7.31	0.42	59.70	81.50	16.50	6.95
S22	5.29	2.18	8.10	0.64	99.40	70.10	35.50	15.00
S23	6.23	0.58	5.99	0.37	37.50	65.40	8.61	3.30
S24	6.24	0.81	14.50	0.35	45.40	61.00	15.10	2.88
S25	5.60	0.85	19.20	0.48	25.30	40.40	7.25	2.37
S26	6.72	2.77	10.30	0.48	136.00	143.00	54.10	10.80

表 4 浙江省鼠茅群落与生态因子的相关性分析  
Tab.4 Correlation analysis on *V. myuros* community diversity with ecological factors in Zhejiang

因子	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>H'</i>	<i>Y</i>	因子	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>H'</i>	<i>Y</i>
经度	-0.02	0.18	0.21	0.36	SOC	-0.12	-0.09	0.34	0.63**
纬度	-0.31	-0.30	-0.21	-0.03	TN	0.57**	-0.13	0.29	-0.14
海拔	0.22	0.13	0.45*	0.45*	TK	0.07	-0.13	-0.12	-0.28
年均温	-0.14	-0.06	-0.39	-0.43*	TP	-0.17	-0.18	-0.05	0.07
年降水量	0.29	0.16	0.35	0.23	SHN	0.03	0.09	0.50**	0.71**
生长季月均降水量	0.17	0.02	0.10	-0.01	SAK	0.40*	0.44*	0.34	0.18
干旱季月均降水量	0.09	0.04	0.26	0.32	SAP	-0.16	0.01	0.16	0.39
冷季均温	-0.05	0.07	-0.26	-0.32	pH	0.13	0.21	0.06	-0.04

注：\*\*表示在 0.01 水平（双侧）极显著相关；\*表示在 0.05 水平（双侧）显著相关。

2.3 浙江鼠茅群落多样性与生态因子综合分析

浙江省鼠茅生态因子与物种多样性 RDA 排序如图 3 所示。图中前 2 轴的变异解释量分别为 64.22%和 1.24%，两者累计解释了样区 65.5%的总变异，表明生态因子是影响物种多样性的主要因素。Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数与海拔、干旱期月均降水量、年均降水量、土壤水解性氮含量、速效钾含量呈正相关关系，与年均温、冷季均温呈负相关关系；物种多样性指数与生长期月均降水量、土壤 pH 呈正相关，与土壤全磷含量、速效磷含量、全氮含量呈负相关；Pielou 均匀度指数和物种多样性指数都与土壤速效钾含量关系较为紧密，两者均呈正相关。由图 3 可知，土壤全磷含量与第一排序轴相关性最显著（ $r = -0.50$ ），是影响鼠茅群落植物多样性的正向主要影响因子，自然生长鼠茅样地的土壤肥力低、养分匮乏，植物群落物种的多样性受到了抑制，但各林地中土壤氮含量相对较为丰富，土壤全磷含量相对较高，且两者变化

幅度平稳, 这又促进了群落植物的生长; 与土壤速效钾含量、生长期月均降水量相关性次之 ( $r$  分别为 0.30、0.27), 土壤速效钾含量和生长期月均降水量是鼠茅群落植物多样性的逆向次要影响因子, 其反映了氮、磷元素是植物本身的需求, 植物对其具有持留能力, 这表明磷和氮是影响群落多样性的关键性元素。

通过蒙特卡罗检验, 结果表明鼠茅群落特征与土壤水解性氮含量 ( $F=6.8$ ,  $P=0.01$ ) 呈显著相关关系, 但与土壤速效钾含量 ( $F=4.5$ ,  $P=0.06$ )、土壤速效磷含量 ( $F=3.6$ ,  $P=0.06$ )、年均降水量 ( $F=3.3$ ,  $P=0.066$ )、生长期月均降水量 ( $F=0.9$ ,  $P=0.342$ )、土壤全氮含量 ( $F=0.5$ ,  $P=0.488$ )、土壤全钾含量 ( $F=3.0$ ,  $P=0.092$ )、干早期月均降水量 ( $F=0.4$ ,  $P=0.562$ )、pH ( $F=0.1$ ,  $P=0.766$ )、年均温 ( $F=0.2$ ,  $P=0.75$ )、冷季均温 ( $F=0.5$ ,  $P=0.452$ )、土壤有机碳含量 ( $F<0.1$ ,  $P=0.966$ )、土壤全磷含量 ( $F<0.1$ ,  $P=0.982$ )、海拔 ( $F<0.1$ ,  $P=0.984$ ) 关系不显著。

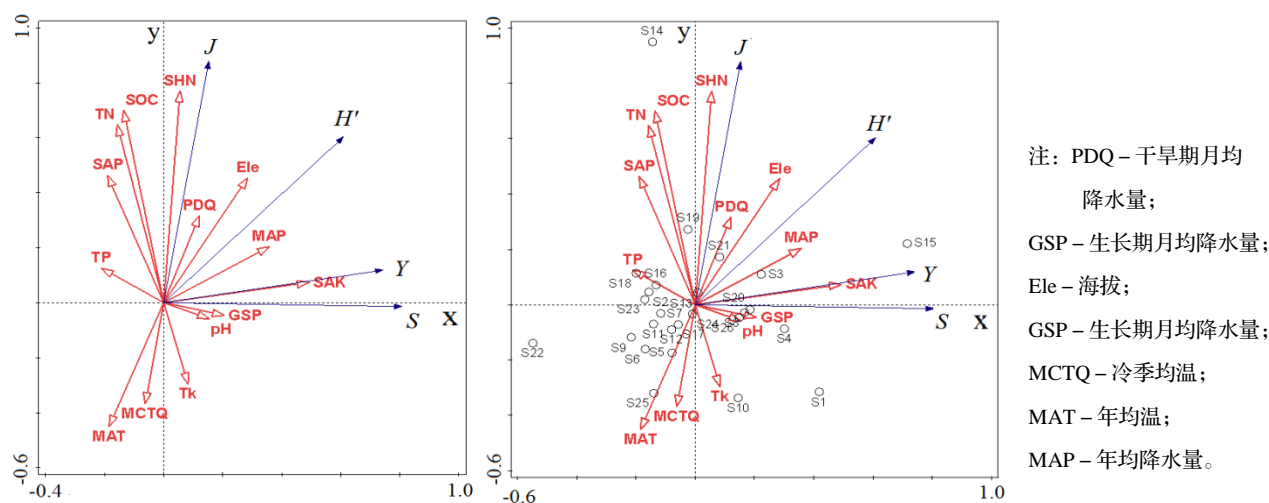


图 3 浙江鼠茅群落与生态因子的 RDA 分析

Fig. 3 Redundancy analysis on *V. myuros* community diversities and ecological factors in Zhejiang

### 3 讨论

植物群落中科、属、种的分布和组成不仅能体现群落特征<sup>[19]</sup>, 亦是植物群落对各种生境因素综合反映的外部表现。植物群落物种多样性可以优化生态系统的各种功能并为生态的平衡保持服务<sup>[20-21]</sup>。近年来, 随着气候变暖和人为破坏, 部分生态系统退化严重, 有研究表明, 在水热、土壤和空间格局等<sup>[22]</sup>影响物种多样性的主要因素中, 土热因素变化较为明显, 随着全球温室效应的发展, 热量分布逐渐向低纬度地区偏移, 因此很多物种的群落分布也正在发生缓慢的变化。本研究调查发现原适应于寒冷地带生长的鼠茅在低纬度、低海拔地区生长适应性良好, 在浙江省内各个区域均有野生鼠茅群落存在。随着环境因子的变化, 鼠茅的群落结构也发生了相应的变化, 如随着水分上升的梯度, 鼠茅多样性亦呈上升趋势, 这表明水分是影响鼠茅群落多样性的一个重要因子。其次土壤养分的变化与鼠茅的群落分布、格局息息相关, 鼠茅的群落物种多样性也受多种土壤因子的影响, 其中水解性氮对群落多样性的影响最为显著 ( $P=0.01$ ), 水解性氮含量是氨态氮、硝态氮、氨基酸、酰胺以及易水解蛋白质含量的总和, 与土壤全氮含量相比更能反映土壤近期氮素的供应状况<sup>[23]</sup>, 这表明在鼠茅群落物种多样性中氮肥是一个关键影响因素。RDA 排序分析发现, 土壤因子对物种多样性的解释程度高于水热因子, 从 Shannon-Wiener 多样性指数与水热因子显著相关也可以看出, 其中水分因子 (GSP、PDQ、MAP) 对多样性起正效应, 热量因子 (MAT、MCTQ) 起负效应。虽然年降水量与物种多样性呈正相关关系, 但对多样性的解释率并不高 (9.6%), 不同时期的降水对群落多样性解释程度存在差异, 本研究发现生长季月均降水量和干旱季月均降水量会对鼠茅群落物种多样性产生影响, 但影响不显著。

海拔梯度涵盖了温度、湿度及太阳辐射等环境因素的综合影响, 对物种多样性的垂直分布格局具有重要作用<sup>[10]</sup>。浙江全省境内山地较多, 因此海拔因素也是影响鼠茅群落物种多样性的一个重要因子。海拔梯度对群落

多样性的影响通常遵循单峰模型,即在低海拔区域及高海拔区域多样性较低,而中海拔地区多样性较高<sup>[24]</sup>,本研究中样地的海拔在 11~1 480 m,研究发现在此海拔范围内鼠茅群落多样性随海拔的增加而增加。本研究发现纬度对鼠茅群落的多样性影响不大,由于纬度的升高主要影响热量因子年均温等,说明热量因素对鼠茅群落的影响不大,这也解释了冷季草鼠茅在浙江省各区域都有生长的原因。

## 4 结论

浙江地区的鼠茅群落组成中共出现了 72 种植物,其中灌木植物 4 种、一年生草本 22 种、多年生草本 46 种,隶属 67 属 31 科。构成群落的多数种主要集中在菊科、禾本科、车前科和牻牛儿苗科 4 科。浙江省鼠茅自然群落的组成种类较丰富,但种的分布不均匀,各鼠茅立地群落物种组成由多年生草本为主,一年生草本为辅,木本植物稀少,鼠茅常占据着群落的上层空间,群落形态结构简单。受立地因子及群落内部多年生草本生长竞争的影响,群落物种种类和数量方面会有较大的年度差异。

浙江全省鼠茅群落物种多样性与海拔和土壤水解性氮含量呈显著正相关,而与经度、纬度相关性不显著。土壤因素是影响鼠茅群落物种多样性的主要因素,其中土壤水解氮含量与鼠茅群落物种多样性具有显著相关性,其解释量为 15.7%,其次为土壤速效钾含量和水热因子,其解释量分别为 15.6% 和 4.7%。

综上所述,鼠茅群落的多样性受土壤因子、水热因子和空间格局的变化影响较大,其中土壤因子的作用更为突出,因此对于鼠茅作为经济林生态栽培模式或者绿肥资源推广时首先要考虑土壤因子的影响,营造良好稳定的土壤生态环境以促进其健康生长。

## 参考文献:

- [1] IGNATIADIS L. Taxonomic diversity, size-functional diversity, and species dominance interrelations in phytoplankton communities: a critical analysis of data interpretation[J]. *Marine Biodivers.*, 2020, 50 (4): 581–589.
- [2] LAWRENCE E R, FRASER D J. Latitudinal biodiversity gradients at three levels: Linking species richness, population richness and genetic diversity[J]. *Global Ecol Biogeogr.*, 2020, 22 (1): 1–19.
- [3] 袁素芬, 唐海萍, 张宏锋. 短命植物层群落年内变化与水热条件的关系[J]. *干旱区研究*, 2015, 38 (5): 941–946.
- [4] 刘忠宽, 汪诗平, 陈佐忠, 等. 不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征[J]. *生态学报*, 2006, 26 (6): 2048–2056.
- [5] 徐耀粘, 刘检明, 刘梦婷, 等. 林冠结构和地形对亚热带常绿阔叶林下幼苗物种多样性和功能多样性的影响[J]. *植物科学学报*, 2020, 38 (6): 733–742.
- [6] SOCOLAR J B, GILROY J J, KUNIN W E, et al. How should beta-diversity inform biodiversity conservation[J]. *Trend Ecol Evolut.*, 2016, 31 (1): 67–80.
- [7] PANDEY H-P. Implications of anthropogenic disturbances for species diversity recruitment and carbon density in the mid-hills forests of nepal[J]. *J Resour Ecol.*, 2021, 12 (1): 3–12.
- [8] ZU K L, LUO A, SHRESTHA N, et al. Altitudinal biodiversity patterns of seed plants along Gongga Mountain in the southeastern Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Ecol Evolut.*, 2019, 17 (9): 9586–9596.
- [9] 冯建孟. 中国种子植物物种多样性的大尺度分布格局及其气候解释[J]. *生物多样性*, 2008, 16 (5): 471–476.
- [10] 赵鹏, 陈桃, 王茜, 等. 气候变化和人类活动对新疆草地生态系统 NPP 影响的定量分析[J]. *中国科学院大学学报*, 2020, 37 (1): 51–62.
- [11] 邓强, 刘迪, 时新荣, 等. 黄土高原刺槐人工林林下植物多样性对模拟降水变化的响应[J]. *水土保持研究*, 2021, 28 (1): 1–10.
- [12] 吴建国, 吕佳佳, 艾丽. 气候变化对生物多样性的影响: 脆弱性和适应[J]. *生态环境学报*, 2009, 18 (2): 693–703.
- [13] 王烁鑫, 韩海荣, 程小琴, 等. 辽河源自然保护区油松群落结构及物种多样性[J]. *生态学杂志*, 2016, 35 (2): 314–320.
- [14] 蔡国军, 杨磊, 柴春山, 等. 半干旱黄土丘陵区不同土地利用类型植物物种多样性研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2020, 40 (1): 95–104.
- [15] ZENG X Q, WALTER D, MARKUS F. Species-specific effects of genetic diversity and species diversity of experimental communities on early tree performance[J]. *J Plant Ecol.*, 2017, 10 (1): 252–258.
- [16] 李俊清. 森林生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 312–349.
- [17] 臧润国, 董鸣, 李俊清, 等. 典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究[J]. *生态学报*, 2016, 36 (22): 7130–7135.
- [18] 何庆海, 方茹, 黄旭波, 等. 绿肥鼠茅自然群落物种多样性及其与环境因子间的关系[J]. *浙江农业学报*, 2019, 31 (5): 806–815.
- [19] 何芳兰, 刘世增, 李昌龙, 等. 甘肃河西戈壁植物群落组成特征及其多样性研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2016, 30 (4): 74–78.
- [20] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 110–120.
- [21] Crawford K M, Rudgers J A. Plant species diversity and genetic diversity within a dominant species interactively affect plant community biomass[J]. *J Ecol.*, 2012, 100 (6): 1512–1521.
- [22] 刘万弟, 李小伟, 黄文广, 等. 宁夏草原针茅属植物群落物种多样性和生产力格局及影响因素研究[J]. *草业学报*, 2021, 30 (1): 12–23.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析: 第 3 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25–27.
- [24] 吴红宝, 水宏伟, 胡国铮, 等. 海拔对藏北高寒草地物种多样性和生物量的影响[J]. *生态环境学报*, 2019, 28 (6): 1071–1079.