

# Study on Functional Traits with Plants of Changbai Mountain Forest-Swamp Ecotone

Meng Yang, Song Xue, Tingting Wu, Liang Yang, Yan Zheng, Tianjiao Wang, Yanan Zhang, Weihong Zhu\*

Department Geography of College of Science, Yanbian University, Yanji Jilin  
Email: \*whzhu@ybu.edu.cn

Received: Feb. 6<sup>th</sup>, 2018; accepted: Feb. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 27<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

This essay studied 6 functional traits with plants of Changbai Mountain forest-swamp ecotone: leaf thickness (LT), leaf volume (LV) and specific leaf area (SLA), leaf dry matter content (LDMC), leaf tissue density (LD) and leaf nitrogen content (LNC). Through the field work, the correlation analysis of functional traits survey and cluster analysis, it was found that there was a correlation between the leaf functional traits in the ecotones of Changbai Mountain forest-swamp ecotone, and could be divided into 2 classes and 1 separate characters. In addition, using the method of hierarchical clustering analysis, according to the characteristics of functional traits with plants of Changbai Mountain forest-swamp ecotone, 19 species wetland plants could be grouping into 3 functional strategy groups. The study found that the main basis for the plant functional group division in the forest-swamp ecotone of Changbai Mountain was the combination of specific leaf area (SLA) and leaf dry matter content (LDMC).

## Keywords

Yuanchi Lake, Forest-Swamp Ecotone, Plant Functional Traits

---

# 长白山园池森林沼泽生态交错带植物叶功能性状研究

杨萌, 薛嵩, 吴婷婷, 杨亮, 郑燕, 王天娇, 张亚男, 朱卫红\*

延边大学理学院地理系, 吉林 延吉  
Email: \*whzhu@ybu.edu.cn

收稿日期: 2018年2月6日; 录用日期: 2018年2月20日; 发布日期: 2018年2月27日

---

\*通讯作者。

文章引用: 杨萌, 薛嵩, 吴婷婷, 杨亮, 郑燕, 王天娇, 张亚男, 朱卫红. 长白山园池森林沼泽生态交错带植物叶功能性状研究[J]. 世界生态学, 2018, 7(1): 20-28. DOI: 10.12677/ije.2018.71004

## 摘要

本研究对长白山园池森林沼泽生态交错带植物的6种功能性状：叶片厚度(LT)、叶体积(LV)比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)、叶组织密度(LD)以及叶氮含量(LNC)进行了调查。通过对功能性状调查结果的相关分析及聚类分析研究发现，长白山园池森林沼泽生态交错带植物的各个叶功能性状之间有相关性，并根据其相关性特点可将其分为2类以及1个单独的性状。此外笔者运用层次聚类的分析方法，根据长白山园池森林沼泽生态交错带植物各叶功能性状的特点，可以将长白山园池森林沼泽生态交错带筛选出的19种植物分为3个不同的功能群组。研究发现，长白山园池森林沼泽生态交错带植物功能群组划分的主要依据是比叶面积(SLA)和叶干物质含量(LDMC)相结合。

## 关键词

园池，森林沼泽生态交错带，植物叶功能性状

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

植物功能性状是能够表征植物对环境变化的响应或对生态系统功能有一定影响的植物性状[1] [2] [3] [4]。而叶片作为植物进行呼吸作用时起到十分重要作用的器官，叶性状是可以表征植物资源利用、生物量和生态系统功能的性状，在植物功能性状的研究中叶性状通常作为主要功能性状被研究[5]-[13]。

园池森林沼泽交错带作为森林与湿地的交错区域，其生态系统十分复杂且敏感，其作为吉林省长白山地区生物多样性较为丰富的地区，是中华秋沙鸭等很多国家保护的濒危野生动植物物种的重要栖息地，也是十分重要的物种基因库[14]。同时园池也是图们江的河源的水源涵养区。其湿地类型是长白山地长白落叶松沼泽和泥炭藓沼泽亚区的典型代表，沼泽植被特点是泥炭层薄，并且多数生长在熔岩台地上，一旦遭到破坏，很容易出现水土流失和岩石裸露等问题，加上园池气候寒冷，年均温低，积雪期长，植物生长速度缓慢，植被难以恢复[15]。园池作为典型的森林沼泽交错带生态系统极具脆弱性与敏感性，森林沼泽一旦遭到破坏，极易引起园池湿地生态系统的涵养水源能力、维持生物多样性能力等生态系统功能的减退。

为此，笔者选取了园池这一典型的森林沼泽交错带开展植物功能性状的调查研究，对功能性状调查结果进行相关性分析及聚类分析。并运用层次聚类的分析方法，根据长白山园池森林沼泽生态交错带植物各叶功能性状的特点，将长白山园池森林沼泽生态交错带筛选出的植物分为不同的功能群组。以期通过对长白山森林沼泽交错带植物功能性状的研究，建立起长白山森林沼泽交错带植物与功能之间的联系，为长白山森林沼泽交错带的生态恢复的植物筛选提供依据，并为长白山森林沼泽生态交错带资源功能的研究奠定了基础。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究区概况

本研究在吉林省园池自然保护区(地理坐标为 42°00'49"~42°09'51"N, 128°12'07"~128°27'21"E)内开展。

园池处于长白山天文峰东侧 30 km 的位置, 海拔在 1200 m 以上, 形成原因为火山灰堰塞湖, 直径约为 180 m, 面积约为 4.04 km<sup>2</sup>。园池由于受到长白山地区的大陆性山地气候的影响, 其气候特点表现为气候寒冷, 年均温低, 夏季温暖湿润且短暂, 冬季寒冷且漫长, 加上园池积雪期长, 植物生长速度缓慢, 植被难以恢复, 园池区周围为沼泽化森林[15]。

## 2.2. 实验设计与植物调查

本研究于 2016 年 7~9 月进行现场勘查取样, 发现长白山园池森林沼泽交错带的植物在四个方向上呈现不同特点, 因此本研究绕池按照四个方向选取采样点, 运用样线法与样点法相结合, 由湖边向森林方向设置样线, 每条样线上每隔 10 米设置 1 个 10 m × 20 m 的乔木方, 在每个乔木方内设置 3 个 3 m × 3 m 的灌木方和 3 个 1 m × 1 m 的草本方。乔木方内调查物种数、株数、胸径、高度、郁闭度和盖度; 灌木方内调查物种数、盖度和高度; 草本方内调查物种数、盖度和高度。同时进行地理位置记录和沼泽水位等生境记录[16] [17]。

## 2.3. 叶片性状调查与测定

本研究根据植物多样性调查结果以及重要值计算结果, 从物种层面上选取 19 种植物, 这 19 种植物生物量总和占群落总生物量的 80% 以上, 进行叶功能性状值的测定。根据长白山园池森林沼泽交错带的植物特点以及 Cornelissen 等人创建的植物性状标准测量方法[18], 选择并测量了以下植物性状指标: 叶鲜重、叶干重、叶片厚度(LT)、叶面积(LA)、叶体积(LV)、比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)、叶组织密度(LD)和叶氮含量(LNC)。本研究选择在上午进行叶片的采集, 主要是为了尽可能小的减少植物叶功能性状值在一天的不同时间段差异较大带来的误差。随机选取 19 种植物各 15 株未遮阴并且无病虫害的样株, 从东西南北 4 个不同朝向的枝条上, 收集剪下带有完整无损叶片的整枝, 装入密封样品袋中, 然后放入冰盒中贮藏并尽快带回实验室, 对其叶功能性状值进行测定。回到实验室后, 立刻将整枝取出, 并根据植物特性剪下单叶或成对叶片(注意用无磷滤纸将叶片表面的水分拭去), 然后使用电子天平称量每片或每对叶片的饱和叶鲜重并记录; 用游标卡尺分别测量每片或每对叶片的叶片厚度(测量时要注意避开叶脉), 取前端、中端和后端三者的平均值并记录; 并扫描叶片面积, 将扫描后的叶片放入烘箱中烘干至恒重(烘箱温度设置为 65℃; 烘干时间以 72 小时为宜), 然后取出称其干物质重[19] [20] [21]。用叶面积计算软件统计叶面积, 使用 SmartChem300 全自动间断化学分析仪测量叶氮含量。

## 2.4. 数据计算与分析

实验数据用 Excel 和 SPSS16.0 进行录入、计算和分析, 分析方法采用二元变量分析及分层聚类分析。

# 3. 结果与分析

## 3.1. 物种性状调查结果

长白山园池森林沼泽生态交错带 19 种植物的实测植物数据, 其中叶鲜重最大的是野鸢尾隶属于鸢尾科鸢尾属, 最小的是小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃属, 最大值为最小值的 29 倍; 叶干重最大的是野鸢尾隶属于鸢尾科鸢尾属, 最小的是东方草莓隶属于蔷薇科草莓属, 最大值为最小值的 54 倍; 叶片厚度(LT)最大的是兴安一枝黄花隶属于菊科一枝黄花属, 最小的是乌拉草隶属于莎草科薹草属, 最大值为最小值的 3.2 倍; 叶面积(LA)最大的是芦苇隶属于禾本科芦苇属, 最小的是小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃属, 最大值为最小值的 83 倍; 叶氮含量(LNC)最大的是小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃属, 最小的是乌拉草隶属于莎草科薹草属, 最大值为最小值的 1.2 倍。叶体积(LV)最大的为芦苇隶属于禾本科芦苇属, 最小的

为小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃,最大值为最小值的 138 倍;比叶面积(SLA)最大的是兴安一枝黄花隶属于菊科一枝黄花属,最小的为小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃属,最大值为最小值的 49 倍;叶干物质含量(LDMC)最大的是毛山楂蔷薇科山楂属,最小的是东方草莓隶属于蔷薇科草莓属,最大值为最小值的 4.7 倍;叶组织密度(LD)最大的为小叶杜鹃隶属于杜鹃花科杜鹃属,最小的为东方草莓隶属于蔷薇科草莓属,最大值为最小值的 26 倍“见表 1”。

### 3.2. 性状间相关性分析结果

长白山园池森林沼泽生态交错带植物的各个叶功能性状之间有相关性。其中叶片厚度(LT)与叶鲜重和叶体积呈显著正相关,与叶干重、叶面积(LA)和比叶面积(SLA)呈正相关,与叶氮含量(LNC)、叶干物质含量(LDMC)、叶组织密度(LD)呈负相关;叶鲜重与叶干重、叶面积(LA)和叶体积(LV)呈显著正相关,与比叶面积(SLA)、叶氮含量(LNC)呈负相关,与叶干物质含量(LDMC)、叶组织密度(LD)呈正相关;叶干重与叶面积(LA)、叶体积(LV)和叶鲜重呈显著正相关,与叶片厚度(LT)、叶组织密度(LD)呈正相关,与比叶面积(SLA)、叶氮含量(LNC)呈负相关;叶面积(LA)与叶鲜重、叶干重和叶体积(LV)呈显著正相关,与叶干物质含量(LDMC)与叶鲜重呈正相关,与比叶面积(SLA)、叶氮含量(LNC)和叶组织密度(LD)呈负相关;叶氮含量(LNC)与叶鲜重、叶干重、叶片厚度(LT)、叶面积(LA)、叶体积(LV)和叶干物质含量(LDMC)呈负相关,与叶组织密度(LD)、比叶面积(SLA)呈正相关,与其它性状均无显著相关;叶体积(LV)与叶鲜重、叶干重、叶片厚度(LT)、叶面积(LA)均呈显著正相关,与比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)呈正相关,与叶氮含量(LNC)、叶组织密度(LD)呈负相关;比叶面积(SLA)与叶片厚度(LT)、叶氮含量(LNC)、叶体积(LV)呈正相关,与叶鲜重、叶干重、叶面积(LA)、叶干物质含量(LDMC)均呈负相关,与叶组织密度(LD)均呈显著负相关;叶干物质含量(LDMC)与叶干重呈显著相关,与叶鲜重、叶面积(LA)、叶体积(LV)呈正相关,与叶片厚度(LT)、比叶面积(SLA)、叶氮含量(LNC)呈负相关;叶组织密度(LD)与叶干物质含量(LDMC)呈显著正相关,与比叶面积(SLA)呈显著负相关,与叶鲜重、叶干重、叶氮含量(LNC)呈正相关,与叶片厚度(LT)、叶面积(LA)、叶体积(LV)呈负相关。由此根据聚类分析结果可将其分为 2 类以及 1 个单独的性状,其中第 1 类性状包括叶鲜重、叶干重、叶片厚度(LT)、叶面积(LA)和叶体积(LV);第 2 类性状包括比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)和叶组织密度(LD);1 个单独的性状为叶氮含量(LNC)“见表 2”。

### 3.3. 湿地植物聚类分析结果

将植物功能性状数据转化为赋值的数据,然后运用层次聚类的分析方法,根据长白山园池森林沼泽生态交错带植物各叶功能性状的特点,可以将长白山园池森林沼泽生态交错带筛选出的 19 种植物分为 3 个不同的功能群组:第 1 组包括蓝靛果、乌拉草、小叶杜鹃、忍冬、深山蔷薇和山荆子;第 2 组包括东方草莓、小白花地榆、毛叶沼泽蕨和金露梅;第 3 组包括长白落叶松、甜茅、柴桦、兴安一枝黄花、野鸢尾、毛山楂、芦苇、大叶小檗和大叶柴胡。

对这 3 类功能群组各性状的平均值、标准差和 95%置信区间进行分析,结果发现,第 1 组特点是拥有较薄的叶片和较大的叶干物质含量(LDMC)和叶组织密度(LD);第 2 组特点是叶片较薄,叶干物质含量(LDMC)和叶组织密度(LD)较小;第 3 组特点是拥有较大的比叶面积(SLA)和叶氮含量(LNC),较大的叶干物质含量(LDMC);对聚类结果进行单因素方差分析,结果显示,比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)和叶组织密度(LD)存在显著性差异,而其他性状的差异不显著。再对聚类结果进行多重比较,结果显示,比叶面积(SLA)在第 1 组和第 3 组以及第 2 组和第 3 组之间差异显著,叶干物质含量(LDMC)在第 1 组和第 3 组以及第 2 组和第 3 组之间差异显著,叶组织密度(LD)在第 1 组和第 2 组之间差异显著,叶鲜重、

**Table 1.** Measurement results of the leaf traits**表 1.** 植物叶性状测量结果

编号 No.	植物名称 Plant name	叶片厚度/cm Leaf thickness	叶鲜重/% Fresh weight	叶干重/g Dry weight	叶面积/cm <sup>2</sup> Leaf area	叶氮含量/g·kg <sup>-1</sup> Leaf nitrogen concentration
1	野鸢尾 <i>Iris dichotoma</i> Pall.	0.358	2.753	2.378	28.419	24.022
2	芦苇 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	0.356	1.616	1.409	58.624	18.067
3	小叶杜鹃 <i>Rhododendron lapponicum</i> (L.) Wahl.	0.214	0.095	0.084	0.707	34.973
4	毛叶沼泽蕨 <i>Thelypteris palustris</i> (Linn.) Schott	0.236	0.132	0.098	8.016	20.523
5	东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	0.288	0.165	0.044	7.323	26.169
6	大叶小檗 <i>Berberis amurensis</i> Rupr.	0.403	0.931	0.688	19.054	18.569
7	蓝靛果 <i>Lonicera caerulea</i> Linn. var. <i>edulis</i> Turcz.ex Herd.	0.302	0.788	0.704	7.098	18.379
8	深山蔷薇 <i>Rosa marretii</i> Levl.	0.242	0.362	0.164	4.452	20.638
9	大叶柴胡 <i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	0.513	1.021	0.483	25.301	22.257
10	柴桦 <i>Betula fruticosa</i> Pall.	0.397	1.028	0.418	14.660	31.011
11	山荆子 <i>Malus baccata</i> (Linn.) Borkh.	0.398	0.948	0.467	6.919	22.433
12	乌拉草 <i>Carex meyeriana</i> Kunth	0.176	0.151	0.150	4.626	17.085
13	毛山楂 <i>Crataegus maximowiczii</i> Schneid.	0.369	1.582	1.987	27.505	23.155
14	藏花忍冬 <i>Lonicera tatarinowii</i> Maxim.	0.312	1.273	0.788	10.849	23.577
15	金露梅 <i>Potentilla fruticosa</i> Linn.	0.157	0.097	0.083	19.438	23.522
16	兴安一枝黄花 <i>Solidago virgaurea</i> Linn.	0.568	1.737	1.041	16.974	24.901
17	长白落叶松 <i>Larix olgensis</i> Henry	0.496	0.174	0.055	4.301	19.812
18	小白花地榆 <i>Sanguisorba tenuifolia</i> Fisch. ex Link var. <i>alba</i> Trautv. et Mey.	0.308	0.239	0.096	7.806	24.244
19	甜茅 <i>Glyceria acutiflora</i> (Torr.) Kuntze subsp. <i>japonica</i> (Steud.) T. Koyana et Kawano	0.342	0.366	0.150	3.287	19.328

编号 No.	植物名称 Plant name	叶体积/cm <sup>3</sup> Leaf volume	比叶面积/cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> Specific leaf area	干物质含量/% Content of dry matter	叶组织密度/g·cm <sup>-3</sup> Tissue density of leaf
1	野鸢尾 <i>Iris dichotoma</i> Pall.	10.174	11.951	0.863	0.233
2	芦苇 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	20.870	41.596	0.872	0.067
3	小叶杜鹃 <i>Rhododendron lapponicum</i> (L.) Wahl.	0.151	4.201	0.888	0.556
4	毛叶沼泽蕨 <i>Thelypteris palustris</i> (Linn.) Schott	1.891	117.882	0.742	0.051
5	东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i> Lozinsk.	2.109	167.777	0.264	0.020
6	大叶小檗 <i>Berberis amurensis</i> Rupr.	7.678	27.688	0.738	0.089
7	蓝靛果 <i>Lonicera caerulea</i> Linn. var. <i>edulis</i> Turcz.ex Herd.	2.143	10.082	0.893	0.328
8	深山蔷薇 <i>Rosa marretii</i> Levl.	1.077	18.505	0.452	0.152
9	大叶柴胡 <i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	12.979	52.404	0.472	0.037
10	柴桦 <i>Betula fruticosa</i> Pall.	5.821	35.059	0.406	0.071
11	山荆子 <i>Malus baccata</i> (Linn.) Borkh.	2.754	7.416	0.492	0.169
12	乌拉草 <i>Carex meyeriana</i> Kunth	0.814	18.528	0.994	0.184
13	毛山楂 <i>Crataegus maximowiczii</i> Schneid.	10.149	13.845	1.255	0.195
14	藏花忍冬 <i>Lonicera tatarinowii</i> Maxim.	3.385	13.758	0.619	0.232
15	金露梅 <i>Potentilla fruticosa</i> Linn.	3.051	78.348	0.853	0.027
16	兴安一枝黄花 <i>Solidago virgaurea</i> Linn.	9.641	205.754	0.599	0.107
17	长白落叶松 <i>Larix olgensis</i> Henry	2.133	78.987	0.312	0.0255
18	小白花地榆 <i>Sanguisorba tenuifolia</i> Fisch. ex Link var. <i>alba</i> Trautv.et Mey.	2.404	81.309	0.401	0.039
19	甜茅 <i>Glyceria acutiflora</i> (Torr.) Kuntze subsp. <i>japonica</i> (Steud.) T.Koyana et Kawano	1.124	21.912	0.409	0.133

**Table 2.** Pearson correlation coefficient matrix among leaf traits  
**表 2.** 各性状间的 Pearson 相关系数矩阵

性状 Trait	叶片厚度	叶鲜重	叶干重	叶面积	叶氮含量	叶体积	比叶面积	叶干物质 含量	叶组织密 度
叶片厚度	1								
叶鲜重	0.499*	1							
叶干重	0.318	0.933**	1						
叶面积	0.260	0.648**	0.676**	1					
叶氮含量	-0.034	-0.003	-0.068	-0.190	1				
叶体积	0.496*	0.714**	0.685**	0.954**	-0.153	1			
比叶面积	0.274	-0.120	-0.204	-0.028	0.099	0.040	1		
叶干物质含量	-0.341	0.308	0.544*	0.376	-0.117	0.268	-0.367	1	
叶组织密度	-0.294	0.089	0.167	-0.249	0.383	-0.243	-0.523*	0.470*	1

\*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). \*\*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

叶片厚度(LT)和叶面积(LA)在第 3 组和第 1、2 组之间存在显著差异。方差分析和多重比较的结果均表明了各功能群组之间有显著的差异性。

#### 4. 结论与讨论

1) 对植物功能性状的研究显示, 长白山园池森林沼泽生态交错带植物的各个叶功能性状之间有相关性, 并可将其分为 2 类以及 1 个单独的性状, 其中第 1 类性状包括叶鲜重、叶干重、叶片厚度(LT)、叶面积(LA)和叶体积(LV); 该类性状间均存在显著的正相关性, 并且该类性状是与叶片大小关系密切的性状。第 2 类性状包括比叶面积(SLA)、叶干物质含量(LDMC)和叶组织密度(LD); 该类性状与光合作用率以及营养物质利用率相关的功能性状, 并且都与植物生长潜力相关。比叶面积(SLA)和叶干物质含量(LDMC)是与植物的生态系统水平相关, 并且是植物功能相关的关键性状。因此比叶面积和叶干物质含量可以结合起来作为长白山园池森林沼泽生态交错带植物筛选的主要性状。1 个单独的性状为叶氮含量(LNC), 其与其他性状之间没有显著的相关性。长白山园池森林沼泽生态交错带植物植物的叶氮含量(LNC)和其他功能性状没有显著的相关性, 在分组后的各功能群组之间叶氮含量(LNC)也没有显著性差异, 造成此结果的原因可能是受植物物种选择及研究调查范围的限制, 并不能代表叶氮含量(LNC)是不重要的功能性状。

2) 根据长白山园池森林沼泽生态交错带植物各叶功能性状的特点, 运用聚类的方法将筛选出的 19 种植物划分为 3 个不同的功能群组。再根据这 3 类功能群组各性状的平均值、标准差和 95% 置信区间发现各功能群组的特点是: 第 1 组, 拥有较薄的叶片和较大的干物质含量和叶组织密度; 第 2 组, 叶片较薄, 干物质含量和组织密度较小; 第 3 组, 拥有较大的比叶面积和叶含氮量, 较大的干物质含量。

对长白山园池森林沼泽生态交错带植物功能群组的划分可以解决许多传统植物分类方法所不能解决的问题, 例如在森林沼泽生态交错带这样的生态环境极其敏感脆弱的地区, 环境条件一旦发生变化, 植物在响应环境变化时, 会造成某一或某些功能群组植物的整体增加或减少, 可以反映出植物对环境共同的适应特征, 某一或某些功能群组的缺失, 会造成该生态系统功能的缺失, 由此可以预测森林沼泽生态交错带生态系统功能受环境变化的影响。长白山园池森林沼泽生态交错带的各类功能群均有 4 至 9 种植物, 因此森林沼泽生态交错带植物功能比较稳定, 可以承受一定程度的环境变化。

3) 对植物功能性状的研究在森林沼泽生态交错带的保护与恢复中有很好的应用前景, 在大尺度上,

可以研究森林沼泽生态交错带植物对环境变化的响应和影响。在小尺度上, 可以利用植物功能性状筛选用于恢复特定森林沼泽生态交错带生态功能的植物。

4) 本研究首次从长白山园池森林沼泽生态交错带的功能方面对其植物进行了调查, 初步筛选出可以用于长白山森林沼泽交错带植物分类的最佳功能性状, 并对长白山园池森林沼泽生态交错带植物进行了功能群组的划分, 以期通过对长白山森林沼泽交错带植物功能性状的研究, 建立起长白山森林沼泽交错带植物与功能之间的联系, 为长白山森林沼泽交错带的生态恢复的植物筛选提供依据, 并为长白山森林沼泽生态交错带资源功能的研究奠定了基础。

## 基金项目

国家自然科学基金资助项目(41361015)。

## 参考文献 (References)

- [1] 孟婷婷, 倪健, 王国宏. 植物功能性状与环境 and 生态系统功能[J]. 植物生态学报, 2007, 31(1): 150-165.
- [2] Lavorel, S. and Garnier, E. (2002) Predicting Changes in Community Composition and Ecosystem Functioning from Plant Traits: Revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, **16**, 545-556. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>
- [3] Westoby, M. (1998) A Leaf-Height-Seed-LHS-Plant Ecology Strategy Scheme. *Plant and Soil*, **199**, 213-227. <https://doi.org/10.1023/A:1004327224729>
- [4] Craine, J.M., Froehle, J. and Tilman, D.G. (2001) The Relationships among Root and Leaf Traits of 76 Grassland Species and Relative Abundance along Fertility and Disturbance Gradients. *Oikos*, **93**, 274-285. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930210.x>
- [5] Reich, P., Buschena, C., Tjoelker, M., Wrage, K., Knops, J., Tilman, D. and Machado, J. (2003) Variation in Growth Rate and Ecophysiology among 34 Grassland and Savanna Species under Contrasting N Supply: A Test of Functional Group Differences. *New Phytologist*, **157**, 617-631. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00703.x>
- [6] 李文龙, 张彦宇, 李自珍, 杜国祯, 黄磊. 高寒草地植物生态位适宜度与生产力 and 多样性的关系及其对放牧的响应[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2007, 43(2): 53-57.
- [7] Wright, J., Reich, P.B., Westoby, M., Ackerly, D.D. and Baruch, Z. (2004) The Worldwide Leaf Economics Spectrum. *Nature*, **428**, 821-827. <https://doi.org/10.1038/nature02403>
- [8] Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. and Bairlein, F. (2002) Ecological Responses to Recent Climate Change. *Nature*, **416**, 389-395. <https://doi.org/10.1038/416389a>
- [9] 冯秋红, 史作民, 董莉莉. 植物功能性状对环境的响应及其应用[J]. 林业科学, 2008, 44(4): 125-131.
- [10] 徐炜, 井新, 马志远, 贺金生. 生态系统多功能性的测度方法[J]. 生物多样性, 2016(24): 72-84.
- [11] Zhu, H., Fu, B., Wang, S., Zhu, L., Zhang, L., Jiao, L. and Wang, C. (2015) Reducing Soil Erosion by Improving Community Functional Diversity in Semi-Arid Grasslands. *Journal of Applied Ecology*, **52**, 1063-1072. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12442>
- [12] 杨冬梅, 章佳佳, 周丹, 钱敏杰, 郑瑶, 金灵妙. 木本植物茎叶功能性状及其关系随环境变化的研究进展[J]. 生态学杂志, 2012, 31(3): 702-713.
- [13] 詹书侠, 郑淑霞, 王扬, 白永飞. 羊草的地上-地下功能性状对氮磷施肥梯度的响应及关联[J]. 植物生态学报, 2016, 40(1): 36-47. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2015.0164>
- [14] 张德新. 发展生态文明建设美丽吉林[J]. 中国绿色画报, 2012(11): 26-29.
- [15] 张彦, 史彩奎, 王健, 等. 长白山园池泥炭沼泽演变及环境信息记录[J]. 湿地科学, 2012, 10(3): 271-277.
- [16] 付婧. 图们江流域不同类型湿地植物群落对环境的响应研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2012.
- [17] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 等. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- [18] Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Ter Steege, H., Morgan, H.D., Van Der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G. and Poorter, H. (2003) A Handbook of Protocols for Standardised and Easy Measurement of Plant Functional Traits Worldwide. *Australian Journal of Botany*, **51**, 335-380. <https://doi.org/10.1071/BT02124>



- 
- [19] Murray, B.R., Brown, A.H.D., Dickman, C.R. and Crowther, M.S. (2004) Geographical Gradients in Seed Mass in Relation to Climate. *Journal of Biogeography*, **31**, 379-388. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00993.x>
- [20] Sterck, F. and Bongers, F. (2001) Crown Development in Tropical Rain Forest Trees: Patterns with Tree Height and Light Availability. *Journal of Ecology*, **89**, 1-13. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00525.x>
- [21] 吕亭亭, 王平, 燕红, 等. 草甸和沼泽植物群落功能多样性与生产力的关系[J]. 植物生态学报, 2014, 38(5): 405-416.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ije@hanspub.org](mailto:ije@hanspub.org)