寒温带落叶松林优势乔木叶和茎及根的性状特征

朱道光¹, 徐学红², 杨立宾¹, 杨帆¹, 李金博¹, 崔福星¹, 叶万辉³, 倪红伟^{1,4*}

1. 黑龙江省科学院自然与生态研究所, 生物多样性重点实验室, 哈尔滨 150040;

2. 中国科学院植物研究所, 植被与环境变化国家重点实验, 北京 100093;

3. 中国科学院华南植物园, 退化生态系统植被恢复与管理重点实验室, 广州 510650;

4. 黑龙江省林业科学院, 哈尔滨 150081

* 联系人, E-mail: nihongwei2000@163.com

收稿日期: 2019-11-17; 接受日期: 2020-02-06; 网络版发表日期: 2020-03-23

国家自然科学基金(批准号: 31570486)、黑龙江省院所基本应用技术研究专项(批准号: ZNBZ2017ZR-03, XKLY2018ZR01, CXMS2019ZR01, ZNBZ2020ZR03)和中国科学院华南植物园退化生态系统植被恢复与管理重点实验室开放课题(批准号: DE2018029)资助

摘要 植物功能性状与环境变化及其适应机制是生态学研究的热点话题。植物功能性状可反映植物在长期进化过程中对不同环境条件、适合度或生产力的适应。本文对寒温带兴安落叶松林的优势木本植物的茎、叶等植物功能性状进行了测定, 并同步测定了温度、湿度、地形、土壤和雪被等环境因子, 结果表明, 寒温带地区兴安落叶松和白桦的叶面积、比叶面积都呈现出一定的规律性。两种乔木的一年生小枝的生物量都与根的平均生物量直接相关, 其中白桦的一年生小枝的生物量分别与林下雪被的雪水当量和5~10 cm的土壤含水量直接相关, 其他环境因子与一年生小枝的生物量无直接相关性。以杜鹃-落叶松林为代表的根性状研究结果表明, 根的生物量不仅与自身的其他植物性状(如叶、茎)直接相关还与外界的环境因子密切相关。同时表明, 落叶松的细根性状可与土壤温度、土壤含水量、土壤碳氮比以及海拔高度等环境因子产生间接的影响。

关键词 兴安落叶松林, 叶性状, 茎性状, 根性状, 寒温带区

植物功能性状(plant functional traits)是指植物体具有的与其定植、存活、生长和死亡紧密相关的一系列核心植物属性。这些属性能够显著影响生态系统功能, 并能够反映植被对环境变化的响应。越来越多的研究表明, 相比大多数基于植物分类和数量的研究, 植物功能性状在种群、群落和生态系统尺度上都已成为解决重要生态学问题的有效途径^[1]。植物性状的时空变异规律、性状与植物和生态系统功能关系、性状与环境变化及其适应机制是生态学研究的热点话

题^[2,3]。

气候变暖引起高山植物从不同层面作出不同的变化或响应^[4]。在高山区域内, 由于特殊的热力学特性, 由冰川、积雪、永久冻土层和多种高度特化生命形式构成的“冷界”生态系统被列为对气候变化以及自然风险、灾害和生态系统变迁最为敏感的一个地区^[5]。高山生态系统处于气候地带的边缘, 而很多植物种群仅适应特殊的高山环境, 因此其物种灭绝的风险也最大; 同时, 该区域也是气候变化可能减少生态系统的生物

引用格式: 朱道光, 徐学红, 杨立宾, 等. 寒温带落叶松林优势乔木叶和茎及根的性状特征. 中国科学: 生命科学, 2020, 50: 398–405
Zhu D G, Xu X H, Yang L B, et al. Characteristics of leaves, stems and roots of dominant trees in *Larix gmelinii* forest in the cold temperate zone (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2020, 50: 398–405, doi: 10.1360/SSV-2019-0021

多样性和生态系统服务而值得关注的重要区域。

大兴安岭海拔较高,属高纬度寒温带地区,是对全球气候变化敏感的区域之一。目前,关于寒温带森林植物功能性状方面的研究还比较少。本文通过对寒温带兴安落叶松林的优势木本植物的茎、叶等植物功能性状的测定,和对温度、湿度、土壤和雪被等环境因子的同步测定,分析了寒温带兴安落叶松林的优势木本植物功能性状与森林土壤、地形等环境因子的关系。

1 材料与方法

1.1 实验地自然概况

研究地区位于黑龙江呼中国家级自然保护区兴安落叶松林25 ha样地内,黑龙江呼中国家级自然保护区位于黑龙江省大兴安岭呼中区境内,保护区南北长63 km,东西宽32 km,总面积167213 ha。东、南、北与呼中林业局施业区为邻,西以大兴安岭山脉主脊为界与内蒙古大兴安岭汗马国家级自然保护区相邻。地处大兴安岭主脉和伊勒呼里山所夹成的东北坡,地理坐标为东经122°42'14"~123°18'05",北纬51°17'42"~51°56'31"。保护区属于寒温带大陆性季风气候,季节温差大,冬季漫长寒冷且大量积雪,夏季短暂温暖多雨,春秋两季明显,表现为春季温度骤升、秋季温度骤降。一年四季和昼夜温差较大。保护区年平均气温为-4℃。极端最低气温达-47.4℃,极端最高气温为32℃。在植物地理区划上,隶属于泛北经植物区、欧亚森林植物亚区、大兴安岭地区。保护区内山峦叠翠,海拔高度较高,森林植被垂直分布明显,森林植被保持着原始状态,是中国北方寒温带明亮针叶林生态系统的代表。

大兴安岭兴安落叶松林25 ha样地始建于2011年,位于大兴安岭伊勒呼里山(是温带与寒温带的分界线)北坡,具有中国东北大兴安岭寒温带地带性典型植被,地理位置51°49'N, 122°59'E。该地区属寒温带大陆性季风气候,样地地形平缓,平均海拔897 m,最大高差16.6 m,年均气温-4℃,年均降水量458.3 mm,年相对湿度平均为71%,年蒸发量平均911 mm,土壤主要为棕色针叶林土。实验取样选择在大兴安岭样地(<http://www.cfbiobdiv.org>)内。大兴安岭样地群落结构较简单,主要森林类型为明亮寒温带针叶林,是以兴安落叶松(*Larix gmelinii*)为建群种,伴生种为白桦(*Betula platyphylla*),偶见山杨(*Populus davidiana*)和樟子松(*Pinus*

sylvestris var. *mongolica*),并形成藓类-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林、杜香(*Ledum palustre*)-兴安落叶松林和兴安杜鹃(*Rhododendron dauricum*)-兴安落叶松林4种主要群落类型,林下常见的植物有兴安杜鹃、柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、柴桦(*Betula fruticosa*)、杜香、笃斯越桔(*Vaccinium uliginosum*)、越桔(*Vaccinium vitis-idaea*)、苔草(*Carex appendiculata*)、红花鹿蹄草(*Pyrola incarnata*)等,还广泛分布着菊科、蔷薇科、百合科、莎草科、豆科和伞形科等植物种类,表现出寒温带针叶林的植被景观特点^[6,7]。

叶是种子植物制造有机养料的重要器官,具有光合、蒸腾和呼吸的作用,其形态与功能关系直接影响植物的物质生产。其中,叶大小直接影响植物对光的获取和固定碳的能力,并且在不同生境和不同物种之间表现出较大的可塑性,在全球范围内叶大小最大差值可达到6个数量级^[8,9]。有些研究根据叶大小与其他植物功能性状之间的共变关系对叶大小在物种之间的变化进行了各种解释,其中包括植株高度、木质密度、果实或种子大小等,研究表明,叶片大小与其他功能性状之间存在协变关系,共同决定着植物对环境的响应及其适合度变化^[10-13]。

比叶面积(specific leaf area, SLA)所表示的是一定干物质所需要的捕光表面积数量。所以,SLA与植物的光拦截效率直接相关^[8,9],可用来反映植物体内的碳获取策略,对植物的相对生长速率具有重要影响。SLA低的物种有更厚的叶边缘或者组织密度更大,叶中很大一部分物质用于构建保卫结构(防虫食、防止过度失水等)或者增加叶肉细胞密度,常形成厚度较大而面积较小的叶片。

茎的木质部与环境的关系:植株的向上生长和保持长期有效的生长都需要密度较高的茎提供结构支撑。木质密度较低的物种通常都具有更高的单位枝条质量的展叶面积,从而导致更高的生长速率^[11]。

根作为植物吸收水分与养分的重要器官,其性状特征在指示植物的生长和分布等方面也具有非常重大的意义。

1.2 野外取样和室内分析

2018年8月,选择无雨晴天,在09:00~15:00时段对落叶松和白桦的一年生的小枝,及小枝上的针叶、地下的细根分别取样。根系用小铲在0~15 cm深度进行

取样,同时采集土壤养分分析样品.所取样品立即装入配有冰块的储存箱(温度保持在0~4℃).根样用清水洗净附着的泥土及杂物后,用游标卡尺将其按直径0~2 mm, 2~5 mm, >5 mm分为3个等级分装,并分出死根与活根.所有的样品在取样后3 h之后置于65℃烘箱中烘至恒重.用叶面积扫描仪(MICROTEK ScanMaker i800plus, 上海)测量20个叶片的总面积,后用总面积除以叶片数目得到该个体的叶面积.环境因子测定、土壤温湿度数据采用EM50自动定位采集监测数据(分别在地下0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm不同深度的土壤层内设置温湿度传感器);大气温度与降水量数据来自采用野外小型气象站自动采集记录的数据;雪被数据来自每个月定点监测与取样数据(2017年冬季数据).

野外调查于2017年7~8月进行.采用样方调查法,沿着海拔升高梯度对森林大样地内的兴安落叶松天然林中的杜香-兴安落叶松林(海拔840~860 m)、草类—兴安落叶松林(海拔860~940 m)和兴安杜鹃—兴安落叶松林(海拔940~1000 m)三种林型进行样方调查.

采取典型抽样和随机布设样地相结合的方法,对林型分别设置5个20 m×20 m的样地,进行基本的群落学特征调查,包括物种组成和垂直结构等;然后根据调查结果,对每个样地内胸径在1 cm以上的兴安落叶松和白桦随机选取3个植株,记录树高、胸径、枝下高和冠幅等.从树冠四周共4个方向依次选取生长良好的枝条,用高枝剪剪下,将所有采集枝上的叶片摘下,将叶片置于两片湿润的滤纸之间,放入自封袋内,带回实验室用于测定叶片的功能性状,包括单叶面积(individual leaf area, ILA; cm²)、叶氮含量(leaf nitrogen content, LNC; mg/g)、叶有机碳含量(leaf carbon content, LCC; %)等3项指标.

土壤取样: 使用土钻钻取,每个样地取3个10 cm×10 cm的土样.同时在样地中心位置取环刀土样,测定土壤含水率(soil moisture content, SMC; %)和土壤容重(soil bulk dens, SBD; g/cm³).土样自然风干后,进行化学性质测定.

雪被深度利用米尺测量:雪被密度用Snow Fork雪特性分析仪直接测量,其他结果由上述测量数据换算得到.雪深H;雪体积 $V=\pi r^2 \cdot H$;雪密度 $\rho=m/V$;雪水当量 $h=m/(\pi r^2)$.

叶面积的测定方法:每个自封袋中随机挑选20片成熟叶片,用叶面积扫描仪(MICROTEK ScanMaker

i800plus, 上海)测量20片叶片的总面积,后用总面积除以叶片数目得到该个体的叶面积.

叶片性状参数的测定(室内实验): (i) 植物叶片功能性状重要指标的测定(比叶面积(specific leaf area, SLA)、叶面积(leaf area, LA)、叶长、叶片长/宽比、叶周长、叶长(leaf length, LL)、叶厚(leaf thickness, LT)、叶相对含水量(leaf water content, LWC)等); (ii) 植物叶片功能性状一般参数指标的测定(叶的干重和鲜重、叶形态、叶面积、叶片生物量).

根的测定: 取样方法采用取土法,土样为10 cm×10 cm,按照土壤深度0~10 cm, >10 cm每层随机取3个土样,混合成一个混合样,带回实验基地.将样品用流动水浸泡,漂洗,过筛,按照根系等级分拣出0~2 mm活根, 2~5 mm活根和0~5 mm死根等根系.根据外形、颜色和弹性区分死根和活根,风干后称重,并取一定数量的根的样品放在65℃烘箱中烘干至恒重,得到干重率,换算出单位面积根现存量.计算现存量采用的公式为:根生物量=平均每根土芯中根干重/ V , V 为土样体积.

数据处理及统计方法:数据分析用Microsoft Excel 2003, SigmaPlot 10.0, SPSS for Windows 19.0等软件处理.

2 结果

2.1 叶的功能性状

叶性状是植物适应环境所体现出的叶片水平上的特征参数,对于环境的变化具有重要指示意义.比叶面积是植物的一个关键叶性状,对植被更新、群落以及生态系统演替具有重要的指示意义.

(1) 叶的生物量.兴安落叶松的叶为簇生针叶,叶形为条形或倒披针状条形.白桦的叶为互生单叶,叶形为三角状卵形.图1和图2分别是在三种林型下,落叶松和白桦的叶生物量的特征,但是二者变化趋势相反,落叶松的针叶生物量从高至低依次是杜香-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林和兴安杜鹃-兴安落叶松林;白桦的叶生物量从高至低依次是兴安杜鹃-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林和杜香-兴安落叶松林.

(2) 比叶面积.比叶面积,即叶的单面面积与其干重之比.图3和图4分别是在三种林型下,落叶松和白桦的比叶面积的特征,其中只有草类落叶松林中的落叶

图 1 三种林型中落叶松针叶生物量特征

Figure 1 Biomass of *L. gmelinii* needle leaves in three forest types

图 2 三种林型中白桦叶生物量特征

Figure 2 Biomass of *B. platyphylla* leaves in three forest types

松的针叶比叶面积较其他两种林型下的低, 白桦的比叶面积则从高至低依次是兴安杜鹃-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林和杜香-兴安落叶松林。

2.2 茎特征

植物的枝条也与其他器官同步对外界环境因素的变化也有积极的响应。植物枝条具有储存水分、保持水分、加强水分输导以及失水后保护的功能。由枝条和叶片所构成的树冠是植物进行光合作用、呼吸作用、蒸腾作用等一系列生理活动的主要场所, 其大小、结构、形状及相互间的协变规律直接决定了植物体内的生物量分配和生长活力。

图5和图6表明, 三种林型下的落叶松和白桦的一年生小枝的生物量的变化趋势一致, 从高至低都是兴安杜鹃-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林和杜香-兴安落叶松林。

图 3 三种林型中落叶松针叶的比叶面积特征

Figure 3 Specific leaf area of *L. gmelinii* leaves in three forest types

图 4 三种林型中白桦叶的比叶面积特征

Figure 4 Specific leaf area of *B. platyphylla* leaves in three forest types

图 5 三种林型中落叶松一年生小枝(茎)的生物量特征

Figure 5 Biomass of annual shoots (stems) of *L. gmelinii* in three forest types

2.3 根的特征

根作为植物吸收水分与养分的重要器官, 其性状特征在指示植物的生长和分布等方面的意义重大。图7和图8是以杜鹃-落叶松林为例的开展的根部生物量的实验, 取其根部样品观测的结果, 落叶松和白桦的根

图 6 三种林型中白桦一年生小枝(茎)的生物量特征
Figure 6 Biomass of annual shoots (stems) of *B. platyphylla* in three forest types

图 7 杜鹃-落叶松林不同土壤深度中落叶松根的平均生物量特征
Figure 7 Characteristics of average biomass of *L. gmelinii* roots in different soil depths of *R. dauricum*-*L. gmelinii* forests

平均生物量的变化趋势一致, 其中根的平均生物量从高至低依次是直径小于2 mm活根、直径为2~5 mm的活根和直径小于5 mm死根。

表 1 植物性状之间的相关性分析^{a)}
Table 1 Correlation analysis between plant traits^{a)}

	根1	根2	根3
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 叶生物量	0.994**	0.986**	0.908**
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 比叶面积	0.970**	0.998**	0.990**
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 一年生小枝生物量	-0.980**		-0.997**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 叶生物量	-0.990**	-0.900**	-0.994**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 比叶面积	-0.990**	-0.990**	-0.992**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 一年生小枝生物量	-0.990**	-0.993**	

a) **: 在0.01水平(双侧)上显著相关

图 8 杜鹃-落叶松林不同土壤深度中白桦根的平均生物量特征
Figure 8 Characteristics of average biomass of *B. platyphylla* in different soil depths of *R. dauricum*-*L. gmelinii* forests

2.4 植物性状之间以及植物性状与环境因子之间的相关性

表1结果表明, 落叶松的叶面积、比叶面积分别与不同深度土壤根的平均生物量呈显著正相关性。一年生小枝生物量与0~2 mm的活根以及小于5 mm的死根生物量呈显著负相关。白桦的叶面积、比叶面积分别与不同深度土壤根的平均生物量呈显著负相关性; 一年生小枝生物量与0~2 mm的活根以及小于2~5 mm的活根生物量呈显著负相关。

表2结果表明, 落叶松的叶生物量与林下雪被的雪水当量呈现显著的正相关。白桦的一年生小枝生物量与林下雪被的雪水当量呈现极显著的负相关。落叶松的叶生物量与林下5~10 cm深的土壤含水量呈现正相关。白桦的一年生小枝生物量与林下5~10 cm深的土壤含水量呈现极显著的负相关。

表3结果表明, 落叶松的三种根生物量都与0~5 cm深土壤含水量呈显著的负相关, 而分别与5~10 cm和10~15 cm深土壤含水量呈显著正相关。白桦的三种根

表 2 植物性状与土壤含水量特征及雪被特征之间的相关性^{a)}Table 2 Correlation between plant traits and soil water content and snow cover characteristics^{a)}

	土壤含水量	雪深	雪被密度	雪水当量
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 叶生物量	0.998*	0.958	0.881	0.999*
白桦 <i>B. platyphylla</i> 一年生小枝生物量	-0.999*	-0.966	-0.866	-1.000**

a) **: 在0.01水平(双侧)上显著相关; *: 在0.05水平(双侧)上显著相关

表 3 根生物量与土壤含水量之间的相关性^{a)}Table 3 Correlation between root biomass and soil water content^{a)}

	土壤含水量1	土壤含水量2	土壤含水量3	兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根1	兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根2	兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根3
土壤含水量1				-0.985**	-0.972**	-0.980**
土壤含水量2				0.991**	0.960**	0.997**
土壤含水量3				0.970**	0.997**	0.996**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根1	-0.977**	0.990**	0.989**			
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根2	-0.991**	0.990**	0.989**			
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根3	-0.990**	0.987**	0.999**			

a) **: 在0.01水平(双侧)上显著相关

表 4 根生物量与海拔、碳氮比和土壤温度之间的相关性^{a)}Table 4 Correlation between root biomass and altitude, carbon to nitrogen ratio and soil temperature^{a)}

	海拔	土壤碳氮比	土壤温度	土壤温度	土壤温度
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根1	-0.980**	0.999**	-0.970**	-0.990**	-0.970**
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根2	-0.966**	0.979**	-0.990**	-0.998**	-0.996**
兴安落叶松 <i>L. gmelinii</i> 根3	-0.999**	0.991**	-0.994**	-0.993**	-0.989**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根1	-0.987**	0.994**	-0.979**	-0.990**	-0.997**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根2	-0.979**	0.997**	-0.989**	-0.995**	-0.998**
白桦 <i>B. platyphylla</i> 根3	-0.990**	0.999**	-0.999**	-0.988**	-0.998**

a) **: 在0.01水平(双侧)上显著相关

生物量与土壤含水量的相关关系分析结果, 与落叶松的结果相同。

表4结果表明, 落叶松和白桦的根生物量与不同深度的土壤温度关系都呈现显著负相关。落叶松和白桦的根生物量分别与海拔高度呈现显著负相关, 与土壤碳氮比呈显著正相关。

3 讨论

植物功能性状及性状之间的关系反映了植物对环境的适应和响应策略以及物种性状的演化规律。植物是由多个与功能相对应的性状构成的生物体, 许多复

杂的性状作为生理上完整的单位发挥作用。木本植物生长受到各种条件的影响。生活在环境严峻地域(如低温、干旱等)的木本植物, 为了维持自身生存, 可能会采取一定措施来应对各种生存环境。除了选择降低其生长速度外, 经过长期严峻环境条件的选择, 木本植物可能演替出与环境相适应的生活史策略。

研究木本植物生长速度的变化主要集中于胸径、高度、年轮宽度、生物量、幼枝、叶片和细根等性状指标。枝叶大小关系是衡量植物生活史策略的重要维度。小枝结构和功能的可塑性也反映了植物对外部环境的适应性, 体现了环境过滤对生物群落构建的作用。

本实验针对寒温带区域特点, 加入了雪被的三个

主要特征作为环境影响因子。兴安落叶松的叶生物量与落叶松林下雪被中的雪水当量呈现显著的正相关。白桦的一年生幼枝的生物量与落叶松林下雪被中的雪水当量呈现极显著的正相关, 其中, 白桦的实验结

果与已有的研究^[14]中幼苗的茎生物量随着雪被增加而增加的结论相似。本实验的结果验证了生态学中环境过滤是驱动寒温带兴安落叶松林群落构建的关键因子。

参考文献

- 1 Liu X J, Ma K P. Plant Functional Traits—Concepts, applications and future directions (in Chinese). *Sci Sin Vitae*, 2015, 45: 325–339 [刘晓娟, 马克平. 植物功能性状研究进展. 中国科学: 生命科学, 2015, 45: 325–339]
- 2 He N P, Liu C C, Zhang J H, et al. Perspectives and challenges in plant traits: From organs to communities (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2018, 38: 6787–6796 [何念鹏, 刘聪聪, 张佳慧, 等. 植物性状研究的机遇与挑战: 从器官到群落. 生态学报, 2018, 38: 6787–6796]
- 3 He N, Liu C, Piao S, et al. Ecosystem traits linking functional traits to macroecology. *Trends Ecol Evol*, 2019, 34: 200–210
- 4 Chen J G, Yang Y, Sun H. Advances in the studies of responses of alpine plants to global warming (in Chinese). *Chin J Appl Environ Biol*, 2011, 17: 435–446 [陈建国, 杨扬, 孙航. 高山植物对全球气候变暖的响应研究进展. 应用与环境生物学报, 2011, 17: 435–446]
- 5 Kim E, Donohue K. Local adaptation and plasticity of *Erysimum capitatum* to altitude: Its implications for responses to climate change. *J Ecol*, 2013, 101: 796–805
- 6 Zhu D G, Cui F X, Ni H W, et al. Tree composition of a boreal coniferous forest in China (in Chinese). In: Proceedings of the Twelfth National Conference on Biodiversity Science and Conservation in China. Beijing: China Meteorological Press, 2018. 303–307 [朱道光, 崔福星, 倪红伟, 等. 中国寒温带针叶林结构组成. 见: 第十二届全国生物多样性科学与保护研讨会论文集. 北京: 中国气象出版社, 2018. 303–307]
- 7 Yang D M, Zhang J J, Zhou D, et al. Leaf and twig functional traits of woody plants and their relationships with environmental change: A review (in Chinese). *Chin J Ecol*, 2012, 31: 702–713 [杨冬梅, 章佳佳, 周丹, 等. 木本植物茎叶功能性状及其关系随环境变化的研究进展. 生态学杂志, 2012, 31: 702–713]
- 8 Milla R, Reich P B. The scaling of leaf area and mass: The cost of light interception increases with leaf size. *Proc R Soc B*, 2007, 274: 2109–2115
- 9 Milla R. The leafing intensity premium hypothesis tested across clades, growth forms and altitudes. *J Ecol*, 2009, 97: 972–983
- 10 Sun M, Tian K, Zhang Y, et al. Research on leaf functional traits and their environmental adaptation (in Chinese). *Plant Sci J*, 2017, 35: 940–949 [孙梅, 田昆, 张贇, 等. 植物叶片功能性状及其环境适应研究. 植物科学学报, 2017, 35: 940–949]
- 11 Li J H, Peng G Q, Yang D M. Effect of stem length to stem slender ratio of current-year twigs on the leaf display efficiency in evergreen and deciduous broadleaved trees (in Chinese). *Chin J Plant Ecol*, 2017, 41: 650–660 [李俊慧, 彭国全, 杨冬梅. 常绿和落叶阔叶物种当年生小枝茎长度和茎纤细率对展叶效率的影响. 植物生态学报, 2017, 41: 650–660]
- 12 Fan Y W. Leaf and stem functional traits of superior woody species and their influencing factors in Northeast China's forests (in Chinese). Dissertation for Master's Degree. Beijing: Beijing Forestry University, 2011 [樊艳文. 东北主要木本植物叶和茎的功能性状及其影响因子的研究. 硕士学位论文. 北京: 北京林业大学, 2011]
- 13 Pan H L, Li M H, Cai X H, et al. Responses of growth and ecophysiology of plants to altitude (in Chinese). *Ecol Environ Sci*, 2009, 18: 722–730 [潘红丽, 李迈和, 蔡小虎, 等. 海拔梯度上的植物生长与生理生态特性. 生态环境学报, 2009, 18: 722–730]
- 14 Domisch T, Martz F, Repo T, et al. Let it snow! Winter conditions affect growth of birch seedlings during the following growing season. *Tree Physiol*, 2019, 39: 544–555

Characteristics of leaves, stems and roots of dominant trees in *Larix gmelinii* forest in the cold temperate zone

ZHU DaoGuang¹, XU XueHong², YANG LiBin¹, YANG Fan¹, LI JinBo¹, CUI FuXing¹,
YE WanHu³ & NI HongWei^{1,4}

¹ Key Laboratory of Biodiversity Science, Institute of Natural Resources and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040, China;

² State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

³ Key Laboratory Vegetation Restoration Degraded Ecosystems, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

⁴ Heilongjiang Academy of Forestry, Harbin 150081, China

Plant functional traits and environmental changes and their adaptation mechanisms are hot topics in ecological research. Plant functional traits can reflect the adaptation of plants to different environmental conditions, fitness or productivity during long-term evolution. In this paper, the functional traits of the stems, leaves and roots of dominant woody plants in the *Larix gmelinii* forest in the cold temperate zone were measured, and the environmental factors such as temperature, humidity, topography, soil and snow were measured simultaneously. The experimental results showed that the cold temperate zone, the leaf area and specific leaf area of *L. gmelinii* and *Betula platyphylla* have certain patterns|the biomass of annual branchlets of both trees is directly related to the average biomass of roots, and the biomass of annual branchlets of *B. platyphylla* and the snow water equivalent of the snow is directly related to the soil water content of 5–10 cm. The other environmental factors are not directly related to the annual branch biomass. The root traits of the *Rhododendron-L. gmelinii* forest are not only directly related to other plant traits (such as leaves and stems), but also directly related to external environmental factors. It is indirectly affected by environmental factors such as soil temperature, soil water content, soil carbon-nitrogen ratio and altitude.

Larch gmelinii forest, leaf trait, stem trait, root trait, cold temperate zone

doi: [10.1360/SSV-2019-0021](https://doi.org/10.1360/SSV-2019-0021)