

# 浑善达克沙地四种生境中榆树 天然更新幼苗发育的比较

郭 柯, 刘海江

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**摘要:**对浑善达克沙地腹地风蚀低地、覆沙草地、平坦流动沙地和流动沙丘阴坡 4 种类型生境中植物群落和榆树幼苗生长的比较研究结果表明: (1) 尽管单个样方内植物种数生境间没有差异, 但群落总盖度覆沙草地的最低, 流动沙丘阴坡上的居中, 风蚀低地和流沙平地的最高。榆树幼苗的分盖度风蚀低地的最高, 在流沙平地的次之, 在覆沙草地的最低, 流动沙丘阴坡的介于流沙平地和覆沙草地的中间, 但与二者没有显著性差异; (2) 风蚀低洼地的幼苗生长的最好, 平均高度、主根长度、叶片数和叶面积均显著大于生长在覆沙草地和流沙平地的幼苗的。生长在流动沙丘阴坡上幼苗的植株高度、叶片数目和叶面积介于它们之间, 主根长度与风蚀低地的没有显著差异; (3) 风蚀低洼地榆树幼苗根、茎、叶各部分生物量都明显地高于生长在其它 3 种生境中幼苗的, 流动沙丘阴坡上榆树幼苗的生物量还明显高于生长在覆沙草地和流沙平地上的, 生长在覆沙草地和流沙平地的榆树幼苗的生物量基本上没有差异。该结果说明, 榆树幼苗在风蚀低地生长最好, 其次是在流动沙丘阴坡, 这两种生境可能是浑善达克沙地榆树更新的主要地方。

**关键词:**浑善达克沙地; 生境; 榆树; 幼苗; 更新

## A comparative researches on the development of elm seedlings in four habitats in the Hunshandak Sandland, Inner Mongolia, China

GUO Ke, LIU Hai-Jiang (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (9): 2024~2028.

**Abstract:** The temperate semiarid climate occurs in the Hunshandak Sandland, Inner Mongolia, northern China. On the sandy soil, a kind of grassland with patches of elm (*Ulmus pumila*) trees and some shrubs becomes the sub-climax vegetation. Therefore the landscape looks like somewhat savanna. The elm trees in the grassland play very important roles in reducing the wind velocity and in moderating the harsh habitats. However, more and more of the elm trees died due to over grazing or exposition of roots resulted from soil erosion during the past decades, and few saplings older than two years could be found. In summer of 2001, a great cohort of elm seedlings emerged in the grassland and they grew and survived differently in different types of landform in the following year, but no new seedling emerged in 2002. How does elm tree regenerate and how did the current trees grow up? Elm trees in the grassland grow often in patches or in belts in different kinds of habitats. The trees in a patch or belt seem to be from one or a few cohorts. As landform types with certain ecological conditions are often in patches or belts too and sand dune movement often results in shifts of landform type, the different growth and survival status of the seedlings in different types of landform, and the tree distribution pattern both in space and in tree age elicited a hypothesis that current elm trees might regenerate and grow up from one or a few certain types of landforms, i. e. habitats. To examine the hypothesis, development of the elm seedlings growing in four habitats was comparatively studied in summer of 2002. The four habitats are an eroded low land, a grassland with sandy ground surface, a flat drift sandland and a northern slope of sand dune.

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大资助项目(KSCX1-08); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999043507)

收稿日期: 2003-10-09; 修订日期: 2004-04-05

作者简介: 郭柯(1961~), 男, 山西运城人, 博士, 研究员, 主要从事植物生态学和退化生态系统恢复研究。guoke@ibcas.ac.cn

**Foundation item:** Knowledge Innovation Project of CAS (No. KSCX1-08) and State Key Basic Research Development Planning Project of China (No. G1999043507)

Received date: 2003-10-09; Accepted date: 2004-04-05

**Biography:** GUO Ke, Ph. D., Professor, mainly engaged in plant-ecology.

The results showed: (1) although number of species per quadrat was not different significantly between the four habitats, coverage of community was least in the grassland with sandy ground surface, and was largest both in the eroded low land and in the flat drift sandland. For the elm seedlings only, the coverage was least in the grassland with sandy ground surface, and was largest in the eroded low land; (2) the seedlings growing in the eroded low land were best, with significant taller shoots, longest main roots, most leaves and largest leaf area, while the seedlings in the grassland with sandy ground surface and in the flat drift sandland were all worst; (3) biomass per seedling growing in eroded lowland was significantly higher than that in the rest three habitats, and biomass per seedling in the sanddune slope was also greater than that in the grasslands with sandy ground surface and with the flat drift sandland. All these suggested that elm seedlings developed best in the habitat of eroded low land, and then better in the northern slope of sanddune than in the habitats of grasslands with sandy ground surface and with flat drift sandland. The eroded low lands with shallow ground water and relative fertile soil, as well as the northern slopes of sanddune with less sunshine and higher soil water content might be the suitable habitats of the elm regeneration in natural conditions.

**Key words:** Hunshandak Sandland; habitats; Elm (*Ulmus pumila*); seedling; regeneration

文章编号:1000-0933(2004)09-2024-05 中图分类号:Q948.118.S718 文献标识码:A

榆树(*Ulmus pumila*)<sup>[1]</sup>根系庞大,具有耐干旱寒冷,抗风沙的生态特性。在浑善达克沙地,榆树结实有明显的大小年之分,仅在个别年份才大量结实,在其它年份果实则很少见,由此造成榆树幼苗在某些个别年份大量出现,而在随后的年份几乎没有。榆树疏林草原是内蒙古自治区锡林郭勒盟境内浑善达克沙地东段最主要的地带性植物群落类型<sup>[2,3]</sup>,属于温带沙地特殊环境中的偏途顶级植被。在浩瀚的浑善达克沙地,榆树在防风固沙方面发挥着重要的作用,其营造的环境也丰富了草原单调的景观和该地区的生物多样性。

然而,榆树较高利用价值以及沙区缺乏替代产品使其遭受严重的滥砍乱伐,而幼苗较好的适口性成为其常常被牲畜啃食主要原因。近年来,浑善达克沙地草地沙化、荒漠化加剧和过度放牧与榆树遭受严重破坏有直接的关系,当地牧民和科技人员一致认为,浑善达克沙地的榆树现在是越来越少了。根据 2001 年和 2002 年的野外调查,发现了 4 个基本的事实:(1)浑善达克沙地的榆树种群结构主要是生长多年的大树和 2001 年发育的实生苗,超过 2 年龄的小树很少,种群的这种结构说明榆树更新有困难,而据当地牧民反映,榆树更新困难的原因与牲畜的啃食有关,围栏封育的对照结果也充分证明了这一点;(2)榆树大多都呈片块或带状生长,且某一片中的榆树常由一个或几个相近年龄组组成,说明可能是从相同或相似的生境中生长起来的;(3)围封了 2a 的试验区内 2001 年发育的榆树幼苗的密度、长势和死亡率在不同生境明显不同,到 2002 年夏天,幼苗保留仍较多的是地下水位较高的新形成的风蚀低地、覆沙草地、流沙平地、沙丘阴坡,而在沙丘的顶部、迎风坡、阳坡、密实的低地草甸等生境中保留很少或完全消失。(4)由于沙地土壤基质的不稳定性,沙基质的移动能够产生生态条件截然不同的多种生境类型,而且,这些生境类型也会随着沙基质的移动而转化,在具体的地点发生不规律的周期性替代变化。对观察到的 4 个基本事实和沙地生境的这种特殊性的综合考虑得到如下有待证实的科学假设:尽管目前浑善达克沙地的榆树疏林在多个生境中都有生长,但榆树种群年龄结构单调和呈条块状分布的现象提示它们可能最初是(或者主要是)在某种(或某几种)特定的生境类型中更新起来的。

本文研究了浑善达克沙地 4 种最主要生境(风蚀低地、覆沙草地、流沙平地、流动沙丘阴坡)中榆树幼苗的生长情况,目的是通过比较幼苗的生长情况,探讨最适合榆树更新的生境,为正确地回答上述问题提供有说服力的证据。

## 1 研究地点和方法

研究地点位于浑善达克沙地腹地的内蒙古自治区正蓝旗贺日斯台苏木白音胡硕嘎查使用多年的夏季牧场(夏营地),地理坐标范围是北纬 42°53'~42°58',东经 116°1'~116°8'。此处近年来植被荒漠化严重,多年几乎看不到更新的榆树幼苗,2001 年春开始实施封育。同年,成年榆树正逢结实大年,大量籽实饱满的翅果成熟后随风飘落在沙地上,当年夏天就生长出大量的幼苗。2001 年 7 月 8 日在封育区内观察到流沙地上的幼苗密度达到 1992 株/m<sup>2</sup>,但随后许多幼苗因种种原因而死亡。2002 年实验区及其周围地区没看到有结实的榆树,也没有见到新发育的幼苗。

2002 年 7 月下旬,在该封育区内选择了有区域代表性的 4 种主要生境类型:风蚀低地、覆沙草地、流沙平地和流动沙丘阴坡。风蚀低地指丘间低地(塔拉)中由风力吹蚀形成的低洼地,地下水位较浅,约 1 m,降雨较大时还有短期积水,表层土壤为很久以前滩地上形成的沙壤质黑色草甸土,含有丰富的有机质和氮素。覆沙草地指丘间低地中有相对稳定的草本植物群落的覆沙地,群落优势种有冰草、苔草、二裂委陵菜等,沙土基本处于固定状态,只是有一定的积沙现象,地下水位在 1.5 m 以下;流沙平地指位于丘间低地或沙丘削平后的低矮沙垄,其上生长的主要是沙米、狗尾草等一些 1 年生植物,地表既有风蚀也有风积的现象,说明表层土壤有一定的移动,地下水位在 2 m 以下;流动沙丘阴坡是高于 4 m 的流动沙丘的北坡,沙丘流动太快

或阴坡有大量落沙的沙坡基本没有植物生长,但沙丘流动较慢,有少量沙土自然滑落的沙坡上,沙埋现象较弱,有榆树幼苗和其他草本植物生长。后 3 种类型的土壤都是风沙土。

在每种生境类型中选择了 3 个取样地点,每个地点随机取 10 个样株。在每个取样地点做“田”字结构的  $1 \times 1 \text{ m}^2$  样方 4 个,记录植物群落种类组成和盖度等基本特征以及榆树幼苗的数量、高度(最高、平均、最低)等生长状况。并分层(0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm)采集了土样,应用传统的土壤成分分析方法在化学分析实验室内做了分析。

样株带回实验室后用水洗净,测量其样株的株高、主根长度、叶片数量,并将根、茎、叶分开分别装纸袋后在  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  烘干 24 h,称得根、茎、叶的干重。

叶面积用比叶面积系数法计算得到。在每个生境类型中另外随机选取 10 株幼苗,共选取 40 株。用扫描仪记录这些植株每个叶片的形状和大小,并用图象软件算得每株的总叶面积。扫描过的叶片与样株叶片相同处理后称得叶片干重,再用每株的叶面积除以它的叶片干重得到该植株的比叶面积(叶面积/叶干重)。以每个生境类型中 10 株幼苗的比叶面积的平均值作为计算该生境中幼苗叶面积的比叶面积系数,用每个样株的叶片干重乘以自己所在生境的比叶面积系数就得到该样株的叶面积值。

## 2 结果

### 2.1 取样地点的土壤、植被特征和幼苗生长状况统计

取样地点沙质草甸土和风沙土的一些基本特征参见表 1。

表 1 土壤基本特征

Table 1 The main characteristics of the soil

土壤类型 Types of soil	沙质草甸土 Sandy meadow soil			风沙土 Wind-blown sandy soil		
	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30
土层 Soil layers (cm)	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30
全 N 量 Total nitrogen (g/kg)	8.7	11.11	16.33	1.18	2.23	2.69
有机质 Organic matter (g/kg)	13.45	22.41	32.76	2.52	2.16	6.37
可溶钠 Soluble sodium (mg/kg)	33.15	71.63	63.84	10.48	8.81	8.00

根据每个采样地点  $4 \text{ m}^2$  样方(由 4 个  $1 \text{ m}^2$  小样方组成)的记载,12 个取样地点的植被特征和榆树幼苗的生长情况如表 2。统计及显著性检验分析结果表明:风蚀低地、覆沙草地、流沙平地 and 沙丘阴坡各有 9、8、6、10 种植物,但单个样方内物种数量 4 种生境之间却没有显著性差异( $P=0.240$ )。群落总覆盖度、榆树幼苗的分盖度、密度和平均高度在 4 种生境间都存在着极显著的差异(所有  $P=0.000$ )。群落总覆盖度在覆沙草地上的最低,沙丘阴坡上的居中,风蚀低地和流沙平地之间没有显著差异,是最高的;榆树幼苗的分盖度在风蚀低地的最高,在流沙平地的次之,在覆沙草地的最低,沙丘阴坡的介于流沙平地 and 覆沙草地的中间,但与二者没有显著性差异;榆树幼苗的分盖度占群落总盖度的比例与群落总盖度和榆树分盖度在 4 种生境间的趋势完全一样,在风蚀低地的最高,达 90%,在流沙平地 and 沙丘阴坡的次之,分别为 44% 和 36%,在覆沙草地的最低,仅为 15%;榆树幼苗密度流沙平地的最高,风蚀低地的次之,覆沙草地的最低,仅是流沙平地的 1/6,沙丘阴坡的与后二者没有显著性差异;幼苗平均高度风蚀低地的最高,沙丘阴坡的次之,流沙平地 and 覆沙草地的没有显著性差异,二者最低。

### 2.2 幼苗的大小

4 种生境中榆树幼苗的平均高度、主根的长度、叶片数和叶面积如图 1 所示。

生长在风蚀低洼地的幼苗的各参数均显著大于生长在覆沙草地和流沙平地的幼苗。生长在沙丘阴坡的幼苗的植株高度、叶片数目和叶面积介于他们之间。尽管生长在风蚀低地幼苗的植株高度、叶片数目和叶面积均大于生长在沙丘阴坡幼苗,但主根的长度二者却没有差异。榆树幼苗的植株高度、叶片数目和叶

表 2 4 种生境中各取样点的植被及榆树幼苗概况

Table 2 The situations of vegetation and elm seedlings at the sampling spots

生境类型 Types of habitat	风蚀低地	覆沙草地	流沙平地	沙丘阴坡
	Low land	Grassland	Sandland	Sanddune
物种数量 Number of species	9	8	6	10
样点 1 Spot 1	8	6	4	6
样点 2 Spot 2	5	6	4	7
样点 3 Spot 3	6	5	6	6
植被总覆盖度 (%) Vegetation coverage				
样点 1 Spot 1	56	27	60	41
样点 2 Spot 2	62	28	63	52
样点 3 Spot 3	72	18	62	36
榆树幼苗分盖度 (%) Elm seedling coverage				
样点 1 Spot 1	50	4	30	16
样点 2 Spot 2	53	4	25	12
样点 3 Spot 3	68	3	27	17
榆树幼苗密度 (ind/m <sup>2</sup> ) Elm seedling density				
样点 1 Spot 1	78	38	195	58
样点 2 Spot 2	71	36	162	20
样点 3 Spot 3	117	24	220	25
榆树幼苗平均高度 (mm) Elm seedling height				
样点 1 Spot 1	323	35	40	128
样点 2 Spot 2	280	41	39	105
样点 3 Spot 3	210	40	44	200

面积在覆沙草地和流沙平地之间没有显著的区别,但生长在流沙平地的榆树幼苗的主根长度显著地大于生长在覆沙草地的幼苗。

### 2.3 榆树幼苗的生物量

榆树幼苗的单株生物量风蚀低地的为  $3040 \pm 237$  mg,覆沙草地的为  $205 \pm 17$  mg,流沙平地的为  $153 \pm 12$  mg,沙丘阴坡的为  $1155 \pm 128$  mg。4 种生境中榆树幼苗的根、茎、叶生物量和地上/地下生物量比如图 2 所示。

从图中可以清楚地看出,无论是整株幼苗的还是根、茎、叶各部分的生物量,生长在风蚀低地的榆树幼苗的都明显地高于生长在其它 3 种生境中的幼苗。生长在流动沙丘阴坡上的榆树幼苗的生物量明显高于生长在覆沙草地和流沙平地上的,但仅就茎的生物量而言,流动沙丘阴坡上的与覆沙草地上的差异是不显著的。生长在覆沙草地上和流沙平地上的榆树幼苗的生物量基本上没有差异。

地上/地下生物量的比显示,生长在风蚀低洼地的榆树幼苗的最大,而生长在流沙平地的最小,生长在覆沙草地和沙丘阴坡上的居中,二者没有显著差异。

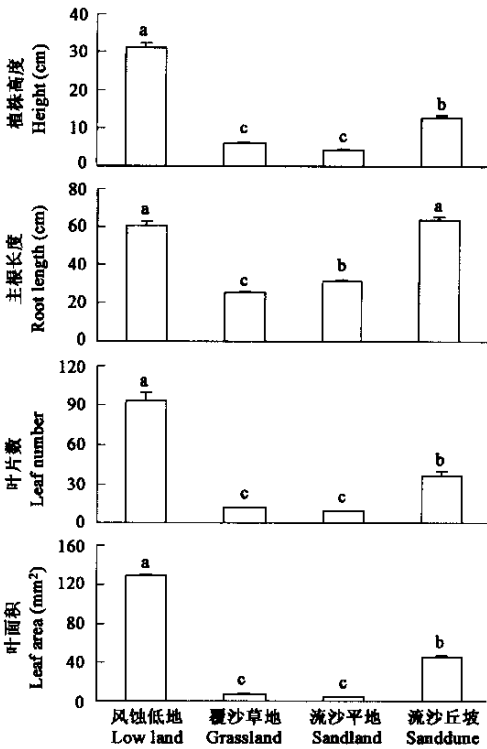


图 1 4 种生境中的榆树幼苗的高度、主根长度、叶片数目和叶面积  
Fig. 1 Shoot height, root length, leaf number and leaf area of the seedlings in the four habitats

标注相同字母的均值间没有统计学上的显著性差异 Means sharing same letter were not significantly different

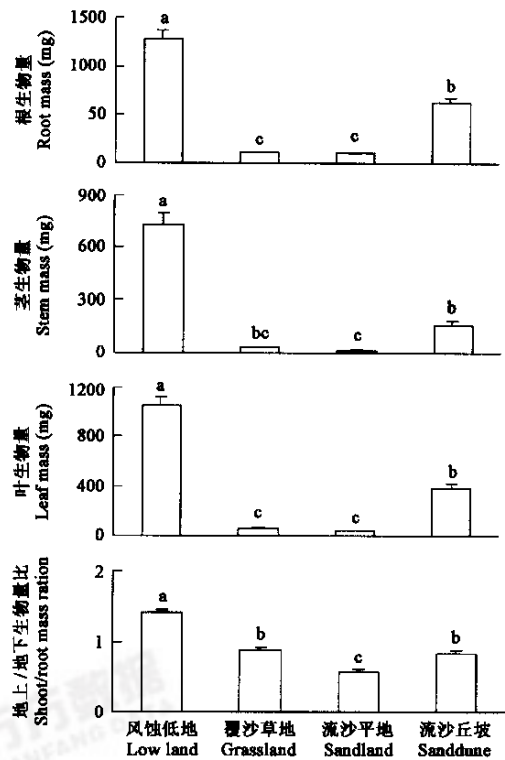


图 2 4 种生境中榆树幼苗的根、茎、叶生物量及地上/地下生物量比  
Fig. 2 Root mass, stem mass, leaf mass and the shoot/root mass ratio of seedlings in the four habitats

标注相同字母的均值间没有统计学上的显著性差异 Means sharing same letter were not significantly different

### 3 讨论

本文流沙平地取样点距离最近的母树约 40 m 远,2001 年夏调查了其幼苗的密度,但随后大量幼苗因干旱、日灼或风蚀暴根而死亡,到 2002 年 7 月仅保存下来约 10%。其余几个地点距离母树较远,也没有这样的对比数据。但是,野外调查时直接的感觉是无论在哪一种生境,幼苗都还较小,幼苗个体间的相互影响不可能大,这些幼苗的发育和生存主要受生态因子的影响。如果继续生长下去,随着幼苗的个体增大,个体间的影响会逐渐加大,需要考虑密度效应。

土壤可溶性钠能够反映研究区域土壤水分供给和土壤中可溶性矿物养分的大致状况。风蚀低地沙质草甸土可溶性钠明显偏高,说明有地下水或地表径流补给,水分条件最好,可溶性矿物养分也较好,而风沙土经过风蚀和淋溶作用,可溶性矿物明显偏低。

同样为 2 年生的榆树实生苗,在风蚀低地极显著地大于其它 3 种生境中,其单株生物量是覆沙草地的约 20 倍,是流沙平地的 30 倍。流动沙丘阴坡上生长的榆树幼苗也远大于覆沙草地和流沙平地的幼苗,生物量约是它们的 5.5 倍和 7.5 倍。这样的结果说明榆树幼苗对这两种生境,特别是风蚀低地的良好适应性。野外观察发现,覆沙草地和流沙平地榆树幼苗生长不良的主要原因似乎首先与土壤水分不足和土壤干湿交替有密切关系,在炎热的夏季,沙面的高温烤晒使榆树幼苗过度失水而失去膨压,甚至导致根系浅的幼苗被晒死,特别是 1 年生的小幼苗。据统计,流动平沙地的榆树幼苗第 1 年的死亡率高达约 90%,主要就是密度过高、根系浅、地表蒸发和植物消耗根系层水分很多,最后导致被晒死的。覆沙草地的榆树幼苗也受到其它浅根系型草本植物的竞争影响。另外,土壤肥力也深刻地影响着幼苗的生长,风沙土贫瘠,而草甸土相对肥沃的多。由此可知,风蚀低地和沙丘阴坡比较适合榆树幼苗的自然更新,有可能就是沙地榆树疏林自然更新发育起来的主要生境。

每株植物都是一个高度组织协调的统一体,能够根据生境的差异和获取生长所需资源的难易程度来调整自身各器官的生长,从而优化各器官功能的协调性,达到最快的生长,占据更大的空间。所以,根冠比在不同生境的差异就能反映植物的生态适应意义<sup>[4~8]</sup>。4 种生境中,对植物生长发挥主导作用的是土壤水分和肥力。风蚀低地的土壤水分和肥力最好,所以,植物的地上生物量与地下生物量的比值也最小,说明植物把较多的生物量投入到了地面以上器官的生长,以便能具有更大的叶面积来进行光合生产,由此,植物具有较大的相对生长速率<sup>[9]</sup>,产生最大的同龄植株。相反地,流沙平地的土壤主要由沙粒组成,养分极为贫瘠,大量幼苗消耗同样层次的土壤养分和水分,致使根系层比较干燥。在这种情况下,植物获取养分和水分都比较困难,将较多比例生物量投入根系的生长,以增强根系吸收能力,地上生物量与地下生物量的比值也就最小。覆沙草地的植物群落覆盖度较流沙平地的低许多(见表 2),地上生物量也少,对水分的消耗要少,地上生物量与地下生物量的比值也略高于流沙平地的。沙丘阴坡的土壤水分比较充足,地上生物量与地下生物量的比值显著地大于流沙平地 and 覆沙草地的,但因为土壤肥力不足,该比值还是显著地小于风蚀低地的。总之,4 种生境幼苗的生长对策也说明,风蚀低地最适合榆树幼苗的生长,其次是流动沙丘的阴坡。浑善达克沙地不连续的条块状榆树林很可能就是在风蚀低地或者还有相对稳定的沙丘阴坡发育起来。

## References:

- [ 1 ] Editorial commission of flora of Inner Mongolia. *Flora of Inner Mongolia*, Vol. 2. Huhhot: People's Press of Inner Mongolia, 1990. 112~113.
- [ 2 ] Liu H, Guo K. Classification and ordination analysis of grass communities in bottomland in Hunshandak Sandy Land. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(10):2163~2169.
- [ 3 ] Editorial commission of forests of Inner Mongolia. *Forests of Inner Mongolia*. Beijing: Forestry Press of China, 1988. 229~233.
- [ 4 ] Kozłowski T T. *Growth and Development of Trees*. Vol. 1. *Seed germination, ontogeny, and shoot growth*. New York and London: Academic Press, 1971.
- [ 5 ] Cannell M G R, Dewar R C. Carbon allocation in trees: a review of concepts for modeling. *Advances in Ecological Research*, 1994, **25**: 59~104.
- [ 6 ] Peace W J H, Grubb P J. Interaction of light and mineral nutrient supply in the growth of *Impatiens parviflora*. *New Phytologist*, 1982, **101**:731~742.
- [ 7 ] Schulze E-D. Root-shoot interaction and plant life forms. *Netherland Journal of Agricultural Science*, 1983, **31**:291~303.
- [ 8 ] Grubb P J, Lee W G, Kollmann J, et al. Interaction of irradiance and soil nutrient supply on growth of seedlings of ten European tall-shrub species and *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology*, 1996, **84**:827~840.
- [ 9 ] Hunt R. *Plant Growth Analysis*. London:Edward Alnord, 1978.

## 参考文献:

- [ 1 ] 内蒙古植物志编辑委员会. 内蒙古植物志(第二卷). 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1990.112~113.
- [ 2 ] 刘海江,郭柯. 浑善达克沙地丘间低地植物群落的分类与排序. 生态学报, 2003, **23**(10):2163~2169.
- [ 3 ] 内蒙古森林编辑委员会. 内蒙古森林. 北京:中国林业出版社, 1988. 229~233.