



# IAE 第二届海峡两岸森林动态样区研讨会

---

## 长白山阔叶红松林 径级分布内在机理探讨

王绪高，郝占庆

中国科学院沈阳应用生态所



Institute of Applied Ecology, CAS



# 报告内容

---

- 研究背景
- 研究区概况
- 研究方法
- 研究成果
- 讨论
- 结论



# 研究背景

- 虽然不同地区的森林在其类型、结构功能等方面有较大不同，但径级分布作为森林结构的重要组成部分，却有很大相似性：

✓ 倒“J”型分布



# 研究背景

---

- 已有很多学者针对不同地区森林的径级分布进行过研究，然而这些研究多限于分布类型的描述或分布模型的拟合，例如：

负指数分布

幂函数分布

Weibull分布

# 研究背景

---

➤近年来，热带地区森林径级分布的内在机理受到越来越多的关注：

新陈代谢生态学理论

(Metabolic ecology theory)

Demographic平衡理论

(Demographic equilibrium theory)

Enquist and Niklas 2001. *Nature*; Brown et al. 2004 *Ecology*; Muller-Landau et al. 2006. *Ecology Letters*; Coomes 2006 *Trends. Ecol. Evol.*



# 研究背景

---

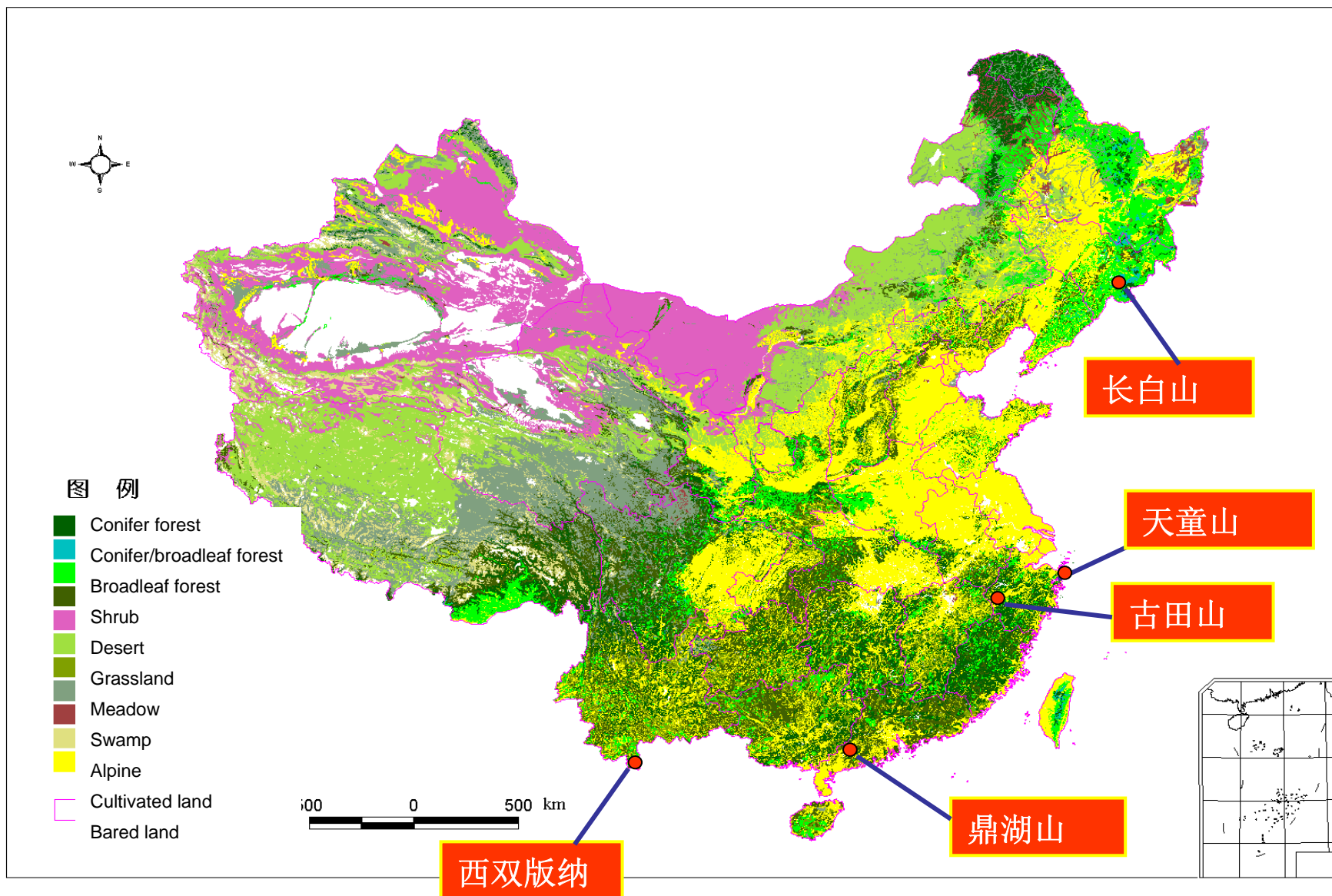
- 虽然这两个理论，尤其是平衡理论能够很好地预测热带森林在群落水平上的径级分布，然而，因其仅在热带森林地区得以应用，且没有考虑物种水平上的径级分布，所以，二个理论是否具有普遍性受到质疑。
- 另外，有研究表明具有相同生活史特性的物种具有相似的径级分布。

# 研究内容

---

- 应用新陈代谢生态学理论、Demographic平衡理论和纯统计函数（多项式函数）来预测温带森林群落和各树种的径级分布；
- 探讨哪种理论更适合该区森林的径级分布；
- 是否具有相同生活史特性的树种具有相似的径级分布等。

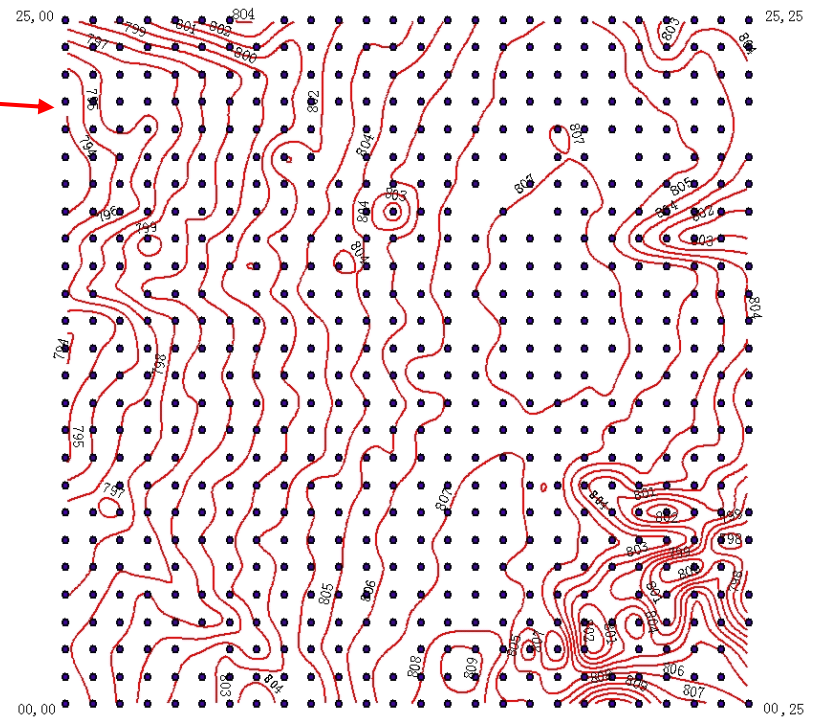
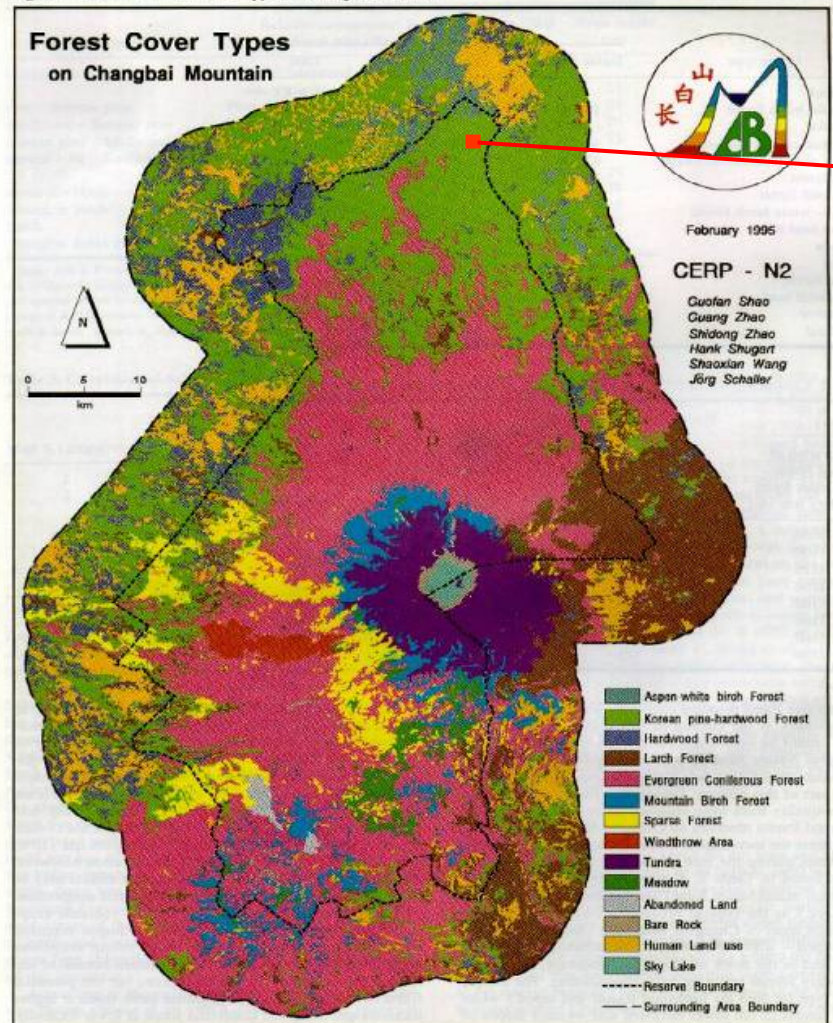
# 研究区概况





# 研究区概况

Fig. 3. Distribution of forest cover types on Changbai Mountain.



长白山25ha样地地形图



# 研究区概况

---

- 林型: 阔叶红松混交林
- 面积: **25 ha** (500m × 500m)
- 林龄: **300年**
- 物种组成: **52种** (乔木: 28; 灌木: 22; 藤本: 2), **18科, 32属**
- 个体数: **38902** (Multiple-stem: 59121)  
(DBH<10cm:28374; ≥10cm:10527; ≥30cm:4606; ≥50cm: 1680)
- 总胸高断面积: **43.23 m<sup>2</sup>/ha**; 平均 DBH: **10.52 cm**
- 海拔: 平均 **801.5m**, 高差 **17.7m**
- 经纬度: **42°12'N, 128°32'E**

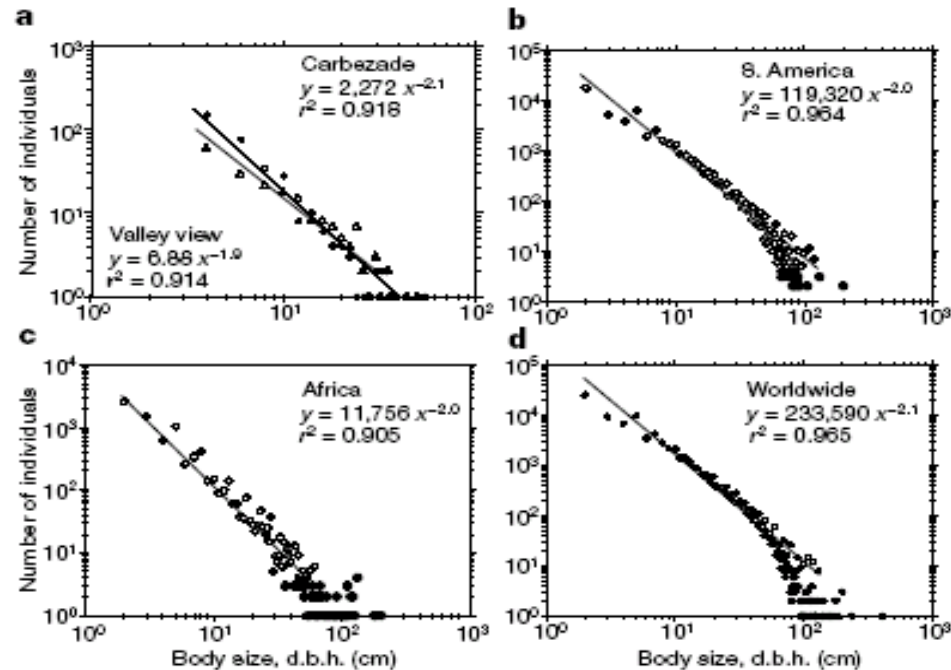


# 研究方法

## 新陈代谢生态学理论 (Metabolic ecology theory)

The theory assumes that a plant's resource use is proportional to its gross photosynthetic rate and plants growth until they are limited by resources.

$$f(D) = cD^{-2}$$

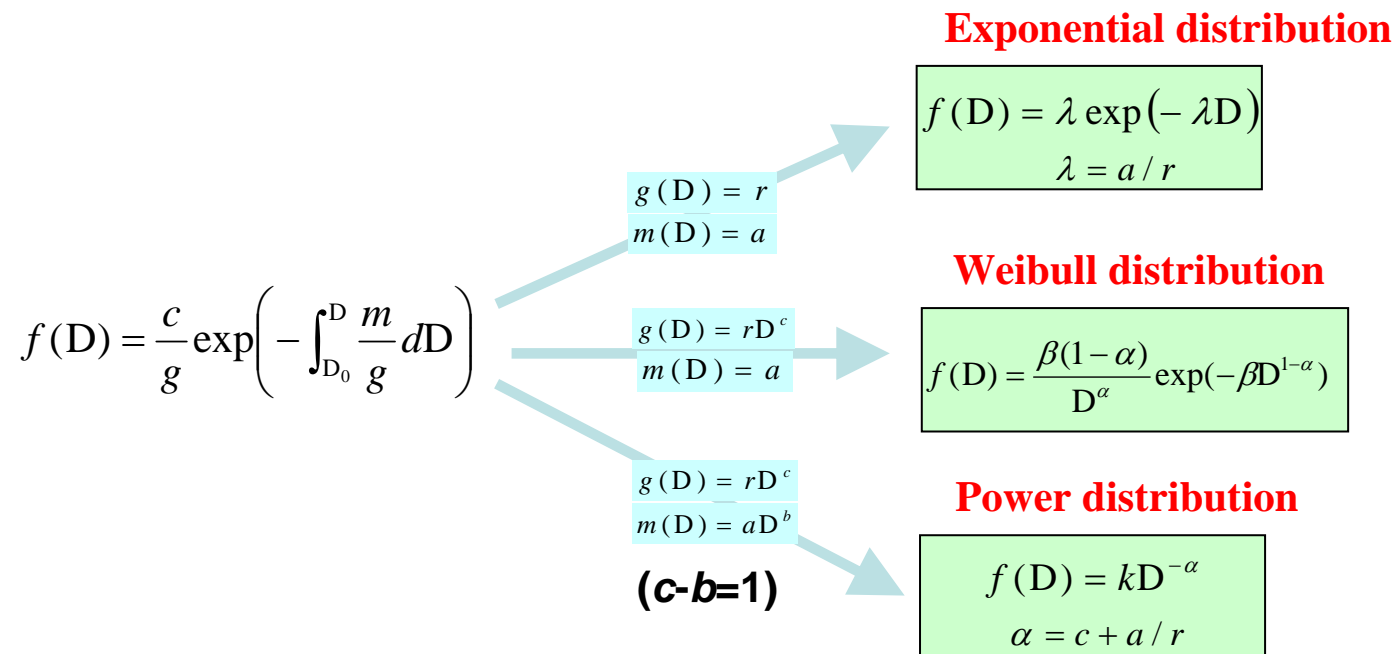


Enquist, BJ, Niklas, KJ. 2001. Invariant scaling relations across plant communities. Nature 410: 655-660.



## Demographic平衡理论

The theory assumes that tree size distributions can be understood as the simple demographic consequence of size-dependent variation in growth and mortality. A variety of tree size distributions could be derived based on various combinations of growth and mortality scaling functions.



Muller-Landau, H. C. et al. 2006. Comparing tropical forest tree size distributions with the predictions of metabolic ecology and equilibrium models. *Ecol. Lett.* 9: 589-602.





# 研究方法

---

## 多项式函数

No theory is proposed to explain the polynomial function and thus the polynomial function is purely statistical equation

$$\ln(f(D))=a_1D^4+a_2D^3+a_3D^2+a_4D+a_5$$





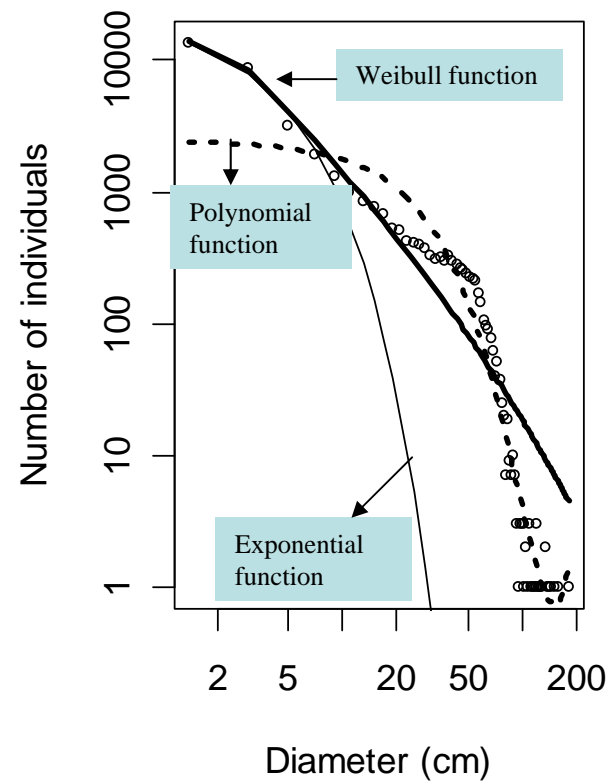
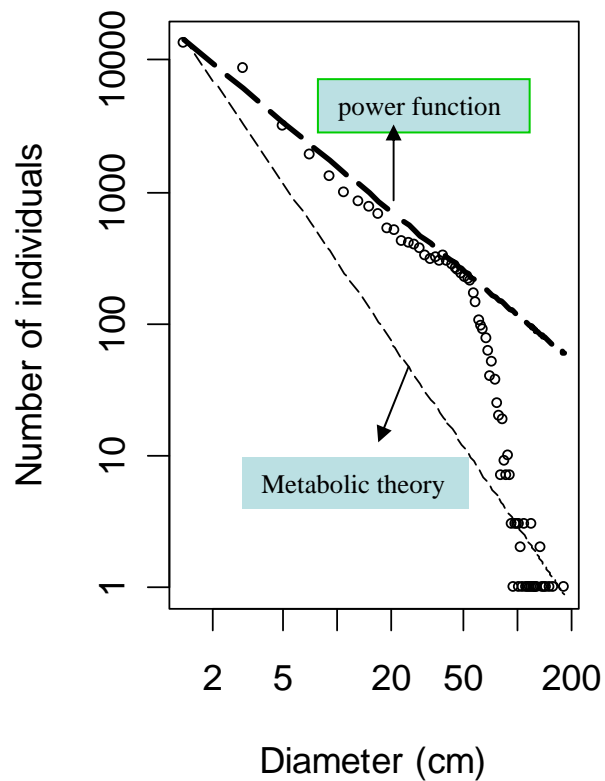
# 研究方法

---

- 模型参数估计：最大似然法
- 模型检验：Akaike's information criterion (AIC)



# 研究结果



Tree size distribution for all individuals

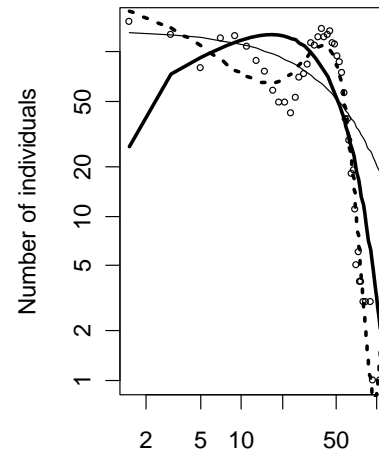
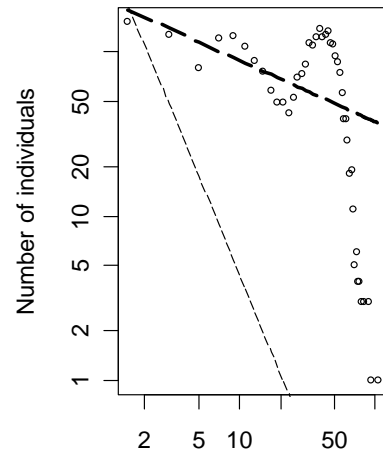
# 研究结果

	No. of trees	Metabolic model	Demographic model			Polynomial	Power function exponent, theta (SE)
			Power	Weibull	Negative exponential		
<b>All</b>	38902	1187.4	1051.6	<b>914.1</b>	996.9	1322.5	-1.13(0.03)
<b>Canopy layer</b>							
Overstory	8575	902.8	800.4	769.8	<b>723.6</b>	811.2	-0.52(0.04)
Midstory	17439	1050.4	840.1	<b>720.3</b>	859.3	1111.5	-1.21(0.02)
Understory	12888	907.3	889.2	<b>804.1</b>	864.5	904.9	-1.10(0.16)
<b>Family with individual &gt;100</b>							
<i>Aceraceae</i>	18024	1330.5	1074.3	<b>954.0</b>	1065.3	1422.2	-1.33(0.02)
<i>Betulaceae</i>	7945	1123.6	1117.1	1124.4	<b>1002.8</b>	1443.8	-2.20(0.09)
<i>Tiliaceae</i>	3337	747.8	635.7	693.9	667.6	<b>547.4</b>	-0.63(0.04)
<i>Pinaceae</i>	2475	832.2	771.3	<b>447.0</b>	734.0	491.0	-0.04(0.00)
<i>Oleaceae</i>	2289	901.4	804.2	786.7	<b>688.1</b>	786.9	-1.05(0.05)
<i>Ulmaceae</i>	1301	506.3	<b>258.5</b>	350.8	453.2	429.0	-1.22(0.02)
<i>Fagaceae</i>	926	489.6	384.5	408.2	385.4	<b>208.0</b>	-0.32(0.05)
<i>Rosaceae</i>	859	262.6	<b>205.3</b>	275.2	308.9	428.3	-1.67(0.03)
<i>Leguminosae</i>	753	369.4	305.8	<b>164.2</b>	273.4	165.4	-0.41(0.09)
<i>Saxifragaceae</i>	472	441.5	<b>393.2</b>	394.3	394.7	462.2	-6.24(0.80)
<i>Rhamnaceae</i>	151	146.6	96.6	85.9	<b>84.0</b>	103.3	-0.87(0.08)
<i>Caprifoliaceae</i>	112	55.0	5.1	14.9	<b>0.8</b>	14.4	-3.51(0.17)

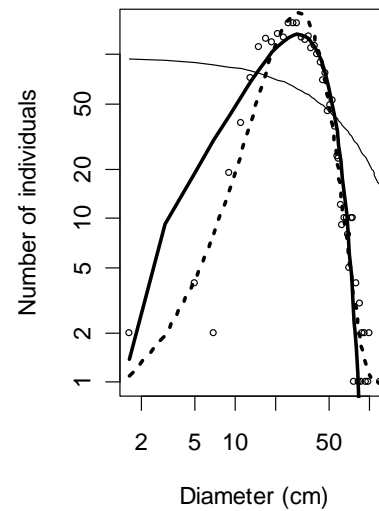
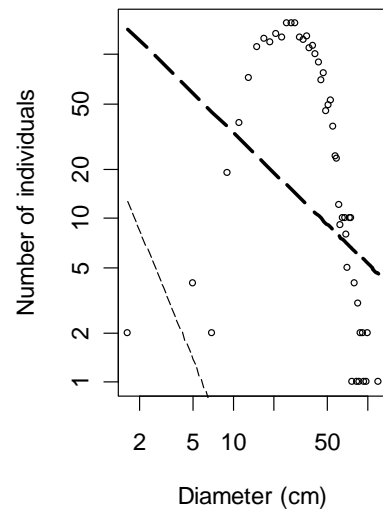




# 研究结果



*Tilia amurensis*



*Pinus koraiensis*

# 研究结果

Species	Best-fit function	Weibull function paramters		Power function exponent ( $\theta$ )	Exponential function parameter
		Shape ( $\alpha$ )	Scale ( $\beta$ )		
<i>Corylus mandshurica</i>	Weibull	-0.93(0.03)	0.46(0.02)	-1.36(0.17)	0.71(0.09)
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>		-0.2(0.02)	0.12(0.01)	-0.96(0.06)	0.17(0.003)
<i>Acer barbinerve</i>		-0.39(0.03)	0.43(0.02)	-0.99(0.18)	0.39(0.08)
<i>Pinus koraiensis</i>		-1.43(0.04)	0.0002(0.00)	-0.80(0.25)	0.02(0.004)
<i>Syringa reticulata</i>		-0.81(0.05)	0.08(0.01)	-0.91(0.13)	0.25(0.03)
<i>Maackia amurensis</i>		-0.93(0.05)	0.01(0.00)	-0.41(0.09)	0.06(0.01)
<i>Tilia mandshurica</i>		0.51(0.05)	0.6(0.11)	-0.95(0.05)	0.22(0.02)
<i>Rhamnus ussuriensis</i>		-0.14(0.11)	0.11(0.03)	-0.80(0.11)	0.12(0.02)
<i>Acer ginnala</i>		-0.35(0.17)	0.22(0.07)	-1.02(0.17)	0.35(0.05)
<i>Acer mono</i>	Power	0.58(0.01)	0.99(0.05)	-1.53(0.03)	0.58(0.02)
<i>Acer tegmentosum</i>		0.5(0.01)	1.05(0.16)	-1.81(0.05)	0.99(0.07)
<i>Prunus padus</i>		0.5(0.06)	1(0.19)	-1.57(0.03)	0.6(0.03)
<i>Philadelphus schrenkii</i>		0.89(0.15)	40.49(54.88)	-7.42(0.31)	6.39(0.34)
<i>Acer triflorum</i>		0.14(0.07)	0.19(0.04)	-1.05(0.05)	0.28(0.03)
<i>Ulmus laciniata</i>		0.48(0.08)	0.43(0.35)	-1.59(0.03)	0.6(0.03)
<i>Crataegus maximowiczii</i>		-0.25(0.22)	0.64(0.22)	-1.89(0.18)	1(0.12)
<i>Malus baccata</i>		0.6(0.11)	1.11(0.47)	-1.48(0.06)	0.56(0.05)
<i>Ulmus japonica</i>	Exponential	0.48(0.03)	0.43(0.05)	-0.87(0.04)	0.15(0.01)
<i>Acer mandshuricum</i>		0.59(0.07)	1.05(0.29)	-1.58(0.09)	0.65(0.05)
<i>Tilia amurensis</i>	Polynomial	-0.47(0.02)	0.01(0.00)	-0.37(0.06)	0.02(0.003)
<i>Quercus mongolica</i>		-0.58(0.01)	0.002(0.00)	-0.25(0.07)	0.01(0.003)
<i>Fraxinus mandshurica</i>		-1.48(0.08)	0.0001(0.00)	-0.09(0.20)	0.01(0.005)

# 讨论

- 新陈代谢理论并不能够用来预测长白山阔叶红松林群落和各树种的径级分布，这主要是由于该理论并没有考虑该森林内不同径级大小的树种在资源利用上的差异。
- 该理论主要基于在同龄林中的研究工作：在同龄林中，每棵树木对资源的利用具有相同的能力。然而长白山阔叶红松林有明显的分层现象，不同层的树种对资源（例如，光）的利用有明显的不同，进而违背了该理论的假设。



# 讨论

---

- Demographic平衡理论则假设在动态平衡条件下，森林中生物个体出生率和死亡率是由个体大小来控制的，因此径级分布可有基于不同个体大小的出生率和死亡率来估计。我们的研究结果表明该平衡理论的确能够在很大程度上预测长白山阔叶红松林的径级分布。

# 讨论

- ▶ 尽管Demographic平衡理论能够很好的预测该区森林群落和大多数物种的径级分布，但也有几个物种例外，例如：紫椴、蒙古栎和水曲柳。这几个物种的径级分布曲线比较复杂（例如，Rotated Sigmoid curve），不能用该平衡理论来预测，而多项式函数则能很好地弥合其分布曲线，其原因可能：
  - ✓ 该模型假设死亡率保持恒定或者随径级增加而逐渐下降，然而在该区风干扰比较频繁，这就造成大树的死亡率比较高，因此该区许多物种的死亡率曲线可能呈“U”型。

# 讨论

各树种的径级分布并不完全取决于其生活史特性（例如，**科**，冠层和耐阴性等）：

例如，在槭树科中，

- ✓ Weibull function: 假色槭 (*Acer pseudo sieboldianum*), 簇毛槭 (*A. barbinerve*) 和茶条槭 (*A. ginnala*);
- ✓ Negative exponential function: 白牛槭 (*A. mandshuricum*);
- ✓ Power function: 色木槭 (*A. mono*), 青楷槭 (*A. tegmentosum*) 和 拧筋槭 (*A. triflorum*)

# 讨论

各树种的径级分布并不完全取决于其生活史特性（例如，科，**冠层**和耐阴性等）：

- 例如，在所有9个被Weibull分布拟合的物种，分别由2，4和3个物种分别属于主林层、次林层和林下层。另外，幂函数不能预测主林层树种，而负指数分布不能用来预测林下层树种。

# 讨论

各树种的径级分布并不完全取决于其生活史特性（例如，科，冠层和耐阴性等）：

- 有研究表明耐阴性物种其径级分布呈单调下降曲线，接近于负指数或者负幂函数分布。然而我们研究表明许多耐阴性物种并不是都呈这种趋势：
  - *Acer barbinerve*: unimodal;
  - *Tilia amurensis*: rotated sigmoidally shaped



# 结论

- 新陈代谢理论并不能够用来预测长白山阔叶红松林群落和各树种的径级分布，这主要是由于该理论并没有考虑该森林内不同径级大小的树种在资源利用上的差异；
- **Demographic**平衡理论可以很好地用来预测长白山阔叶红松林群落和大多数树种的径级分布，但表现形式有所不同，这表明各树种在该森林内的生长和死亡率是不同的。还有一些树种，例如紫椴、蒙古栎和水曲柳的径级分布呈复合曲线，不能用平衡理论来预测，而多项式函数则能很好地弥补其分布曲线，这可能是这些树种在某些时期受过外界较大的干扰的结果；
- 另外，各树种的径级分布并不完全取决于其生活史特性（例如，科，冠层和耐阴性等），也就是说具有相似生活史特性的树种，其径级分布并不一定相同。

An aerial photograph of a vast forest during autumn. The trees are in various stages of color change, with many showing bright yellow and orange leaves, interspersed with some evergreen trees that remain green. In the far distance, a prominent, rounded mountain peak is visible against a pale, overcast sky. The overall scene is a wide, panoramic view of a natural landscape.

*Thank you !*