



东北师范大学

长白山综合性野外实习研究课题

长白山针阔混交林优势木本植物 叶片性状分析

学 院： 生命科学学院

指导教师： 李海燕

小组组长： 陈默

小组成员： 毛舜 刘婷 罗喜 余瑶

赵晓炜 王子璇 妮尔斯曼

实习时间： 2017 年 7 月 5 日- 7 月 14 日

长白山针阔混交林优势木本植物叶片性状分析

摘要 植物叶片性状是研究植物生态策略的重要性状之一，能很好的反映植物的适应。对长白山针阔混交林中常见的 10 种木本植物叶片的叶面积、叶长、叶宽、叶片干重进行取样测量和分析。结果表明：各叶片性状特征中叶片干重的变异系数最大；叶片各性状指标间生长规律中，除山杨、千金榆和裂叶榆的叶面积与长度，蒙古栎的叶面积与宽度，香杨、千金榆、假色槭、蒙古栎的叶面积与干重呈同速生长外，其余均为异速生长型。并发现叶片生长受遗传因子的控制力更大，体现出叶片的生长具有一定的生态可塑性。

关键词 叶片性状 异速生长 同速生长 生态可塑性 生长规律

Analysis of Functional Characters of Dominant Woody Plants in Coniferous and Broad - leaved Mixed Forest in Changbai Mountain

Abstract Plant leaf traits are one of the important traits of plant ecological strategy, which can well reflect the adaptability of plants. The leaf area, leaf length, leaf width and leaf dry weight of 10 species of woody plant leaves in Changbai Mountain coniferous and broad - leaved mixed forest were sampled and analyzed. The results showed that the variation coefficient of leaf dry weight was the highest among the leaf traits, and the leaf area and length of the leaves were different from that of the leaves, and the leaf area and width, The leaf area and dry weight of *Caryopsis japonicus* were the same speed growth. And found that leaf growth by genetic factors greater control, reflecting the growth of leaves with a certain degree of ecological plasticity.

Key words leaf traits、allometric growth、simultaneous growth、ecology plasticity、growth regularity

1 引言

植物在漫长的进化和发展过程中，与环境相互适应，逐渐形成了许多内在生理和外在形态方面的适应对策，以最大程度减少受到环境的影响，这些适应对策的表现即为植物性状^[1]。而

某些植物性状的存在与否及其数量的多少，也反映了植物所在的功能特征，因此这些植物性状又被称为植物功能性状。

植物叶片是维持陆地生态系统机能的最基本要素，是植物获取资源的重要器官，对环境变化敏感且可塑性大，其养分组成不仅能够反映植物的生态策略，而且也是适应生境条件的一种表征^[2]。不同叶片性状之间经常表现出相关关系，并且叶片性状之间的关系普遍存在于植物种群、群落和生物区系中，能够明显的反映出植物对气候和其它环境限制的趋同适应^[3]。不仅如此，叶片还是植物获得光能，进行光合与蒸腾作用的主要器官，叶片的发育和叶面积的大小对植物的生长发育、抗逆性及产量等有极其重要的影响^[4]。因此，研究植物叶面积及其生物量对了解植株生长状况及产量的形成具有重要意义^[5]。

植物生长过程具有规律性，这种规律可看成是由物种的遗传性所决定的一个稳定特性^[6,7]。该规律包括同速生长型(isogony)和异速生长型(allometry)，同速生长是指生物体的某一特征(主要是形态学特征)的相对生长率与第 2 种特征的相对生长率都以相同的比例变化^[8]，异速生长指这 2 种特征变化速率不同。Weiner 把异速生长分为两类^[9]：一类是简单的异速生长，指将数值取对数形式时可为线性形式^[10,11]；另一类是非线性异速生长，指用非线性回归分析此种异速生长关系时，二次项系数显著，因而表现为曲线关系^[9, 12]。本实验中均采用简单的异速生长型进行描述。

长白山地区植被类型多样，植物种类丰富，植被垂直带明显，其针阔混交林拥带有多种阔叶木本植物，便于我们分析不同植物叶片功能性状的相互关系及其对环境的适应性^[13]。了解植物生长发育过程中相对尺度的变化和相对的生长状况及其定量刻画，是深入研究植物适应与进化的基础^[14]。本实验中，通过对长白山区针阔混交林带常见阔叶木本植物叶片的取样测定和比较分析，分析叶面积、叶干重、叶干重、叶长、叶宽等特征的差异和相关关系，以丰富植物功能性状的理论研究。

2 材料和方法

2.1 研究地区自然概况

长白山位于吉林省东南部，地处东经 127°56'—128°06'、北纬 40°58'—42°06'，是温带大陆季风型高山气候，年平均气温在-7℃至 3℃ 之间，年降水量在 700-1400mm 之间。植被垂直带明显，生态系统比较完整，植物资源十分丰富，植被主要以红松阔叶林、针阔混交林、针叶林、岳桦林、高山苔原等组成^[15]。本实验材料取自针阔混交林中。

2.2 研究方法

本研究地点位于吉林省白山市抚松县东北部的露水河镇。在露水河镇针阔针阔混交林的林

缘，选取人为干扰较少的优势阔叶乔木树种，从植物外冠层对每个个体随机取样，选取 3-5 个没有明显叶面积损失的小枝，且小枝无开花无结果^[16]。从这些小枝中随机挑选 30 片左右的成熟叶片^[17]，取样本本植物种类及科属特征如表 1 所示。实验室内用便携式叶面积扫描仪测定各树种叶片的叶面积、叶宽、叶长，之后放入烘箱（65℃）烘干 48h 后取出，用千分之一天平称量叶片生物量。

表 1 针阔混交林 10 种木本植物的特征

树种	科属名	叶片数量
香杨 <i>Populus koreana</i>	杨柳科 杨属	54
山杨 <i>Populus davidiana</i>	杨柳科 杨属	20
栓皮春榆 <i>Ulmus davidiana Planch var. japonica</i> (Rehd.)	榆科 榆属	18
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i> (Trautv.).	榆科 榆属	17
千金榆 <i>Carpinus cordata</i>	桦木科 鹅耳枥属	30
色木槭 <i>Acer mono</i>	槭树科 槭树属	29
假色槭 <i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax)	槭树科 槭树属	30
鼠李 <i>Rhamnus davurica</i>	鼠李科 鼠李属	30
紫椴 <i>Tilia amurensis</i> .	椴树科 椴树属	30
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	壳斗科 栎属	30

2.3 数据处理方法

叶片的各性状特征用 SPSS21.0 描述统计完成，叶片性状间的生长规律用 Excel2007 的散点作图法完成，分别用线性函数 $y = a + bx$ 、幂函数 $y = ax^b$ 、对数函数 $y = b \log_a x$ 和指数函数 $y = ae^{bx}$ 拟合叶片面积、宽度、长度和干重间的关系，b 值视为变化速率。选用相关性最高的拟合方程作为叶片生长规律的定量刻画模型^[18]。

3 结果分析

3.1 叶片的性状特征

由表 2 可知，测定的 10 种木本植物中，蒙古栎的叶片最大，叶面积平均值达到 6126.9mm²，鼠李叶片最小，叶面积平均值为 1693.3mm²，与蒙古栎大小相差四倍。另外，裂叶榆的最大叶

片面积与最小叶片面积相差近五倍，差异最大。蒙古栎的叶片干重也是所有测量植物中值最大的。所有种类植物的叶片干重变异系数都在 32%以上（表 2），并有的超过 50%，为四种测量指标中变异系数最大的。叶片面积次之，叶片长度、宽度的变异系数最小。10 种木本植物中，以杨柳科变异系数最小。

表 2 10 种木本植物的叶片性状特征

种类	测试项目	样本数量	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数/%
香杨	叶片面积/mm ²	54	1084.8	6297.2	3302.5	1134.7	34.4
	叶片长度/mm	54	54.0	112.0	84.4	12.0	14.2
	叶片宽度/mm	54	30.7	94.7	55.2	12.3	22.4
	叶片干重/g	54	0.0787	0.4009	0.2226	0.0838	37.6
山杨	叶片面积/mm ²	20	1229.4	4945.3	2879.6	1097.8	38.1
	叶片长度/mm	20	44.0	84.0	62.0	11.5	18.6
	叶片宽度/mm	20	42.6	87.6	64.4	12.9	20.0
	叶片干重/g	20	0.0779	0.2914	0.176225	0.0660	37.5
栓皮春榆	叶片面积/mm ²	18	309.3	3208.1	1679.4	848.2	50.5
	叶片长度/mm	18	33.0	106.0	75.3	19.8	26.3
	叶片宽度/mm	18	14.1	50.3	32.7	10.5	31.9
	叶片干重/g	18	0.0177	0.1892	0.0880	0.0465	52.8
裂叶榆	叶片面积/mm ²	17	2031.4	10327.8	5932.3	2405.6	40.5
	叶片长度/mm	17	72.0	160.0	112.5	24.6	21.8
	叶片宽度/mm	17	43.2	104.1	77.1	17.7	23.0
	叶片干重/g	17	0.1064	0.6277	0.3205	0.1393	43.5
千金榆	叶片面积/mm ²	30	1880.3	4576.3	3283.9	807.7	24.6
	叶片长度/mm	30	73.0	130.0	105.0	14.5	13.8
	叶片宽度/mm	30	32.9	60.4	49.3	7.3	14.8
	叶片干重/g	30	0.0976	0.3234	0.1963	0.0628	32.0
色木槭	叶片面积/mm ²	29	849.6	4371.8	2555.5	913.4	35.7
	叶片长度/mm	29	44.0	95.0	73.7	13.8	18.7
	叶片宽度/mm	29	40.3	110.6	70.6	16.5	23.3
	叶片干重/g	29	0.0283	0.1575	0.0997	0.0346	34.7
假色槭	叶片面积/mm ²	30	1439.8	6748.7	3554.4	1344.7	37.8
	叶片长度/mm	30	73.0	130.0	105.0	14.5	13.8
	叶片宽度/mm	30	44.2	112.5	77.3	16.5	21.4
	叶片干重/g	30	0.0340	0.3833	0.1723	0.0839	48.7

鼠李	叶片面积/mm ²	30	393.3	2617.0	1493.3	492.8	33.0
	叶片长度/mm	30	35.0	92.0	68.8	13.6	19.8
	叶片宽度/mm	30	16.5	45.2	33.4	6.2	18.5
	叶片干重/g	30	0.0116	0.1139	0.0644	0.0246	38.2
紫椴	叶片面积/mm ²	30	1471.0	9656.6	5004.4	2110.2	42.2
	叶片长度/mm	30	56.0	141.0	99.6	22.3	22.4
	叶片宽度/mm	30	41.5	114.8	77.8	17.7	22.8
	叶片干重/g	30	0.0393	0.3947	0.1794	0.0902	50.3
蒙古栎	叶片面积/mm ²	31	3041.2	12669.3	6126.9	2178.2	35.6
	叶片长度/mm	31	87.0	177.0	130.1	22.1	17.0
	叶片宽度/mm	31	52.7	134.2	80.1	17.5	21.9
	叶片干重/g	31	0.1396	0.7302	0.3449	0.1367	39.6

3.2 叶片面积与长度和宽度间的生长规律

不同植物叶片的生长规律均可由线性、幂和指数函数形式较好地表达出来，我们选择其R² 指数最大的函数作为叶片生长规律的定量刻画模型(表 3)。所有决定系数 R² 均大于 0.75，各函数关系均达到 P <0 .01 的极显著水平。在 10 种木本植物叶片的叶片面积与长度、宽度间的生长规律中，大多数呈现幂函数的异速生长关系。在叶片面积与长度的函数关系中，山杨、千金榆和裂叶榆呈线性关系，为同速生长，蒙古栎呈对数函数关系，为异速生长，其余均为幂函数形成的异速生长关系；叶片面积与宽度之间，除了蒙古栎为线性函数，呈同速生长外，其余分别呈现幂函数或对数函数的异速生长关系。10 种木本植物叶片面积与长度、宽度间生长的最佳函数关系见图 1。

3.3 叶片面积与干重间的生长规律

叶面积大小决定植物接受光能，合成光合产物的能力，叶面积大，植物容易积累地上生物量^[19]。本实验中，在叶片面积与干重之间（表 4），所有决定系数 R² 均大于 0.75，各函数关系均达到 P <0 .01 的极显著水平。香杨、千金榆、假色槭、蒙古栎的生长关系为线性关系，呈同速生长型，裂叶榆为指数关系，是异速生长型，其他植物都是幂函数关系，为异速生长型。10 种木本植物叶片生长的最佳函数关系见图 2。

表 3 10 种植物叶片面积与长度、宽度的最佳函数关系的拟合方程及其相关性检验

植物名称	比较对象	拟合方程	R ²	P
香杨	叶片面积与长度	$y = 4.1861x^{0.3723}$	0.8579	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.4381x^{0.5984}$	0.9341	0.000
山杨	叶片面积与长度	$y = 0.0101x + 32.899$	0.9257	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 1.1004x^{0.513}$	0.9657	0.000
千金榆	叶片面积与长度	$y = 0.017x + 49.285$	0.8898	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 27.098\ln(x) - 169.25$	0.9036	0.000
裂叶榆	叶片面积与长度	$y = 0.0101x + 52.646$	0.9763	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.9246x^{0.5116}$	0.9516	0.000
栓皮春榆	叶片面积与长度	$y = 2.3354x^{0.4723}$	0.9673	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.5299x^{0.5594}$	0.9765	0.000
鼠李	叶片面积与长度	$y = 1.39x^{0.5356}$	0.9095	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.724x^{0.5262}$	0.9553	0.000
色木槭	叶片面积与叶长	$y = 2.2271x^{0.448}$	0.9094	0.000
	叶片面积与叶宽	$y = 0.831x^{0.5682}$	0.9340	0.000
假色槭	叶片面积与长度	$y = 1.4574x^{0.4923}$	0.9849	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.853x^{0.5531}$	0.9547	0.000
紫椴	叶片面积与长度	$y = 1.4226x^{0.5011}$	0.9065	0.000
	叶片面积与宽度	$y = 0.9226x^{0.5232}$	0.9842	0.000
蒙古栎	叶片面积与叶长	$y = 61.014\ln(x) - 398.4$	0.9053	0.000
	叶片面积与叶宽	$y = 0.0078x + 32.198$	0.9426	0.000

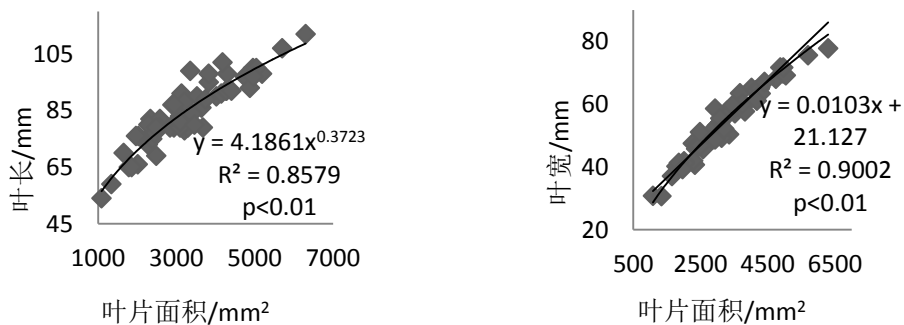
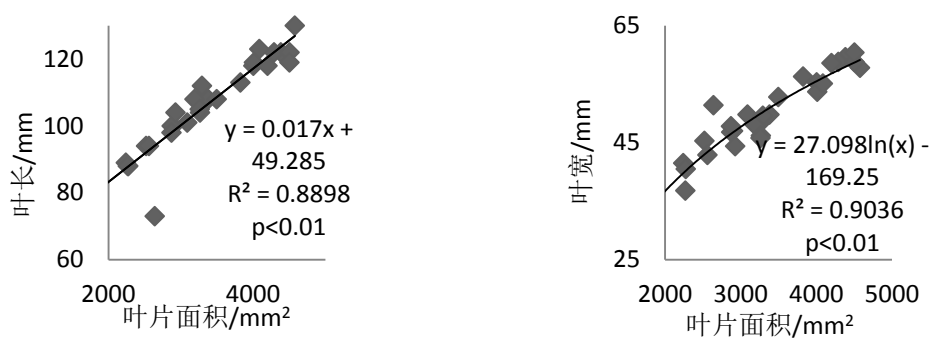
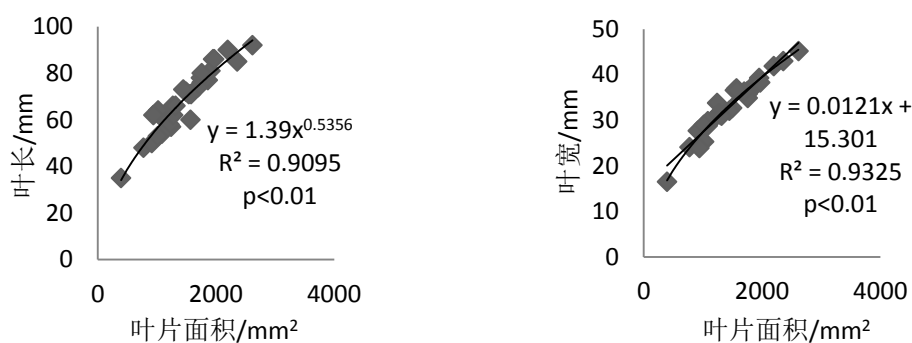


图 1—1 代表植物（香杨）叶片面积与长度、宽度观测值及拟合曲线
（从左往右依次代表叶片面积与长度、叶片面积与宽度）

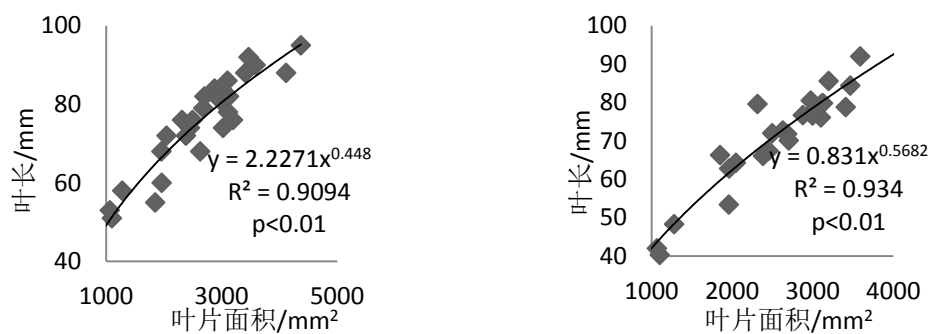
千金榆



鼠李



色木槭



紫椴

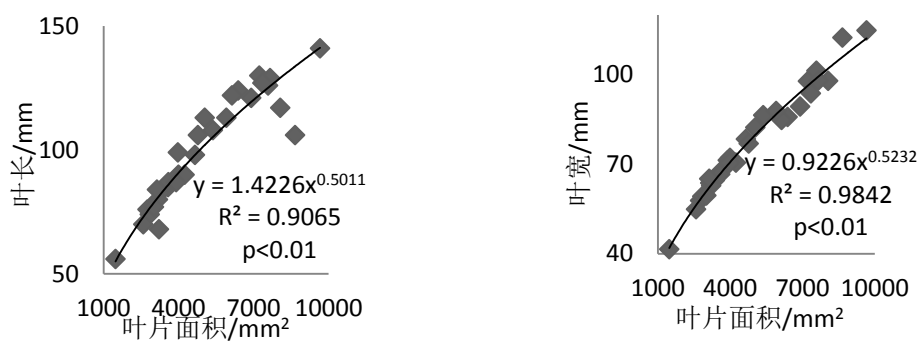


图 1—2 代表植物（千金榆、鼠李、色木槭、紫椴）叶片面积与长度、宽度观测值及拟合曲线（从左往右依次代表叶片面积与长度、叶片面积与宽度）

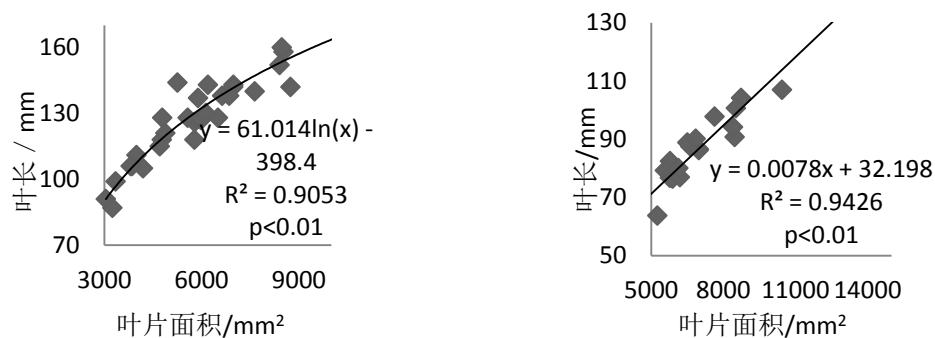


图 1—3 代表植物（蒙古栎）叶片面积与长度、宽度观测值及拟合曲线
（从左往右依次代表叶片面积与长度、叶片面积与宽度）

表 4 10 种植物叶片面积与干重的最佳函数关系的拟合方程及其相关性检验

植物名称	拟合方程	R ²	P
香杨	$y = 6 \cdot 10^{-5}x + 0.0097$	0.7625	0.000
山杨	$y = 7 \cdot 10^{-5}x^{0.9854}$	0.9883	0.000
千金榆	$y = 7 \cdot 10^{-5}x^{-0.0351}$	0.8201	0.000
裂叶榆	$y = 0.0705e^{0.0002x}$	0.9624	0.000
栓皮春榆	$y = 7 \cdot 10^{-5}x^{0.96}$	0.9667	0.000
鼠李	$y = 9 \cdot 10^{-6}x^{1.2142}$	0.9448	0.000
色木槭	$y = 5 \cdot 10^{-5}x^{0.9648}$	0.9199	0.000
假色槭	$y = 6 \cdot 10^{-5}x^{-0.0335}$	0.8609	0.000
紫椴	$y = 10^{-5}x^{1.1462}$	0.9303	0.000
蒙古栎	$y = 5 \cdot 10^{-5}x + 0.0098$	0.7597	0.000

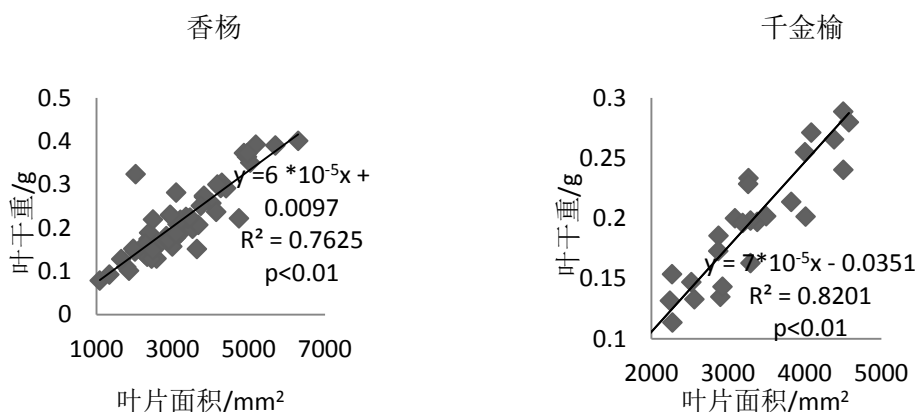


图 2—1 代表植物（香杨、千金榆）叶片面积与干重观测值及拟合曲线

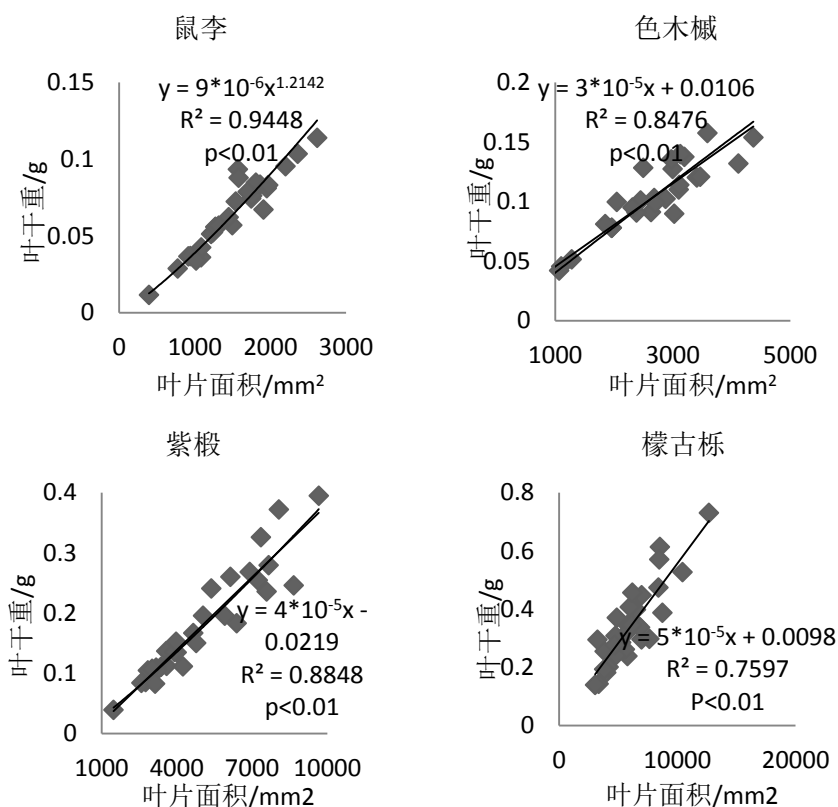


图 2—2 代表植物（鼠李、色木槭、紫椴、蒙古栎）叶片面积与干重观测值及拟合曲线

4 结论与讨论

平均值代表种群水平叶片面积、长、宽和干重的量度，最小值和最大值反映样本的实际范围，标准差反映样本变异的绝对数量指标，变异系数反映样本的相对数量指标^[20]。变异系数较大是由于物种本身的叶片就存在大小的差异。另外，这些指标有助于理解生态系统净初级生产力和营养循环的发展和变化^[21]。

植物个体的生长模式可看做是由物种的遗传性所决定的一个固定特性，同时也可认为是生物体间动态相互作用及竞争作用的结果。如果用拟合方程的决定系数 R^2 来估计其遗传因子的控制水平，用 $1 - R^2$ 来估计随机环境影响水平，则在所研究的10种木本植物叶片的生长规律中，按相关性最高的拟合方程计，有75.97%~99.24 %是由遗传因子控制，有0.76 %~24.03 %是由随机环境影响的。体现出10种木本植物叶片生长受遗传因子的控制力更大，同时也体现出叶片的生长具有一定的生态可塑性^[22]。

叶片是植物重要的物质生产器官，其生长规律可决定对光截取的模式，在植物和植物种群的生活史中具有重要的作用。叶片面积决定光合作用的吸光面积，叶片的宽度和长度是叶片生长的量度，其生长关系可反映叶片的生长规律。本研究发现不同植物其叶片面积与长度、宽度、叶片干重间的生长模型都是不同的，有的为同速生长型，有的是异速生长型，叶片生长存在种间和种内的差异，为植物表型可塑性及其调节机理，乃至种间趋同适应机制的深入研究奠定了

科学基础。

5 参考文献

- [1] 孟婷婷,倪健,王国宏.植物功能性状与环境和生态系统功能[J].植物生态学报,2007,31(1):150-165.
- [2] 刘宏伟.两种不同生态系统中植物叶片功能性状及养分再吸收比较研究[D].重庆:西南大学.2014:12-15.
- [3] 宋彦涛,周道玮,王平,等.松嫩草地66种草本植物叶片性状特征[J].生态学报,2013,33(1):0079-0088.
- [4] 王希群,马履一,贾忠奎,等.叶面积指数的研究及应用进展[J].生态学杂志,2005,24(5):537-541.
- [5] 王晓静,靳正忠,李生字,等.流动沙漠腹地怪柳叶片的生长规律[J].干旱区资源与环境,2013,27(3):192-196.
- [6] White J. Allometric interpretation of the self-thinning rule [J]. Journal of Theoretical Biology, 1981, 87: 475-503 .
- [7] Menges E S. Biomass allocation and geometry of the clonal forest herb, *Laportea Canadensis*: adaptive response to the environment or allometric constraints [J]. American Journal of Botany, 1987, 74: 551-563
- [8] 朱媛,李海燕.长江中下游平原地区3种木犀属植物叶片的生长规律[J].安徽农业科学,2011,39(17):10284-10286.
- [9] Weiner J. Competition and allometry in three species of annual plants[J]. Ecology, 1992, 73: 648-656 .
- [10] Huxley J. Problems of relative growth [M]. London: Methuen, 1932 .96-107 .
- [11] Gould S J. Allometry in size in ontogeny and phylogeny [J]. Biological Reviews, 1966, 41: 587-640 .
- [12] Smith R J. Rethinking allometry [J]. Biology, 1980, 87: 97-111 .
- [13] 韩威,刘超,樊艳文,等.长白山阔叶木本植物叶片形态性状沿海拔梯度的响应特征[J].北京林业大学学报,2014,36(4):47-53.
- [14] Thomas S C, Weiner J. Growth, death and size distribution change in an *Impatiens pallida* population [J]. Journal of Ecology, 1989, 77: 524-536 .
- [15] 吉林省长白山自然保护区管理局科研室.长白山自然保护区概况[J].野生动物学报,1979,12:12-15.
- [16] 赵文霞,邹斌,郑景明,等.常绿阔叶林常见树种根茎叶功能性状的相关性[J].北京林业

大学学报, 2016,38(6):35-41.

[17] 徐阳, 徐蕾, 李海燕. 江汉平原地区 3 种楠属植物叶片生长规律的研究[J]. 安徽农业科学, 2011,39(17) :10282-10283,10355.

[18] 刘琼琳, 张春艳, 杨允菲. 昆明市 3 种木兰属园林乔木叶片的表型可塑性与生长规律[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(17) : 10278-10279.

[19] 何炎红, 田有亮, 叶冬梅, 等. 白刺地上生物量关系模型及其与叶面积关系的研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4) : 541-546.

[20] 杨允菲, 李建东. 松嫩平原不同生境芦苇种群分株的生物量分配与生长分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1) : 30-34.

[21] 刘晓娟, 马克平. 植物功能性状研究进展[J]. 中国科学, 2015,45 (4):325-339.

[22] 王俊炜, 李海燕, 杨允菲. 温带地区 4 种园林灌木叶片的生长规律[J]. 东北师大学报, 2005,37(1):95-98.