

黄土高原常见树种比叶重及其与光合能力的关系^X

康博文¹, 刘建军¹, 徐学选², 步秀琴¹

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 21 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:用鲜叶重与叶面积之比得出叶比重, 对刺槐、紫穗槐、柠条、山杨、沙棘、狼牙刺和黄蔷薇等7个树种的比叶重及其与光合能力的关系进行研究, 结果表明: 7个树种各自的叶鲜重与叶面积之间都显著相关, 比叶重随生长发育节律的变动而表现出明显的季节变化, 说明不同树种之间养分利用及贮藏方式存在差异。生长季平均比叶重沙棘> 柠条> 刺槐> 狼牙刺> 紫穗槐> 山杨> 黄蔷薇, 不同树种及同树种不同季节比叶重变化速率不同, 反映了树种之间及不同季节叶片发育过程的差异。刺槐、柠条、山杨和紫穗槐的比叶重(x)与光合速率(Y)相关显著, 光合速率随比叶重的增加而提高, 模拟回归方程刺槐呈指数函数型, 山杨为一次线性函数。柠条和紫穗槐的相关曲线呈二次抛物线型, 临界点之前光合能力随比叶重的增加而提高, 超高临界点则光合速率下降。黄蔷薇、狼牙刺和沙棘的比叶重与光合速率之间相关不显著。

关键词:比叶重; 光合能力; 黄土高原

中图分类号: Q9451.11 文献标识码: A 文章编号: 1003- 7179(2005)02- 0001- 04

叶片是植物进行光合作用的最主要器官, 其组织结构对生境条件变化的反应最敏感^[1], 因而受到了研究者的关注。叶面积或叶生物量在林业研究及生产中经常被测定和计算。比叶重^[2]在农业研究中常被用于不同品种或品系之间的比较测定, 取得了较为满意的结果^[2~5]。林业研究中不同树种比叶重的比较, 国内外尽管已有开展^[6~8], 但相对较少, 且和农业研究一样, 都是以单位面积的叶干重表示。为了探讨与植物生理活动最为直接的鲜叶反映植物比叶重的可行性, 用此种方法以求得不同树种比叶重的差异、季节变化及其与叶片光合能力的关系, 在延安选择了刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、山杨(*Populus davidiana*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、狼牙刺(*Sophora japonica*)、黄蔷薇(*Rosa hugonis*)等常见树种进行研究。

1 研究地与研究方法

试验设在中国科学院水土保持研究所延安燕沟黄土高原生态农业建设综合研究基地, 本区属黄土丘陵沟壑区, 地处东经 109°14'10", 北纬

36°26'36", 海拔 1 000~ 1 400 m, 坡度 10~ 40°。属暖温带半湿润半干旱季风气候, 多年平均气温 8.15~ 9.15 °C, 年均降水量为 450~ 650 mm。地带性植被为干旱森林向森林草原的过渡地带, 自然植被由于多年垦荒种田遭到较大破坏, 资源贫乏, 水土流失严重。主要植被类型有天然辽东栎林、山杨林、杂生灌丛、天然草地, 人工林主要有刺槐林、杨树林、柠条灌丛等。

研究对象刺槐、紫穗槐和柠条分别选自相邻 7 年生人工林, 山杨、沙棘、狼牙刺、黄蔷薇选自不同的天然林。在植物生长季(5~ 10 月), 每月选择晴朗无云的 1 天, 从 8:00 到 18:00, 每隔 2 小时用 Li- 6400 光和系统测定仪测定 1 次光合速率, 在同一天对每个树种随机摘取 30~ 50 片正常(簇)叶, 立即用电子天平分别称取重量, 并用 Li- 3000 型便携式叶面积仪测定叶面积。按光合能力定义(在饱和光强、正常 CO₂ 和 O₂ 浓度、最适宜温度以及相对高的湿度条件下, 单位叶面积的光合速率^[8]), 在全天的测定数据中选取符合条件的光合速率最大值作为生长季这一时期的光合能力。鲜比叶重 = 总鲜叶重/总叶面积(g/m²)。

X 收稿日期: 2004- 12- 09

基金项目: 中国科学院/西部之光项目; 科技部项目(2002BA516A15- 05)资助。

作者简介: 康博文(1963-), 男, 陕西周至人, 助理研究员, 主要从事森林生态学的研究。

2 结果与分析

2.1.1 叶面积与叶重量

生长季节中, 树木叶片重量与叶面积密切相关, 随叶面积的增大叶片的重量也随之增加(图1~7)1 对叶面积与叶重量的关系进行指数函数、幂函数等5种曲线类型拟合, 选相关系数最大者为最佳模型, 得出表11 从表1可以看出, 不同树种叶鲜重随叶面积增大发生变化的函数关系不同, 即使

同一树种在不同的生长时期这种变化的函数关系也不尽一致17~9月刺槐、山杨、黄蔷薇、柠条的叶面积与叶鲜重关系呈线性正相关, 沙棘、狼牙刺、紫穗槐叶面积与叶鲜重之间则表现为幂函数关系1 在7, 8, 9月, 刺槐、山杨、黄蔷薇和柠条的叶面积与叶鲜重的关系分别呈线性关系, 而沙棘在7, 8月为幂函数关系, 9月则为对数函数关系, 狼牙刺在7月呈对数关系, 8, 9月呈幂函数关系, 紫穗槐在7月为对数函数关系, 8, 9月为线性关系1

表1 叶面积(Y)与叶鲜重(x)的回归分析

时间(月)	刺槐	山杨	黄蔷薇	沙棘	狼牙刺	柠条	紫穗槐
7	$Y = 0.0292x - 0.0686$ $r = 0.93$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.01017x + 0.0205$ $r = 0.95$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0249x - 0.0186$ $r = 0.94$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010195x^{11.078}$ $r = 0.87$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.252 \ln(x) - 0.2174$ $r = 0.92$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0232x + 0.0102$ $r = 0.93$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.428 \ln(x) - 0.7535$ $r = 0.85$ $t_r > t_{0.01}$
8	$Y = 0.0228x - 0.01502$ $r = 0.77$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0186x - 0.0171$ $r = 0.95$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010148x + 0.0263$ $r = 0.92$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0149x^{11.208}$ $r = 0.94$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0586x^{0.651}$ $r = 0.86$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0292x - 0.0206$ $r = 0.97$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0297x + 0.0549$ $r = 0.94$ $t_r > t_{0.01}$
9	$Y = 0.0231x - 0.02688$ $r = 0.98$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010179x + 0.0111$ $r = 0.92$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0101x + 0.0612$ $r = 0.94$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0302 \ln(x) - 0.4443$ $r = 0.87$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0707x^{0.596}$ $r = 0.80$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0296x - 0.0553$ $r = 0.90$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0152x + 0.0171$ $r = 0.90$ $t_r > t_{0.01}$
79	$Y = 0.01019x + 0.010668$ $r = 0.93$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010177x + 0.01026$ $r = 0.93$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010107x + 0.01078$ $r = 0.90$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010168x^{11.624}$ $r = 0.92$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0558x^{0.677}$ $r = 0.87$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.0283x - 0.03276$ $r = 0.94$ $t_r > t_{0.01}$	$Y = 0.010567x^{0.7519}$ $r = 0.77$ $t_r > t_{0.01}$

2.1.2 比叶重的季节变化

供试树种比叶重的季节变化如图8所示, 可以看出, 7个树种生长季内的比叶重变化趋势是生长初期和末期低, 而中期高, 变化曲线可分为双峰式和单峰式2种类型, 沙棘的变化曲线是双峰式, 第1个高峰出现在7月, 第2个高峰在9月1 刺槐、山杨、黄蔷薇、狼牙刺、柠条和紫穗槐属双峰式曲线, 但峰值各不相同, 峰值出现的时间紫穗槐在8月, 其他在7月1 不同树种之间比叶重季节变化的差异, 是树种生物学特性与环境条件共同作用的结果, 也就是不同树种适应环境方式相异而在叶片形状上的表现15月份树木叶片刚刚展开或展开时间不长, 正处于不断增大阶段, 有机物合成积累量不大, 所以树木生长季初期比叶重较小, 到了生长季末期, 树木叶片衰老失水, 同时养分发生转移, 因此比叶重下降1 生长季中期树木生长旺盛, 是1年中生长最快的季节, 有机物合成和积累迅速, 同时此期也是1年中降水的集中期, 土壤水分供应较

为充足, 树木得到较为充足的水分供应, 所以总叶面积在快速增加的同时, 比叶重也在升高1 另外, 生长季初期, 树木比叶重增加迅速, 6月和5月相比, 比叶重增加除山杨较低(1516%)外, 其他为2212%~2912%, 都较高, 说明生长季初期叶片组织结构迅速形成, 功能在不断完善1

整个生长季节, 比叶重的平均值因树种不同而异, 狼牙刺最大($2139 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)、山杨和黄蔷薇最小($1162 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 其他从大到小依次为柠条($2132 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)、沙棘($2128 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)、紫穗槐($2120 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)和刺槐($2103 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)1 同一树种鲜比叶重最大值与最小值之差, 最大者是紫穗槐($1146 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 最小者是狼牙刺($0160 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 其他为黄蔷薇($1118 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 刺槐($1113 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 山杨($0186 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 柠条($0175 @ 10^2 \text{ g/m}^2$), 沙棘($0163 @ 10^2 \text{ g/m}^2$)1 说明不同树种之间有机物合成积累状况存在差异, 生物学特性不尽一致1

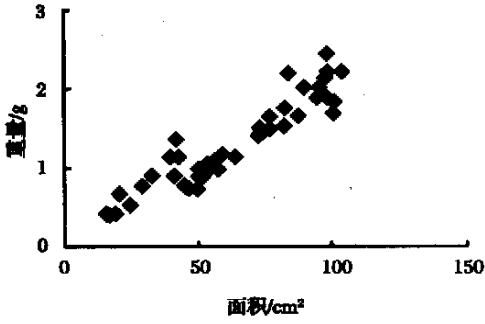


图1 刺槐叶面积与重量

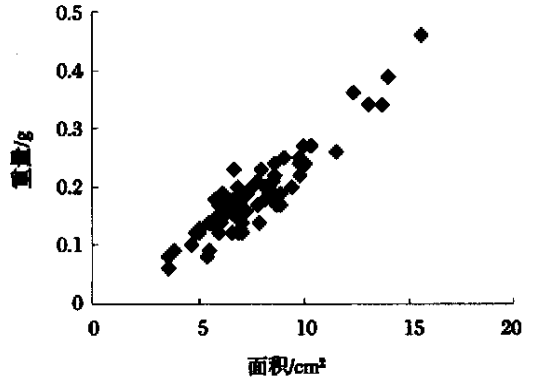


图5 柠条叶面积与重量

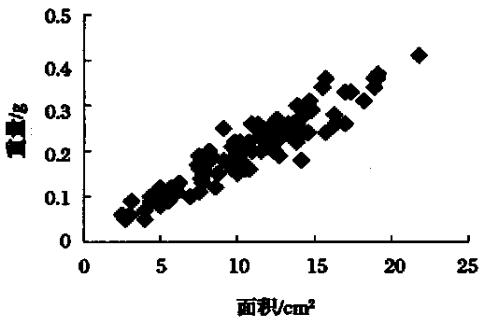


图2 山杨叶面积与重量

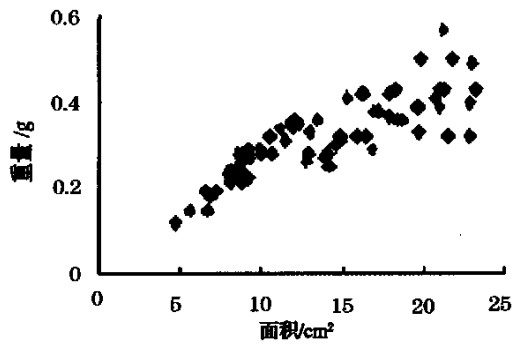


图6 狼牙刺叶面积与重量

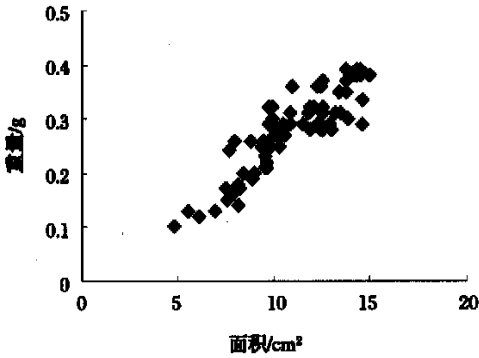


图3 沙棘叶面积与重量

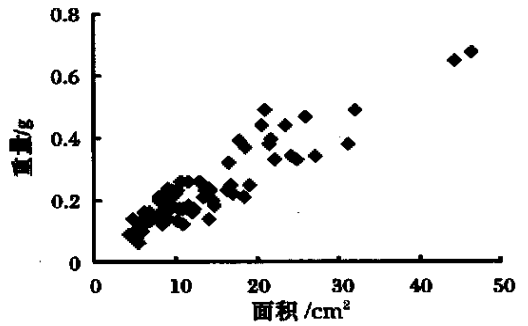


图7 黄蔷薇叶面积与重量

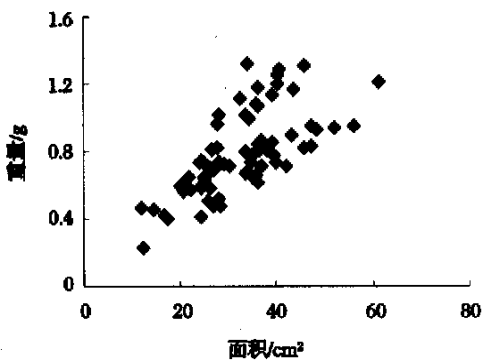


图4 紫穗槐叶面积与重量

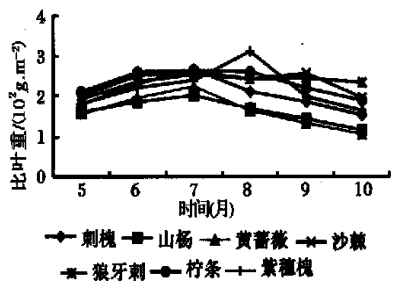


图8 供试树种比叶重季节变化

213 比叶重与叶光合能力的关系

对刺槐、柠条、山杨和紫穗槐的鲜比叶重与光合速率进行相关分析及模型拟合,得到回归方程(表2)1 相关分析中,黄蔷薇、狼牙刺和沙棘的鲜比叶重与光合速率弱相关,因此没有进行模型拟合 1

表2 比叶重与光合速率回归分析

树种	回归方程	r	n	t 检验
刺槐	$Y = 21305 e^{0.08919x}$	0.190	6	$t_r > t_{0.05}$
柠条	$Y = -31825x^2 + 201564x - 141167$	0.182	6	$t_r > t_{0.05}$
山杨	$Y = 51920.2x + 31221.3$	0.189	6	$t_r > t_{0.05}$
紫穗槐	$Y = -101661x^2 + 421158x - 271784$	0.170	6	$t_r > t_{0.05}$

从表2可以看出:刺槐、柠条、山杨和紫穗槐的比叶重与光合速率之间都表现出显著相关关系,但相关曲线的类型不尽相同 1 刺槐比叶重与光合速率之间呈指数函数型,表明光合速率亦即光合能力随比叶重的增加而提高 1 柠条和紫穗槐的比叶重与光合速率间相关曲线都呈二次抛物线型,光合能力随比叶重的增加而增加,不过当柠条比叶重高于 $2169 @10^2g/m^2$,紫穗槐比叶重高于 $1.98 @10^2g/m^2$ 时,它们的光合速率反而会随着比叶重的增加下降 1 山杨比叶重与光合速率之间的相关曲线为一次线性关系,光合速率随比叶重的增加而增加 1

在对比叶重与光合速率的关系研究中,有人得出比叶重与光合速率显著相关^[2,3],而有的研究认为^[7]并非所有树种的比叶重与光合能力都呈显著相关,存在显著相关关系的树种,光合速率也不是随着比叶重的增大而无限升高,而是存在着一个临界值,相对自身比叶重而言,其值过大或过小,光合速率反而会降低 1 以上分析可以看出,本研究的结果与后一种结论相一致 1

3 结论与讨论

供试7种黄土高原常见树种叶的鲜重随叶面积的增大而增加,经拟合它们之间的变化函数关系不同,即使同一树种在不同的生长时期这种变化的函数关系也不尽一致,说明它们各自有其内在规律性 1 以叶鲜重与叶面积之比表示的比叶重随着树木生长节律亦即生长季节的变化而变化,且不同树种变化趋势不同,反映出不同树种之间养分利用及贮藏方式相异 1 整个生长季节平均比叶重狼牙刺>柠条>沙棘>紫穗槐>刺槐>山杨=黄蔷薇,同一树种比叶重最大值与最小值之间

的差值也比较大,比叶重的变化反映了树种之间叶片发育过程的差异,树木叶片的生长发育节律随生长季节而变化 1 刺槐、柠条、山杨和紫穗槐的比叶重(x)与光合速率(Y)之间相关显著,经模型拟合,回归方程刺槐呈指数函数型,山杨的相关曲线为一次线性关系,它们二者的光合速率亦即光合能力随比叶重的增加而提高,柠条和紫穗槐的比叶重与光合速率间相关曲线呈二次抛物线型,临界点之前光合能力随比叶重的增加而增加,超高临界点则光合速率下降 1 黄蔷薇、狼牙刺和沙棘的比叶重与光合速率之间相关不显著,其中原因有待进一步研究 1

比叶重可以比较不同树种叶片在重量和面积等特征方面的差异,反映树木叶片的节律性变化及其与光合能力的关系 1 以叶片干重和面积之比求得的比叶重,自提出以来就被运用于农业和林业科研之中,反映了叶片物质积累和转移的状况 1 本研究中以叶片鲜重和叶面积之比求得的比叶重,通过实践证明也能较好地反映不同树种的基本生物学特性,且在反映叶片物质积累和转移的同时,还可在一定程度反映树种叶片吸收和贮存水分的能力及状况,应用起来似乎更方便 1

[参 考 文 献]

- [1] 王耀芝,王勋陵,李蔚,等 1 荒漠化草原常见植物叶内部结构的观察[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1983, 19(3): 87~961
- [2] 吕建林,陈如凯,张木清,等 1 甘蔗净光合速率、叶绿素和比叶重的季节变化[J] 1 福建农业大学学报, 1998, 27(3): 285~2901
- [3] 徐克章,张志安,刘振库,等 1 高粱叶片比叶重的变化与产量关系的研究[J] 1 吉林农业大学学报, 1998, 20(2): 11~131
- [4] 郭得平,陈竹君,陈志辉,等 1 榨菜胞质雄性不育系瘤状茎形成期间植株叶片生长与光合速率的变化[J] 1 植物生理通讯, 2000, 36(2): 103~1061
- [5] 陶汉之 1 甘蓝型油菜叶片光合作用与比叶重和气孔分布的关系[J] 1 中国油料, 1992, (2): 40~441
- [6] KLEIN, DEJONG, WEINBAUM, et al Specific leaf weight and nitrogen allocation responses to light exposure within walnut trees [J] 1 Hort- Science, 1991, 26(2): 183~1851
- [7] 范晶,赵惠勋,李敏 1 比叶重及其与光合能力的关系[J] 1 东北林业大学学报, 2003, 31(5): 37~391
- [8] 缪世利 1 植物生理生态学 研究进展 [A] 1 刘建国 1 当代生态学博论[C] 1 北京: 中国科学技术出版社, 1992, 103~1191 (下转第11页)

Observation of the Microstructure of *Cymbidium goeringii* Mycorrhiza

LV Mei, WU Jian- rong MA Huan- cheng

(Institute of Ecological Program, Southwest Forestry College, Kunming Yunnan 650224, China)

Abstract: The microstructures of 4 types of *Cymbidium goeringii* roots, i.e., roots of seedlings produced from sterilized tissue culture, roots of seedlings produced from tissue culture inoculated with mycorrhizal fungi, young nutritive roots and mature roots of the wild seedlings were observed separately by paraffin method with microscope. It was indicated by the observation that there were large quantity of pelotons in the cortex cells of both young nutritive roots and mature roots of either seedlings produced from inoculated tissue culture with mycorrhizal fungi or wild seedlings of *Cymbidium goeringii*, showing typical structure of mycorrhiza, while there were no hyphae and pelotons observed in the cortex cells of roots out of seedlings produced from sterilized tissue culture. It was observed that the hyphae intruded into the roots of *Cymbidium goeringii* seedlings across the passage cells and entered the cortex cells. It was showed that the mycorrhiza of *Cymbidium goeringii* was typical orchidaceous mycorrhizal.

Key words: *Cymbidium goeringii*; mycorrhiza; peloton; microstructure

(上接第4页)

The Specific Leaf Weight of Some Common Tree Species in Loess Plateau Area and Its Relationship with Photosynthetic Capacity

KANG Bo- wen¹, LIU Jian- jun¹, XU Xue- xuan², BU Xiu- qin¹

(1 Forestry College, Northwest Sci- Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: The specific leaf weight values (SLW- fresh weight of leaves/ area of leaves) of 7 common tree species grown in loess plateau area, i.e., *Robinia pseudoacacia*, *Amorpha fruticosa*, *Caragana korshinskii*, *Populus davidiana*, *Hippophae rhamnoides*, *Sphora japonica* and *Rosa hugonis* were calculated and the relationship between the SLW value and photosynthetic capacity of the leaves was studied. It was showed by the results that there was significant correlation between the leaf area and the fresh leaf weight for these 7 tree species, and the SLW showed significant variation along with the seasons. These variations were closely related with the growth rhythm and the differences in nutrients utilization and storage patterns for different tree species. In growing season, the order of average SLW value was *Hippophae rhamnoides* > *Caragana korshinskii* > *Robinia pseudoacacia* > *Sphora japonica* > *Amorpha fruticosa* > *Populus davidiana* > *Rosa hugonis*. The SLW differed among these 7 tree species and the value of SLW for the same tree species also varied with the time, reflecting the differences in leaf development process for different tree species and in different seasons. It was found out that the SLW values of *Robinia pseudoacacia*, *Caragana korshinskii*, *Populus davidiana* and *Amorpha fruticosa* were significantly positively related to the photosynthetic capacity of the leaves, i.e., the photosynthetic capacity increased along with the increment of SLW value, the regression relationship for *Robinia pseudoacacia* could be expressed as exponential function, and for *Populus davidiana* was a linear function. The regression formulae between SLW and photosynthetic capacity for *Caragana korshinskii* and *Amorpha fruticosa* were quadratic functions. Under the critical point of SLW, the photosynthetic capacity increased as the SLW increased, but it decreased when the SLW was over the critical point. There was no significant relationship between the SLW and photosynthetic capacity for *Rosa hugonis*, *Sphora japonica* and *Hippophae rhamnoides*.

Key words: specific leaf weight; photosynthetic capacity; loess plateau