

植物叶片润湿性特征的初步研究

石辉, 李俊义

(西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 植物叶片的润湿性表现了叶片对水的亲和能力, 叶片上润湿的一层水膜对植物的光合作用、叶片截流降水有重要的影响。测定了陕西省境内 34 种植物叶片对水的接触角, 初步探讨了叶片润湿性的一些特征。所研究植物叶片正面的接触角为 $0^{\circ} \sim 140^{\circ}$, 平均 85.4° 。接触角大于 95° 不润湿的植物占到测定总数的 31.4%; 小于 85° 润湿植物中占到 51% 以上; 而介于润湿与不润湿之间的物种占 17.1%。叶片的正面和背面的润湿性具有一定水平的差异。叶面角质与蜡质的比例对润湿性有重要的影响。叶片上附属物的多少也会对润湿性产生影响, 附属物愈多, 润湿性愈差; 人为去除附属物可以极大地增加叶片的润湿性能。植物叶片上的气孔和叶脉通过影响叶片的粗糙程度来影响叶片的湿润性。

关键词: 植物叶片; 润湿性; 接触角

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)03-0202-04

中图分类号: Q948.112+.3

Primary Research on the Wettability of Leaves of Selected Plants in Shaanxi Province

SHI Hui, LI Jun-yi

(College of Environmental and Municipal Engineering,

Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055, China)

Abstract: The wettability of plant leaves, reflects the affinity about the water to leaves, and the water membrane on a leaf has the key influences on photosynthesis and rainfall interception. Contact angles of water were measured for 35 species plants in Shaanxi Province, and the wettability of leaves was researched primarily. Contact angles of adaxial leaves were $0^{\circ} \sim 140^{\circ}$, with an averaged 85.4° . According to contact angle, the plant species that are non-wettability or repellency with the value more than 95° was 31.4% of total measurements; the species with contact value less than 85° was more than 51% of the total; and there were 17.1% plant with contact angle of $85^{\circ} \sim 95^{\circ}$, which means that the wettability of the leaves lies between wetness and repellency. For a plant leaf, the wettability on adaxial and reverse leaves was somewhat different. The ratio of cuticle to wax of plant leaf had significance to leaf wettability. The degree of subsidiary hair on a leaf had influence to wettability and the wettability of the leaf became worse along with the subsidiary increased. If the subsidiary hair was rejected, the wettability of leaf would become better. The stoma and vein on the leaf affected the wettability through increasing the roughness of plant leaf.

Keywords: plant leaf; wettability; contact angle

润湿是固体表面一种流体代替另一种流体的过程, 一般所说的润湿主要是水在固体表面代替空气, 其润湿性能的高低用接触角大小表示^[1]。植物叶片的润湿性表现了叶片对水的亲和能力。

植物叶片的润湿性是各种生境中常见的一种现象, 人们对叶面与水的关系有着重要的兴趣。Smith 和 McClean^[2] (1989) 研究发现, 在多雾的地区, 在叶

片上润湿的一层水膜对植物的光合作用有重要的影响^[3-4], 但这层润湿的水膜可受到病菌感染的影响^[5], 以及酸雨和臭氧等污染物的影响^[6]。目前, 对于水生植物有关润湿性的研究相对较多^[7], 但对于陆生植物研究的较少, Hall 和 Burke^[8] 曾经研究了新西兰岛屿内陆 52 种乔灌木润湿性, 发现润湿性与叶面的显微结构、蜡质层厚度和附属物有关。

植物叶片截流降水是一种重要的生态水文功能。叶片的持水除受降雨强度、风速的影响之外,还受到叶片本身的润湿性影响。

对于润湿性强的叶片,水珠容易在叶面铺展开来,形成一层水膜,这样水分相对容易保留在叶面上;不润湿的叶片,水膜在叶面上形成水珠,容易在风和重力的作用下离开叶片。叶片的润湿性对降雨的截流有重要影响,同时截流后的水膜在叶子表层铺展,对叶片的光合作用又产生重要的影响。

目前,有关我国内陆地区的植物叶片的润湿性研究很少。本文对陕西省的30多种植物叶片的润湿性能进行了初步研究,希望能对植物的润湿性特征和影响因素有一些初步的认识。

1 材料和方法

本研究的植物叶片以陕西地区的物种为主。其中,白背椒、膀胱果、大叶醉鱼草、杜梨、鹅耳枥、槲栎、锦鸡儿、七叶树、楸树、山杏、少脉槲、栓皮栎、文冠果、乌桕、粗榧、红豆杉、杉木叶片于2006年4月21日采自西安植物园。

榛子、山杨、栒子、白皮桦、互叶醉鱼草、辽东栎、黄刺玫、柠条叶片于2006年4月27日采自陕西省宜川县铁龙湾林场。垂柳、刺槐、国槐、连翘、栾树、丁香、毛白杨、木槿、蚊母、银杏、广玉兰、女贞、珊瑚树、悬铃木叶片于2006年5月9日,5月31日采自西安建筑科技大学校园内。

所有植物叶片均采自阳面中上部位叶片,每次5个重复。

接触角的测定采用上海中晨公司JC2000C1静滴接触角/界面张力测量仪。将植物叶片铺平用胶带纸粘于载物台上,然后调节出水速率,在叶面上形成0.5 μl 大小的液滴,利用激光成像后采用量角法测定接触角大小。

2 结果与讨论

2.1 叶片接触角特征

表1是测定的35种植物叶片的接触角大小结果。从中表1可以看出,所测定植物叶片正面的接触角大小在 $0^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 。最小为互叶醉鱼草和辽东栎的幼叶,为 0° 。而最大的为膀胱果、国槐和刺槐,为 140° ,平均为 85.4° 。

按照接触角的大小,一般将大于 90° 的被认为是非润湿,也就是水分不能在叶面上展开成膜;小于 90° 的是润湿。由于接触角测定总存在一定的误差,

因此我们将小于 85° 接触角的叶片认为是润湿,这类物种主要包括:大叶醉鱼草、少脉槲、珊瑚树、七叶树、垂柳、木槿、广玉兰、互叶醉鱼草、辽东栎、鹅耳枥、杜梨、栾树、锦鸡儿、悬铃木(老叶)、白皮桦幼叶、山杏、槲栎、蚊母18种,占到测定总数的51%以上。

接触角大于 95° 以上的非润湿物种有栒子、乌桕、山杨幼叶、银杏、悬铃木幼叶、榛子、楸树、连翘、膀胱果、刺槐和国槐11种,占31.4%;在 $85^{\circ}\sim 95^{\circ}$ 之间处于润湿与非润湿过渡区间的物种有女贞、文冠果、丁香、白背椒、毛白杨、栓皮栎6种,占17.1%。

测定的28个样品背面的接触角平均为 103.9° ,一般情况下背面的接触角大于正面的接触角(表1),它们之间达到5.9%的显著水平。

2.2 角质层对叶片润湿性的影响

大多数植物的叶片都具有角质层,其化学成分是一种含16~18个碳的羟基脂肪酸的角质。角质和蜡质(长链羟基醇和脂肪酸的酯)混合通过一层果胶固定在表皮细胞上,随环境的不同,各种植物叶片的角质层厚度以及角质与蜡质的比例各有不同。而角质和果胶都是亲水性物质,蜡质不亲水,故在不考虑其它因素的影响时,叶片表面的润湿性将取决于角质层的厚度和角质与蜡质的比例。

当角质含量多时,叶片的润湿性就好,如珊瑚树、广玉兰、蚊母和毛白杨叶表都比较平滑,具有角质层,其接触角小于 85° 。属于湿润范围。

2.3 附属物对叶片润湿性的影响

叶片正面与背面的接触角存在一定的差异,其中的一个主要原因就是叶片的一侧光滑整洁而另一侧具有附属物,增加了叶面的糙率。如垂柳、广玉兰、白背椒等。或者叶子一侧附属物的量多于另一侧,如栒子、榛子等。

比较典型的为悬铃木老叶与幼叶的对比。悬铃木老叶两面均没有或仅残存少量附属物,而幼叶两面都密被毛状体,由此造成的新老叶之间的接触角差别也极为明显(表2)。为了进一步说明附属物(毛状体)对叶片润湿性的影响,在对悬铃木、毛白杨、广玉兰等叶片的接触角进行测定之后,再将其表面附属物去掉重新进行测量,发现在没有附属物存在的条件下,所有叶片的接触角都发生了显著变化,都比原来降低至少 30° ,广玉兰甚至降低了将近 60° ,由原来的疏水转变为亲水。

由此可见,叶面附属物的有无以及附属物的多寡、形态、质地、类型都直接影响着水滴在叶面上的接触角,对叶片润湿性影响较大。

表 1 陕西地区 35 种植物的叶面特征及接触角大小

编号	物种	科别	接触角大小/ (°)		叶面形态
			正面	背面	
1	大叶醉鱼草 (<i>Buddleja davidii</i>)	马钱科	69.8	—	表面无毛或被稀疏的白色星状绵毛,背面密被灰白色星状绵毛
2	少脉椴 (<i>Tiliaceae paucicostata</i>)	椴树科	65.7	—	上面无毛,下面疏被灰柔毛,脉腋有淡褐色簇毛
3	珊瑚树 (<i>Viburnum odoratissimum</i>)	忍冬科	64.8	62.3	叶革质无毛,表面深绿色,背浅绿色
4	七叶树 (<i>Aesculus chinensis</i>)	七叶树科	59.5	—	叶纸质,上面无毛,下面近无毛或沿主脉间有短柔毛
5	垂柳 (<i>Salicaceae babylonica</i>)	杨柳科	59.0	136.7	表面光滑无毛,背面灰绿色,被白粉
6	木槿 (<i>Hibiscus syriacus</i>)	锦葵科	47.0	46.5	上面疏被短毛或近无毛,下面被糙伏毛或近无毛
7	广玉兰 (<i>Magnolia grandiflora</i>)	木兰科	35.0	119.5	叶厚革质,表面深绿有光泽,背面密被锈色绒毛
8	互叶醉鱼草 (<i>Buddleja alternifolia</i>)	马钱科	0.0	109.7	表面暗绿色,背面密生灰白色绒毛
9	辽东栎 (<i>Quercus liaotungensis</i>)	壳斗科	0.0	127.3	叶硬脂质,两面无毛,或仅背面叶脉有疏柔毛,幼叶与老叶差异较大
10	膀胱果 (<i>Staphylea holocarpa</i>)	省沽油科	140.2	—	上面绿色,下面稍淡,近无色
11	刺槐 (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	豆科	140.0	136.0	叶无毛或下面初时被绢状毛
12	国槐 (<i>Sophora japonica</i>)	豆科	140.0	136.0	上面深绿色,微亮,下面淡灰绿色,被贴伏毛及白粉
13	白背椴 (<i>Tiliaceae oliveri</i>)	椴树科	93.2	136.5	上面无毛,下面密被灰色星状柔毛
14	毛白杨 (<i>Populus tomentosa</i>)	杨柳科	92.3	109.7	表面光滑,背面有灰绒毛
15	女贞 (<i>Ligustrum lucidum</i>)	木犀科	90.7	91.7	叶革质而脆,表面有光泽,具腺点,中脉表面凹下,背面凸起
16	文冠果 (<i>Xanthoceras sorbifolia</i>)	无患子科	90.0	—	叶革质,下面疏生星状柔毛
17	丁香 (<i>Syringa oblata</i>)	木犀科	86.5	—	表面被短柔毛或无毛,背面被长绵毛及短柔毛或无毛
18	鹅耳枥 (<i>Carpinus shensiensis</i>)	桦木科	84.3	93.0	表面无毛或沿脉具疏毛,背脉上有毛,并散生稀疏腺点
19	杜梨 (<i>Pyrus betuleafolia</i>)	蔷薇科	78.5	100.5	两面幼时被灰白色绒毛,老时逐渐脱落至无毛
20	栎树 (<i>Koelreuteria paniculata</i>)	无患子科	78.3	60.7	叶纸质,上面无毛,下面近无毛或沿脉间有短柔毛
21	锦鸡儿 (<i>Caragana microphylla</i>)	豆科	77.8	—	叶革质或硬纸质,无毛
22	悬铃木(老叶) (<i>Platanus acerifolia</i>)	悬铃木科	77.0	90.7	幼时两面密生星状毛,老时无毛或沿主脉和脉腋内有毛
23	白皮桦 (#) (<i>Betula platyphylla</i>)	桦木科	74.3	84.7	两表面无毛,侧脉间有腺点
24	山杏 (<i>Armeniaca sibirica</i>)	蔷薇科	73.7	39.7	表面粗糙,两面均无毛或仅背面脉腋具柔毛
25	槲栎 (<i>Quercus aliena</i>)	壳斗科	71.0	—	表面无毛,背面密生星状毛
26	蚊母 (<i>Distylium</i>)	金缕梅科	71.0	68.8	叶厚革质,两面光滑无毛
27	栒子 (<i>Cotoneaster zabelii</i>)	蔷薇科	136.7	139.0	表面深绿色,被稀疏短柔毛,背面淡绿色,密被短柔毛
28	乌桕 (<i>Sapium sebiferum</i>)	大戟科	132.7	137.0	叶纸质,两面光滑均无毛
29	山杨 (<i>Populus davidiana</i>)	杨柳科	130.3	126.7	表面深绿色,背面较淡
30	银杏 (<i>Ginkgo biloba</i>)	银杏科	119.5	134.0	两面均光滑无毛
31	悬铃木(幼叶, <i>Platanus acerifolia</i>)	悬铃木科	107.7	138.7	幼时两面密生星状毛,老时无毛或沿主脉和脉腋内有毛
32	榛子 (<i>Ostryopsis davidiana</i>)	桦木科	102.2	73.8	表面无毛,背面沿脉具柔毛
33	楸树 (<i>Sorbus pohuashanensis</i>)	蔷薇科	96.2	86.3	幼时表面被灰白色绒毛,老时近无毛,背面被灰白色绒毛
34	连翘 (<i>Forsytia girdiana</i>)	木犀科	96.0	75.5	两面均被疏柔毛,中脉在表面凹入,背凸起
35	栓皮栎 (<i>Quercus variabilis</i>)	壳斗科	93.5	144.0	表面无毛有光泽,背面密被灰白色星状毛

注: 以上结果为测量平均值; 辽东栎、白皮桦、山杨的幼叶为 5 月份所测; 表中植物叶脉特征除银杏为二叉叶脉外,其它皆为网状。

表2 叶面附属物对叶片润湿性的影响

(9)

物种	正面接触角		背面接触角		叶面形态
	未去附属物	去掉附属物	未去附属物	去掉附属物	
广玉兰	35.0	—	119.5	62.0	叶厚革质,表面深绿有光泽,背面密被锈色绒毛
毛白杨	92.3	—	131.3	104.3	表面光滑,背面有灰绒毛
悬铃木(老叶)	77.0	—	90.7	—	老时无毛或沿主脉和脉腋内有毛
悬铃木(幼叶)	107.7	83.7	138.7	95.0	幼时两面密生星状毛

2.4 叶脉及气孔对叶片润湿性的影响

植物叶片上叶脉的情况各不相同,有些叶脉上还具有表皮毛等附属结构,但无论是网状叶脉还是平行叶脉,都增加了叶面的粗糙程度。由于叶脉在叶背较为凸出,故其对叶背的影响要大于叶表。同样,气孔的类型和数量也能改变叶片的粗糙程度。且在绝大多数陆生植物中,叶背气孔数量远多于叶表。所以,叶脉和气孔共同影响叶面的粗糙程度,且对叶背的影响程度较大,因此,叶背与叶表的接触角也有所差别。

3 结论

测定了陕西省34种植物叶片的接触角,叶片正面的接触角大小在 $0^{\circ}\sim 140^{\circ}$,平均 85.4° 。按照接触角的大小,大于 95° 不润湿的植物占到测定总数的31.4%;小于 85° 润湿的植物中占到51%以上;而介于润湿与不润湿之间的物种占17.1%。叶片的正面和背面的润湿性具有一定水平的差异。角质层、附属物以及叶脉、气孔对叶片的润湿性具有一定的影响。

[参 考 文 献]

- [1] 顾惕人,朱步瑶,李外浪,等. 表面化学[M]. 北京:科学出版社,2004:359-388.
- [2] Smith W K, McClean T M. Adaptive relationship between leaf water repellency stomatal distribution and gas

exchange [J]. American Journal of Botany. 1989,76 (3): 465-469.

- [3] Brewer C A, Smith W K. Influence of simulated dewfall on photosynthesis and yield in soybean isolines with different trichome densities [J]. International Journal of Plant Sciences. 1994,155: 460-466.
- [4] Hanba Y T, Moriya A, Kimura K. Effect of leaf surface wetness and wettability on photosynthesis in bean and pea [J]. Plant, Cell and Environment. 2004,27: 413-421.
- [5] Reynolds K M, Madden L V, Richard D L, et al. Splash dispersal of *Phytophthora cactorum* from infected strawberry fruit by simulated canopy drip [J]. Phytophthogy. 1989,79: 425-432.
- [6] Massman W J, Pederson J, Delany A, et al. An evaluation of the regional acid deposition model surface module for ozone uptake at three sites in the San Joaquin Valley of California [J]. Geophysical Research. 1994,99: 8281-8294.
- [7] Brewer C A, Smith W K. Leaf surface wetness and gas exchange in the pond lily *Nuphar Polysepalum* [J]. American Journal of Botany. 1995,82(10): 1271-1277.
- [8] Hall D M, Burke W. Wettability of leaves of a selection of New Zealand plants [J]. New Zealand Journal of Botany, 1974,12:283-298.