

## 干旱荒漠区植物骆驼刺的耗水规律

朱永华, 仵彦卿

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 天然植物的耗水量是其生态需水量的一部分,也是确定其生态需水量的基础。额济纳旗位于黑河的下流,属于干旱荒漠区,全区域只在河流沿岸依靠地下水形成天然绿洲,骆驼刺是天然绿洲上的一种常见多年生天然矮灌木,具有额济纳旗天然植物根系生物量比地上部分生物量大的多且侧根十分发育的共有特点。因此搞清骆驼刺的耗水规律及耗水量将为认识额济纳旗区域内其它天然植物的耗水量及其耗水规律提供科学的基础。同时也将为维持额济纳旗现有天然生态不再恶化提供科学的依据。为此本文利用由土壤含水量及根系有效长度得到的折算因子与可能蒸散量的积成功地确定了骆驼刺实际蒸散量即其耗水量。得出额济纳旗天然矮灌木骆驼刺林地的年耗水量为 132.00 mm。并得出额济纳旗矮灌木骆驼刺的耗水量主要来源于潜水蒸发量与土壤贮水量。

**关键词:** 骆驼刺; 耗水量; 干旱荒漠区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)04-0043-03

中图分类号: S152.75

### Water Consumption of Natural Plant *Alhagi Sparsifolia* in Arid Desert Region

ZHU Yong-hua, WU Yan-qing

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute,  
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu Province, China)

**Abstract:** The amount of water consumption of natural plant is a part of its amount of water requirement, and also the basis to determine its amount of water requirement. Ejina County lying in the lower reaches of Heihe River basins, belongs to an exceedingly arid region, and only on the bank of Heihe River, there are banded oases nourished by groundwater supplied by the river water in the upper and middle reaches, the left region all is covered by desert. In Ejina County, the main landscape is natural oasis. *Alhagi sparsifolia* is a familiar kind of perennial natural undershrub in the natural oasis, it has the common character of natural plants in Ejina County, its underground biomass is more than its overground biomass and its lateral roots is very abundant. So to make clear the rule of water consumption and to determine the ecological amount of water consumption of *Alhagi sparsifolia* will provide scientific basis for determining that of other natural plants in Ejina County. At the same time, this will provide a scientific basis for maintaining present ecological environment of Ejina County. The ecological amount of water consumption of *Alhagi sparsifolia* is successfully calculated by potential evapotranspiration multiplying a reduction factor, and the reduction factor is determined by soil moisture volume percentage and roots efficacious length. It is obtained that the annual amount of water consumption in natural *Alhagi sparsifolia* woods in Ejina County is 132.002 mm, mainly coming from the phreatic water evaporation and the soil moisture storage.

**Keywords:** *Alhagi sparsifolia* woodland; amount of water consumption; arid desert region

在 SPAC 水分垂直运移中,植物根系吸收的水分中只有不足 1% 参与了植物光合作用,其余部分全部蒸腾,以调节植物的温度,并运载植物所需的营养成分。故植物地耗水量只包括裸间地面蒸发量和植物蒸腾量即指植物地蒸散量。已有的关于植物地蒸散量

确定的研究很多,但多限于对各种气候区农作物、经济作物或人工林耗水量的研究<sup>[1-7]</sup>。近年来,由于沙尘暴发生频繁,生态恢复日益重要,对干旱荒漠区植物耗水的研究受到人们的重视。对黑河下游额济纳旗的天然矮灌木耗水量的确定及对其耗水规律的认识

收稿日期: 2002-05-18

资助项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90102003); 中国科学院知识创新项目(CACX210021, KZCX1-10-03)

作者简介: 朱永华(1972-),女(汉族),甘肃镇原县人,讲师,博士,主要从事生态水文学研究。电话(010)64875487。E-mail: Yonghua-z@163.com。

将为额济纳旗的生态环境保护和生态恢复提供科学的依据,为此本文利用 Stockle 等人 1992 年改进的 Penman-Montieth 方法确定可能蒸散量<sup>[8]</sup>,然后用 Ragab R. 在 1995 年提出的方法即用可能蒸散量乘以一个用土壤含水量确定的折算因子来获得实际蒸散量<sup>[9]</sup>。此方法既考虑了影响蒸散量的气象因子、植物因子,而且还考虑了土壤因子。同时本文首次提出在各种资料缺乏的情况下利用有效根系长度来计算植物根系所在的各个土层的可能蒸散量,然后来推算实际蒸散量。

## 1 试验林地和试验方法

### 1.1 研究林地概况

研究地位于内蒙古自治区额济纳旗境内的中国科学院生态水文试验区,位于巴丹吉林沙漠的东北缘,北纬 40°10′-42°30′,东经 99°25′-102°00′,年均降雨量 38.24 mm,年均水面蒸发量 3 631.9 mm,年均气温为 8℃,属极端干旱气候。矮灌木骆驼刺样地位于额济纳旗城的西南面 2 km 远的河岸林地,距河岸 500 m,地下水位 2~3 m。样方面积 500 m<sup>2</sup>。骆驼刺为 3 a 生矮灌木,分布密度 1.28 株/m<sup>2</sup>,冠幅为 55.2 cm×49.2 cm,平均株高 59.2 cm。根系平均深度为 100 cm,根系土层取 0—100 cm 土层。

### 1.2 研究方法

1.2.1 试验数据的获得 把样地分成 5 个小区,每个小区设一测点。在每个测点进行土壤含水量的测定。数据测定在 1999 年进行,从 5 月 1 日开始,10 月底结束。每 5 d 用土钻取土样 1 次。取样剖面深度为 100 cm,取样土层分别为 0—10,10—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm,在每个土层中点±5 cm 处所取土样为有效样品,每点 3 个重复,样品带回实验室用烘干法(105℃)测定土壤含水量。同时在每个小区选一株样本,每 15 d 进行植物新枝长度的测量。

根系有效长度的测定,在 8 月 15 号进行,在样地 5 个小区内各选 1 株骆驼刺,然后以围绕树轴挖直径为 2 m,深为 1 m 的土柱,每挖 10 cm 土层统计其中的根系直径和根系长度。半径小于等于 0.2 cm 的根系都作为有效根系计算。

植物地土类按细砂土对待,田间持水量和凋萎含水量分别取为 31.70%和 0.73%<sup>[10]</sup>。其它数据采用额济气象站资料。

1.2.2 实际蒸散量的算法 实际蒸散量用可能蒸散量乘以一个折算因子来计算。把试验地分为 6 个土层,用  $i$  代表试验任一天(从 5 月 1 日到 10 月 31 日),用  $j$  代表任一土层( $1 \leq j \leq 6$ ), $S_i$  代表折算因子。当

植物在土层中的可得水量等于最大可得水量,植物将以可能速率进行蒸散发,最大可得水量用田间持水量  $\theta_h$  与凋萎含水量  $\theta_{wp}$  间的差来确定。折算因子利用实际可得水量与最大可得水量之间的比率来算。实际可得水量利用实际土壤含水量  $\theta$  与凋萎含水量间的差来确定<sup>[9]</sup>。则:

$$S_i(i, j) = \left\{ \frac{\theta(i, j) - \theta_{wp}(j)}{\theta_h(j) - \theta_{wp}(j)} \right\} \quad (1)$$

实际蒸散量  $E_T$  用下式计算:

$$E_T(i, j) = S_i(i, j)E_{TP}(i, j) \quad (2)$$

$$E_{TP}(i, j) = E_{TP}(i)L_e(i, j)/L_e(i) \quad (3)$$

式中:  $L_e(i, j)$  —  $i$  天  $j$  层的有效根系长度;  
 $L_e(i)$  —  $i$  天的总有效根系长度。

可能蒸散量  $E_{TP}$  用 Stockle 等人的方法<sup>[8]</sup>计算:

$$E_{TP}(i) = \frac{\delta(i)[h_n(i) - G(i)] + 86.7A_p(i)[e_s(i) - e_d(i)]/A_R(i)}{[H_v(i)][\delta(i) + \gamma]} + \frac{86.7A_p(i)[e_s(i) - e_d(i)]/A_R(i)}{[H_v(i)][\delta(i) + \gamma]} \quad (4)$$

式中:  $\delta$  — 饱和水汽压随气温变化的曲线的斜率(hPa·℃);  $h_n$  — 净辐射能量;  $G$  — 土壤热通量(MJ/m<sup>2</sup>);  $A_p$  — 空气密度(g/m<sup>3</sup>);  $e_s$  — 饱和水汽压(kPa);  $e_d$  — 水汽压(kPa);  $A_R$  — 热量和水汽传输的空气动力学阻力(s/m)(其计算式中的植物高度为计算时段内新枝平均长度与 5 月 1 日的植物高度之和);  $\gamma$  — 湿度计常数(kPa·℃<sup>-1</sup>);  $H_v$  — 蒸发潜热(MJ/kg),各项计算方法见文献<sup>[8,11]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 骆驼刺林地耗水量的确定

首先根据实测资料确定骆驼刺林地生长期内各个月的可能蒸散量,见表 1。

表 1 骆驼刺林地生长期内各月的可能蒸散量

月 份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
可能蒸散量/mm	86.72	116.70	132.63	129.21	90.34	51.38

其次利用 0—100 cm 土层中的土壤容积含水量、凋萎含水量和田间持水量按式(1)计算求得骆驼刺生长地各个土层的折算因子见表 2。应注意当土层容积含水量小于凋萎含水量时,不存在蒸散,故折算因子为 0;土层容积含水量大于田间持水量时,植物将以可能速率蒸散,折算因子为 1。然后按式(3)用各个土层有效根系长度与总上层的总有效根系长度之比乘以总可能蒸散量求得各个土层的可能蒸散量,最后按式(2)求得矮灌木骆驼刺林地生长期内的月实际蒸散量(表 3)。

表 2 骆驼刺林地各个土层在生长期内的折算因子

土层深度	5月	6月	7月	8月	9月	10月
0—10 cm	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
10—20 cm	0.01	0.01	0.01	0.03	0.07	0.00
20—40 cm	0.03	0.03	0.03	0.05	0.24	0.02
40—60 cm	0.11	0.12	0.08	0.07	0.60	0.06
60—80 cm	0.12	0.13	0.12	0.08	0.11	0.12
80—100 cm	0.12	0.12	0.06	0.08	0.18	0.08

表 3 骆驼刺林地生长期内月实际蒸散量

月 份	5月	6月	7月	8月	9月	10月
实际蒸散量/mm	9.22	29.55	37.22	34.27	18.61	3.14

2.2 对土壤含水量推求的实际蒸散量的检验

利用土壤含水量和根系有效长度推求的骆驼刺林地生长期内实际蒸散量的变化曲线与采用冯起的蒸散量实测值<sup>[12]</sup>描点进行了对比(见图 1)。从图 1 可看出:用土壤含水量推求的实际蒸散量是可信的,可见该方法是可行的。

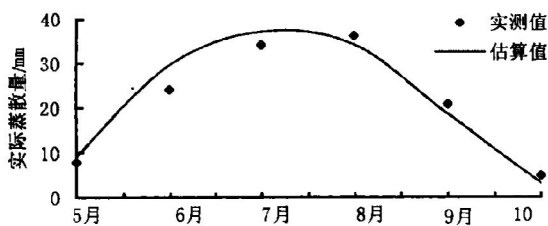


图 1 骆驼刺林地生长期内实际蒸散量的实测值与估算值变化

2.3 骆驼刺林地的耗水规律

2.3.1 不同月份的耗水量变化 在生长期内,骆驼刺的月耗水量呈单峰型变化,在 7 月份耗水量最大,8 月份次之,10 月份最小,这是因为 7、8 月份是生长最茂盛时期,而 10 月份是生长已临近结束的时期(图 2)。在全生长期内,骆驼刺耗水量(实际蒸散量)比可能蒸散量小得多,但却比降水量大。具体来说,骆驼刺月耗水量占可能蒸散量的 6.11%~26.09%,说明骆驼刺林地土壤很干,可供实际蒸散发的水分很少(表 4)。

表 4 骆驼刺林地生长期内实际蒸散量与可能蒸散量、降水量间的比例关系 %

月 份	5月	6月	7月	8月	9月	10月
实际蒸散量/可能蒸散量	10.63	25.32	26.09	24.62	20.60	6.11
降水量/实际蒸散量	34.82	22.98	30.09	22.38	18.00	54.21

2.3.2 耗水量的来源 不考虑侧向径流的情况下,骆驼刺林地水量平衡方程式为:

$$P + E_g + W_{初} - W_{末} - E_{T_i} = 0$$

式中:  $P$  ——某时段内累积降水量(mm);  $E_g$  ——某时段内潜水蒸发量(mm);  $W_{初}, W_{末}$  ——分别为时段初、末土壤贮水量(mm);  $E_{T_i}$  ——时段内骆驼刺的耗水量(mm)。

从水量平衡方程式来看,骆驼刺的耗水量不仅与降水量、潜水蒸发量有关,还与土壤贮水量有关。从表 4 可以看出,整个生长期中,降水量占骆驼刺耗水量的 18.00%~54.21%。具体来说,在 5—8 月份中,各月降水量占该月总耗水量的 23%以上,35%以下;在 9 月份,月降水量占月总耗水量的 18%,接近 20%。在 10 月份,月降水量占月总耗水量的 50%以上。这说明骆驼刺林地生长期内,降水也是其一个重要的水源。总的来说,在 5—9 月份中,骆驼刺林地消耗的水分主要来自于潜水蒸发和土壤贮水,但在 10 月份中,骆驼刺林地消耗的水分主要来自于降水。但从整个生长期来看,潜水蒸发和土壤贮水仍旧是骆驼刺林地的主要水源。

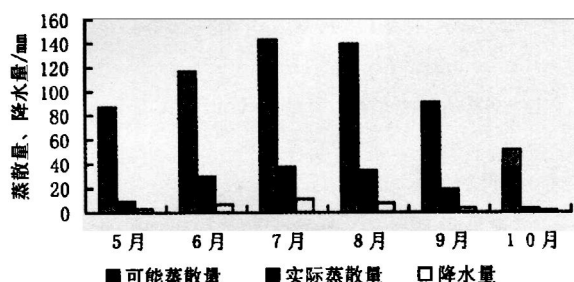


图 2 骆驼刺林地生长期内可能蒸散量、实际蒸散量与降水量的变化

3 结 语

(1) 用土壤含水量和根系有效长度及可能蒸散量来推算干旱荒漠区天然矮灌木骆驼刺林地的耗水量是可行的。

(2) 本文首次确定了干旱荒漠区的天然矮灌木骆驼刺的耗水量。得出额济纳旗天然矮灌木骆驼刺林地的年耗水量为 132.00 mm。

(3) 额济纳旗矮灌木骆驼刺的耗水量主要来源于潜水的蒸发量与土壤的贮水量,但是降水也为该区骆驼刺林地的一个重要水源。潜水的蒸发量与土壤的贮水量二者对骆驼刺耗水量的影响作用具体如何,还需继续做工作进行探讨。

(下转第 65 页)

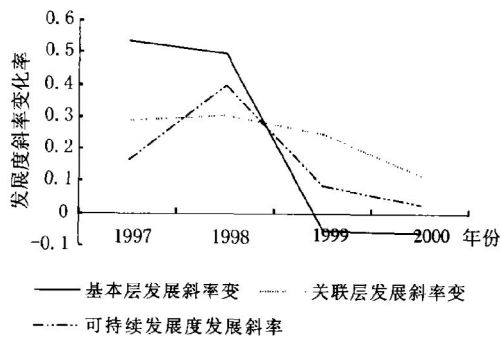


图6 米脂县发展斜率变化率

## 5 结论

(1) 本文依据生态示范区可持续发展的内涵及复合系统的理论,构造了反映县域可持续发展能力与水平的可持续发展度参数。

(2) 可持续发展度包括基本层质量综合评价参数和关联层协调度及时间3个参数。基本层质量综合评价参数反映复合系统中各子系统的结构与功能状态;关联层协调度则反映出各个子系统之间相互作用与联系的程度;时间参数是对发展趋势的考虑。

(3) 通过对生态示范区——陕西省米脂县可持续发展能力和水平的分析,表明可持续发展度参数能够反映出该县的可持续发展能力与水平,与实际情况较为吻合。该县可持续发展度尽管呈现出增长的趋势,但也反映出受自然灾害的影响较大,在经济子系统中表现的尤为突出。因此,加大环境保护与生态治理是关系到整个系统可持续发展的关键所在。

### [参考文献]

- [1] 王如松,杨建新.产业生态学 and 生态产业转型[J].世界科技研究与发展,2000,22(5):24—32.
- [2] 程淑兰.安徽省岳西县生态示范区评价指标体系和可持续发展度研究[J].农村生态环境,2000,16(3):27—30.
- [3] 朱小兵.生态示范区可持续发展能力初步研究[J].中国人口资源与环境,2001,11(2):105—107.
- [4] 闵庆文,李文华.区域可持续发展能力评价及其在山东五莲的应用[J].生态学报,2002,22(1):1—9.
- [5] 任建兰.建设生态示范区——推动区域可持续发展的实践模式[J].人文地理,1999,14(2):30—33.
- [6] 王如松.论复合生态系统与生态示范区[J].科技导报,2000,6—9.
- [7] 李全胜,叶旭君.农业生态系统可持续发展趋势度的评价方法[J].生态学报,2001,21(5):695—700.
- [8] Stockle C O, Willams J R, Rosenberg N J, Jones C A. A method for estimating the direct and climatic effects of rising atmospheric carbon dioxide on growth and yield of crops; Part I—Modification of the EPIC Model for climate change analysis[J]. Agric. Systems, 1992, 38: 225—238.
- [9] Ragab R. Towards a continuous operational system to estimate the root-zone soil moisture from intermittent remotely sensed surface moisture[J]. Journal of Hydrology, 1995,173:1—25.
- [10] 冯起,程国栋.我国沙地水分分布状况及其意义[J].土壤学报,1999,36(5):225—236.
- [11] Hargreaves G H, Samani Z A. Reference crop evapotranspiration from temperature [J]. Applied Engr. Agric, 1985,1: 96—99.
- [12] 冯起.额济纳旗绿洲水分平衡及最佳生态地下水位和生态用水量研究[M].兰州:中国科学院冰川冻土研究所,1998.

(上接第45页)

### [参考文献]

- [1] 谢贤群.一个改进的计算麦田总蒸发量的能量平衡——空气动力学阻抗模式[J].气象学报,1988(1):21—29.
- [2] 周英,徐腊梅.陕西泾阳玉米耗水规律研究[J].南京气象学院学报,1998,21(1):125—129.
- [3] 冯金超,陈荷生,康跃虎,等.腾格里沙漠沙坡头地区人工植被蒸散耗水与水量平衡的研究[J].植物学报,1995,37(10):815—821.
- [4] 刘明春,马兴祥,张惠玲.河西走廊东部灌溉春小麦生物特征及需水规律浅析[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):45—49.
- [5] 高岩,刘静,张汝民,等.应用热脉冲技术对小美早杨耗水量的研究[J].内蒙古农业大学学报,2001,22(1):44—48.
- [6] 王亚军,谢忠奎,小林哲夫,等.河西绿洲区春小麦蒸腾蒸散的变化研究[J].中国沙漠,1999,19(3):272—383.
- [7] 刘昌明,窦清晨.土壤—植物—大气连续体模型中的蒸散发计算[J].水科学进展,1992,3(4):255—263.