

太行山低山区黄背草群落蒸散研究

杨帆^{1,2}, 张万军²

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012;

2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 河北 石家庄 050021)

摘要: 通过大型非称重式蒸渗仪方法和小型称重式蒸渗仪法, 对太行山典型草地黄背草群落蒸散进行研究, 结果得出大型非称重式蒸渗仪法整个生长季黄背草总蒸散量为 730.4 mm。小型蒸渗仪法整个生长季总蒸散量为 753.6 mm。由相关分析得出蒸散与叶面积指数呈显著相关, 建立关系式为 $ET = 31.672LAI - 47.424$, $R = 0.616$ 。通过两种方法进行比较, 调整叶面积指数后, 测定黄背草的两种方法呈显著性相关, 相关系数 $R = 0.854$, 回归方程为 $ET_m = 0.803ET_l + 10.916$, $R = 0.854$ 。

关键词: 蒸散; 黄背草群落; 蒸渗仪

中图分类号: S15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2007)增刊-0167-05

Study on Evapotranspiration of *Themeda japonica* Community

YANG Fan^{1,2}, ZHANG Wan-jun²

(1. Northeast Institute Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;

2. Center for Agricultural Resource Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: This paper study evapotranspiration(ET) of typical grassland(*Themeda japonica* community) using larger scale non-weighing lysimeter and micro-lysimeter in Taihang Mountains. The results showed that the total ET was 730.4 mm by large-scale non-weighing lysimeter during entire growing season. But ET of micro-lysimeter was 753.6 mm. By analysis between ET and leaf area index(LAI), correlation of ET and LAI is significant at the 0.05 level(2-tailed) for *Themeda japonica* community, The questions of ET and LAI was: $ET = 31.672LAI - 47.424$, $R = 0.616$. Comparison with two measure, correlation of ET of per unit LAI among two measures is significant at the 0.05 level(2-tailed), questions of two measures was: $ET_m = 0.803ET_l + 10.916$, $R = 0.854$.

Key words: Evapotranspiration; *Themeda Japonica*; Community lysimeter

蒸散在水分运动过程中占有极为重要的地位。它既是水量平衡, 又是能量平衡的重要组成部分。同时又与植物的生理活动以及生物产量的形成有着密切的关系。以往对蒸散的研究主要集中于作物研究, 而对非作物的自然植被研究较少^[1-4], 尤其对退化的植被研究更少^[5]。而这方面基础研究的薄弱限制了应用植被手段去进行环境建设^[6]。太行山区水资源短缺, 生态环境恶化, 旱涝灾害频繁。山上植被主要是森林破坏后退化的旱生次生灌草丛, 因此对太行山区典型草地植被黄背草群落蒸散进行研究, 为太行山区经营森林、恢复植被、保护环境提供依

据。

1 材料和方法

1.1 研究地概况

本研究在中国科学院太行山山地生态试验站水循环研究试验基地进行。该站位于石家庄市西南 50 km 的元氏县前仙乡牛家庄村(东经 $114^{\circ}15'50''$, 北纬 $37^{\circ}52'44''$), 属太行山低山丘陵区, 为华北平原西侧的太行山地。本区土壤主要为花岗片麻岩(部分地带为石灰岩和页岩)的土壤母质上发育起来的山地褐土。试区的植被类型主要是低山丘陵地带阔

收稿日期: 2007-02-19

基金项目: 国家 863 重大专项(2002AA2Z405); 中日合作“太行山地下水环境研究”项目

作者简介: 杨帆(1972-), 女, 吉林长春人, 助理研究员, 主要从事生态水文研究工作。

叶林破坏后发育的次生旱生灌草丛。以荆条(*V. negundo* var. *heterophylla* Rehd.)、酸枣(*Z. jujuba* var. *spinosa* Hu)为主的灌丛群落、以黄背草(*T. japonica* (Willd.) Tanaka)、白羊草(*B. ischaemum* (L.) Keng)为主的草丛植被群落。

1.2 蒸渗仪结构

大型非称重式蒸渗仪(又名渗漏型蒸渗仪)主体是四棱形立方体的栽培池。池的底部由钢筋混凝土组成,池四周及上部由砖混凝土构成,混凝土内掺有防渗粉以防渗漏。池的底部有一渗流管,排出渗入到池底的水量。池底是10 cm厚过滤层,由大砾石、小石子和沙子组成。过滤层以上装填土壤。为了防止大雨或暴雨水流溢出,土壤装填在池口以下6 cm处。为了保持其自然状态,在回填土壤时每10 cm一层回填,拍实。最后通体灌水。使其自然晾干落实。在非称重型蒸渗仪(内径尺寸长2.5,宽1.5 m,高1.2 m)土体中30, 60, 100 cm处安装双针式时域反射仪测定土壤含水量。在土体10, 30, 60, 100 cm处安装DLS-⑤型负压计,测定土壤水势,研究水的动态变化。小型称重式蒸渗仪共3个(高1 m,内径25 cm)。按照蒸渗仪面积,选择典型的黄背草群落,于2003年10月下旬将其切块移栽入蒸渗仪中。试验于2004年11月结束。

1.3 数据的采集

降雨量:自计雨量计测定。

土壤体积含水率:采用TDR(Model CS616, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA)测量,传感器与CR10X数据采集器自动相连,每5 min取样1次,每20 min取1次平均值并计数。所得土壤含水量为体积含水量。

地下出流量:采用翻斗式流量计,用8 000次的HOB0计数器记录整个过程。

土壤水势:由负压计测定,每日上午8:00、下午17:00,1 d观测2次,下雨时根据实际情况加密连续观测。

植被覆盖度:采用网格法测定,用1 m×1 m的样方,其中样方中有10 cm×10 cm的方格100个,将其水平对正摆放在试验地上方(不压实验植被),由上而下数方格。方格中植被占一半以上即为有1,否则为0。每周测定1次。

株高:用钢卷尺直接测量。

叶面积测定:首先测量各叶片的叶长和最大叶宽,然后对二者进行相乘并累加求和,最后再乘以一个折算系数。折算系数的确定:采用剪纸称重法测定折算系数。即用标准方格纸将每片叶子画在方格

纸上并剪下纸模,称其重量。同时在方格纸上剪下叶长和最大叶宽的面积,称其重量。折算系数就是二者的比值。

小型称重式蒸渗仪重量:用精度为1%的小磅称称量。每周称重1次。

2 结果与分析

2.1 降水量年变化过程

由图1可知,全年降雨存在明显的季节变化,主要的降雨集中在7,8月份。特别是2次超过100 mm的降雨分别在7,8月份。一次在7月11~12日,2 d共降雨152 mm,另一次在8月9~14日,6 d共降雨171.3 mm。2004年全年降雨量为706.4 mm,其中7,8月份降雨占全年的60%。5,6月份降雨占全年降雨的20%,9,10月份降雨相对较小,仅占全年的11%。特别是10月,仅一次降雨,而且雨量只为2.8 mm。因此2004年全年降雨,主要集中在6~9月,其中7,8月份最多。

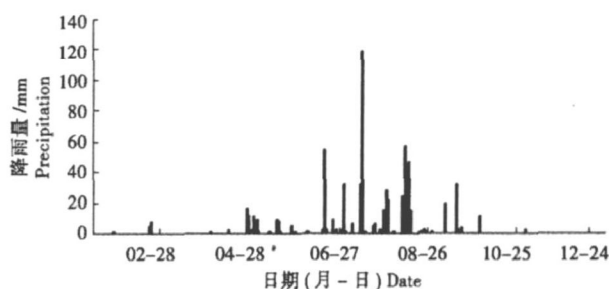


图1 2004降雨年内分配

Fig. 1 Precipitation Catchment in 2004

2.2 黄背草蒸散变化规律

图2是黄背草群落整个生长季蒸散规律,5~10月共6个月。7 d为一个步长。由图可知,整个生长季,黄背草蒸散规律5~6月曲线平缓上升,7~8月曲线波动较大,9~10月缓慢下降,5~6月、9~10月各个时段波动不大。这是由于在太行山区,5~6月、9~10月都属于干旱时期,降雨量小,未产生地下渗流,雨水储存在土壤水库中,供植被蒸腾和土壤蒸发。因此蒸散表现为稳定增加或稳定减少。而7,8月份,各个时段蒸散量波动较大。这主要是受降雨影响,太行山区7,8月份正值雨季,降雨频繁。而且2次超过100 mm的降雨分别在7月和8月份。这2次降雨使土壤饱和,地下产生渗流。由于地下渗流具有滞后作用,使得时段内计算所得蒸散量变化较大。因此7,8月份植被蒸散曲线波动较大。由图可知,累计蒸散量也明显分成3个时段,即5~6月累计蒸散量斜率较低,7~8月份斜率最大,9~10月斜率最小。分析原因,黄背草在5~6月份植株逐

渐生长,消耗土壤中的水分也逐渐增大,蒸散量逐渐增加。而雨季的7~8月份,土壤含水量高。在这种高温高湿和水分充足的环境下,植被生长迅速,消耗大量土壤水分,另外土壤蒸发量也较高,因此7~8

月份蒸散量增加迅速。9月份黄被草已经成熟,逐渐开始衰老。植物消耗的土壤水分减少。此时黄被草覆盖度高达95%,阻碍了土壤的蒸发。因此9~10月份蒸散量逐渐减少,且累计蒸散量增加缓慢。

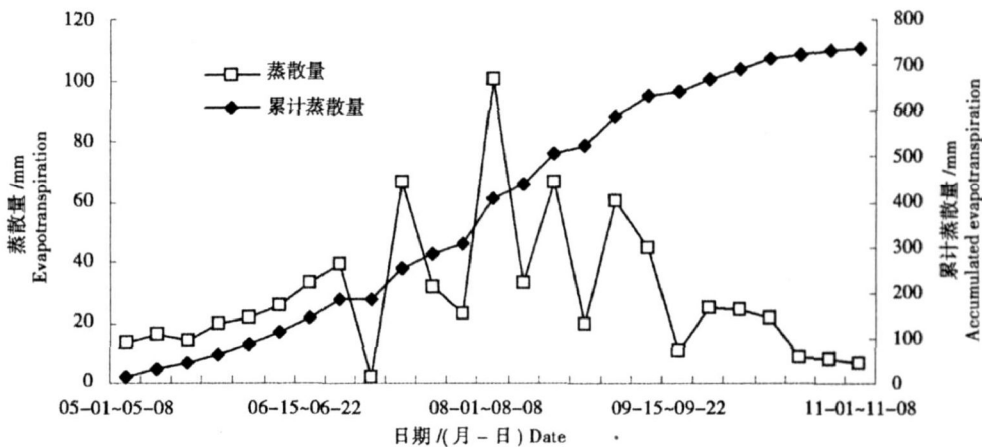


图2 黄被草蒸散变化曲线

Fig.2 Change on ET of *Themeda japonica*

2.3 土壤水势动态变化

由图3可知,5~6月各个剖面土壤水势低,变化较大;7~8月份土壤水势高,变化不大;9月之后土壤水势呈平缓降低趋势。5~6月是太行山低山区的干旱时期,植株生长需要消耗土壤水分,因为黄背草是多年生草本植物,其根系密度大,吸收水分多,因此土壤水势在此时段较低。7~8月份进入雨季,由于土壤含水量达到饱和状态,土壤水势高。尽管黄背草群落在此阶段蒸散量最大,但由于降雨的补充,土壤水势变化不大。9月之后,雨季结束,随着黄背草的蒸腾和土壤的蒸发作用,消耗土壤水分,土壤水势逐渐降低。黄背草群落4个剖面之间比

较,30 cm剖面土壤水势较其他3个剖面低,且波动较大;10 cm剖面变化趋势基本相似,只是略高于30 cm剖面。100 cm剖面土壤水势高,上下波动小,呈平稳趋势;60 cm剖面水势介于它们之间。原因是10 cm剖面属于表层急变型,受外界变化和重力影响大。30 cm剖面黄背草变化较其他剖面变化大,且水势明显低,由此说明30 cm剖面土壤水吸力最大,土壤水分消耗最多。原因是黄背草的根系主要分布在10~40 cm剖面,占整个剖面的87.3%,因此吸收水分多。从土壤水势变化规律能进一步阐述黄背草群落蒸散耗水情况。

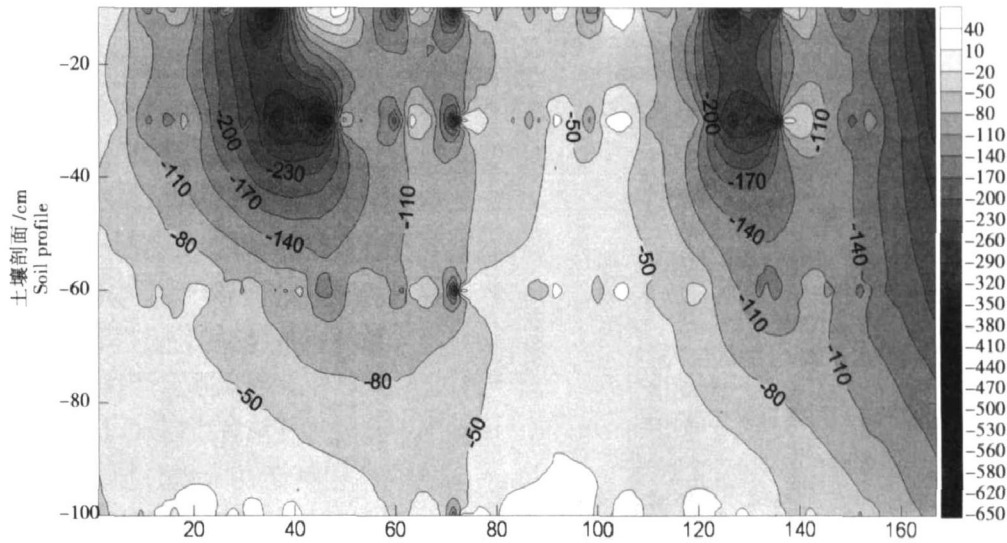


图3 黄背草群落土壤水势等直线图

Fig.3 Water potential isoline of *Themeda japonica*

2.4 蒸散量与生长指标关系

由表1可知,黄被草蒸散量与叶面积指数呈显

著性相关,相关系数为0.562。而与株高和覆盖度均未达到显著相关。说明叶面积指数是研究蒸散的

重要生长指标。

表 1 黄背草蒸散量与生长指标相关分析

	相关分析	株高	覆盖度	叶面积指数
	Pearson correlation	Height	Couerage	LAI
蒸散量 Evapotranspiration	相关系数	0.139	0.270	0.562*
	显著水平	0.508	0.191	0.003
	样本个数	25	25	25

注: * 表示在 P= 0.05 水平显著相关,下同 Note: * indicate significant correlation at p= 0.05, the same followed

表 2 蒸散与叶面积回归分析

模型	R	R ²	调整 R ²	估计标准误	F 值	显著水平
Model			Adjusted R square	Std. error of the estimate	F value	Sig.
ET= 31.672LAI- 47.424	0.616	0.380	0.291	19.315 1	4.285	0.005

表 2 可知,由回归分析建立了蒸散与叶面积指数之间的模型: $ET = aLAI - b$; $a = 31.672$; $b = 47.424$,且模型通过了 F 检验,达到了显著水平,模型具有可靠性。因此可以用生长指标中的叶面积指数来粗略估计黄被草蒸散量。

2.5 两种方法蒸散量的比较

由图 4 可知,大型非称重式蒸渗仪法整个生长季总的蒸散量为 730.4 mm,小型蒸渗仪法总蒸散量为 753.6 mm。两种方法测定蒸散量的变化趋势基本相同。均是以 8 月为峰值的单峰曲线。两种方法测定的蒸散量比较,5~ 8 月份小型称重法测定的各月蒸散量均大于大型非称重式蒸渗仪。原因是小型仪器土体小,受外界气候条件影响大。表现在植株生长方面,与大型相比,小型的叶面积指数更大一些。小型与大型比较,9~ 10 月份小型仪器测定的蒸散量较低,可能原因是小型仪器内土壤体积小,在植被蒸腾和棵间土壤蒸发的双重作用下,土壤水分含量较大型低。其蒸散量则低。

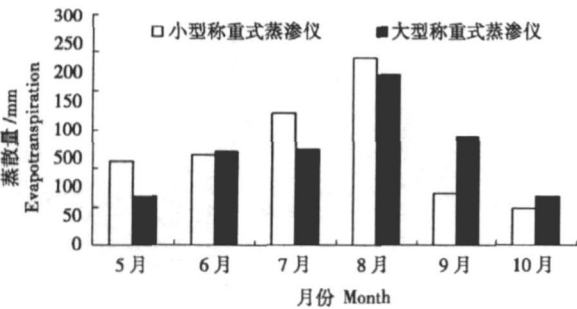


图 4 两种方法不同月份蒸散量比较

Fig.4 ET of Themeda japonica in different months

由表 3 可知,将两种方法测定黄被草蒸散的 6 个月份做相关分析,两种方法相关系数为 $R = 0.771$,双尾检验,不具有显著水平。分析原因可能是由于植被生长状况具有差异性,从而导致了蒸散量的差异^[7]。

2.6 单位叶面积蒸散量两种方法比较

叶面积指数是植被生理特性的重要指标。而植被的生理特性是影响蒸散的重要因子。因两种方法的生理特性不尽相同,其蒸散量变化较大。由以上分析,叶面积指数与蒸散呈显著性相关,因此将两种方法的蒸散量除以叶面积指数,去除生理特性的影响。然后将两种方法进行比较。

表 3 黄背草两种方法相关分析

	相关分析	大型非称重式蒸渗仪
	Pearson correlation	Large norweighing Lysimeter
小型称重式蒸渗仪	相关系数	0.771
Microrweighing lysimeter	显著性水	0.072
	平样本个数	6

表 4 黄背草两种方法单位叶面积蒸散量相关分析

Tab.4 Correlations of ET per-LAI of two methods for Themeda japonica		
	Pearson correlation	大型非称重式蒸渗仪
	相关分析	Large norweighing Lysimeter
小型称重式蒸渗仪	相关系数	0.854*
Microweighing lysimeter	显著性水平	0.030
	样本个数	6

由表 4 可知,两种方法呈显著相关,相关系数 $R = 0.854$,显著性水平 $P = 0.03$ 。对于黄背草而言,两种方法显著相关,说明两种方法都适合于在山区使用。用小型称重桶可以验证大型非称重式蒸渗仪的可行性。用大型非称重式蒸渗仪同样可以验证小型蒸渗仪的这种尺寸适合于测量山区草类蒸散量。

对黄背草两种方法进行回归分析,建立模型 $ET_m = aET_l + b$ 其中: $a = 0.803$, $b = 10.916$, ET_m 为小型称重桶蒸散, ET_l 为大型非称重式蒸渗仪蒸散量。模型通过 F 检验,达到了显著水平,模型具有可靠性。因此可以通过上式来估计两种方法的蒸散量 (表 5)。

表 5 黄背草两种方法单位叶面积蒸散量回归分析

Tab. 5 Regression of ET per LAI of two methods for Themeda japonica

模型 Model	R	R ²	调整 R ² Adjusted R square	估计标准 Std. error of the estimate	F 值 F value	显著水平 Sig.
ET _m = 0.803ET _l + 10.916	0.854	0.730	0.662	6.953 4	10.806	0.030

3 论 结

黄背草群落累积蒸散量具有明显的季节变化, 整个生长季蒸散量分为 3 个阶段, 即 5~ 6 月缓慢增加阶段, 7~ 8 月迅速增加阶段, 9~ 10 月微增加阶段。整个生长季, 黄被草群落蒸散量具有明显的季节变化, 均是以 8 月为峰值的单峰曲线。

大型非称重式蒸渗仪测定黄被草整个生长季蒸散量为 730.4 mm, 小型称重式蒸渗仪测定的总蒸散量为 753.6 mm, 略大于大型方法测定的蒸散量。

黄被草蒸散量与生长指标中的叶面积指数呈显著性相关, 相关系数为 0.562。回归分析, 建立模型 $ET = 31.672LAI - 47.424$ 。

两种方法比较, 小型蒸渗仪法测定的蒸散量 5~ 8 月高, 9~ 10 月低。两种方法蒸散量相关分析, 未达到显著水平。调整叶面积后, 呈显著性相关, 相关系数为 0.854。回归分析, 建立模型 $ET_m =$

$0.803ET_l + 10.916$ 。

参考文献:

[1] 宋克超, 康而泗, 金博文, 等. 黑河流域山区植被带草地蒸散发试验研究[J]. 冰川冻土, 2004, 26(3): 349– 356.

[2] 王书功, 康而泗, 金博文, 等. 黑河山区草地蒸发量估算方法研究[J]. 冰川冻土, 2003, 25(5): 558– 556.

[3] 宋炳煜. 草原区不同植物群落蒸发蒸腾的研究[J]. 植物生态学报, 1995, 18(4): 319– 328.

[4] 宋炳煜, 杨洁, 旭日, 等. 羊草群落的水分利用[J]. 植物学报, 2003, 45(10): 1245– 1250.

[5] 赵明, 郭志中. 渗漏型蒸渗仪对梭梭和柠条蒸腾、蒸发的研究[J]. 西北植物学报, 1997, 17(3): 305– 314.

[6] 沈国舫. 生态环境建设与水资源的保护和利用[J]. 中国水土保持, 2001(1): 4– 8.

[7] 李英能. 作物与水资源利用[M]. 重庆: 重庆出版社, 2001.