

滇中地区参考作物蒸散量时空变化特征

王杰, 吴灏, 黄英, 王树鹏

(云南省水利水电科学研究院, 昆明 650228)

摘要:参考作物蒸散量是灌溉设计、灌溉计划等的基础数据,利用滇中地区 19 个气象站的观测数据,计算了滇中地区的参考作物蒸散量(ET_0),分析了 ET_0 时间和空间的变化特征及气象要素对其的影响。结果表明:研究区的 ET_0 于 1982 年发生突变,1960—1982 年变化趋势不明显,1982—2002 年呈现下降的趋势,2003—2012 年 ET_0 呈现增加的趋势,多年平均 ET_0 约为 1 223.7 mm。 ET_0 的空间特征表现为中部高,东西低,春季最大,夏季高于秋季,冬季最小,高值区出现在元谋地区。 ET_0 与风速、气温和日照时数呈现显著的正相关关系,与相对湿度呈现极显著的负相关关系。偏相关分析和逐步回归分析显示在年尺度上,风速、相对湿度和日照时数的组合可以预测 ET_0 的年际变化。

关键词:参考作物蒸散量; 滇中地区; Penman-Monteith 公式

中图分类号: S161.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0041-04

Spatiotemporal Variations of Reference Crop Evapotranspiration in Central Yunnan

WANG Jie, WU Hao, HUANG Ying, WANG Shupeng

(Yunnan Hydraulic Research Institute, Kunming 650228, China)

Abstract: The ET_0 is the basis of irrigation and irrigation scheme. This paper, based on the meteorological measurement of meteorological stations in central Yunnan, the yearly reference evapotranspiration (ET_0) was estimated. The spatiotemporal characteristics and the influence of meteorological elements were also analyzed. The results showed that the abrupt change of ET_0 happened in 1982 approximately, the downward trend happened from 1982 to 2002, the increased trend happened from 2003 to 2012, the regional average ET_0 was 1 223.7 mm. the main space characteristics of ET_0 is high in central and low in east and west, the maximum value appeared in Yuanmou area in the seasons, the maximum value of ET_0 occurred in spring, and the value of ET_0 in summer was higher than that in autumn, the minimum value of ET_0 occurred in spring. The ET_0 increased with wind velocity, temperature and sunshine duration significantly and decreased with the relative humidity significantly. Partial correlative analysis and multiple regression analysis indicated that wind velocity, relative humidity and sunshine duration were the most significant predictors of the annual ET_0 .

Keywords: reference crop evapotranspiration; central Yunnan; Penman-Monteith equation

在全球的降水量中,约有 60% 通过陆地生态系统蒸散返回到大气中,被认为是水循环过程中最难的一个环节之一^[1],控制着陆地生态系统和大气之间的物质和能量交换,成为水资源研究的重点领域之一。在蒸散量估算中,参考作物蒸散量是基础参数,表征大气蒸发能力的一个量度^[2],同时也是制定作物灌溉制度、灌区灌溉需水量的基础,影响到区域水资源的

优化配置^[3]。对于农业用水、生态系统模型和径流估算等具有重要的影响。国内外对于参考作物蒸散量进行计算的方法很多,其中彭曼—蒙特斯公式被认为是目前最好的方法,具有很强的理论基础,所需数据能够很容易得到,并得到广泛的应用。

在气候变暖大背景下,世界上大多数地区 ET_0 呈下降趋势^[4]。在中国不同区域 ET_0 空间差异十分

明显,总体呈下降趋势^[5-6]。云南水资源总量丰富,但时空分布不均,与人口、土地和生产布局等不匹配。近年来随着社会经济的发展,农业用水量受到挤占,2009—2012年发生4 a连续干旱,使得农业缺水愈发严重。为此,本文利用滇中地区气象台站的日观测资料,计算滇中地区的 ET_0 ,在此基础上分析滇中地区 ET_0 的时空分布规律及气象要素对其的影响,以期在当地灌溉设计、灌溉计划和水资源管理等提供理论依据当地和实践指导。

1 研究区概况

滇中地区位于东经 $99^{\circ}33'$ — $103^{\circ}40'$,北纬 $24^{\circ}23'$ — $27^{\circ}05'$,包括昆明、玉溪、红河、大理、曲靖、楚雄和丽江等,国土面积约为 $1.5 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。研究区属于亚热带气候,日照充足,四季如春,气候宜人,干湿季分明,最热月平均温度约为 $19 \sim 22^{\circ}\text{C}$,最冷月平均温度约为 $6 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 。年降水量约为 955.0 mm ,其中85%以上的降雨量集中在5—10月,11月至次年4月的降水量仅占全年的15%左右。土壤类型以山原红壤、棕壤和水稻土等为主。地形以山地和山间盆地为主,地势起伏缓和。植被类型多样,多为次生植被和人工植被。

2 数据及方法

2.1 数据

本文采用滇中地区及临近地区的19个气象台站,时间序列为1960—2012年,主要包括逐日最低气温和最高气温、相对湿度、风速和日照时数,各站点的经纬度和海拔等数据。

2.2 方法

2.2.1 ET_0 计算 ET_0 的计算采用FAO Penman-Monteith公式^[7]。通过matlab软件编程,读入计算所需要的日最低气温和最高气温、相对湿度、风速、日照时数、经纬度和海拔等数据,实现对日尺度上 ET_0 的计算;通过使用ArcGIS 9.3软件,利用kriging空间插值方法实现 ET_0 的空间插值,生成年尺度和季节尺度上 ET_0 的空间分布图。

2.2.2 Mann-Kendall 突变检验 本文采用Mann-Kendal检验对 ET_0 的序列进行趋势分析和突变分析。Mann-kendall检验不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰^[8],适用于分析实际中的非正态分布,在进行突变分析时还可以明确突变开始的时间,并指出突变区域^[9]。

3 结果与分析

3.1 ET_0 时间变化特征

由各气象站1960—2012年 ET_0 年均值,求平均值得到研究区近53 a来 ET_0 的年均值。研究区多年平均 ET_0 约为 $1\,238.0 \text{ mm}$,最大值约为 $1\,348.4 \text{ mm}$,出现在2012年;最小值约为 $1\,115.9 \text{ mm}$,出现在1990年(图1)。通过M-K检验得到统计量U的顺序、逆序变化曲线 UB_k 和 UF_k (图2),可知:取显著水平0.05得到两条临界线 $y = \pm 1.96$,在临界值之间UB和UF曲线有一个明显的交点,位于1982年左右,即研究区平均 ET_0 突变时间约为1982年,从1982年以后出现下降趋势,从1990年以后出现显著下降趋势(图2)。

从时间序列上可以看出1960—1982年 ET_0 变化趋势不明显,MK检验同样显示不显著的变化趋势;1982—2002年 ET_0 表现为下降趋势,MK检验显示1982—2002年表现出下降的趋势;2003—2012年 ET_0 表现为增加的趋势,MK检验显示相对于整个时间序列而言,其显著性呈现减小的趋势(图1,2)。

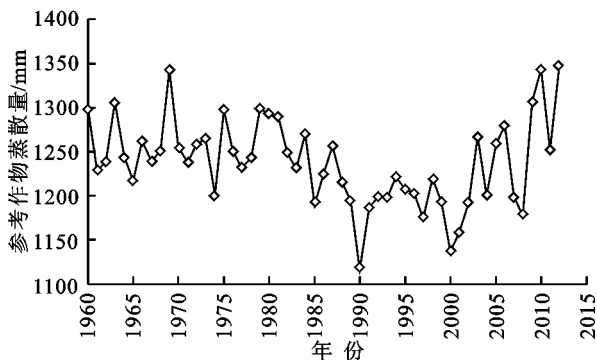


图1 滇中地区参考蒸散量年际变化

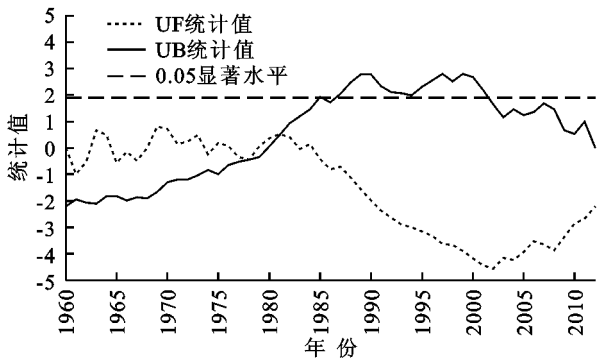


图2 研究区平均 ET_0 的Mann-Kendall检验

3.2 ET_0 空间变化特征

利用Kriging空间插值方法将 ET_0 空间栅格化,得到 ET_0 在空间上的连续分布。滇中地区 ET_0 在空间上表现出明显的空间差异。多年平均 ET_0 空间分

布特征总体上表现为:中部高,东西低,大多数等值线呈现南北走向的半环分布,研究区多年平均 ET_0 均超过了 1 000 mm(图 3)。高值区出现在元谋地区,范围为 1 310.1~1 863.7 mm,这是由于元谋地区位于干热河谷,相对于研究区的其他地区,气温高、日照时间长,接受的太阳辐射能多,加之降水稀少导致相对湿度较低,因而 ET_0 较大。

春、夏、秋和冬的 ET_0 空间分布与年的 ET_0 比较,变化特征基本一致,在空间上同样表现出明显的空间差异,分布特征为中间高,东西低,高值区同样出现在元谋地区。春季(3—5 月)变化范围 334.6~474.3 mm,约占全年的 34.0%;夏季(6—8 月)变化范围 306.6~354.2 mm,约占全年的 27.7%;秋季(9—11 月)变化范围 225.9~263.5 mm,约占全年的

20.3%;冬季(12 月—次年 2 月)变化范围 180.7~245.5 mm,约占全年的 18.0%;总体上表现为春季最大,夏季高于秋季,冬季最小(图 4)。

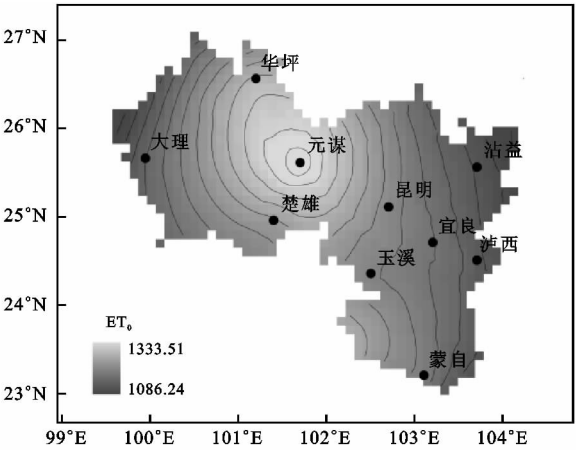


图 3 滇中地区年 ET_0 空间分布

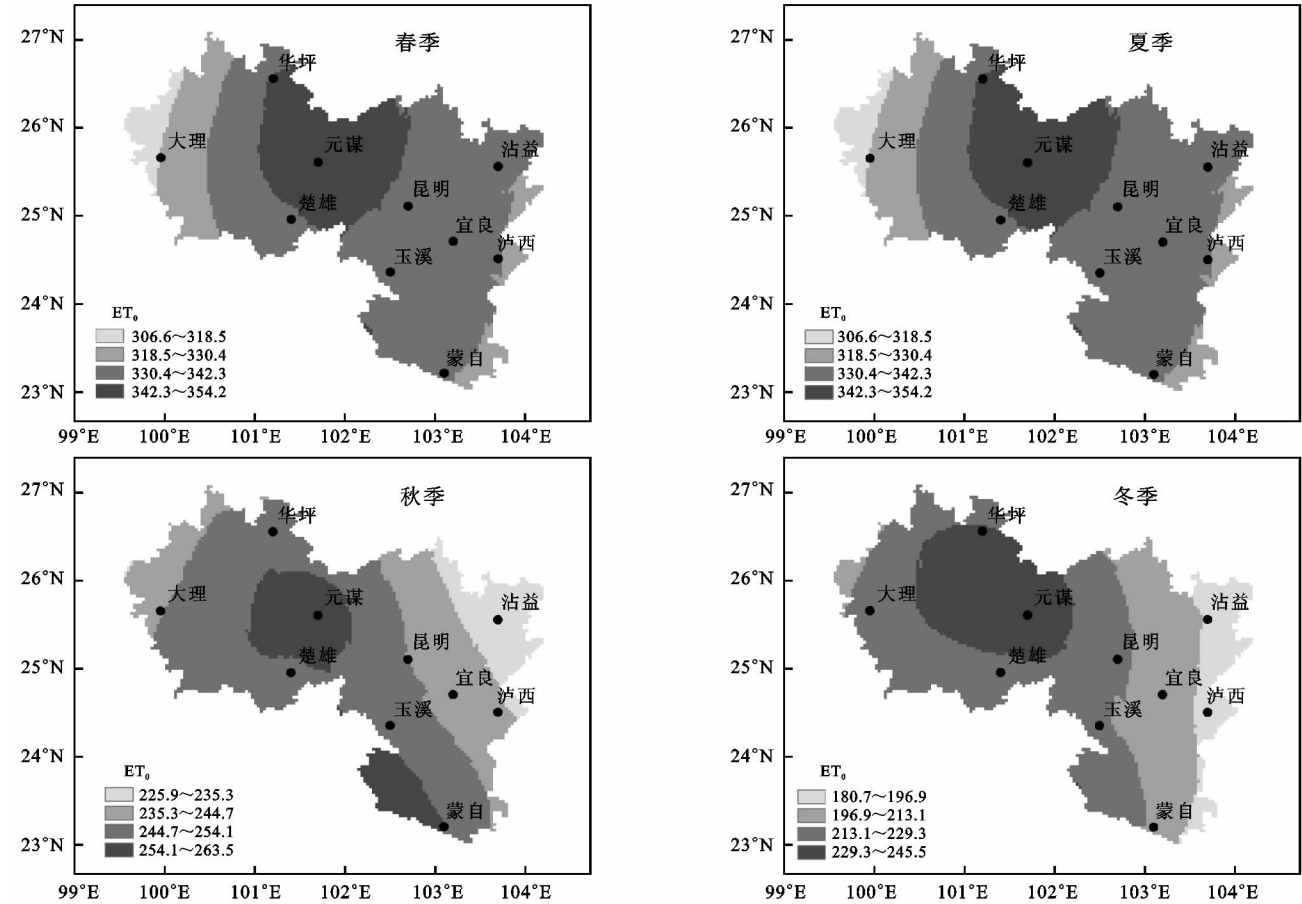


图 4 滇中地区 ET_0 季节空间分布

3.3 气象要素对 ET_0 的影响

ET_0 受当地气候条件的影响,反映作物在水肥条件充足的条件的蒸散潜力,本文讨论风速、气温、相对湿度和日照时数在年尺度上对 ET_0 的影响。对研究区而言,风速和日照时数与 ET_0 呈现极显著的正相关关系决定系数分别为 0.43,0.58,通过 0.01 的显著性检验;气温与 ET_0 呈现显著的正相关关系,决定

系数均为 0.20,通过 0.05 的显著性检验;而相对湿度与 ET_0 呈现极显著的负相关关系,决定系数均为 0.58,通过 0.01 的显著性检验(图 5)。通过 ET_0 与气象要素偏相关分析可知,与相对湿度和日照时数的偏相关系数最大,其次为风速,最小为气温(表 1)。通过逐步回归分析发现,在年尺度上风速、相对湿度和日照时数的组合可以预测 ET_0 的年际变化(表 2)。

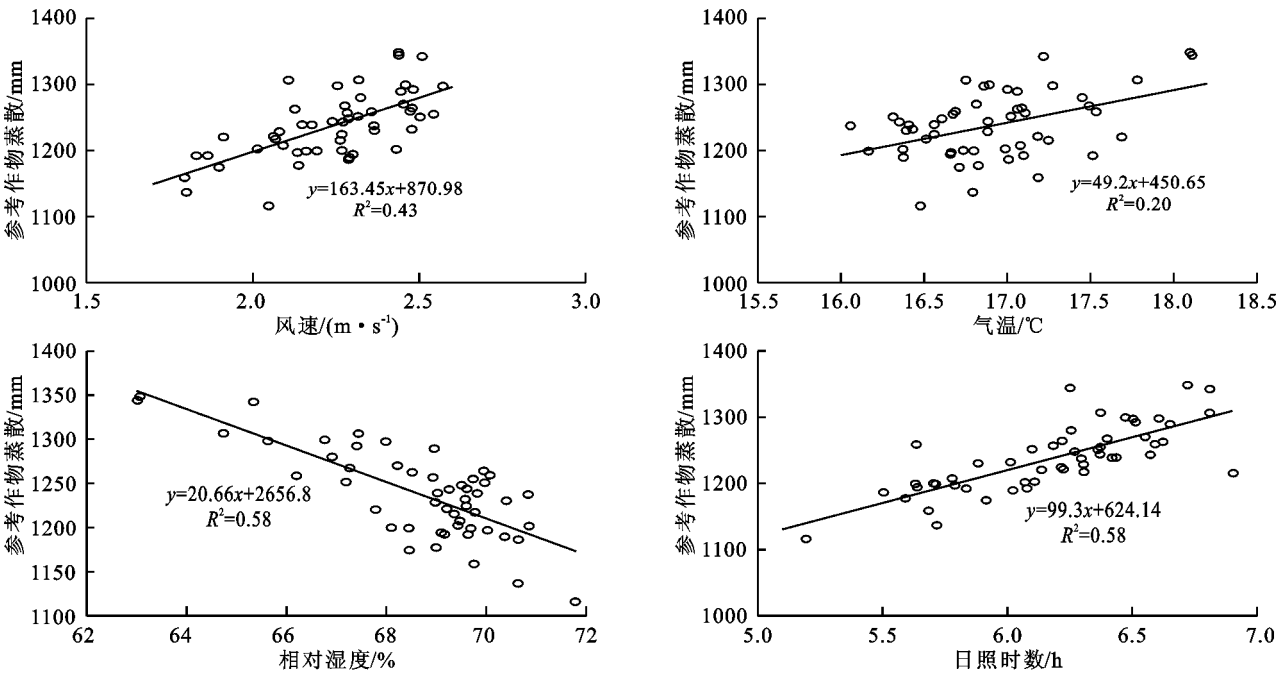


图 5 参考作物蒸散量与气象要素的相关关系

表 1 ET₀ 与气象要素的偏相关系数

项目	风速	气温	相对湿度	日照时数
参考作物蒸散量	0.66*	0.45*	-0.76*	0.76*

注：* 通过 0.01 的显著性检验，下同。

表 2 ET₀ 与气象要素的逐步回归模型

项目	截距	风速	气温	相对 湿度	日照 时数	决定系数 <i>r</i> ²
参考作物 蒸散量	1636	85.29	—	-13.52	54.81	0.92*

4 结论

(1) 研究区 ET₀ 平均值约为 1 223.7 mm,通过 M-K 检验得知研究区平均 ET₀ 突变时间约为 1982 年,从 1982 年以后出现下降的趋势,从 1990 年以后出现显著下降的趋势。

(2) 滇中地区 ET₀ 在空间上分布特征总体上表现为:中部高,东西低,高值区出现在元谋地区。在季节上,春季最大,夏季高于秋季,冬季最小。

(3) ET₀ 与风速、气温和日照时数呈现显著的正相关关系,与相对湿度呈现极显著的负相关关系。在年尺度上风速、相对湿度和日照时数的组合可以预测 ET₀ 的年际变化。

参考文献：

[1] Xu C Y, Singh V P. Evaluation of three complementary relationship evapotranspiration models by water balance approach to estimate actual regional evapotranspiration in different climatic regions[J]. Journal of Hydrology, 2005,308:105-121.

[2] 卓玛兰草,刘普幸,张亚宁,等. 甘肃黄土高原区潜在蒸散量时空变化与成因研究[J]. 水土保持研究,2012,19(1):70-75.

[3] 张丽,吴金亮,杨国范. 基于 BP 神经网络的东港灌区作物需水量预测研究[J]. 水土保持研究,2012,19(6):207-210.

[4] Brutsaert W, Parlange M B. Hydrologic cycle explains the evaporation paradox[J]. Nature, 1998,396(6706):30-30.

[5] 高歌,陈德亮,任国玉,等. 1956—2000 年中国潜在蒸散量变化趋势[J]. 地理研究,2006,25(3):378-387.

[6] Thomas A. Spatial and temporal characteristics of potential evapotranspiration trends over China[J]. International Journal of Climatology, 2000,20(4):381-396.

[7] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements [M]. FAO Irrigation and Drainage,1998.

[8] 汪言在,苟诗薇,张述林. 三峡库区(重庆段)降雨侵蚀力变化趋势及突变分析[J]. 水土保持研究,2012,19(3):1-6.

[9] 于东平,张鑫,何毅,等. 青海东部高原农业参考作物蒸散量的时空变化[J]. 农业工程学报 2012,28(2):66-71.