

秦鹏程, 刘敏, 刘志雄, 等. 湖北省潜在蒸散估算模型对比[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 334-339. [QIN Pengcheng, LIU Min, LIU Zhixiong, et al. Comparison of Models for Estimating Potential Evapotranspiration in Hubei Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(3): 334-339], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0334

湖北省潜在蒸散估算模型对比

秦鹏程, 刘敏, 刘志雄, 邓环, 邓爱娟, 汤阳

(武汉区域气候中心, 湖北 武汉 430074)

摘要:利用湖北省 74 个气象站 1961~2011 年逐日气象资料, 通过与 FAO56-Penman-Monteith (FAO-PM) 模型潜在蒸散估算结果对比, 从月、季、年际变化及不同干湿状况条件比较了 Priestley-Taylor、Hargreaves 及 Thornthwaite 3 种简化的经验模型在湖北省的适用性。结果表明: 3 种简化模型与 FAO-PM 模型计算的逐月潜在蒸散均存在一定偏差, Thornthwaite 模型偏差最大且冬夏季偏差反位相, Priestley-Taylor 模型偏差最小, Hargreaves 模型各月间的偏差最为稳定。3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果具有良好的线性关系, 且在各区域间相对稳定, 但不同季节和干湿状况下各有差异, 其中 Hargreaves 模型各季节间和不同干湿状况下与 FAO-PM 模型的关系均最为稳定。在年际变化上, Priestley-Taylor 和 Hargreaves 模型与 FAO-PM 模型计算结果年际波动基本一致, Thornthwaite 模型与 FAO-PM 模型计算结果尽管在量值上较为接近, 但年际波动偏小; Priestley-Taylor 和 FAO-PM 模型年潜在蒸散趋势变化基本一致, Hargreaves 模型年潜在蒸散趋势变化微弱, 而 Thornthwaite 模型年潜在蒸散趋势变化与 FAO-PM 模型相反。建议在湖北省气象资料匮乏或不便应用的情况下, 作物模拟模型及气候变化等研究中采用 Priestley-Taylor 估算模型, 日常干旱监测及水资源规划中采用 Hargreaves 模型, 干湿气候区划等工作中可采用 Thornthwaite 模型。同时, 使用中应基于 FAO-PM 模型对经验模型进行适当订正, 模型订正应建立在季节或月尺度。

关键词:潜在蒸散; 模型比较; 湖北省

文章编号:1006-7639(2014)-03-0334-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0334

中图分类号:P426

文献标识码:A

引言

潜在蒸散是指在一定气象条件下水分供应不受限制时, 陆面可能达到的最大蒸散发量^[1], 它反映了地—气系统间水分和能量的潜在收支, 是气候模式、生态系统模型、水文模型等的重要参数, 也是日常旱涝监测和水资源管理的重要依据。由于实际测量的困难, 潜在蒸散通常基于模型估算^[2-5]。FAO56-Penman-Monteith (FAO-PM) 公式^[6]是公认的具有较高精度和广泛适用性的潜在蒸散估算模型, 其理论基础坚实、物理意义明确且考虑影响因素全面, 但 FAO-PM 公式对数据的要求高, 在缺乏详细气象资料的地区难以使用, 实际应用中也因为所需资料过多不够方便灵活, 因此其他简化的估算模型依然在实际中广泛应用, 如著名的美国农业技术

转移决策支持系统 (DSSAT) 作物模型中气象资料有限时推荐使用 Priestley-Taylor 法计算蒸散^[7]。在日常干旱监测业务中, 由于 Thornthwaite 法的便捷性而被广泛使用^[8], 在气候变化分析中由于资料欠缺采用 Hargreaves 法进行潜在蒸散的估算^[9]。相对于 FAO-PM 模型, 简化模型考虑的因素有不同程度的削减, 且都是在一定的环境背景下建立的, 在不同地区或气候状况下应用时表现性能存在差异, 因而在特定地区或用途中使用时需要进行比较验证^[10-11]。如 Wei 等^[12]比较了 Hargreaves、Priestley-Taylor、Kimberly Penman 及 FAO-PM 4 种潜在蒸散估算方法在全球的适应性, Chen 等^[13]比较了 Thornthwaite 模型及蒸发皿测量订正与 FAO-PM 模型在中国的估算效果, 毛飞等^[14]比较了 FAO Penman-Monteith 公式、FAO Penman 修正式和国内

收稿日期: 2013-11-18; 改回日期: 2014-01-06

基金项目: 中国气象局业务建设项目“极端天气气候事件监测预测业务平台建设”资助

作者简介: 秦鹏程 (1986-), 男, 河南南阳人, 助理工程师, 主要从事气候服务和应用气象研究. E-mail: qinpengcheng027@163.com

Penman 修正式在我国 2 个站点的估算结果,张顺谦等^[15]比较了 Thornthwaite、Hargreaves 及 FAO-PM 模型在四川省的应用,张晓琳等^[16]比较了 5 种潜在蒸散估算方法在汉江流域的应用效果。

湖北省位于长江中游,全省除高山地区外,大部分地区为亚热带季风性气候,光能充足,热量丰富,降水充沛,雨热同季。针对湖北省气候特点,利用境内 74 个气象站 1961~2011 年气象资料,通过与 FAO-PM 模型潜在蒸散估算结果对比,从月、季、年际变化及不同干湿状况条件下对 Priestley-Taylor、Hargreaves 及 Thornthwaite 模型在湖北省的适用性特点进行详细比较,以期对湖北地区干旱监测、气候变化分析、作物生长模拟及水资源管理等提供参考。

1 4 种潜在蒸散估算模型描述

1.1 FAO56-Penman-Monteith 模型

FAO56-Penman-Monteith (FAO-PM) 模型^[6]综合了空气动力学的湍流传输与能量平衡,较为全面地考虑了影响潜在蒸散的气象因素,是目前公认的计算潜在蒸散精度最高的一种方法,其参考下垫面为植被高度 0.12 m 的草地,具有固定的表面阻力 $70 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1}$,反照率 0.23,基本公式为:

$$PET_{PM} = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \frac{900\gamma U_2 (ea - ed)}{T + 273}}{\Delta \gamma (1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

式中 PET_{PM} 为 FAO-PM 模型计算的潜在蒸散,单位: $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$; R_n 为净辐射,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; G 为土壤热通量,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,如以天计算蒸散量可近似为 0; Δ 为饱和水汽压曲线斜率,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$; γ 为干湿常数,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$; T 为平均气温,单位: °C ; U_2 为 2 m 高处风速,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; ea 和 ed 分别为计算温度时的饱和与实际水汽压,单位: kPa 。其中净辐射采用蔡伟等^[17]确定的湖北省太阳总辐射计算方案由日照时数计算获得。

1.2 Priestley-Taylor 模型

Priestley-Taylor^[18]模型是在 Penman 公式基础上,假定无平流和水分条件不受限制的情况下建立的适用于大尺度湿润表面的简化模型:

$$PET_{PT} = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) \quad (2)$$

式中 PET_{PT} 为 Priestley-Taylor 模型计算的潜在蒸散,单位: $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$; R_n 为净辐射,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$

$\cdot \text{d}^{-1}$; G 为土壤热通量,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; Δ 为饱和水汽压曲线斜率,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$; γ 为干湿常数,单位: $\text{kPa} \cdot \text{°C}^{-1}$ 。

1.3 Hargreaves 模型

Hargreaves 模型^[19]是在美国西北部较干旱的气候条件下建立的,它仅需要最高、最低气温,基本公式为:

$$PET_{HA} = 0.0023 \frac{R_a}{\lambda} (T + 17.8) \sqrt{T_x - T_n} \quad (3)$$

式中 PET_{HA} 为 Hargreaves 模型计算的潜在蒸散,单位: $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$; R_a 为大气顶层辐射,单位: $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,由温度估算得到,见 Allen 等^[6]; λ 为水汽化潜热, $\lambda = 2.45 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; T 、 T_x 、 T_n 分别为平均、最高、最低气温,单位: °C 。

1.4 Thornthwaite 模型

Thornthwaite 模型^[20]最初基于美国中东部地区的试验数据而提出,它主要以月平均气温为依据,并考虑纬度因子(日照长度)建立的经验公式:

$$PET_{TH} = 16.0 \times \left(\frac{10T_i}{H} \right)^A \quad (4)$$

式中 PET_{TH} 为 Thornthwaite 模型计算的月潜在蒸散,单位: $\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$; T_i 为月平均气温,单位: °C ; H 为年热量指数; A 为常数。

各月热量指数 H_i 由下式计算:

$$H_i = \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514}$$

年热量指数 H 为:

$$H = \sum_{i=1}^{12} H_i = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514}$$

常数 A 由下式计算:

$$A = 6.75 \times 10^{-7} H^3 - 7.71 \times 10^{-5} H^2 + 1.792 \times 10^{-2} H + 0.49$$

当月平均气温 $T \leq 0 \text{ °C}$ 时,月热量指数 $H = 0$,潜在蒸散 $PET_{TH} = 0 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2.1 不同月份的比较

利用 4 种潜在蒸散估算模型分别计算了湖北省 74 个气象站 1961~2011 年逐月潜在蒸散并按月平均,获得不同潜在蒸散估算模型对湖北省年内不同月份潜在蒸散的估算结果如图 1 所示。从图 1 中可以看出,4 种模型估算结果在年内各月的变化趋势上完全一致,均能体现出湖北省潜在蒸散冬季低、夏

季高的单峰曲线特征。然而在数值上,3种简化的估算模型计算结果相对于 FAO-PM 模型均有一定的偏差, Thornthwaite 模型对冬季月份潜在蒸散估算结果偏低而对夏季月份潜在蒸散估算偏高, Priestley-Taylor 模型对冬季月份潜在蒸散估算较好, 其余月份估算结果偏高, 而 Hargreaves 模型对全年各月潜在蒸散估算均偏高。表 1 列出了各月不同蒸散估算模型计算的潜在蒸散相对于 FAO-PM 模型估算结果的相对偏差, 偏差最大的为 Thornthwaite 模型, 最大偏差月份出现在 1 月, 相对偏差 86.7%; Hargreaves 模型总体偏差居中, 且各月间误差相对稳定, 最大偏差月份出现在 4 月, 相对偏差 32.1%, 最小偏差月份出现在 8 月, 相对偏差 13.0%; Priestley-Taylor 模型总体偏差最小, 最大偏差月份出现在 7 月, 相对偏差 15.6%。

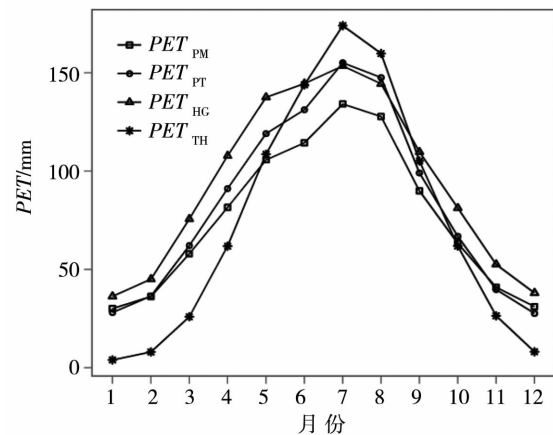


图 1 4种潜在蒸散估算模型不同月份潜在蒸散估算结果对比

Fig. 1 Contrast of monthly average potential evapotranspiration estimated by the 4 estimation models

表 1 各月不同估算模型计算的潜在蒸散相对于 FAO-PM 模型估算结果的偏差(单位:%)

Tab. 1 Relative deviations of monthly PET estimated by the 3 simplified models compared to the values estimated by the FAO-PM model (Unit:%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PET_{PT}	-6.7	0.7	7.3	11.7	12.7	14.7	15.6	15.5	10.2	5.6	-2.9	-11.1
PET_{HG}	20.7	24.2	30.5	32.1	30.1	26.4	14.4	13.0	22.1	28.3	28.5	22.4
PET_{TH}	-86.7	-77.8	-55.3	-24.2	2.7	25.8	29.7	25.1	16.9	-2.2	-35.5	-73.8

2.2 各区域不同季节的比较

根据地理位置和气候特征将湖北省分为 5 个区域, 分区域比较不同季节 3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果的相关程度如图 2 所示。从图 2 中可以看出, 不同区域 3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果的总体分布特征差别甚微, 3 种简化模型与 FAO-PM 模型结果具有很好的线性关系, 相关系数均达到 0.9 以上(表略), 其中 Priestley-Taylor 模型与 FAO-PM 模型结果的相关性最好, 数据点在线性趋势线周围的分布最为紧凑, Hargreaves 模型次之, 而 Thornthwaite 模型与 FAO-PM 模型结果相关性稍差, 数据点在线性趋势线周围的分布较为分散。反映在不同季节上, 春季 Thornthwaite 模型估算结果明显低于与 FAO-PM 模型的总体线性趋势线, 但趋势性分布尚好, Priestley-Taylor 和 Hargreaves 模型的系统偏差不明显; 夏季 Thornthwaite 和 Hargreaves 模型估算结果较为离散, Priestley-Taylor 模型相对较好; 秋季 Thornthwaite 模型估算结果偏高于与 FAO-PM 模型的总体线性趋势线,

Priestley-Taylor 模型估算结果偏低与与 FAO-PM 模型的总体线性趋势线, Hargreaves 模型的系统偏差不明显; 冬季 Thornthwaite 模型估算结果较为离散, Priestley-Taylor 模型其次, Hargreaves 模型较好。

2.3 不同干湿状况条件下的比较

依据当月降水距平小于多年平均值的 30%、大于多年平均值的 30% 及介于两者之间, 将样本划分为偏干、偏湿、正常 3 种干湿状况, 对不同干湿状况条件下 3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果的比较如图 3 所示。从图 3 中可以看出, 正常及偏湿状况下, 3 种简化模型相对于 FAO-PM 模型估算结果的线性趋势线分布较为均匀, 表明在正常及湿润状况下 3 种简化模型估算精度较为稳定; 在偏干状况下, Hargreaves 模型的估算结果分布比较均匀, 但 Priestley-Taylor 和 Thornthwaite 模型估算结果明显低于与 FAO-PM 模型估算结果的线性趋势线, 表明该 2 种模型在偏干状况下估算结果具有系统偏差。以上特征在各区域均表现一致。

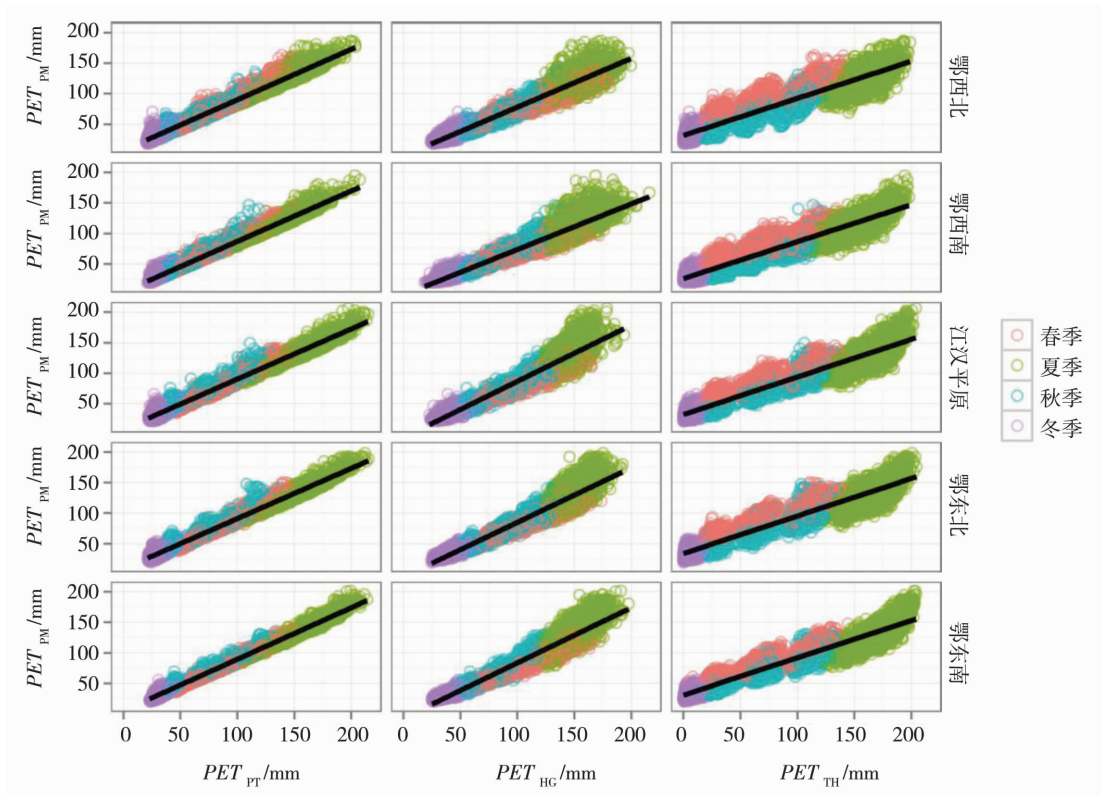


图 2 各区域不同季节 3 种简化估算模型与 FAO - PM 模型估算结果的对比

Fig. 2 Comparison between seasonal potential evapotranspiration estimated by the FAO - PM model and those estimated by 3 simplified models in 5 regions of Hubei Province

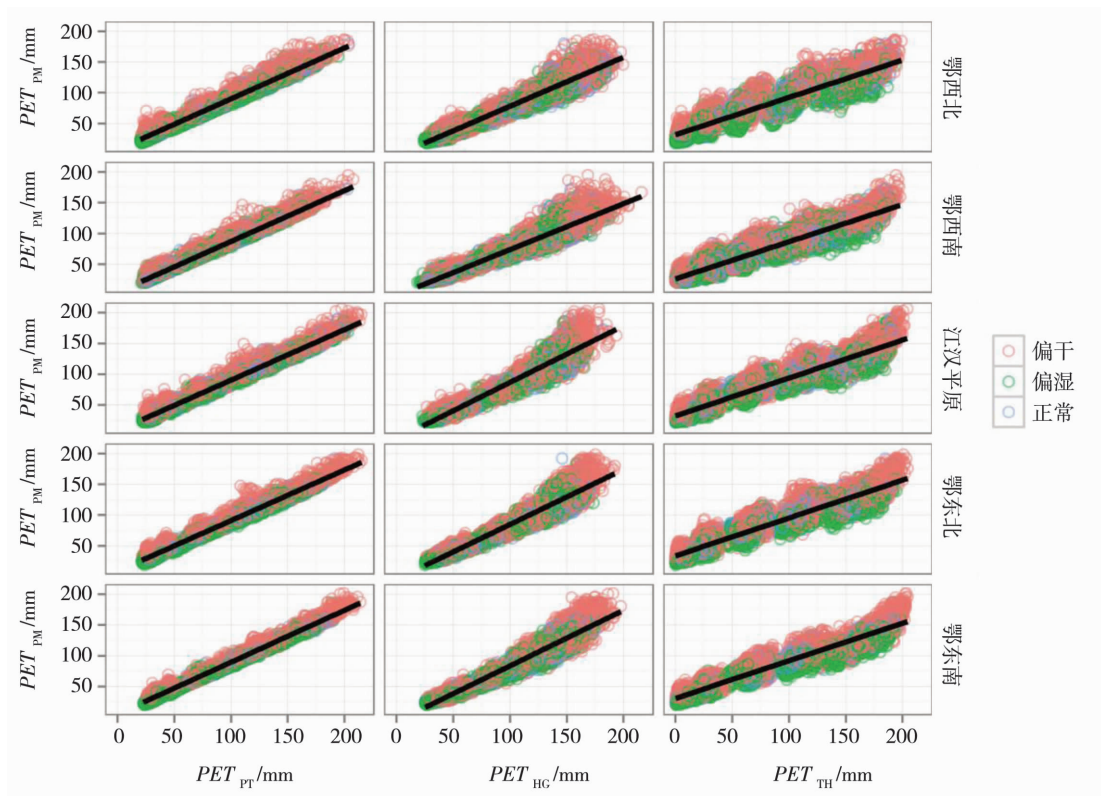


图 3 各区域不同干湿状况下 3 种简化估算模型与 FAO - PM 模型估算结果的对比

Fig. 3 Comparison between potential evapotranspiration estimated by the FAO - PM model and those estimated by 3 simplified models under 3 dry/wet conditions in 5 regions of Hubei Province

2.4 年际变化的比较

潜在蒸散是地—气系统水分循环与能量平衡的重要组成部分,其长期变化对局地及全球气候具有重要影响,在当前全球变化背景下更引人关注。对以上 4 种估算模型计算的逐月潜在蒸散累加获得年平均潜在蒸散的时间序列如图 4 所示。从图 4 中可以看出,在潜在蒸散的年总量上, Thornthwaite 模型估算结果与 FAO-PM 模型最接近,其次是 Priestley-Taylor 模型, Hargreaves 模型偏差最大;在年际波动上, Priestley-Taylor、Hargreaves 模型与 FAO-PM 模型的波动性相当,而 Thornthwaite 模型波动性较小,表明该方法可能无法对某些气象要素的变化作出响应;在时间趋势变化上, FAO-PM 模型估算的年潜在蒸散呈显著的减小趋势,气候倾向率为 $-10.3 \text{ mm}/10 \text{ a}$, Priestley-Taylor 模型估算的年潜在蒸散也呈显著的减小趋势,气候倾向率为 $-11.8 \text{ mm}/10 \text{ a}$, Hargreaves 模型估算的年潜在蒸散仅为微弱的变化趋势,气候倾向率为 $1.7 \text{ mm}/10 \text{ a}$, 而 Thornthwaite 模型估算的年潜在蒸散呈显著增加趋势,气候倾向率为 $7.2 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。可见,不同潜在蒸散估算模型在年潜在蒸散趋势变化上具有显著差异,由于考虑气象因素的数量不同,甚至得出相反的趋势变化结论,这在气候变化分析中值得注意。

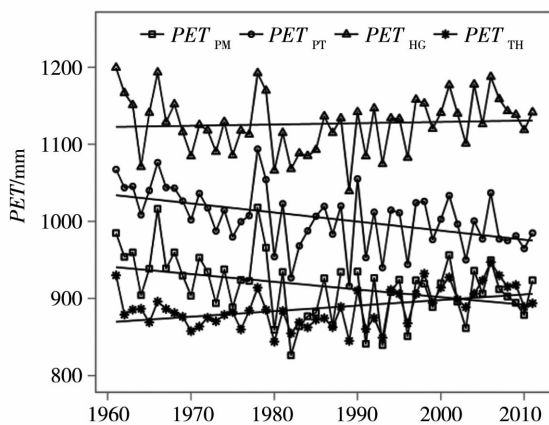


图 4 4 种估算模型计算的年潜在蒸散时间序列变化

Fig. 4 Annual variations of total potential evapotranspiration estimated by the 4 estimation models

3 小结

通过与 FAO56-Penman-Monteith 潜在蒸散估算模型计算结果对比,分别比较了 Priestley-Taylor、Hargreaves、Thornthwaite 3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果的差异与联系。分析结果表明,3 种简化模型相对于 FAO-PM 模型计算的逐月潜在蒸散均存在一定偏差,偏差最大的是 Thornthwaite

模型,最小的是 Priestley-Taylor 模型, Hargreaves 模型的偏差居中,但不同月份的相对偏差较为稳定。Priestley-Taylor 和 Hargreaves 模型年内的最大偏差均出现在夏季月份,其他月份相对较小,且全年几乎均为正偏差,而 Thornthwaite 模型夏季和冬季的偏差均较大,只有春秋两季偏差较小,且夏季为正偏差,冬季为负偏差。尽管如此,3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果总体上有良好的线性关系,且在不同区域相对稳定,这为经验模型估算结果的订正提供了可能。但在不同季节间,3 种简化模型与 FAO-PM 模型估算结果的关系存在差异, Thornthwaite 模型在春季的估算结果低于与 FAO-PM 模型的总体线性趋势线,秋季高于线性趋势线,夏季和冬季相对于总体线性趋势线的分布则较为分散, Priestley-Taylor 模型在秋季和冬季与总体线性趋势线的关系较差, Hargreaves 模型各季节间与 FAO-PM 模型估算结果的关系相对稳定。因此,对经验模型的订正在季节或月尺度建立模型才能取得较好的效果。研究还发现,3 种简化模型在干湿状况下与 FAO-PM 模型计算结果的偏差存在差异,在正常及湿润状况下 3 种简化模型估算精度均较为稳定,但在偏干状况下, Priestley-Taylor 和 Thornthwaite 模型估算结果相对于湿润情况下明显偏高。同时,在年际变化上,3 种简化模型计算的潜在蒸散年际波动和趋势变化各有不同, Priestley-Taylor 和 Hargreaves 模型与 FAO-PM 模型计算结果在年际波动上基本一致, Thornthwaite 模型与 FAO-PM 模型计算结果尽管在量值上较为接近,但年际波动偏小; Priestley-Taylor 和 FAO-PM 模型在年潜在蒸散趋势变化上基本一致, Hargreaves 模型计算的年潜在蒸散趋势变化微弱,而 Thornthwaite 模型计算的年潜在蒸散趋势变化则与 FAO-PM 模型相反。

基于以上发现,对 3 种简化模型在湖北省的潜在应用总结如下: Priestley-Taylor 模型在量值上估算精度较高,且在年际动态上能够准确刻画气候变化背景下潜在蒸散的演变特征,适用于作物模拟、生态系统模型及水文模型等需要估算蒸散的各类模型中,以及气候变化的分析和研究; Hargreaves 模型估算精度在不同月份和季节较为稳定,订正后可用于干旱监测及水资源规划与管理; Thornthwaite 模型在冬夏季偏差幅度较大,但在年值估算上误差较小,计算方便、稳定,可用于干湿气候区划。

参考文献:

[1] 赵玲玲,夏军,王中根,等. 北京潜在蒸散发量年内-年际的气候

- 变化特征及成因辨识[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1911 - 1921.
- [2] 尹云鹤, 吴绍洪, 戴尔阜. 1971 ~ 2008 年我国潜在蒸散时空演变的归因[J]. 科学通报, 2010, 55(22): 2226 - 2234.
- [3] 何炎红, 田有亮, 郭连生. 乌兰布和沙漠可能蒸散的研究[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 61 - 66.
- [4] 汪治桂, 王建兵, 冯景昌, 等. 甘肃玛曲县近 40 a 潜在蒸散量的变化趋势[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 488 - 491.
- [5] 张高斌, 郭建茂, 吴元芝, 等. 山西万荣县近 52 a 气候特征及其与参考作物蒸散量和土壤湿度的关系[J]. 干旱气象, 2011, 29(1): 94 - 99.
- [6] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56[M]. Rome: FAO, 1998. 1 - 300.
- [7] Jones J W, Hoogenboom G, Porter C H, et al. The DSSAT cropping system model[J]. European Journal of Agronomy, 2003, 18(3 - 4): 235 - 265.
- [8] 张强, 邹旭恺, 肖风劲, 等. GB/T20481 - 2006 气象干旱等级[M]. 北京: 中国标准出版社, 2006. 1 - 18.
- [9] Vicente - Serrano S M, Lopez - Moreno J I, Drumond A, et al. Effects of warming processes on droughts and water resources in the NW Iberian Peninsula (1930 - 2006)[J]. Climate Research, 2011, 48(2 - 3): 203 - 212.
- [10] Farahani H, Howell T, Shuttleworth W, et al. Evapotranspiration: progress in measurement and modeling in agriculture[J]. Trans Asabe, 2007, 50(5): 1627 - 1638.
- [11] Xu C Y, Singh V. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland[J]. Water Resources Management, 2002, 16(3): 197 - 219.
- [12] Wei M, Menzel L. A global comparison of four potential evapotranspiration equations and their relevance to stream flow modelling in semi - arid environments[J]. Advances in Geosciences, 2008, 18, 15 - 23.
- [13] Chen D L, Gao G, Xu C Y, et al. Comparison of the Thornthwaite method and pan data with the standard Penman - Monteith estimates of reference evapotranspiration in China[J]. Climate Research, 2005, 28(2): 123 - 132.
- [14] 毛飞, 张光智, 徐祥德. 参考作物蒸散量的多种计算方法及其结果的比较[J]. 应用气象学报, 2000, 11(S1): 128 - 136.
- [15] 张顺谦, 马振峰, 张玉芳. 四川省潜在蒸散量估算模型[J]. 应用气象学报, 2009, 20(6): 729 - 736.
- [16] 张晓琳, 熊立华, 林琳, 等. 五种潜在蒸散发公式在汉江流域的应用[J]. 干旱区地理, 2012, 35(2): 229 - 237.
- [17] 蔡伟, 曹秀霞. 湖北省太阳总辐射经验计算公式系数的修正[J]. 湖北气象, 2014, 33(1): 25 - 28.
- [18] Priestley C, Taylor R. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large - scale parameters[J]. Monthly Weather Review, 1972, 100(2): 81 - 92.
- [19] Hargreaves G H, Samani Z A. Reference crop evapotranspiration from temperature[J]. Applied engineering in agriculture, 1985, 1(2): 96 - 99.
- [20] Thornthwaite C W. An approach toward a rational classification of climate[J]. Geographical review, 1948, 38(1): 55 - 94.

Comparison of Models for Estimating Potential Evapotranspiration in Hubei Province

QIN Pengcheng, LIU Min, LIU Zhixiong, DENG Huan, DENG Aijuan, TANG Yang

(Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on the daily meteorological data from 1961 to 2011 of 74 stations in Hubei Province, FAO56 - Penman - Monteith (FAO - PM) equation and three other empirical equations according to Priestley - Taylor, Hargreaves and Thornthwaite were used to estimate the monthly potential evapotranspiration (PET), and the applicability of the three empirical equations were evaluated by comparing with the FAO - PM model from monthly, seasonally and yearly scales as well as under different conditions of dry, moderate and wet. Results showed that monthly PETs estimated by the three empirical equations showed great differences compared to that of FAO - PM, especially for the summer months. The PET estimated by the Thornthwaite equation had the largest error and opposite deviations in summer and winter months, the PET estimated by the Priestley - Taylor equation had the smallest error, and the PET estimated by the Hargreaves equation had the most stable deviations among different months. All in all, well relationships were found between PETs estimated by the three empirical equations and FAO - PM equation, and the three empirical equations were fairly stable in relationship with FAO - PM among different regions, thereinto, only the Hargreaves equation was consistent with FAO - PM in different seasons as well as under different dry/wet conditions. As to the yearly variation of PET, the Priestley - Taylor equation showed the best agreement with FAO - PM equation, while the Hargreaves equation only captured the yearly variability, the Thornthwaite equation gave a rather precise estimate in magnitude but an opposite trend and too small variability. It was recommended that in climate, crop and hydrologic modeling as well as climate change analysis the Priestley - Taylor equation should be employed, in the practical drought monitoring and irrigation schedule the Hargreaves equation would be the best, in dry/wet climate zoning the Thornthwaite equation might work well. Additionally, necessary corrections should be done based on the FAO - PM estimates if possible, and such a practice should be carried out on a monthly or seasonal timescale.

Key words: potential evapotranspiration; model comparison; Hubei Province