

李 波,王溥泽,迟道才,等. 基于气象因素的辽宁省阜新市参考作物腾发量的敏感性[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):281-283.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.093

基于气象因素的辽宁省阜新市参考作物 腾发量的敏感性

李 波,王溥泽,迟道才,韩丽丽

(沈阳农业大学水利学院,辽宁沈阳 110866)

摘要:基于辽宁省阜新市近 15 年的气象观测资料,利用敏感系数法分别分析了阜新市多年日平均参考作物腾发量(ET_0)对各气象因素的敏感性,探讨了阜新地区不同季节 ET_0 的主要气象影响因素。结果表明:气温、太阳辐射、 ET_0 多年平均变化均呈现抛物线形,最大值均出现在夏季; ET_0 对太阳辐射的正敏感性最大,对水汽压的负敏感性最大;阜新地区参考作物腾发量最大值为 4.6 mm。

关键词:阜新市;腾发量;敏感系数法;Penman-Monteith 公式;气象因素

中图分类号: S163+.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)03-0281-03

区域参考作物腾发量对于气象变量的敏感性研究可为农作物腾发量的精确估算、在假定气候条件下农作物耗水量的预测提供参考,从而为农业灌溉提供依据^[1-4]。参考作物腾发量(ET_0)的敏感性分析是研究气象变量对 ET_0 变化的影响程度,国内外学者关于不同地区的气象因素对于作物腾发量的影响作了许多研究。研究结果表明,气象因素对地区参考作物腾发量的影响是很明显的,比如佟玲等研究了石羊河流域气候变化对 ET_0 的影响,得出当地 ET_0 与平均相对湿度相关性最好^[5];曹红霞等研究得出,风速和日照时数的减少趋势是引起关中地区 ET_0 降低的主要原因^[6];张瑞美等研究了 ET_0 与气象因素间的关系,得出 ET_0 与“温度因子”的关系最强^[7];李天军等研究表明,相对湿度为关中地区 ET_0 最敏感的气象因素^[8]。目前国内外学者对区域参考作物腾发量对气象变量敏感性问题的研究多采用敏感曲线法^[9-11],该方法简单、精确,但须要分析的数据较多、研究时域较长、区域面积较大。近年来出现了敏感系数法^[3],该方法使用方便、精度高且能满足大时空跨度分析的要求。目前,辽宁省阜新地区正大力发展农业节水灌溉,相关指导合理灌溉的基础理论很缺乏,有关阜新地区 ET_0 对气象变量敏感性的研究也很少。

因此,本研究基于阜新地区连续 15 年的实测气象数据,采用基于 Penman-Monteith(P-M)模型的敏感系数法,分析阜新市 ET_0 对各气象因素的敏感性,并计算阜新地区的参考作物腾发量,以期对辽西北半干旱地区的农业灌溉提供理论依据。

1 辽宁省阜新地区的气象变化趋势

1.1 辽宁省阜新地区气象资料

阜新市位于辽宁省的西北部,总面积 10 445 km²,其中耕

地面积为 2 887.44 km²,占总耕地面积的 62%;阜新市多年平均降水量 503.4 mm;阜新市属于低山丘陵区,海拔高度 48.5~831.4 m,海拔最高点为西北部的乌兰木图山,最低点为东南部的十家子乡南甸子村。

气象资料主要采用阜新市气象站的 1999—2013 年的日气象数据。所提取的气象数据主要有降水量、平均风速、平均气温、平均水汽压、平均相对湿度、日照时数等。研究中用到的太阳辐射是通过 P-M 公式,用日照时数等其他数据换算得到的^[4]。

1.2 阜新地区气象因素的变化规律

阜新市多年日平均气温、多年日平均风速、多年日平均相对湿度、多年日平均太阳辐射的变化规律如图 1 所示。由图 1-a 可知,阜新市全年气温变化呈抛物线形,最高气温出现在 7 月,达到了 25℃;最低气温在 1 月、12 月出现,一般在 -14℃ 左右。由图 1-b 可知,阜新市春季风速较大,进入 4 月风速出现峰值,达到了 4.5 m/s;然而,随着气温的不断升高,风速逐渐下降,到 8 月出现“峡谷”;该地区春季风速受季风气候影响较大,在夏、秋、冬 3 个季节风速相对较为平稳,基本保持在 2~3 m/s。从图 1-c 中可见,平均相对湿度的变化表现为 1 个波峰、1 个波谷,主要原因是春季受到季风影响,水汽散发较快,造成相对湿度较低,最低点达到了 30%;进入夏季后,受气温升高、降水较多、风速平稳等多方面影响,使相对湿度出现峰值,达到了 80%。图 1-d 中太阳辐射与气温的变化规律基本保持一致,然而太阳辐射的峰值出现在 6 月,比气温峰值提前 1 个月,可以看出,太阳辐射最大值为 15 MJ/(m²·d),最小值在 1 MJ/(m²·d)左右。

2 辽宁省阜新地区参考作物腾发量的变化趋势

辽宁省阜新地区的参考作物腾发量采用式(1)计算,该式为联合国粮农组织(FAO)在 1993 年推荐的 Penman-Monteith 公式(简称 P-M 公式)^[4]。Penman-Monteith 公式不需要专门的地区率定和风函数等,使用一般气象资料就可以计算参考作物腾发量,而且计算精度较高^[12]。计算结果如

收稿日期:2014-10-12

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303125)。

作者简介:李 波(1969—),女,辽宁沈阳人,博士,副教授,从事生态环境及节水灌溉理论和技术研究。E-mail:liboluck@126.com。

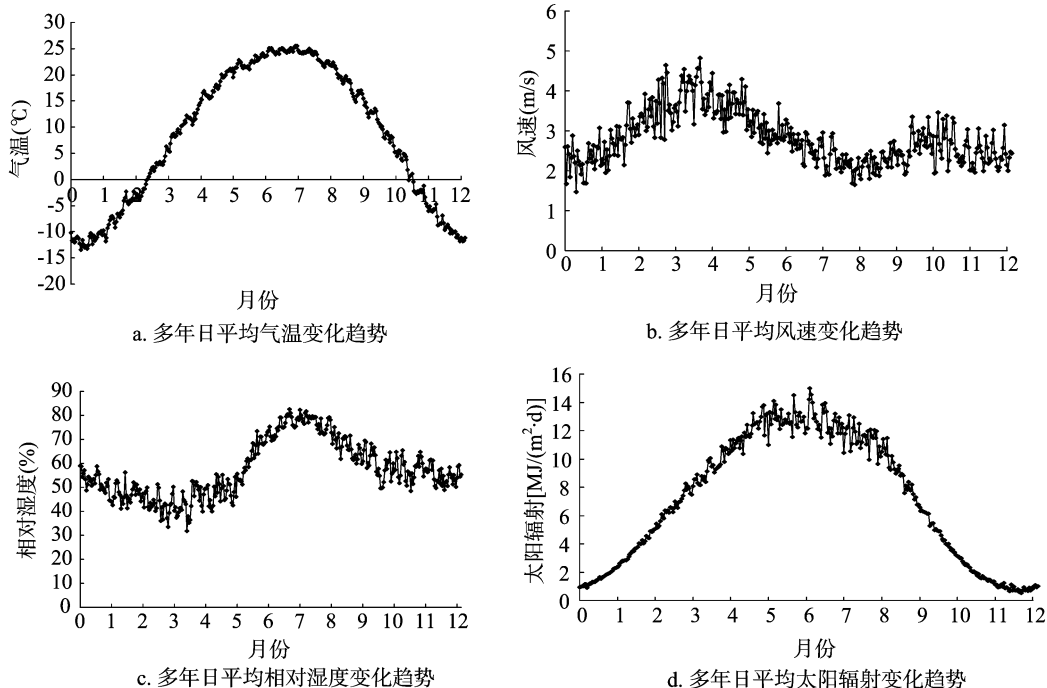


图1 辽宁省阜新地区气象因素变化趋势

图2示,腾发量总体上呈现抛物线形,峰值出现于5月,最大值为4.6 mm/d,最小值为0.8 mm/d。

$$ET_0 = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T+273} U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)} \quad (1)$$

式中: ET_0 为参考作物腾发量, mm/d; R_n 为作物表面净辐射, MJ/(m² · d); G 为土壤热通量密度, 逐日计算可取 0 MJ/(m² · d); T 为 2 m 高处气温, °C; U_2 为 2 m 高处风速, m/s; e_s 为饱和水汽压, kPa; e_a 为实际水汽压, kPa; $e_s - e_a$ 为饱和水汽压差, kPa; Δ 为水汽压曲线斜率, kPa/°C; γ 为湿度计常数, kPa/°C。

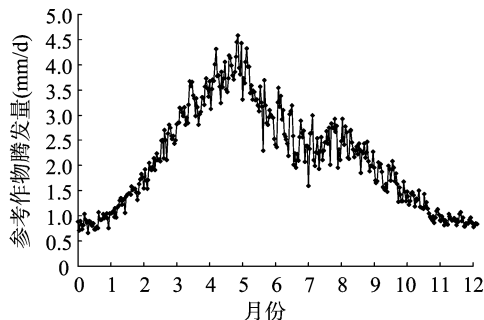


图2 多年日平均参考作物腾发量变化趋势

3 气象因素对 ET_0 影响的敏感性分析

采用 1974 年 McCuen 等提出的用数学定义的敏感性分析方法^[1]进行敏感性分析,该方法用气象变量的敏感系数反映其敏感性,简称敏感系数法^[13-14]。公式(2)为基于 P-M 公式推求的无量纲相对敏感系数公式。

$$S_{v_i} = \lim_{\Delta v_i \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta ET_0 / ET_0}{\Delta v_i / v_i} \right) = \frac{\partial ET_0}{\partial v_i} \cdot \frac{v_i}{ET_0} \quad (2)$$

式中: S_{v_i} 为第 i 个气象变量的敏感系数,是该气象变量对 ET_0 的偏导数; v_i 为第 i 个变量; ΔET_0 、 Δv_i 分别是 ΔET_0 、 v_i 的微分。

根据式(2)分别计算阜新地区的气温敏感系数、太阳辐射敏感系数、水汽压敏感系数,结果如图3所示。由图3-a可以看出,气温敏感系数(S_{T_A})变化趋势呈现“W”形,最小值出现在5月、10月附近,最大值出现在1月、7月;但是气温敏感系数全年浮动在-0.03~0.05,变幅较小,与其他3个敏感系数相比最小。由图2-b看出,风速敏感系数(S_{W_B})在6—8月之间有1个明显的下降,其余月份基本保持在-0.1~0.3之间。从图2-c可知,太阳辐射敏感系数(S_{R_N})变化趋势与太阳辐射的变化基本一致,在夏季达到峰值,最大值为1.5。在P-M模型中水汽压(e_a)是通过相对湿度(HD)计算所得,所以研究中用水汽压代替相对湿度。图2-d的水汽压敏感系数(S_{e_a})趋势图可知,水汽压在全年均负数,7月出现波谷,对参考作物腾发量起很大的负作用。

从图4可以看出,太阳辐射与水汽压在5—9月对 ET_0 影响最大,太阳辐射起正作用,水汽压起负作用。风速与气温的敏感系数较为接近,在进入夏季的6月、7月、8月这3个月间风速的影响小于水汽压对 ET_0 影响。

4 结论

总体上看,阜新市参考作物腾发量对气温、风速、太阳辐射和水汽压4个主要气象变量的敏感性,随着时间的变化而出现较为规律的变化。(1)阜新市全年气温、太阳辐射、参考作物腾发量变化均呈现抛物线形,最大值均出现在夏季;风速在春季出现峰值,夏、秋、冬3季风速较稳,维持在2~3 m/s;相对湿度在春季、夏季分别出现波谷、波峰,最大值为80%,最小值为30%。(2)腾发量总体上呈现抛物线形,峰值出现于5月,最大值为4.6 mm/d,最小值为0.8 mm/d。(3)从多年

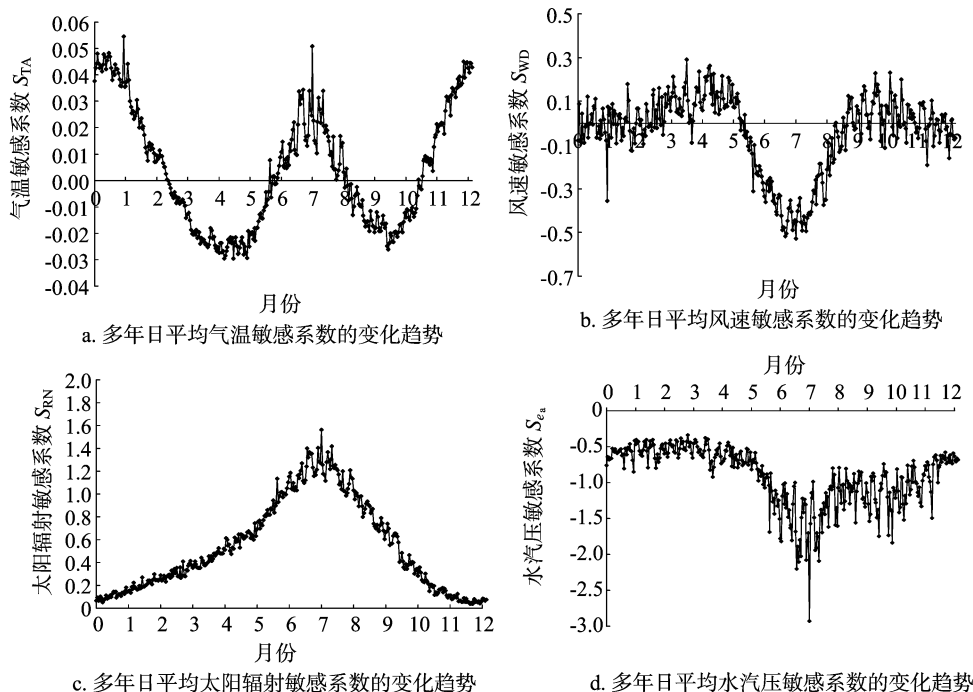


图3 阜新地区多年日平均敏感系数的变化趋势

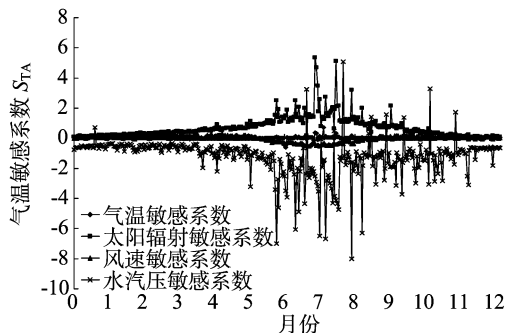


图4 阜新各主要气象变量多年日平均敏感系数的平均值

日平均气象因素的敏感系数来看,气温敏感系数(S_{TA})变化趋势呈现“W”形,但是气温敏感系数全年浮动在 $-0.03 \sim 0.05$,变幅较小;太阳辐射敏感系数(S_{RN})变化趋势呈抛物线形,在夏季达到峰值,最大值为1.5;水汽压敏感系数(S_e)在全年均负,7月出现波谷,对 ET_0 起很大的负作用。太阳辐射是对阜新市 ET_0 最有正影响的气象因素,水汽压是对 ET_0 最有负影响的气象因素。从各气象因素敏感系数的多年日平均来看,太阳辐射与水汽压在5—9月中对 ET_0 影响最大,太阳辐射起正作用,水汽压起负作用。风速与气温的敏感系数较为接近,在进入夏季的6月、7月、8月这3个月间风速的影响小于水汽压对 ET_0 影响。

参考文献:

[1] Beven K. A sensitivity analysis of the Penman - Monteith actual evapotranspiration estimates [J]. Journal of Hydrology, 1979, 44 (3/4):169 - 190.

[2] Coleman G, de Coursey D G. Sensitivity and model variance analysis applied to some evaporation and evapotranspiration models [J]. Water Resources Research, 1976, 12(5):873 - 879.

[3] Hupet F, Vanclooster M. Effect of the sampling frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration [J]. Journal of Hydrology, 2001, 243(3/4):192 - 204.

[4] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements[R]. FAO irrigation and drainage paper 56, 1998.

[5] 佟玲, 康绍忠, 栗晓玲. 石羊河流域气候变化对参考作物蒸发蒸腾量的影响[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2):15 - 18.

[6] 曹红霞, 栗晓玲, 康绍忠, 等. 陕西关中地区参考作物蒸发蒸腾量变化及原因[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11):8 - 16.

[7] 张瑞美, 彭世彰. 参考作物蒸发蒸腾量的气象因子响应模型[J]. 节水灌溉, 2007(2):1 - 3, 6.

[8] 李天军, 曹红霞. 参考作物蒸发蒸腾量对关中地区主要气象因素变化量的敏感性分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2009, 37(7):68 - 74.

[9] Goyal R K. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India) [J]. Agricultural Water Management: an International Journal, 2004, 69(1):1 - 11.

[10] McKenney M S, Rosenberg N J. Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1993, 64(1/2):81 - 110.

[11] Singh V P, Xu C Y. Sensitivity of mass transfer - based evaporation equations to errors in daily and monthly input data[J]. Hydrological Processes, 1997, 11(11):1465 - 1473.

[12] 何军, 崔远来, 李远祥. 气象资料缺测条件下武汉地区计算 ET_0 方法适用性分析[J]. 中国农村水利水电, 2009(10):68 - 71, 75.

[13] 刘钰, Pereira L S. 气象数据缺测条件下参照蒸发量的计算方法[J]. 水利学报, 2001(3):11 - 17.

[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(增刊1):128 - 136.