

# 石羊河流域典型畦灌玉米蒸散发量变化规律及归因分析

张霁<sup>1</sup>, 杨天一<sup>2\*</sup>, 于海超<sup>2</sup>, 李思恩<sup>2</sup>, 王月芯<sup>2</sup>, 秦淑静<sup>2</sup>, 郭慧<sup>2</sup>, 王春雨<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学石羊河实验站, 甘肃 武威 733009;

2. 中国农业大学 水利与土木工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 【目的】明确石羊河流域典型畦灌玉米蒸散发量变化规律及其驱动因素。【方法】基于涡度相关系统, 在2015—2018年于中国农业大学石羊河试验站对西北典型畦灌玉米蒸散发量进行了连续观测。基于偏相关分析及结构方程模型分析了玉米蒸散发量与环境因子之间的关系。【结果】畦灌玉米生育期平均蒸散发量为524.3 mm, 日平均蒸散发量为3.5 mm/d, 生育期内日蒸散发量呈先上升后下降的单峰变化趋势, 在7月达到峰值。净辐射量与蒸散发量之间的相关性最高, 对蒸散发量影响程度较大的环境因子为净辐射量、温度、饱和水汽压差。结构方程结果表明, 叶面积指数作为中间变量与蒸散发量之间存在正相关性。【结论】畦灌玉米生育期内日蒸散发量呈先上升后下降的变化趋势, 净辐射量、温度、饱和水汽压差是对蒸散发量影响较大的环境因子。

**关键词:** 石羊河流域; 畦灌; 玉米; 蒸散发量; 偏相关分析; 结构方程模型

中图分类号: S565.1; S274

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022656

OSID: 

张霁, 杨天一, 于海超, 等. 石羊河流域典型畦灌玉米蒸散发量变化规律及归因分析[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(9): 19-24.

ZHANG Ji, YANG Tianyi, YU Haichao, et al. Evapotranspiration Variation and Attribution Analysis of Maize Field under Typical Border Irrigation in Shiyang River Basin[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(9): 19-24.

## 0 引言

【研究意义】石羊河流域是河西走廊的主要内陆流域之一, 该地区水资源供需矛盾突出、生态环境退化较为严重<sup>[1]</sup>。农业用水量占流域总用水量的83.8%。减少农业用水量对于缓解石羊河流域水资源供需矛盾、保证流域内水资源可持续利用具有重要意义。蒸散发是土壤蒸发与植株蒸腾的总和, 是农田水文循环的重要组成部分, 在土壤-植株-大气系统中具有重要作用<sup>[2]</sup>。了解石羊河流域典型作物生育期内蒸散发量的变化规律对于制定合理的农业节水政策具有重要意义。

【研究进展】玉米是石羊河流域的主要农作物。张宝珠<sup>[3]</sup>等发现, 玉米生育期内日蒸散发量会随灌溉定额的增大而增大。Xu等<sup>[4]</sup>发现, 滴灌会改变土壤水分分布, 降低土壤蒸散发量和根系吸水量。有德宝等<sup>[5]</sup>基于涡度相关系统对黑河中游地区玉米蒸散发量进行了分析, 发现玉米蒸散发量随季节变化的波动明显, 且与叶面积指数密切相关。涡度相关法具有测

定精度高, 物理意义明确的优势, 被认为是测定蒸散发量较为合理的方法<sup>[6]</sup>。同时, 全球通量监测网络也以涡度相关法作为主要手段<sup>[7]</sup>。蒸散发量会受到温度、净辐射量、土壤含水率等因子的综合影响。Wu等<sup>[8]</sup>基于偏最小二乘回归分析了长时序蒸散发量变化规律, 指出太阳辐射量及温度是导致蒸散发量增加的主要因素。Chen等<sup>[9]</sup>通过物理和遥感模型估算了2000—2014年华北平原蒸散发量的变化特征, 结合去趋势法及多元回归分析法, 量化了气候变化对蒸散发量变化趋势的影响。【切入点】尽管前人对蒸散发量变化规律开展了一定研究, 但仍缺乏针对石羊河流域畦灌玉米蒸散发量的变化规律及其归因分析的研究。

【拟解决的关键问题】鉴于此, 本研究以石羊河流域典型畦灌玉米农田为研究对象, 基于涡度相关法研究玉米蒸散发量的变化趋势, 结合偏相关分析及结构方程模型对影响玉米蒸散发量的环境因子进行归因分析。研究结果可为制定合理的灌溉计划、保证该地区农业水资源可持续利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

中国农业大学石羊河试验站位于甘肃省武威市(37°52' N, 102°50' E)。该地区属于典型温带大陆性干旱气候, 年平均气温为8.8℃, 年平均降水量为

收稿日期: 2022-11-21 修回日期: 2023-07-11 网络出版日期: 2023-09-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFD1900801)

作者简介: 张霁(1975-), 男, 甘肃古浪人。工程师, 主要从事水利科研、节水灌溉、水土保持、河湖管理等研究。E-mail: 393050318@qq.com

通信作者: 杨天一(1996-), 男, 河北石家庄人。主要从事作物高效节水及农田通量观测研究。E-mail: yangtianyi@ms.sjziam.ac.cn

©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

174.9 mm, 地下水埋深介于 40~50 m 之间, 年平均日照时间 > 3 000 h, 年平均积温超过 3 350 °C<sup>[10]</sup>, 土壤田间持水率为 0.32 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, 2015—2018 年玉米生育期内总降水量分别为 119.4、115.2、134.2、183.4 mm。2015—2018 年玉米生育期起止时间、灌溉量、施氮量如表 1 所示。

表 1 玉米生育期、灌溉量及施氮量

Table 1 Growth period, irrigation and nitrogen amounts of maize

年份	播种日期	收获日期	灌溉次数	灌溉量/mm	施氮量/ (kg hm <sup>-2</sup> )
2015	0426	0904	8	400.0	197
2016	0420	0910	8	426.8	364
2017	0422	0910	7	368.3	342
2018	0423	0915	8	421.9	342

## 1.2 数据采集及计算方法

### 1.2.1 气象因子、土壤含水率及蒸散发量

2015—2018 年玉米生育期内的气象因子和蒸散发量均由试验站内的涡度相关系统观测获得。能量闭合度是评价通量数据质量的重要标准, 本研究中玉米日尺度能量闭合率为 77%, 处于合理区间, 因此涡度相关系统观测的通量数据可用。土壤含水率采用试验站内的土壤湿度传感器 (CS616, USA) 采集, 于地表以下 20、40、60、80、100 cm 深度处理设湿度传感器。用于数据分析的土壤含水率数据为同一时刻各深度处土壤含水率的平均值。净辐射量和土壤热通量数据分别由四分量净辐射表 (CNR-4, Kipp & Zonen, Netherlands) 和土壤热通量板 (HFP01SC, HuKseflux, Netherlands) 观测获得。涡度相关系统观测的原始数据按照 China FLUX 要求进行处理, 得到原始数据后采用野点剔除、倾斜校正、缺失数据插补等方法对数据进行处理, 数据的具体计算过程及处理方法详见文献[11]。

### 1.2.2 偏相关分析

采用偏相关分析揭示蒸散发量与环境因子之间

的相关性, 具体方法详见文献[12]。

### 1.2.3 结构方程模型

基于结构方程模型 (SEM) 构建环境因子与蒸散发量之间的路径分析模型, 具体方法详见文献[13]。采用 3 个指标检验 SEM 的精度, 分别为: *CMIN/Df* (卡方自由度比, 比值小于 3 为可接受); *AGFI* (调整拟合优度指数, 数值小于 1 为可接受); *RMSEA* (近似均方根误差, 数值接近于 0 表示效果良好)。

## 2 结果与分析

### 2.1 环境因子变化规律

2015—2018 年, 玉米生育期内的风速在 0.6~5.8 m/s 之间波动, 日平均风速为 1.6 m/s。温度在 7.2~27.7 °C 范围内波动, 日平均温度为 19.4 °C。相对湿度在 4.3%~86.9% 范围内波动, 试验期间内日平均相对湿度为 40.9%。饱和水汽压差在 0.3~3.1 kPa 范围内波动, 日平均饱和水汽压差为 1.5 kPa (表 2)。

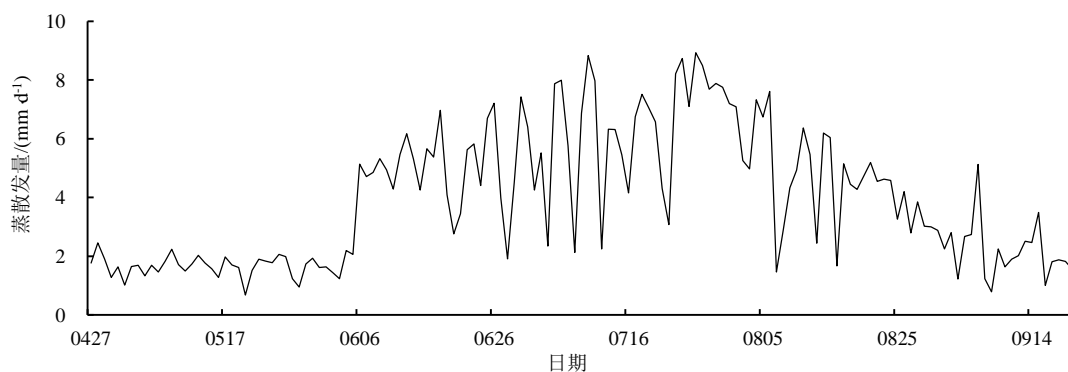
表 2 试验期内主要环境因子统计参数

Table 2 Statistical parameters of main environmental factors during the experiment period

气象因子	最大值	最小值	平均值	中位数	标准差
风速/(m s <sup>-1</sup> )	5.8	0.6	1.6	1.4	0.7
温度/°C	27.7	7.2	19.4	19.6	3.7
相对湿度/%	86.9	4.3	40.9	41.8	17.0
饱和水汽压差/kPa	3.1	0.3	1.5	1.5	0.5

### 2.2 蒸散发量变化规律

由图 1 可知, 在 2015—2018 年 4 个完整生育期内, 玉米日蒸散发量变化规律相似, 总体均呈先上升后下降的趋势。2015—2018 年玉米生育期内总蒸散发量分别为 575.4、483.4、550.2、488.2 mm, 4 a 平均值为 524.3 mm。2015—2018 年玉米生育期内日平均蒸散发量分别为 3.9、3.5、3.8、3.1 mm/d, 4 a 日平均值为 3.5 mm/d, 2015 年玉米生育期内总蒸散发量及日平均蒸散发量最大。



(a) 2015 年

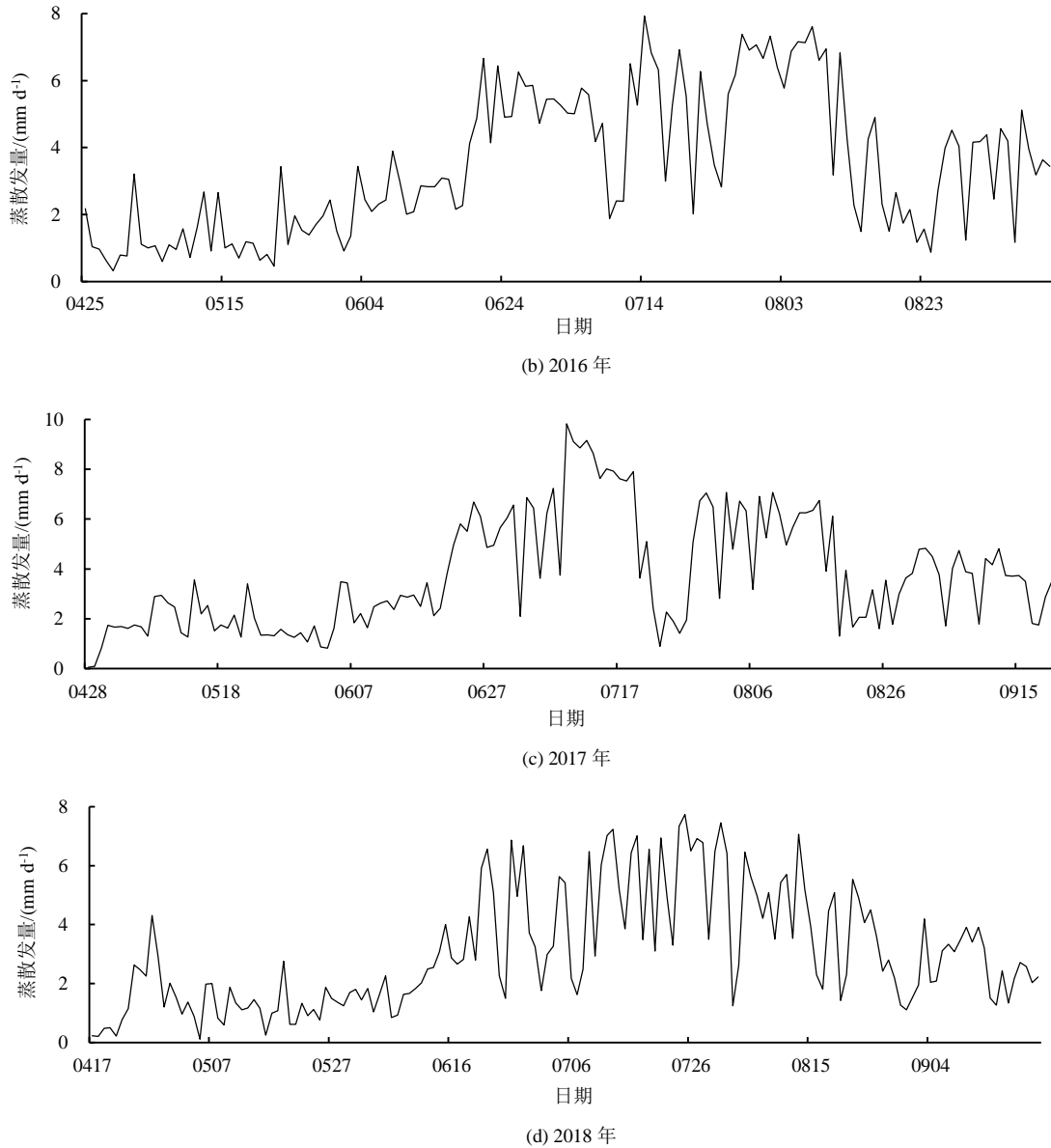


图1 试验期内玉米蒸散发量变化

Fig.1 Variation of evapotranspiration in corn field during the experiment period

由图 2 可知，4 月玉米总蒸散发量最小，多年平均值为 8.9 mm；7 月玉米总蒸散发量最大，多年平均值为 174.1 mm。

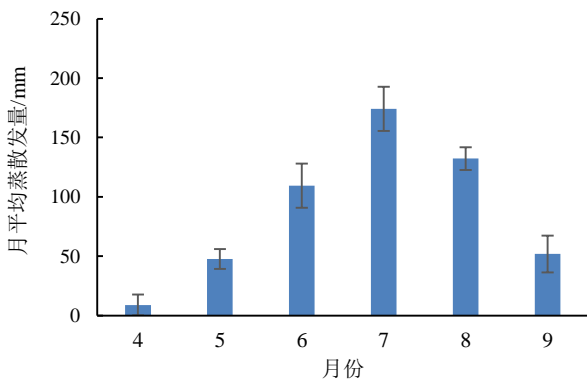


图2 试验期内玉米月平均蒸散发量

Fig.2 Monthly evapotranspiration of maize during the experiment period

### 2.3 蒸散发量与环境因子之间的偏相关分析

表 3 为玉米蒸散发量与风速、温度、土壤含水率、饱和水汽压差及净辐射量之间的偏相关系数。各环境因子对玉米蒸散发量的影响程度在不同年份间存在差异。在所有年份，净辐射量均是对蒸散发量影响最大的环境因子。综合 2015—2018 年玉米生育期可以发现，净辐射量与蒸散发量之间的相关性最大，偏相关系数为 0.75；温度与蒸散发量之间的相关性次之，偏相关系数为 0.53；风速与蒸散发量之间的相关性最小，偏相关系数为-0.01。综合考虑 2015—2018 年观测数据，各环境因子对蒸散发量的影响程度由高到低依次为：净辐射量、温度、饱和水汽压差、土壤含水率、风速。

表 3 蒸散发量与环境因子之间的偏相关系数

Table 3 The partial correlation coefficient of evapotranspiration rate and environmental factors

年份	风速	温度	土壤含水率	饱和水汽压差	净辐射量
2015	-0.07	0.54**	0.26**	0.29**	0.63**
2016	-0.19*	0.45**	0.17*	0.12	0.73**
2017	0.19*	0.56**	-0.05	0.35**	0.78**
2018	-0.02	0.49**	0.24**	0.33**	0.79**
2015—2018	-0.01	0.53**	0.02	0.33**	0.75**

注 “\*\*”表示  $p < 0.01$ ; “\*”表示  $p < 0.05$ 。

### 2.4 蒸散发量与环境因子之间的结构方程模型

图 3 为环境因子与蒸散发量之间的 SEM ( $CMIN/DF=0.785$ ,  $AGFI=0.814$ ,  $RMSEA=0.07$ )。各因子对蒸散发量的影响程度由大到小分别为: 净辐射量 > 叶面积指数 > 温度 > 饱和水汽压差 > 风速 > 土壤含水率。结合 2.3 的结果可以发现, 除了作物生理因子外, 净辐射量、温度、饱和水汽压差是对玉米蒸散发量影响最大的前 3 个环境因子, 净辐射量对蒸散发量的影响程度最高。

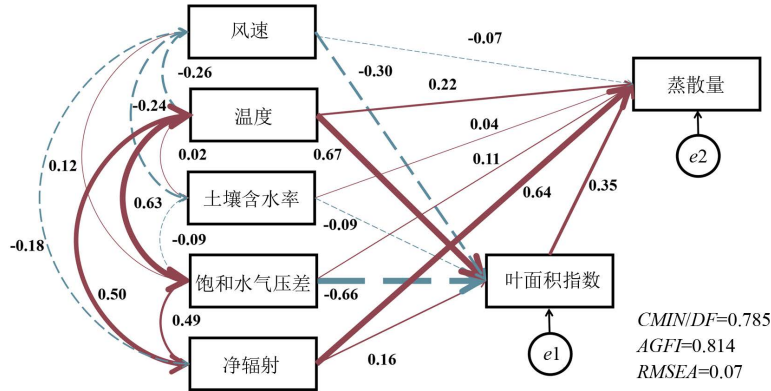


图 3 环境因子与蒸散发量之间的结构方程模型

Fig.3 Structural equation model of the influence of environmental factors on field evapotranspiration

### 3 讨论

畦灌覆膜玉米农田是石羊河流域的典型农田类型, 研究此类农田蒸散发量的变化规律对于该地区的节水政策实施、种植结构优化具有重要意义。表 4 汇

总结了以往文献中西北地区几个典型玉米种植试验的生育期蒸散发量。结合本研究结果可以发现, 石羊河流域武威地区的玉米生育期总蒸散发量通常高于 500 mm。文献[14-15]中的蒸散发量与本研究结果存在较大差异, 这与试验位置及年份的差异有关。

表 4 西北地区玉米蒸散发量相关研究调研

Table 4 Study on evapotranspiration of maize in Northwest China

来源	种植地点	玉米品种	试验时间	灌溉覆膜方式	蒸散发量/mm
Xuan 等 (2021) <sup>[13]</sup>	甘肃武威	制种玉米	2017、2018 年	覆膜、滴灌	513.5
Fang 等 (2021) <sup>[14]</sup>	陕西杨凌	制种玉米	2017、2018、2019 年	覆膜、无灌溉	355.4
Zhao 等 (2021) <sup>[15]</sup>	甘肃武威	制种玉米	2019 年	无膜、滴灌	430.0
漆栋良等 (2018) <sup>[16]</sup>	甘肃武威	制种玉米	2013、2014 年	无膜、畦灌	506.0
Zhang 等 (2016) <sup>[17]</sup>	甘肃平川	制种玉米	2009 年	覆膜、滴灌	545.0
本研究	甘肃武威	制种玉米	2015—2018 年	覆膜、畦灌	524.3

作物蒸散发量受温度、土壤含水率、净辐射量及作物自身生理活性影响<sup>[16-19]</sup>。本研究中, 畦灌覆膜玉米生育期总蒸散发量在 483.4-575.4 mm 范围内波动, 结合相同时期降水量的变化可以发现, 仅依靠降水无法满足玉米生长所需水分。以往研究多采用偏相关分析探讨环境因子对参考作物蒸散发量的影响<sup>[18-20]</sup>。本研究发现, 试验期内蒸散发量与净辐射量之间的相关性最大, 这与张静等<sup>[21]</sup>研究结论相似。

法对冬小麦-夏玉米<sup>[22]</sup>、大枣<sup>[23]</sup>及水稻<sup>[24]</sup>蒸散发量进行了归因分析, 但对覆膜畦灌玉米蒸散发量变化的归因尚不明确。相比以往站点尺度蒸散发量的归因分析, 本研究建立 SEM 所用的观测序列较长(4 a 观测期), 具有较好的代表性。本研究在 SEM 初始设置中将叶面积指数设置为中间变量, 其与蒸散发量之间的相关性较大, 这与 Zhao 等<sup>[25]</sup>研究结论一致。在实际生产过程中, 土壤含水率、田间管理措施、灌溉及施肥等因素均会对蒸散发量产生影响, 因此在后续研究中有必要进一步增加与蒸散发量相关的环境变量。

相比偏相关分析, SEM 能判别多因子之间的相互作用, 确定各因子的影响强度。以往研究基于 SEM

## 4 结论

1) 石羊河流域覆膜畦灌玉米生育期平均总蒸散发量为 524.3 mm, 日平均蒸散发量为 3.5 mm/d, 生育期内日蒸散发量呈先上升后下降的单峰变化趋势, 在 7 月达到峰值。

2) 净辐射量与蒸散发量之间的相关性最大, 相关性由大到小依次为净辐射量 > 温度 > 饱和水汽压差 > 土壤含水率 > 风速。

3) 叶面积指数作为中间变量与蒸散发量呈正相关。净辐射量、温度、饱和水汽压差为对蒸散发量影响较大的环境因子。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

### 参考文献:

- 戴文渊, 郭武, 郑志祥, 等. 石羊河流域水生生态安全影响因子及驱动机制研究[J]. 干旱区研究, 2022, 39(5): 1 555-1 563.  
DAI Wenyuan, GUO Wu, ZHENG Zhixiang, et al. Water ecological security influence factor and driving mechanism research in Shiyang River Basin[J]. Arid Zone Research, 2022, 39(5): 1 555-1 563.
- 吴友杰, 杜太生. 基于氧同位素的玉米农田蒸散发估算和区分[J]. 农业工程学报, 2020, 36(4): 127-134.  
WU Youjie, DU Taisheng. Estimating and partitioning evapotranspiration of maize farmland based on stable oxygen isotope[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(4): 127-134.
- 张宝珠, 王仰仁, 李金玉, 等. 基于称重式蒸渗仪的春玉米蒸散量研究[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(11): 17-25.  
ZHANG Baozhu, WANG Yangren, LI Jinyu, et al. Evapotranspiration from maize studied using weighing lysimeters[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(11): 17-25.
- XU J, MU Q, DING Y B, et al. Considering spatio-temporal dynamics of soil water with evapotranspiration partitioning helps to clarify water utilization characteristics of summer maize under deficit irrigation[J]. Journal of Hydrology, 2023, 617: 129 102.
- 有德宝, 王建林, 田平, 等. 黑河中游灌区玉米农田蒸散发涡度相关分析研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(6): 648-653.  
YOU Debao, WANG Jianlin, TIAN Ping, et al. Characteristics and impact factors of evapotranspiration in maize field of irrigation area in Heihe middle reaches[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2015, 46(6): 648-653.
- BALDOCCHI D, FALGE E, GU L H, et al. FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2001, 82(11): 2 415-2 434.
- 于贵瑞, 张雷明, 孙晓敏, 等. 亚洲区域陆地生态系统碳通量观测研究进展[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2004(S2): 15-29.
- WU G N, LU X C, ZHAO W, et al. The increasing contribution of greening to the terrestrial evapotranspiration in China[J]. Ecological Modelling, 2023, 477: 110 273.
- CHEN Xuejuan, MO Xingguo, HU Shi, et al. Contributions of climate change and human activities to ET and GPP trends over North China Plain from 2000 to 2014[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(6): 661-680.
- LI S E, HAO X M, DU T S, et al. A coupled surface resistance model to estimate crop evapotranspiration in arid region of Northwest China[J]. Hydrological Processes, 2014, 28(4): 2 312-2 323.
- 张玉翠, 姜寒冰, 张传伟, 等. 2007—2013 年华北平原典型灌溉农田生态系统日通量数据集: 以栾城站为例[J]. 中国科学数据, 2020, 5(2): 40-50.  
ZHANG Yucui, JIANG Hanbing, ZHANG Chuanwei, et al. Daily fluxes dataset of the typical irrigated agro-ecosystem in the North China plain: A case study of Luancheng Station (2007—2013)[J]. China Scientific Data, 2020, 5(2): 40-50.
- 谢东兴. 全球陆表蒸散发时空动态分析[D]. 北京: 北京大学, 2022.  
XIE Dongxing. Temporal and spatial dynamic analysis of global land surface evapotranspiration[D]. Beijing: Peking University, 2022.
- XUAN C G, DING R S, SHAO J E, et al. Evapotranspiration and quantitative partitioning of spring maize with drip irrigation under mulch in an arid region of Northwest China[J]. Water, 2021, 13(22): 3 169.
- FANG H, LI Y N, GU X B, et al. Evapotranspiration partitioning, water use efficiency, and maize yield under different film mulching and nitrogen application in Northwest China[J]. Field Crops Research, 2021, 264: 108 103.
- ZHAO Y, MAO X M, SHUKLA M K, et al. How does film mulching modify available energy, evapotranspiration, and crop coefficient during the seed-maize growing season in Northwest China?[J]. Agricultural Water Management, 2021, 245: 106 666.
- 漆栋良, 胡田田, 宋雪. 适宜灌水施肥方式提高制种玉米产量及水氮利用效率[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 98-104.  
QI Dongliang, HU Tiantian, SONG Xue. Rational irrigation and nitrogen supply methods improving grain yield and water-nitrogen use efficiency of seed maize[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(21): 98-104.
- ZHANG Y Y, ZHAO W Z, HE J H, et al. Energy exchange and evapotranspiration over irrigated seed maize agroecosystems in a desert-oasis region, Northwest China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2016, 223: 48-59.
- 宋妮, 申孝军, 陈智芳, 等. 基于不同数理统计方法的河南省 ET<sub>0</sub> 气候影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 145-156.  
SONG Ni, SHEN Xiaojun, CHEN Zhifang, et al. Evaluation of meteorological factors influencing reference crop evapotranspiration based on different methods of mathematical statistics in Henan Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(23): 145-156.
- 张娜, 金建新, 佟长福, 等. 西藏参考作物蒸散量时空变化特征与影响因素[J]. 干旱区研究, 2017, 34(5): 1 027-1 034.  
ZHANG Na, JIN Jianxin, TONG Changfu, et al. Spatiotemporal variation of evapotranspiration of referred crops and the affecting factors in Tibet[J]. Arid Zone Research, 2017, 34(5): 1 027-1 034.
- 刘钰, 李王成, 谭军利, 等. 吉林平原地区参考作物蒸散量变化趋势及主要影响因素分析[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(S2): 112-115.  
LIU Yu, LI Wangcheng, TAN Junli, et al. Changing trend of reference crop evapotranspiration and its main influencing factors in the plain area of Jilin Province[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2015, 34(S2): 112-115.
- 张静, 王力, 韩雪, 等. 黄土塬区农田蒸散的变化特征及主控因素[J]. 土壤学报, 2016, 53(6): 1 421-1 432.  
ZHANG Jing, WANG Li, HAN Xue, et al. Evapotranspiration of farmland on loess tableland and its major influencing factors[J]. Acta Pedologica Sinica, 2016, 53(6): 1 421-1 432.
- 李成, 王让会, 李兆哲, 等. 冬小麦-夏玉米农田蒸散发与 CO<sub>2</sub> 净交换特征及影响因素[J]. 农业机械学报, 2022, 53(1): 331-339.  
LI Cheng, WANG Ranghui, LI Zhaozhe, et al. Characteristics and influencing factors of evapotranspiration and net CO<sub>2</sub> exchange in

- winter wheat-summer maize field[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(1): 331-339.
- [23] 乔英, 马英杰, 辛明亮. 基于改进 S-W 与结构方程模型的干旱区枣园蒸散特征分析[J]. 农业机械学报, 2021, 52(8): 307-317.  
QIAO Ying, MA Yingjie, XIN Mingliang. Analysis of evapotranspiration characteristics of ziziphus jujuba mill. orchards in arid areas based on improved S-W and structural equation model[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(8): 307-317.
- [24] 王宇, 周莉, 贾庆宇, 等. 基于 Shuttleworth-Wallace 模型的水稻蒸散组分模拟及其特征分析[J]. 中国农业气象, 2017, 38(11): 709-719.  
WANG Yu, ZHOU Li, JIA Qingyu, et al. Characteristics of evapotranspiration and its components simulated using shuttleworth-wallace model in rice paddy field[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2017, 38(11): 709-719.
- [25] ZHAO W Z, LIU B, CHANG X X, et al. Evapotranspiration partitioning, stomatal conductance, and components of the water balance: A special case of a desert ecosystem in China[J]. Journal of Hydrology, 2016, 538: 374-386.

## Evapotranspiration Variation and Attribution Analysis of Maize Field under Typical Border Irrigation in Shiyang River Basin

ZHANG Ji<sup>1</sup>, YANG Tianyi<sup>2\*</sup>, YU Haichao<sup>2</sup>, LI Sien<sup>2</sup>, WANG Yuexin<sup>2</sup>,  
QIN Shujing<sup>2</sup>, GUO Hui<sup>2</sup>, WANG Chunyu<sup>2</sup>

(1. Shiyanghe River Experimental Station, China Agricultural University, Wuwei 733009, China;

2. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** 【Objective】 Field evapotranspiration is the main consumption item of agricultural water. It is of great significance to clarify the evapotranspiration amount of crops during the growth period. 【Method】 Based on eddy correlation system, the evapotranspiration of maize field under typical border irrigation in northwest China was continuously observed at Shiyanghe Experimental Station, China Agricultural University from 2015 to 2018. Based on the partial correlation analysis and structural equation model, the relationship between evapotranspiration and meteorological factors during the growth period was analyzed. 【Result】 During the experiment period, the average evapotranspiration during the growing period of maize field under border irrigation was 524.3 mm, and the average daily evapotranspiration was 3.5 mm/d. The daily evapotranspiration showed a single-peak trend of rising to decreasing and reached its peak in July. Based on the analysis of the relationship between evapotranspiration and environmental factors during the experiment period, it can be seen that the correlation between net radiation and evapotranspiration is the largest, and the top three factors influencing the degree of environmental factors are net radiation, temperature and saturated vapor pressure difference. Based on the structural equation model (SEM), it was found that there was a positive correlation between leaf area index (*LAI*) as an intermediate variable and evapotranspiration, and net radiation, temperature and saturated vapor pressure difference were still the three environmental factors that had the greatest influence on evapotranspiration. 【Conclusion】 This study can provide a scientific basis for studying typical field evapotranspiration in Northwest China and understanding the impact of environmental change on crop evapotranspiration.

**Key words:** Shiyang River basin; border irrigation; maize; evapotranspiration; partial correlation analysis; structural equation mode

责任编辑: 韩洋