

# 干旱状况下小区域灌溉冬小麦农田生态系统水热传输

郭家选<sup>1</sup>, 李巧珍<sup>2</sup>, 严昌荣<sup>2</sup>, 梅旭荣<sup>2</sup>, 李玉中<sup>2\*</sup>

(1. 北京农学院植物科学技术系, 北京 102206;

2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所水资源与旱地农业研究室, 北京 100081)

**摘要:** 该文采用涡度相关技术测定小区域灌溉冬小麦农田实际蒸散量和农田能量平衡各分量, 分析表征农田地表获取能量再分配经典参数 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha=LE/LE_{eq}$ ) 的变化特征。结果表明, 在华北地区冬小麦返青至成熟期内, 日变化过程中白天时间段内, Priestley-Taylor 系数呈“U”型变化趋势, 7:00~18:00 时刻内,  $\alpha$  平均值为 (1.324±0.334), 正午前后保持在 1.05~1.17 之间。在冬小麦生育期季节变化过程中, Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) 平均值为 (1.473±0.454), 远高于在湿润下垫面时 ( $\alpha=1.26$ ) 的数值, 在抽穗开花期内土壤水分充足时  $\alpha$  最大值为 2.317, 拔节时期土壤水分胁迫时  $\alpha$  值为 0.410。干旱少雨状况下, 进行小面积充分灌溉时, 由于存在农田热平流现象将导致过多的蒸发蒸腾水分耗散, 降低农田灌溉水的利用效率。

**关键词:** 农作物, 小区域灌溉, 生态系统, 冬小麦农田, 涡度相关法, Priestley-Taylor 系数, 水热传输

**中图分类号:** S511.072

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-12-0020-05

郭家选, 李巧珍, 严昌荣, 等. 干旱状况下小区域灌溉冬小麦农田生态系统水热传输[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 20-24.

Guo Jiaxuan, Li Qiaozhen, Yan Changrong, et al. Effects of small area irrigation on water and heat transport of winter wheat field under drought condition[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 20-24.(in Chinese with English abstract)

## 0 引言

中国北方地区水资源紧缺是制约农业可持续发展的主要瓶颈, 在半湿润与半干旱地区发展半旱地农业, 是提高水资源利用率、利用效率和生产效益, 缓解水资源压力的重要途径<sup>[1]</sup>, 而正确解析农田土壤-植被-大气连续体系统水分耗散规律并准确测算其蒸散通量, 对以中、小流域为单元实行农业灌溉水资源统一管理调度极为关键。Priestley-Taylor 系数<sup>[2]</sup>是表征农田地表获取能量再分配的经典参数, 影响其变化的因素较多, 通常在下垫面湿润时  $\alpha$  值为 1.26<sup>[3]</sup>, 不同景观生态系统下  $\alpha$  值的范围为 1.6~0.7<sup>[4]</sup>, 而在干旱气候条件下, 灌溉郁闭小麦田  $\alpha$  参数值的范围为 1.5~2.0<sup>[5]</sup>。本文以华北平原半湿润地区农田尺度小区域灌溉冬小麦农田为研究对象, 探讨干旱气候背景下农田生态系统水热传输特征, 为进行中小流域地区农田水分科学管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点、材料

收稿日期: 2008-03-04 修订日期: 2008-11-25

基金项目: 国家科技支持项目 (2006BAD04B06, 2006BAD29B01, 2006BAD29B02); 科技部社会公益研究专项 (2004DIB3J095); 农业部专项“土壤有机质提升试点补助专项”; 北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目

作者简介: 郭家选 (1966—), 女, 山东莱西人, 副教授, 博士, 主要从事农田节水和微气候研究。北京 北京农学院植物科学技术系, 102206。

Email: gsfmn@tom.com

\*通讯作者: 李玉中, 男, 内蒙古赤峰人, 研究员, 博士, 从事旱作农业研究。北京 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所水资源与旱地农业研究室, 100081。Email: liyz@cjac.org.cn

试验在中国农业科学院作物科学研究所农场昌平试验基地进行。基地位于华北平原北部边缘 (北纬 39°48', 东经 116°28', 海拔 31.3 m), 属于大陆性季风型暖温带半湿润气候, 光热资源丰富, 多年平均气温为 11.9℃, 年日照时数为 2714 h, 无霜期为 200~203 d, 种植制度为一年两熟制, 多年平均降水量为 616 mm, 春季干旱多风, 整个冬小麦生长季的平均降水量仅为 142.8 mm, 需大量抽取地下水补灌来满足作物生长; 夏玉米生育期间正逢雨季, 6~8 月份降雨量占全年降雨量的 74% 左右, 遇降水充足时基本可满足作物生长, 遇早年同样需大量抽取地下水灌溉。本区属于华北平原典型的井灌区, 过量抽取地下水导致地下水位不断下降, 地下水平均埋深 19.59 m, 比 1980 年下降了 12 m。该基地地势平坦, 试验地土壤质地为壤土。

观测于 2007 年在冬小麦返青至成熟期进行。供试冬小麦品种为 CA0178, 播种日期为 2006 年 10 月 2 日 (DOY275)。试验区面积为 300 m×150 m, 在试验田中心位置安装涡度相关仪, 仪器安装高度为离地面 1.5 m 高度处, 试验田正北方向距离仪器 180 m 为防护林, 基本满足应用涡度相关技术观测水热通量时所要求的盛行风向风浪区长度。

### 1.2 原理与方法

Priestley 和 Taylor (1972)<sup>[2]</sup>定义 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) 为土壤水分供给限定条件下的蒸散程度, 是波文比值和蒸发比值的函数, 由下式计算:

$$\alpha = \frac{LE}{LE_{eq}} = \frac{LE}{[\Delta/(\Delta + \gamma)](R_n - G)} = \frac{\Delta + \gamma}{\Delta(\beta + 1)} = \frac{EF}{[\Delta/(\Delta + \gamma)]} \quad (1)$$

式中  $LEeq$  ——平衡蒸发速率 (equilibrium evaporation rate,  $W/m^2$ );  $\beta$  ——波文比值;  $EF$  ——蒸发比值;  $\gamma$  ——干湿表常数,  $kPa/^{\circ}C$ ;  $L$  ——水汽化潜热,  $J/g$ ;  $\Delta$  ——温度饱和水汽压斜率,  $kPa/^{\circ}C$ ;  $(R_n-G)$  ——可供能量,  $W/m^2$ ;  $R_n$  ——净辐射通量,  $W/m^2$ ;  $G$  ——土壤热通量,  $W/m^2$ ;  $LE$  ——潜热通量,  $W/m^2$ 。  $R_n$  和  $G$  可通过仪器直接测定,  $LEeq$  根据 2 m 高度处的空气温度和地表获取可供能量计算,  $LE$  和显热通量 ( $H$ ) 依据涡度相关原理通过涡度相关技术测定并由下式计算<sup>[6]</sup>:

$$LE = Lw' \rho_v' \quad (2)$$

$$H = \rho_a C_p w' T' \quad (3)$$

式中  $T'$ 、 $\rho_v'$  和  $w'$  ——近地面大气湍流运动引起的温度 ( $^{\circ}C$ )、湿度 ( $g/m^3$ ) 和垂直风速 ( $m/s$ ) 的脉动量;  $\rho_a$  ——空气密度,  $g/m^3$ ;  $C_p$  ——空气定压比热,  $J/(kg \cdot K)$ ;  $L$  ——水汽化潜热,  $J/g$ 。

1.3 测定项目

在冬小麦返青后至成熟期 (2007年3月25日-6月7日) 进行农田热量平衡各分量连续观测。农田潜热和显热通量由Campbell公司生产的涡度相关系统测定。涡度相关仪安装高度为离地表1.5 m, 涡度相关系统由测定垂直风速、 $CO_2$ 浓度、水汽密度3部分传感器组成, 采用CSAT3型三

维超声风速仪 (a three-dimensional sonic anemometer, Campbell Scientific Inc.) 测定风向、水平和垂直风速脉动以及气温的脉动, LI-7500型开路式 $CO_2$ 浓度和 $H_2O$ 红外分析仪 (a three-dimensional sonic anemometer, Campbell Scientific Inc.) 测定 $CO_2$ 浓度和水汽密度脉动, 以10 Hz 频率测定温度、 $CO_2$ 浓度、湿度和三维风速脉动值, 由垂直风速脉动值和相关变量脉动值的协方差计算潜热、显热通量瞬时值, 记录30 min的潜热、显热平均值, 正值表示物质和能量向大气方向传输。另外, 农田冠层上方的净辐射通量由CNR1型净辐射表 (Net Radiometer, Kipp & Zonen) 测定, 并将2个HFP01型土壤热通量 (Self-Calibrating Heat Flux Sensor, Campbell Scientific Inc.) 板置于作物行内、行间2 cm土层深度处, 求取平均值作为农田土壤热通量, 上述数据由CR5000型采集器采集。

在冬小麦生育期间测定农田热量平衡各分量时, 平行观测并记录 30 min 的太阳总辐射、空气温度、空气湿度、实际水汽压、风向、风速和 0~10 cm 土壤湿度等要素指标的平均值, 并记录 60 min 和日时间尺度的降雨强度, 具体测定仪器及测定指标见表 1, 上述数据由CR23XTD 型数据采集器采集, 农田净辐射通量、土壤热通量以及土壤含水量的测定, 均在涡度相关仪探测范围 (footprint) 内进行。

表 1 监测站点微气候要素观测指标及仪器  
Table 1 Micrometeorological variables measured at site with instruments

系统	测定指标	传感器名称 (型号)	生产商	安装高度或深度/cm
1	三维风速脉动	超声风速仪(CSAT3)	Campbell Scientific Inc	150
	空气湿度脉动	$CO_2$ 和 $H_2O$ 红外传感器 (CS7500)	Campbell Scientific Inc	150
	净辐射通量	净辐射传感器 (CNR1)	Kipp & Zonen	150
	土壤热通量	土壤热通量探头 (HFP01)	Campbell Scientific Inc	2
	土壤含水率	土壤含水量反射计(CS615)	Campbell Scientific Inc	3~6
	土壤温度	土壤温度传感器(TCAV)	Campbell Scientific Inc	2, 6
	空气温度、湿度	空气温湿度传感器(HMP45C)	Campbell Scientific Inc	150
	太阳总辐射	太阳总辐射传感器 (LI-200X)	LI-COR,Lincoln,NE,USA	300
2	光合有效辐射	光合有效辐射传感器( LI-190SB)	LI-COR,Lincoln,NE,USA	300
	风速、风向	风速风向传感器(034B-L)	Campbell Scientific Inc	300
	空气温度、空气湿度	空气温湿度传感器(HMP45C)	Campbell Scientific Inc	200
	降雨量	降雨量传感器 (TE525)	Campbell Scientific Inc	100
	土壤含水率	土壤含水量反射计(CS615)	Campbell Scientific Inc	10

注: 1 为涡度相关系统, 2 为自动气象站。

2 结果与分析

2007 冬小麦返青后至成熟期间 (DOY85~157), 农业气象要素日平均气温、5 cm 地温、饱和水汽压平均值分别为  $(17.783 \pm 4.83)^{\circ}C$ 、 $(14.741 \pm 3.310)^{\circ}C$  和  $(1.322 \pm 0.623)kPa$ , 各要素的范围值分别为  $27.110 \sim 6.991^{\circ}C$ 、 $23.23 \sim 8.44^{\circ}C$  和  $2.476 \sim 0.185 kPa$ ; 累计降水量为 66.6 mm。监测时段内, 常规灌溉农田 (涡度相关系统安装区域) 10 cm 深度处土壤体积含水率平均值为  $0.272 \pm 0.0543$ , 范围值为  $0.562 \sim 0.225$  (图 1)。

2.1 干旱季节灌溉农田下午近傍晚时刻存在明显热平

流现象

将监测时期内每天同一时刻的农田能量平衡各分量进行平均, 获得监测时间段内灌溉冬小麦农田能量平衡日变化趋势 (图 2a), 结果表明, 在下午 16 点左右至傍晚时刻存在明显的热平流现象, 表现于潜热通量 ( $LE$ ) 远超过农田地表获取的可供能量 ( $A=R_n-G$ ) 和显热通量 ( $H$ ) 的迅速降低; 同时能量平衡闭合日变化过程中 (图 2b), 同一阶段内的能量平衡闭合度 ( $EBR=(LE+H)/(R_n-G)$ ) 迅速升高并超过 1。由此表明, 在干旱少雨时期, 进行小面积充分灌溉时, 由于其农田热平流现象的发生将导致更多的蒸发蒸腾水分耗散, 降低灌溉水的利

用效率。

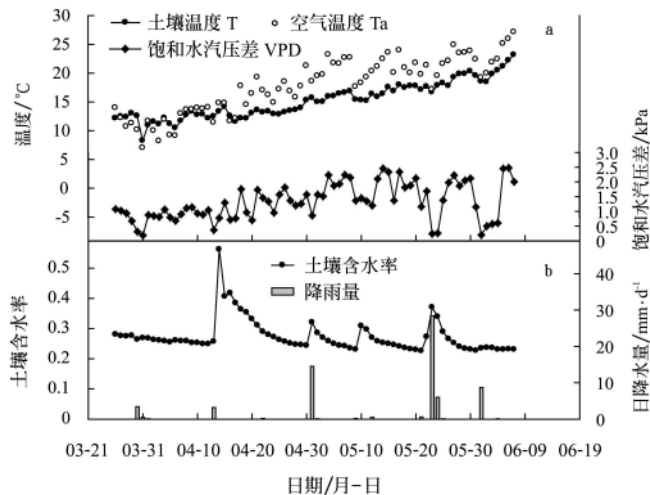


图1 冬小麦农田气象要素季节变化趋势(2007年)

Fig.1 Seasonal variations of micrometeorological elements in winter wheat field (2007)

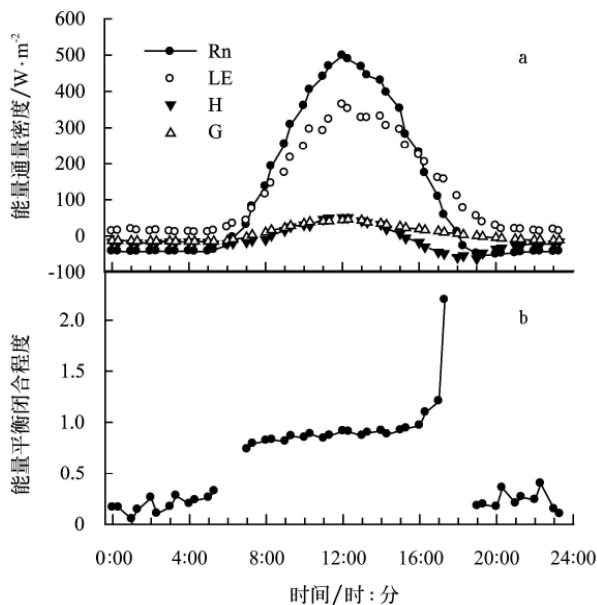


图2 灌溉冬小麦农田返青后能量平衡各分量和能量平衡闭合程度平均日变化趋势

Fig.2 Diurnal variations of average energy balance components and energy balance closure after regreening stage in irrigating winter wheat field

## 2.2 白天正午前后时段内 Priestly-Taylor 系数稳定程度相对较高

根据监测时期内农田能量平衡各分量日变化过程资料进行计算, 获得监测时间段内灌溉冬小麦农田获取能量再分配参数 Priestly-Taylor 系数(图3)日变化趋势。结果表明: 监测时期内, 白天时间段(7:00~18:00) PT 系数日变化趋势为“U”型, 正午前后 PT 系数值较低且平稳, 基本保持在 1.05~1.17 之间, 而早晚时刻 PT 系数值相对较大, 最大值为 2.32, 白天时间段内 PT 系数平均值为  $(1.324 \pm 0.334)$ 。

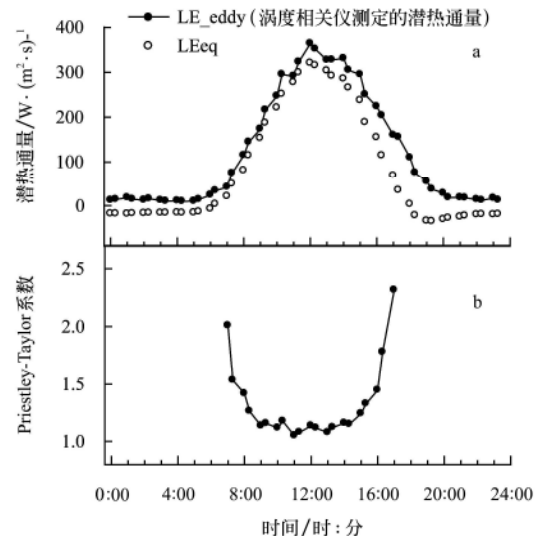


图3 灌溉冬小麦农田返青后 Priestly-Taylor 系数平均日变化趋势

Fig.3 Diurnal variations of Priestly-Taylor parameter after regreening stage in irrigating winter wheat field

## 2.3 冬小麦农田水分耗散季节变化特征

根据监测时段内获取的气象资料以及涡度相关系统测定的农田实际耗水量, 求算逐日 Priestly-Taylor 系数, 分析冬小麦农田水分耗散季节变化特征。结果表明, 干旱季节小区域灌溉农田存在水分过渡消耗现象, 该现象从农田地表获取能量的消耗角度分析, 表现于 Priestly-Taylor 系数值增大(图4b)。在监测时间段内, 剔除阴雨天气时的 PT 系数非正常值, 其平均值为  $1.473 \pm 0.454$ , 远高于在湿润下垫面时 ( $\alpha=1.26$ ) 的数值, 造成该现象的主要原因在于小区域灌溉农田存在热平流现象。在抽穗开花期内土壤水分充足时  $\alpha$  值最大值 2.317,

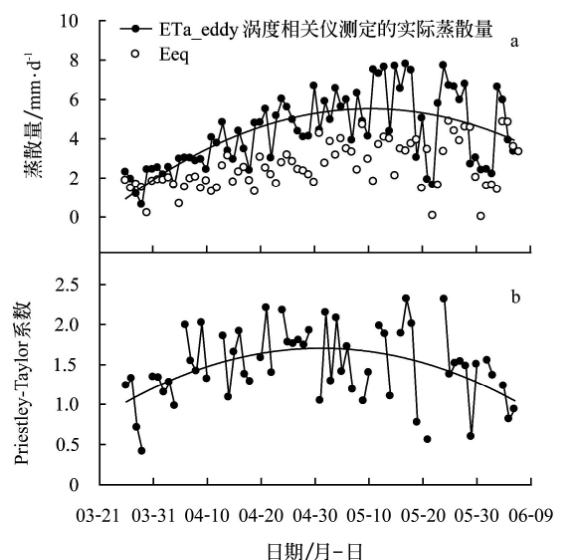


图4 冬小麦拔节后至成熟期间平衡蒸发、农田实际蒸散与 PT 系数季节变化趋势

Fig.4 Seasonal variations of equilibrium evaporation, actual evapotranspiration and Priestly-Taylor parameter after stem elongation stage in irrigating winter wheat field

拔节时期土壤水分胁迫时  $\alpha$  值为 0.410。在冬小麦返青后至成熟期间, 累积降水量为 66.6 mm, 累积平衡蒸发量 ( $E_{eq}$ ) 为 190.4 mm, 由涡度相关系统测定的灌溉农田同期蒸散耗水量为 319.2 mm (图 5), 在监测阶段内作物水分亏缺额为 252.6 mm, 水分亏缺由土壤储存水和补充灌水补偿。

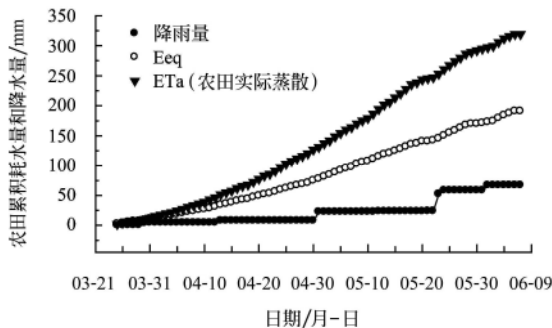


图 5 冬小麦返青后农田累积降水量、平衡蒸发量与农田实际蒸散量变化趋势

Fig.5 Variations of cumulative rainfall, equilibrium evaporation and actual evapotranspiration after regreening stage in winter wheat field

### 3 讨 论

Priestley-Taylor 方法可用于土壤水分供给限定条件下的蒸散计算<sup>[4]</sup>, 该方法估算作物蒸散时, 主要依靠精确确定 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) 值<sup>[2]</sup>,  $\alpha$  参数值变化主要受植被的 LAI、土壤含水量、气象条件 (诸如风速、地表获取太阳辐射、饱和水汽压差、大气稳定性状况)、空气对流、平流运动、湍流显热通量; 地表或冠层阻力)、植被类型以及海拔高度等诸因素的影响。

Priestley 和 Taylor 定义<sup>[2]</sup>参数  $\alpha$  为土壤水分供给限定条件下的蒸散程度, 土壤含水量高低是影响 Priestley-Taylor 参数值变化的主要因素。对于 PT 方法来说, 采用标准  $\alpha$  值在土壤湿润时会过低估算蒸散速率, 而在土壤干燥时则过高估算蒸散速率; 丘陵地形湿润草地年平均  $\alpha$  值为  $1.21 \pm 0.79$ , 数值大小与土壤含水量变化有关,  $\alpha$  随着土壤湿度增加而增大<sup>[7]</sup>。Gavin 和 Agnew<sup>[8]</sup>也证实了温带湿润草地  $\alpha$  值与土壤湿度状况有较强的依赖性。Crago 和 Brutsaert<sup>[9]</sup>则揭示了  $\alpha$  与土壤表层含水量有关。另外, Flinta 和 Childs<sup>[4]</sup>认为  $\alpha$  随着土壤含水量的减少呈指数递减, 这与 Baldocchi<sup>[5]</sup>指出随着作物冠层阻力的升高,  $\alpha$  值呈指数降低的结论是一致的。但 Kustas<sup>[10]</sup>等则发现在农牧交错生态系统, 即使在土壤湿度状况相对较为湿润时, PT 系数  $\alpha$  的值均小于 1, 且不存在  $\alpha$  是土壤含水量的函数这种趋势, 在农牧交错生态系统植被类型对相似的大气驱动状况的反应差异较大。

诸如风速、空气对流或平流等气象要素对参数  $\alpha$  值的变化具有一定的影响作用。PT 方法是基于湍流对蒸散的影响作用小于辐射对蒸散的影响作用的假设条件下的蒸散估算方法, 这种状况出现于空气湿度处于饱和状态, 即 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) = 1.26 仅适用于潜在条件下。后来研究证明,  $\alpha$  值为 1.26 不适用于平流条件<sup>[11]</sup>。

Baldocchi<sup>[5]</sup>研究发现在干旱气候下灌溉密闭冠层 (小麦, LAI 为 3)  $\alpha$  的范围为 1.5~2.0, 且在植物蒸腾冠层阻力范围为 10~20 s/m 时,  $\alpha$  值范围为 1.5~1.8。张志明<sup>[12]</sup>的研究显示了  $\alpha$  与温度、海拔高度和相对湿度有关。Jury 和 Tanner<sup>[13]</sup>研究发现 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) 在强对流条件下可达到 1.57, 并指出当风速加大时,  $\alpha$  的值应该加大, 他建议该模型在风速条件方面应有所改进。

另外, Baldocchi (1994)<sup>[5]</sup>发现叶面积指数不同的小麦 (郁闭冠层) 和玉米 (开放冠层) 的  $\alpha$  值差异较大, 前者为 1.26, 后者为 0.96。Kustas 和 Norman<sup>[14]</sup>在采用 N95 模型模拟土壤和植被 (棉花) 能量分量时将 PT 系数值 1.26 增加近 50% (即  $\alpha$  为 2, 即模拟植物蒸腾) 取得了较好的结果。Stannard 等<sup>[15]</sup>研究发现适宜于密闭植被的 Penman-Monteith 蒸散模型在半干旱地区稀疏植被蒸散量模拟准确度的估算精度较低 (半小时数据,  $r^2=0.56$ ; 日数据,  $r^2=0.60$ ), 修正的 Priestley-Taylor 蒸散模型则具有相对较高的精度。Pereira 等揭示了 Priestley-Taylor 系数 ( $\alpha$ ) 的变化可由显热通量的脉动来阐述, 在小时和日时间尺度, Priestley-Taylor 系数与显热通量均呈线性正相关关系。Crago<sup>[16]</sup>揭示了  $\alpha$  中午的均值与蒸发比值  $EF$  日平均值具有高度的相关性, 基于  $EF$  的田间实验模型与以  $\alpha$  为基础的模型可以互换。在日节律变化过程中, 玉米冠层密闭且土壤表面保持湿润状况下, 土壤蒸发超过辐射能量供给, 意味着存在来之于冠层方向朝向地表的显热通量的传输, 且 Priestley-Taylor 系数的值为 1.10~2.44<sup>[17]</sup>。

### 4 结 论

在作物生育期内干旱少雨状况下进行小区域面积充分灌溉时, 由于存在农田热平流现象, 导致农田蒸发蒸腾水分过多耗散, Priestley-Taylor 系数值 ( $\alpha$ ) 增大, 冬小麦返青后至成熟期间  $\alpha$  平均值为  $1.473 \pm 0.454$ 。因此扩大灌溉面积, 将降低因热平流所造成的无效水分耗散, 提高农田灌溉水利用效率。

#### [参 考 文 献]

- [1] 山 仑. 植物抗旱生理研究与发展半旱地农业[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 1-5.
- [2] Priestley C H B, Taylor R J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters[J]. Mon Weather Rev, 1972, 100 (2): 81-92.
- [3] Brutsaert W. Evaporation into the Atmosphere: Theory, History and Applications ( Environmental Fluid Mechanics) [M]. Berlin: Springer, 1982.
- [4] Flint A L, Childs S W. Use of Priestley-Taylor evaporation equation for soil water limited conditions in a small forest clearcut[J]. Agric For Meteorol, 1991, 56: 247-260.
- [5] Baldocchi D D. A comparative study of mass and energy exchange over a closed C3 (wheat) and an open C4 (corn) canopy: I. The partitioning of available energy into latent and sensible heat exchange[J]. Agric For Meteorol, 1994, 67: 191-220.
- [6] Baldocchi D D, Hicks B B, Meyers T P. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases

- with micrometeorological methods[J]. *Ecology*, 1988, 69(5): 1331—1340.
- [7] Valentijn R N Pauwels, Roeland Samson. Comparison of different methods to measure and model actual evapotranspiration rates for a wet sloping grassland[J]. *Agricultural Water Management*, 2005: 1—24.
- [8] Gavin H, Agnew C A. Modelling actual, reference and equilibrium evaporation from a temperate wet grassland[J]. *Hydrol. Proc.*, 2004, 18(2): 229—246.
- [9] Crago R D, Brutsaert W. A comparison of several evaporation equations[J]. *Water Resour Res*, 1992, 28: 951—954.
- [10] Kustas W P, Stannard D I, Allwin K J. Variability in surface energy flux partitioning during Washita '92: Resulting effects on Penman-Monteith and Priestley-Taylor parameters[J]. *Agric For Meteorol*, 1996, 82: 171—193.
- [11] Pereira A R, Villa Nova N A. Analysis of the Priestley-Taylor parameter[J]. *Agric For Meteorol*, 1992, 61: 1—9.
- [12] 张志明. 湿润下垫面的近地面内感热和潜热垂直通量的计算[J]. *成都科技大学学报*, 1984, 2: 89—96.
- [13] Jury W A, Tanner C B. Advection modification of the Priestley-Taylor evapotranspiration formula[J]. *Agron J* 1975, 67, 840—842.
- [14] Kustas W P, Norman J M. Evaluation of soil and vegetation heat flux predictions using a simple two-source model with radiometric temperatures for partial canopy cover[J]. *Agric For Meteorol*, 1999, 94: 13—29.
- [15] Stannard D I. Comparison of Penman-Monteith, Shuttleworth-Wallace, and modified Priestley-Taylor evapotranspiration models for wildland vegetation in semiarid rangeland[J]. *Water Resour Res*, 1993, 29(5): 1379—1392.
- [16] Crago R D. Comparison of the evaporative fraction and the Priestley-Taylor  $\alpha$  for parameterizing daytime evaporation [J]. *Water Resour Res*, 1996, 32(4): 1403—1409.
- [17] Walker G K. Evaporation from wet soil surfaces beneath plant canopies[J]. *Agric For Meteorol*, 1984, 33(2-3): 259—264.

## Effects of small area irrigation on water and heat transport of winter wheat field under drought condition

Guo Jiaxuan<sup>1</sup>, Li Qiaozhen<sup>2</sup>, Yan Changrong<sup>2</sup>, Mei Xurong<sup>2</sup>, Li Yuzhong<sup>2\*</sup>

(1. Department of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;

2. Water Resources and Dry-land Farming Laboratory, Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Actual evapotranspiration and components of field energy balance were measured by eddy correlation system, and the variations of Priestley-Taylor parameter ( $\alpha$ ), characterizing the energy partition over winter wheat field surface were analyzed. At the diurnal course, daily average of parameter  $\alpha$  was  $1.324 \pm 0.334$ , at noon, the value was 1.05–1.17. And the graph of parameter  $\alpha$  with time had a concave-up shape from 7:00 to 18:00 after regreening stage in winter wheat field in the North China Plain. The seasonal average of parameter  $\alpha$  was  $1.473 \pm 0.454$ , above the value of 1.26 under wetness surface. The maximum of parameter  $\alpha$  was 2.317 under the condition of enough soil water content during winter wheat tassel and anthesis stage, and the minimum of parameter  $\alpha$  was 0.410 with soil water stress during stem elongation in winter wheat field. Water use efficiency of small area irrigation in wheat winter field is decreased because of heat advection under drought condition.

**Key words:** crops, small area irrigation, ecological system, winter wheat field, eddy correlation method, Priestley-Taylor parameter, water and heat transport