

胡程达,刘荣花,张永录.不同水分条件下冬小麦农田蒸散研究[J].江苏农业科学,2016,44(7):484-487.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.138

不同水分条件下冬小麦农田蒸散研究

胡程达¹,刘荣花^{1,2},张永录³

(1.河南省气象局,河南郑州 450003; 2.河南省气象科学研究所,河南郑州 450003;

3.河南省郑州市气象局,河南郑州 450005)

摘要:利用大型称重式蒸渗仪研究不同水分条件下(T1 自然生长,T2 土壤相对湿度为 50%~60%,T3 土壤相对湿度为 70%~80%)冬小麦农田蒸散状况,并利用气象要素建立不同水分条件下蒸散模型。结果表明,影响冬小麦农田蒸散的主要气象要素在冬小麦不同发育期、不同水分条件下均有所改变。具体表现为不同水分条件下冬小麦农田蒸散日变化总体上呈现单峰变化趋势,不同发育期出现峰值的时间点不一致,不同发育期日总蒸散量均为 T3>T1>T2。冬小麦农田蒸散量总体表现为拔节期受气温影响较大,孕穗期及发育期 T1、T3 处理下总辐射对蒸散量影响较大,空气湿度对冬小麦农田蒸散量具有明显负效应;T2 处理下冬小麦农田蒸散量日变化和日总蒸散量受干旱累积效应的影响,从孕穗期开始表现出对外界气象要素的变化响应不明显。建立了不同水分经验模型,可供作物蒸散量估算。

关键词:冬小麦;大型称重式蒸渗仪;农田蒸散;气象要素

中图分类号:S512.1⁺10.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)07-0484-04

近年来,我国部分地区的极端气候事件如干旱等发生频率、强度增加,影响面积大、造成的经济损失严重^[1]。蒸散是陆地系统水循环的重要组成部分,在全球尺度上蒸散量可占

总降水量的 60% 以上,在干旱区这个比例还要高^[2]。农田蒸散是农田生态系统中水分消耗的主要形式,作物用水的 99% 通过蒸腾而散失。因此准确地估算农田蒸散过程和机制对于研究作物生育期的水分消耗规律、提高水分利用效率、发展节水农业有着十分重要的意义^[3]。农田蒸散研究一直广受国内外学者关注,已经取得了较多的研究成果^[4-5]。但是关于不同水分条件下冬小麦农田蒸散特征的研究相对较少。笔者开展了不同水分条件下冬小麦农田生态系统蒸散试验研究,从冬小麦自身和水分供给综合探讨了影响蒸散的主要气象因

收稿日期:2016-03-08

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201506001、GYHY201006027);省级气象部门项目(编号:Z201408);河南省重大科技专项(编号:121100110900)。

作者简介:胡程达(1982—),河南郑州人,硕士,工程师,主要从事农业气象与气候变化研究。E-mail:huchengda62@163.com。

[7]张文睿,王丽.纤维素基纳米复合材料对亚甲基蓝的吸附及解吸性能[J].工业水处理,2014,34(5):45-49.

[8]Zhang D Y, Ma Y, Feng H X, et al. Removal of methylene blue from aqueous solution by a carbon-microsilica composite adsorbent[J]. Korean Journal of Chemical Engineering, 2012, 29(6): 775-780.

[9]Zou W H, Bai H J, Gao S P, et al. Characterization of modified sawdust, kinetic and equilibrium study about methylene blue adsorption in batch mode[J]. Korean Journal of Chemical Engineering, 2013, 30(1): 111-122.

[10]刘元伟,贾冬梅,李晶,等.一种新型复合吸附剂去除印染废水中亚甲基蓝[J].环境工程,2014,5(7):20-24.

[11]Chandrasekhar S, Pramada P N. Rice husk ash as an adsorbent for methylene blue-effect of ashing temperature[J]. Adsorption, 2006, 12(1): 27-43.

[12]代振鹏,熊昌狮,张大超,等.改性麦糟吸附亚甲基蓝模拟废水试验研究[J].江西理工大学学报,2015,36(5):13-17.

[13]刘转年,王念秦.超细粉煤灰吸附亚甲基蓝的机理研究[J].离子交换与吸附,2008,24(6):535-543.

[14]Kahr G, Madsen F T. Determination of the cation exchange capacity and the surface area of bentonite, illite and kaolinite by methylene blue adsorption[J]. Applied Clay Science, 1995, 27(9): 327-336.

[15]Khenifi A, Boubekra Z, Sekrane F, et al. Adsorption study of an

industrial dye by an organic clay[J]. Adsorption, 2007, 13(2): 149-158.

[16]王红蕾,刘璐,谷耀行,等.粉煤灰多孔陶瓷的制备及其对亚甲基蓝吸附性能[J].河北科技师范学院学报,2009,23(2): 39-42.

[17]Ghanizadeh G, Asgari G. Adsorption kinetics and isotherm of methylene blue and its removal from aqueous solution using bone charcoal[J]. Reaction Kinetics Mechanisms and Catalysis, 2011, 102(1): 127-142.

[18]彭娜,王开峰,涂常青,等.黄酒糟对活性艳红和亚甲基蓝的吸附性能[J].化工环保,2011,31(5):464-469.

[19]Mahmoudi K, Hosni K, Hamdi N, et al. Kinetics and equilibrium studies on removal of methylene blue and methyl orange by adsorption onto activated carbon prepared from date pits—a comparative study[J]. Korean Journal of Chemical Engineering, 2015, 32(2): 274-283.

[20]Senthil Kumar P, Abhinaya R V, Gayathri Lashmi K, et al. Adsorption of methylene blue dye from aqueous solution by agricultural waste; equilibrium, thermodynamics, kinetics, mechanism and process design[J]. Colloid Journal, 2011, 73(5): 651-661.

[21]刘柏辰,孙晓峰,景占鑫,等.磁性半纤维素接枝聚丙烯酰胺凝胶对亚甲基蓝的吸附研究[J].水处理技术,2013,39(5):13-19.

子,旨在为增强冬小麦适应气候变化能力提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在郑州农业气象试验站进行。该站位于 $34^{\circ}43'N$ 、 $113^{\circ}39'E$,属半湿润偏干旱地区、北温带大陆性季风气候。试验小区为冬小麦—夏玉米轮作区,土壤为沙壤土,有机质含量 14.1 g/kg ,全氮含量 0.99 g/kg ,碱解氮含量 89.2 mg/kg ,速效磷含量 29.9 mg/kg ,速效钾含量 90.6 mg/kg 。按 460 kg/hm^2 的复合肥(N 、 P_2O_5 、 K_2O 含量分别为18%、19%、13%)作基肥一次掩底施入。供试作物为当地主栽品种郑麦366。本研究主要利用2015年拔节期—灌浆期冬小麦农田蒸散资料。试验小区总体为自东向西一字排开。共设置3个水分处理梯度,分别为自然生长(T1)、土壤相对湿度50%~60%(T2)和土壤相对湿度70%~80%(T3),测定土层深度为50 cm。每个小区长2 m,宽2 m。利用人工防雨棚防止自然降水的影响,人工取土测定试验小区内0~50 cm土层含水率,每周测定1次土壤湿度,根据土壤密度计算相对湿度,土壤烘干称质量后回填。人工测墒结果小于设定相对湿度5百分点时,开始对小区定量灌水,确保不同处理下土壤湿度恢复至预先设定值。

1.2 测定指标

利用大型称重式蒸渗仪测定冬小麦农田蒸散量。大型称重式蒸渗仪含原状土体,质量约15 t,面积 4 m^2 ,深2.5 m,测量精度达0.02 mm。利用大型仪器正北方50 m郑州市气象

局气象观测场资料作为气象要素。蒸散日变化选取的气温、总辐射、空气湿度选取逐小时平均值,不同发育期选取逐日平均值。选择的是10 min风速的小时和日平均值。冬小麦拔节期前基本没有降水,拔节中后期即3月16—26日降水量15.8 mm,3月31日至4月5日(孕穗期)降水量62.9 mm,4月18日至4月19日降水量16.4 mm,5月1—2日和5月7—8日(灌浆期)降水量80.1 mm。

1.3 数据处理

利用SPSS 19.0软件并进行显著性检验,利用回归分析构建不同水分的蒸散模型。

2 结果与分析

2.1 不同发育期蒸散量的日变化状况

选择典型晴天从当日00:00—24:00每1 h记录1次蒸散量。从图1可知,不同发育期不同水分处理条件下,冬小麦农田蒸散日变化均呈现先升高后降低的单峰变化趋势,单峰型主要出现在08:00—20:00。不同发育期不同水分处理条件下冬小麦农田蒸散量日变化特征有所不同。具体表现为,T1和T2处理组蒸散量均是从08:00开始增大,T3处理下蒸散量开始增大的时间略早于T1和T2处理组,其中拔节期、孕穗期、灌浆期不同水分处理下日蒸散量变化趋势基本一致,峰值均出现在12:00—16:00之间,均表现为 $T3 > T1 > T2$ 。抽穗期T1处理组峰值出现在10:00,T2处理组没有明显峰值出现,这主要是因为水分供给不足和干旱对冬小麦造成一定程度的损害,同时蒸腾作用减少所致。

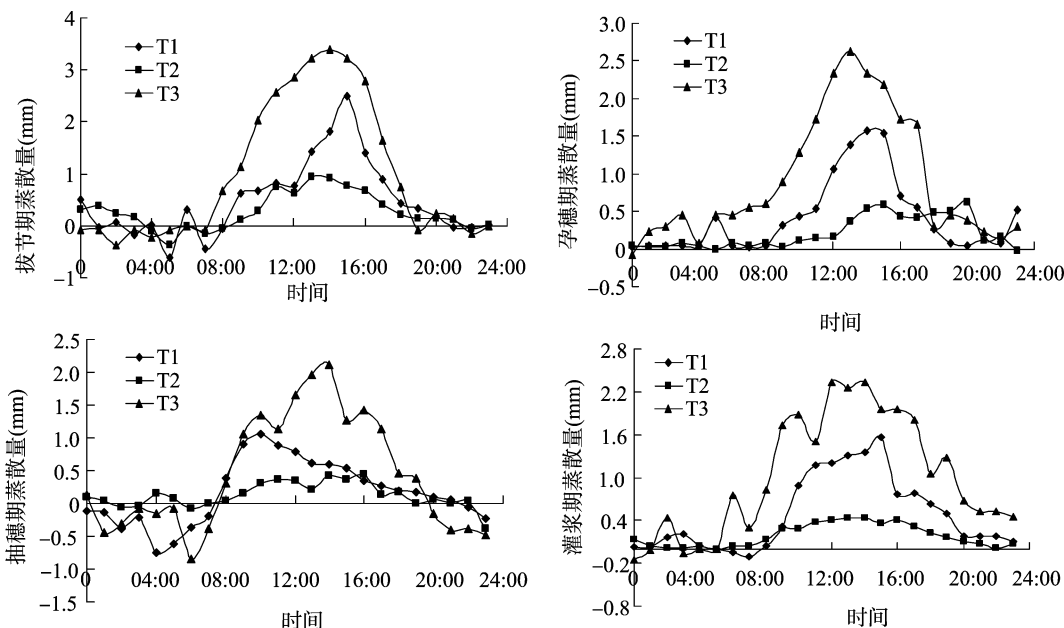


图1 不同发育期不同水分条件下冬小麦农田蒸散量日变化状况

2.2 蒸散量的日变化与气象要素之间的关系

由表1可知,不同水分条件下,拔节期和灌浆期冬小麦农田蒸散量日变化与逐小时平均气温、辐射和相对湿度都有较好的相关性(干旱处理除外),相关系数均明显高于风速;而到孕穗期和抽穗期与辐射相关性较好,风速相关系数较拔节期明显增大。拔节期,T1处理下冬小麦农田蒸散量日变化与

平均温度和空气湿度均为显著相关,相关系数绝对值无明显差别,均大于辐射和风速;T2和T3处理下蒸散日变化与气温、辐射、空气湿度相关系数绝对值无明显差异,均明显大于风速。这主要是由于拔节期总体气温较低,而且晴好天气一天温差相对较大,同时此时也是冬小麦快速生长的阶段,温度在一定程度上决定了冬小麦的生理活性,冬小麦蒸腾作用较

强,表现为冬小麦蒸散量与气温相关性较好,同时相关系数还表现出随着土壤湿度的减少而变小。孕穗期-灌浆期,T1 和 T3 处理下冬小麦蒸散日变化与温度和湿度相关性明显低于与辐射的相关性,并且与风速的相关系数明显增大;T2 处理下小麦孕穗期与辐射的相关系数明显降低。这主要是由于此时温度比较适合冬小麦生长,辐射增强更有利于冬小麦光合作用和蒸腾作用,同时风速也会降低冬小麦田空气湿度,导致冬小麦气孔内外气压差增大,利于冬小麦蒸腾;但是由于 T2 处理下冬小麦此时受干旱影响累积效应,对冬小麦造成伤害,导致气孔关闭、气孔导度降低、蒸腾速率下降^[6],以致小麦对外界环境条件不敏感。灌浆期不同水分条件下冬小麦农田蒸散量日变化规律总体与孕穗期和抽穗期一致,只是 T2 处理下冬小麦农田蒸散量与气温显著相关,这可能是由于此时冬小麦叶面积指数大幅下降,气温较高,棵间蒸发增大,这与梁文清等研究结果^[7]基本一致。在拔节期和灌浆期,所有水分处理下冬小麦农田蒸散量与风速的相关系数基本均明显小于与气温和辐射的相关系数;在孕穗期和抽穗期,T1 和 T3 处理下蒸散日变化与风速的相关系数大于气温、略小于辐射,T2 处理下相关系数则表现为风速大于气温和辐射。这可能是由于风速增大虽然会造成冬小麦叶片内外饱和水汽压增大,利于水分以蒸腾形式扩散,相关性明显增强,但是因风速增大而增加的蒸散量远小于辐射带来的蒸散量。拔节期和灌浆期以晴天为主,孕穗期和抽穗期以阴雨为主。干旱条件下,风速除了能增加冬小麦蒸腾作用外还增加了棵间蒸发量,同时由于总体蒸散量较小,因此风速所起的作用相对较大。

2.3 不同发育期蒸散量变化

由图 2 可以看出,不同发育期冬小麦农田日总蒸散量均表现为 T3>T1>T2,T3 处理波动幅度较大,T1 和 T2 波动幅度相对较小。具体表现为,在孕穗期和灌浆期不同水分处理冬小麦农田蒸散格局较为明显,在这 2 个发育期后期,T1、T2 处理则出现了差异不明显的状况;而拔节期和抽穗期 T3 明显

表 1 不同发育期冬小麦农田蒸散量日变化与气象要素相关系数

发育期	处理	相关系数			
		平均气温	总辐射	空气湿度	风速
拔节期	T1	0.573 **	0.442 *	-0.543 **	0.255
	T2	0.626 **	0.648 **	-0.667 **	0.278
	T3	0.788 **	0.802 **	-0.784 **	0.497 *
孕穗期	T1	0.257	0.678 **	-0.426 *	0.657 **
	T2	0.318	0.371 *	-0.783 **	0.685 **
	T3	0.287	0.939 **	-0.410 *	0.703 **
抽穗期	T1	0.519 **	0.768 **	-0.588 **	0.537 **
	T2	0.337	0.335	-0.681 **	0.672 **
	T3	0.621 **	0.872 **	-0.764 **	0.676 **
灌浆期	T1	0.767 **	0.782 **	-0.717 **	0.532 **
	T2	0.581 *	0.327	-0.611 **	0.400 *
	T3	0.901 **	0.892 **	-0.869 **	0.582 **

高于 T1、T2 处理,T1、T2 处理之间虽然总蒸散量 T1>T2,但是在这 2 个发育期中间有时差异不明显,甚至出现 T2>T1 的情况,产生这样情况的原因这可能是 T2 处理当水分条件下降到 50% 后,需要灌水,灌水后可能也会在一定程度上增加蒸散量;而 T1、T2 处理总体蒸散量较小的原因主要可能是拔节期冬小麦 T1、T2 处理土壤相对湿度较小,冬小麦通过减少蒸腾作用而减少土壤水分损失,而在抽穗期出现上述状况的原因可能是 T1 处理前期受到干旱影响,虽然到抽穗期干旱解除后,冬小麦已经受到较重的影响,气孔导度降低,蒸腾作用减少,T2 处理可能是受土壤湿度和干旱影响共同作用造成蒸散量较小。而到灌浆期后 T1 处理明显高于 T2 处理,主要是由于 T1 处理干旱解除后,冬小麦自我恢复效果较明显,加之土壤湿度较大,后期叶面积指数相对变小,棵间蒸发增大等因素共同作用的结果;T3 总体上蒸散量较大,主要可能是冬小麦长势良好,土壤湿度和蒸腾作用较强造成的。以上研究表明,冬小麦农田蒸散量的变化与土壤水分和冬小麦自身长势状况密切相关,这与甘卓亭等研究结果^[8]基本一致。

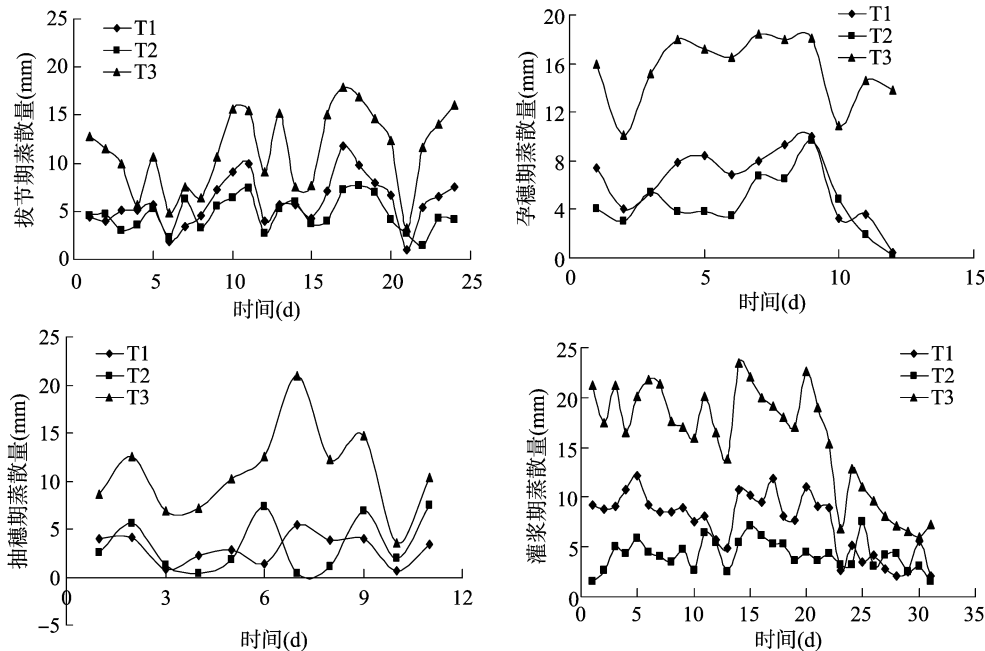


图2 不同发育期不同水分处理下冬小麦农田日总蒸散量变化

2.4 不同发育期蒸散量变化与气象条件之间的关系

从表 2 可知,不同水分处理不同发育期冬小麦农田蒸散量表现为拔节期与平均气温相关系数较大,孕穗期及以后发育期逐渐表现为与辐射相关性增强(T2 处理除外)。不同水分处理下空气湿度总体与蒸散量负相关。T2 处理组下,小麦孕穗期蒸散量与辐射显著正相关。拔节期冬小麦农田蒸散量与温度和总辐射均具有明显相关性,不同水分处理下冬小麦农田蒸散量与气温的相关系数均大于辐射。这可能是由于冬小麦拔节期气温相对较低,造成冬小麦自身的生理生化反应受到一定程度的抑制,随着温度升高,冬小麦自身活性增强,因此蒸散量与气温显著正相关,这点与日变化的原因基本一致。孕穗期至灌浆期,T1、T3 处理下,冬小麦蒸散量与总辐射相关系数比与平均气温的相关系数大,说明日均气温逐渐升高,气温较适合冬小麦生长,且 T1、T3 处理下水分条件较好,冬小麦光饱和点较高,辐射增强利于冬小麦进行光合作用和蒸腾作用,同时风速增大利于水分以蒸腾方式的散失;孕穗期 T2 处理下,由于冬小麦受到干旱的影响,较强辐射容易造成冬小麦气孔关闭,冬小麦蒸散量与总辐射相关系数较小,冬小麦受到伤害,自身调节能力减弱,温度升高时,只有通过增强蒸腾作用来降低自身温度;抽穗期—灌浆期,T2 处理下,由于冬小麦受到干旱的累积伤害较为严重,为保护自身不受伤害,减少水分散失,会关闭叶片气孔,以致对外界环境反应不敏感,冬小麦受到干旱影响,光饱和点降低,但这时期总辐射总体较强,光强很容易达到并超过冬小麦光合作用饱和点,出现光抑制^[9-10],这就解释了在抽穗期和灌浆期冬小麦农田蒸散量与辐射具有弱负相关的现象。总体上,冬小麦农田蒸散与空气湿度存在明显的负相关,主要是由于空气湿度较大,致使叶片与外界水气压差越小,不利于冬小麦叶片蒸腾^[11],这是冬小麦叶片气孔在不同水分条件下对空气湿度反应不同的主要原因。冬小麦农田蒸散量不仅和气象条件密切相关,同时还受其生理生化特性的影响。

表 2 不同发育期蒸散量与气象要素的相关系数

发育期	不同处理	相关系数			
		平均气温	总辐射	空气湿度	风速
拔节期	T1	0.750 **	0.680 **	-0.338	-0.381
	T2	0.687 **	0.587 **	-0.520 *	-0.113
	T3	0.788 *	0.735 **	-0.636 *	-0.385
孕穗期	T1	0.223	0.512 *	-0.188	0.470
	T2	0.508 *	0.361	-0.606 *	0.422
	T3	0.457 *	0.526 *	-0.156	0.499 *
抽穗期	T1	0.766 *	0.950 **	-0.964 **	0.337
	T2	0.120	-0.152	0.343	0.056
	T3	0.607 **	0.677 *	-0.656 *	0.422 *
灌浆期	T1	0.403 *	0.643 **	-0.277	0.250
	T2	0.087	-0.011	-0.070	0.068
	T3	0.367 *	0.665 **	-0.470 *	0.383

2.5 冬小麦蒸散耗水模型

经 SPSS 回归分析,利用日平均温度(T)、总辐射(R)、空气湿度(U)和风速(V)建立冬小麦不同水分条件蒸散模型形

式如下:

$$ETT1 = -0.09T + 0.002R - 0.12U + 0.572V (R^2 = 0.664); \quad (1)$$

$$ETT2 = 0.01T + 0.001R - 0.043U + 0.29V (R^2 = 0.534); \quad (2)$$

$$ETT3 = -0.181T + 0.005R - 0.016U + 0.356V (R^2 = 0.768)。 \quad (3)$$

以上 3 个模型均通过了 $P < 0.05$ 的显著性检验,从上述不同水分条件下的蒸散模型的 R^2 可以看出,T3 处理模拟效果最好,T1 次之,T2 最差。上述冬小麦农田蒸散模型参数相对较为简单,只要有每日平均温度、总辐射、空气湿度、风速即可估算农田蒸散量。

3 结论

本研究结果表明,不同水分条件下冬小麦农田蒸散日变化总体上呈现单峰变化趋势,不同发育期峰值出现时间有所改变;不同发育期冬小麦农田日总蒸散量总体上表现为 $T3 > T1 > T2$,T3 处理下水分日蒸散量总体波动幅度较大,T1 处理和 T2 处理下波动幅度相对较小。冬小麦农田蒸散量总体表现为拔节期受气温影响较大,孕穗期及发育期 T1、T3 处理下总辐射对蒸散量影响较大,空气湿度对冬小麦农田蒸散量具有明显负效应;T2 处理下冬小麦农田蒸散量日变化和日总蒸散量受干旱累积效应的影响,从孕穗期开始表现出对外界气象要素的变化响应不明显;利用气象数据建立不同水分条件蒸散模型可用于一定土壤水分条件下的蒸散量估算。

参考文献:

- [1] Qin D H, Ding Y H, Wang S W, et al. Ecological and environmental change in West China and its response strategy [J]. Advances in Earth Science, 2002, 17(3): 314-319.
- [2] 王书功, 康尔泗, 金博文. 黑河山区草地蒸散量估算方法研究 [J]. 冰川冻土, 2003, 25(5): 558-565.
- [3] 王会肖, 刘昌明. 农田蒸散, 土壤蒸发与水分有效利用 [J]. 地理学报, 1997, 52(5): 447-454.
- [4] 王潇潇, 潘学标, 顾生浩, 等. 内蒙古地区参考作物蒸散变化特征及其气象影响因子 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(增刊 1): 142-152.
- [5] Roderick M L, Farquhar G D. The cause of decreased pan evaporation over the past 50 years [J]. Science, 2002, 298(5597): 1410-1411.
- [6] 胡程达, 刘荣花, 王秀萍, 等. 干旱对冬小麦光合、渗透调节物质和抗氧化酶活性的影响 [J]. 中国农业气象, 2015, 36(5): 602-610.
- [7] 梁文清, 蔡焕杰, 王健. 冬小麦田间蒸发蒸腾与棵间蒸发规律研究 [J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(6): 93-96.
- [8] 甘卓亭, 刘文兆. 黄土塬区麦田蒸散特征 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1435-1438.
- [9] 吕金印, 山仑, 高俊凤, 等. 干旱对冬小麦灌浆期旗叶光合生理特征的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(2): 77-81.
- [10] 马富举, 李丹丹, 蔡剑, 等. 干旱胁迫对小麦幼苗根系生长和叶片光合作用的影响 [J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 724-730.
- [11] 陈毅, 梁宗锁. 气孔导度对空气湿度的反应的数学概括及其可能性的机理 [J]. 植物生理学报, 2013, 49(3): 241-246.