

张俊俊, 刘文兆, 韩晓阳. 陕西长武塬区冬小麦的蒸散特征[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 60–63.

陕西长武塬区冬小麦的蒸散特征

张俊俊¹, 刘文兆^{1,2}, 韩晓阳¹

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要: 利用包裹式茎流计和大型称重式蒸渗仪, 对陕西长武塬区冬小麦的蒸散特征进行研究, 分析了蒸散速率的日变化特征、叶面积指数、土壤含水量对冬小麦蒸散的影响以及冬小麦蒸腾和蒸散量的比值, 并比较了水量平衡法与蒸渗仪所测的蒸散量。结果表明, 不同天气的冬小麦蒸腾速率日变化差异明显, 晴天蒸腾速率的日变化呈单峰曲线, 阴天及雨天则呈现不规则的多峰曲线, 蒸腾变化幅度也较小; 蒸散量的日变化曲线大致呈单峰型, 叶面积指数和土壤含水量对蒸散过程都有重要影响; 从抽穗至灌浆前期, 冬小麦蒸腾与蒸散的比值在 80.3% ~ 83.4% 之间; 采用水量平衡法(0 ~ 220 cm)所得蒸散量比蒸渗仪的测量值小 6%。

关键词: 蒸散; 冬小麦; 长武塬区; 蒸腾

中图分类号: S512.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)12-0060-03

蒸散包括土壤蒸发和植物蒸腾, 是地表水分循环的重要组成部分, 也是土壤-植物-大气系统中重要而复杂的物理过程, 农田系统中大部分水分被蒸散消耗。农田灌溉管理、作物产量估算和土壤水分动态预报等各项研究, 水资源的评价以及合理开发利用等均需要蒸散的相关资料^[1-2]。因此, 加强田间作物的蒸散研究, 对农田水利运用与水资源管理起重要作用, 在农业生产中具有重要意义。

目前, 测定植物蒸腾的方法很多, 但具有一定的局限性。茎流计为植物蒸腾的测定提供了一种简便、有效的方法。关于农田蒸散的测定, 国内外学者已经进行了大量的研究, 如水量平衡法、能量平衡法、植物生理测定技术、微气象技术、红外遥感技术以及运用 Penman 公式等计算作物的蒸散量^[3-7]。其中, 利用蒸渗仪对植物蒸散量的测定受到广大学者的普遍关注。Howell 等通过对比各种测量方法, 认为蒸渗仪是测量蒸散量最有代表性的方法, 对于校正涡度相关法、波文比法、能量平衡法、水量平衡法等具有重要的参考价值^[8]。Howell 等用称重式蒸渗仪研究了玉米的蒸散量与产量和水分利用效率的关系^[9]。Tyagi 等利用蒸渗仪测定了水稻和向日葵的蒸散量^[10-11]。汪秀敏等利用大型称重式蒸渗仪对南京地区冬小麦农田的蒸散规律进行了研究^[12]。刘昌明等通过大型蒸渗仪与小型间作蒸发器结合测定了太行山前平原冬小麦田蒸散量, 研究了冬小麦生长期间的逐日蒸散过程^[13]。关于黄土高原地区农田蒸散的研究还相对较少, 甘卓亭等在 2003—2004 年间利用大型称重式蒸渗仪研究了黄土塬区冬小麦不同时段蒸散特征^[14], 不同年份的蒸散量变化也存在差异, 有必要对该地区的蒸散量进行研究。在干旱半干旱地区, 作物蒸散特征的研究对于减小作物生育期的水分消耗、提高植

物水分利用率、发展节水生态农业具有重要意义^[15]。本研究采用包裹式茎流计和大型称重式蒸渗仪测定了陕西长武塬区冬小麦的蒸散量, 探讨了蒸腾量和蒸散量比值的变化规律, 以期为该地区提高农田作物的水分利用效率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2011—2012 年在中国科学院长武黄土高原农业生态试验站(107°40'E, 35°16'N)内进行。该地区属于暖温带季风气候, 年均气温 9.1℃, 年均降水量 584 mm, 农业生产主要依靠天然降水, 是典型的旱作农业区; 地带性土壤为黑垆土, 质地均匀, 疏松; 农作物以冬小麦和夏玉米为主, 供试冬小麦品种为长旱 58, 于 2011 年 9 月 25 日播种, 2012 年 6 月 30 日收获。

1.2 试验方法

利用建于田间的大型称重式蒸渗仪测定农田蒸散量。蒸渗仪面积为 3 m², 深度为 3 m, 原状土柱深 2.6 m, 测量精度为 0.05 mm, 数据每小时自动采集 1 次。

光照、大气温度、地面温度、空气相对湿度、太阳辐射、风速和风向、降水等气象数据来自蒸渗仪西侧的自动气象站, 数据每小时采集 1 次, 并自动存储。

冬小麦的茎流量采用包裹式茎流计测定, 利用数据采集器 CR200 记录数据。蒸渗仪中有 1 根中子管, 利用中子仪每 5 d 测定 1 次土壤含水量; 水面蒸发量采用气象场内的蒸发皿 E601 进行测定; 利用 LAI2000 冠层分析仪测定冬小麦的叶面积指数。

1.3 蒸渗仪的测定原理

本试验采用的称重式蒸渗仪是根据水量平衡原理设计的测定农田蒸散量的专门仪器。它有优良的称重系统、较高的分辨率和精度, 能自动记录各个时间段的重量变化, 进而可以求出短时段内的蒸散量。

水量平衡方程为: $\Delta W = P + I + G - R - D - ET$ 。

式中: ΔW 为土壤含水量的变化量(mm), P 为降水量(mm), I 为灌溉量(mm), G 为地下水补给量(mm), R 为径流量

收稿日期: 2013-03-01

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41171033)。

作者简介: 张俊俊(1988—), 女, 安徽阜阳人, 硕士, 主要从事农田植物水分研究。E-mail: zhslewn2010@163.com。

通信作者: 刘文兆, 男, 陕西乾县人, 研究员, 博士生导师, 主要从事节水生态农业研究。E-mail: wzliu@ms.iswc.ac.cn。

(mm), D 为内排水量 (mm), ET 为农田蒸散量 (mm)。当 $I=0$, $G=0$, $R=0$, $D=0$ 时, $\Delta W = P - ET$; 当 $P=0$ 时, $\Delta W = -ET$ 。

在田间运用水量平衡法测定 ET 时, 一些指标的测定受到限制。称重式蒸渗仪可以精确地测定灌溉、降雨以及作物蒸发蒸腾所引起的土体重量及含水量的变化^[16-17], 是测定蒸散量的重要工具。

1.4 数据处理

利用 Excel 2003 和 Origin 8.5 软件对数据进行分析 and 处理。

2 结果与分析

2.1 冬小麦蒸腾速率的日变化

在冬小麦生育期内, 不同的天气情况下冬小麦蒸腾速率

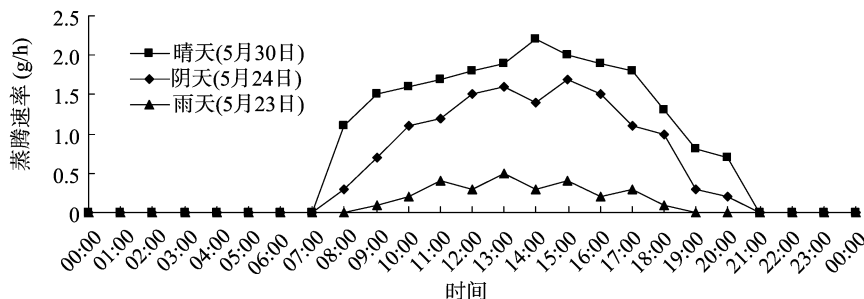


图1 冬小麦蒸腾速率的日变化

2.2 冬小麦田蒸散量的日变化

在冬小麦的孕穗抽穗期, 选择具有代表性的 3 种不同天气[5月3日(阴天云量大于80%), 5月10日(多云, 云量为60%~80%)和5月16日(晴天, 云量不足20%)]对蒸散量的日变化进行分析。由图2可知, 蒸散量的日变化总体呈单峰型曲线。晴天的太阳辐射较多云或阴天稳定, 对蒸散的变化产生一定的影响。从冬小麦田蒸散量的日变化可以看出, 蒸散量从07:00左右开始增大, 晴天峰值出现在15:00左右, 为1.27 mm; 阴天和多云在12:00—13:00左右达到峰值, 分

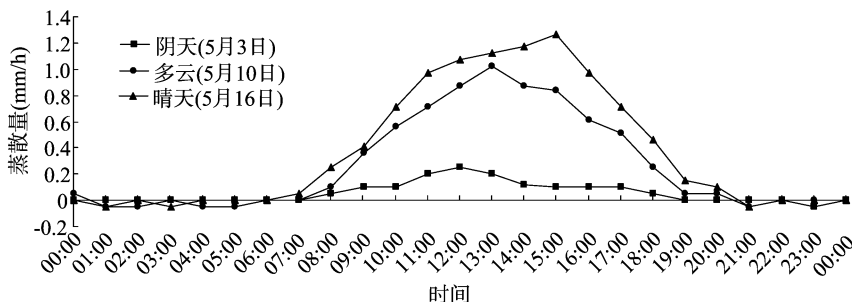


图2 不同天气下冬小麦田蒸散量的日变化

2.3 冬小麦蒸散量与叶面积指数、土壤含水量的关系

在外界水分供应充足时, 冬小麦蒸散量受叶面积指数和土壤水分条件的影响较大。土壤深层含水量变化较小, 取0~40 cm的土壤体积含水量进行分析。孕穗期至成熟期, 冬小麦田日蒸散量与叶面积指数和土壤含水量的关系如图3所示。随着作物的不断生长, 冬小麦的叶面积指数从5月13日的3.83升高到5月23日的4.91, 进入灌浆期后呈减小趋势, 6月22日减小至3.01。5月18开花期后, 土壤含水量开始从

的日变化不同。如图1所示, 晴天(5月30日)时蒸腾速率的变化呈单峰曲线, 08:00开始, 随着温度的升高, 蒸腾速率开始迅速增大; 11:00—14:00期间较为平缓, 14:00左右达到最大值, 为2.2 g/h; 17:00后蒸腾速率迅速降低, 到19:00左右为0.7 g/h; 夜间蒸腾变化趋于0。在阴天(5月24日)及雨天(5月23日), 蒸腾速率的日变化呈现不规则的多峰曲线。在阴天时, 蒸腾速率在14:00出现下降, 在15:00达到一天中的最大值(1.5 g/h), 到19:00蒸腾速率减小至0.3 g/h。雨天蒸腾开启的时间比晴天和阴天晚; 蒸腾速率变化幅度较小, 在13:00时达到最大值0.5 g/h, 白天蒸腾结束的时间较早, 在18:00左右降至0.1 g/h。通过对观测期间的多次数据分析表明, 多云和阴雨天气下的蒸腾速率均明显低于晴天, 雨天蒸腾速率最小, 表明不同的天气条件对蒸腾速率的变化有显著影响。

别为0.25、1.02 mm, 较晴天峰值开始早, 之后蒸散量开始降低, 20:00左右在零值附近变化, 夜间变动幅度较小。晴天的日平均蒸散量为0.37 mm, 多云天气下为0.26 mm, 阴天的日平均蒸散量最小仅为0.05 mm, 阴天蒸散量的日变化较为平缓。夜间蒸散量出现负值, 是由于气温较低, 空气湿度大, 冬小麦的叶面以及土壤表面有凝结水形成。本研究所用的蒸渗仪采用称重法, 通过计算前后2次的重量差值得到蒸散量, 冬小麦自身的光合作用也形成干物质, 使得蒸渗仪测定的蒸散量出现一定波动^[17]。

12.9%降至10.31%; 5月23日至6月17日灌浆期变化幅度较小, 是因为这一时期有3次降水给土壤补充了水分, 之后土壤含水量逐渐降低。冬小麦孕穗后, 叶面积指数不断增大, 土壤水分供应充足, 作物的蒸腾作用加强, 相应地冬小麦的蒸散量也不断增加。灌浆期前, 日蒸散量呈增大趋势, 6月2日增加至9.18 mm/d, 6月12日在灌浆前期达到9.32 mm/d, 此后日蒸散量不断减小, 6月22日降至3.62 mm/d; 5月23日受到降雨的影响, 日蒸散量仅为3.06 mm/d。

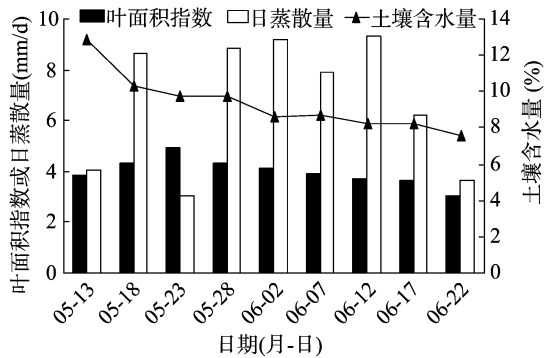


图3 冬小麦孕穗至成熟期日蒸散量与叶面积指数和土壤含水量的关系

2.4 冬小麦蒸腾量与蒸散量的比值变化

用大型称重式蒸渗仪测定冬小麦田的蒸散量;用茎流计测定典型植株的茎流量,得到单株日蒸腾量,根据冬小麦的种植密度计算得到总蒸腾量。冬小麦不同时期的蒸腾量和蒸散量变化如表 1 所示。蒸散量在 5 月 29 日达到峰值(9.36 mm/d),6 月中旬由于有降雨补给水分,蒸散量增加,6 月 12 日达到 9.32 mm/d。从抽穗至灌浆前期,冬小麦蒸腾量与蒸散量的比值在 80.32% ~83.41% 之间。

表 1 冬小麦不同时期的蒸腾量和蒸散量比较

日期 (月-日)	天气状况	蒸腾量 (mm/d)	蒸散量 (mm/d)	蒸腾量/蒸散量 (%)
05-14	晴天	6.92	8.45	81.88
05-17	晴转多云	7.47	9.10	82.13
05-20	阴天	4.81	5.92	81.25
05-25	多云	5.66	6.84	82.76
05-29	晴天	7.81	9.36	83.41
05-31	阴天	3.70	4.51	82.04
06-03	晴转多云	6.98	8.69	80.32
06-08	多云	4.88	5.96	81.95
06-12	晴天	7.77	9.32	83.37
06-16	晴天	5.74	7.06	81.23

2.5 一般水量平衡法与蒸渗仪所测蒸散量比较

水量平衡法通过测定一定时间段、一定深度范围内土壤水分含量以及各种针对土壤的水分补充、消耗量(如降水、蒸散、深层渗漏、地下水补充等),建立各水量成分之间的等量关系,得到蒸散量。本试验通过蒸渗仪内中子仪测得土壤含水量,可按一般的一定土体的水量平衡法计算得到蒸散量。蒸渗仪法本身给出的结果也是根据土壤水量平衡法的原理,通过计算 2 个时间点的土壤-作物系统重量差直接得到蒸散量。在 2012 年 5 月 12 日至 6 月 25 日时间段内,降雨量为 57.8 mm,一般的水量平衡法和蒸渗仪法得到的累计蒸散量分别为 282.6、301.1 mm,前者所得蒸散量比蒸渗仪的测量值小 6%。测定的土体深度不同是造成水量平衡法测量蒸散量小的原因之一,蒸渗仪的土体深度为 260 cm,而水量平衡法计算的深度是 220 cm。蒸渗仪被认为是一种更准确的方法,常用于对其他测量方法和理论模型进行标定。

3 结论与讨论

通过对不同天气条件下冬小麦田的蒸散量进行分析,明

确了蒸散量的日变化曲线呈单峰型,本结果与汪秀敏等利用大型称重式蒸渗仪对冬小麦农田蒸散规律的研究结果^[12]一致。蒸散量从 07:00 左右开始增大,13:00 或 15:00 左右出现峰值,阴天比晴天出现峰值早,之后蒸散值逐渐降低,夜间在零值附近波动,有负值出现。

不同天气条件下冬小麦蒸腾速率日变化呈现出不同的特点。晴天蒸腾速率的日变化呈单峰曲线,随着温度的升高逐渐增大,13:00—14:00 左右达到峰值,夜晚接近于 0。阴雨天的蒸腾速率因受到外界环境条件的影响而较复杂,蒸腾速率的日变化较不稳定,呈现不规则的多峰曲线。对冬小麦蒸腾量与蒸散量的比较分析表明,从抽穗至灌浆前期,冬小麦蒸腾量与蒸散量整体均表现为下降趋势,蒸腾量与蒸散量的比值在 80.32% ~83.41% 之间,与刘昌明等利用大型称重式蒸渗仪研究冬小麦的蒸腾与蒸散的比值接近^[13,18]。

叶片是植物与外界进行水气交换的主要器官,叶面积指数反映植物群体生长状况,是植物蒸腾作用、水分利用等方面的一个重要参数。冬小麦的蒸散受叶面积指数和土壤水分含量的影响,当冬小麦孕穗之后,叶面积指数不断增大,土壤水分供应充分,蒸散量不断增大。灌浆初期,由于降雨使土壤水分供应充足,冬小麦蒸散量则增加,随后日蒸散量逐渐减小,成熟期降至最低。农田蒸散量还受太阳辐射、温度和风速等气象因子的影响。

植物的蒸腾作用是一个复杂的生理过程,受自身形态结构和生理过程以及外界环境的制约,冬小麦田的蒸散量也受到作物因子和多种外界条件的影响。由于受测定土体深度等因素的影响,采用一般水量平衡法(0-220cm)所得蒸散量比蒸渗仪的测量值小 6%。蒸渗仪是一种更准确的方法,常用于对其他测量方法和理论模型进行标定。利用大型称重式蒸渗仪测定冬小麦田的蒸散量,为冬小麦的需水规律提供依据,从而实现合理灌溉,提高冬小麦田的水分利用效率。由于称重式蒸渗仪的灵敏度较高,易受人为和自然条件(如风、降雨等)的影响,所以应尽量减少人为干扰,定期检查数据,确保仪器的正常运行。

参考文献:

[1] 孙景生,陈玉民,康绍忠,等. 夏玉米田作物蒸腾与棵间土壤蒸发模拟计算方法研究[J]. 玉米科学,1996(1):76-80.
[2] Kite G. Using a basin-scale hydrological model to estimate crop transpiration and soil evaporation[J]. Journal of Hydrology,2000,229(1/2):59-69.
[3] 柯晓新,张旭东,彭素琴,等. 早作春小麦农田蒸散与能量平衡[J]. 气象学报,1996,54(3):348-356.
[4] 孙景生,熊运章,康绍忠. 农田蒸发蒸腾的研究方法与进展[J]. 灌溉排水,1994,13(4):36-38.
[5] 李胜功,原芳信,何宗颖,等. 内蒙古奈曼麦田生长期的微气象变化[J]. 中国沙漠,1995,15(3):216-221.
[6] 谢贤群. 遥感瞬时作物表面温度估算农田全日蒸散总量[J]. 环境遥感,1991,6(4):253-260.
[7] 黄妙芬. 地表通量研究进展[J]. 干旱区地理,2003,26(2):159-165.
[8] Howell T A,Steiner J L,Schneider A D,et al. Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat[J]. Sorghum, and Corn-Southern High Plains,1997,40(3):623-634.

蒋小忠,封超年,郭文善. 磷肥种类对弱筋小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):63-66.

磷肥种类对弱筋小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响

蒋小忠¹, 封超年², 郭文善²

(1. 江苏省作物栽培技术指导站, 江苏南京 210036; 2. 扬州大学农学院, 江苏扬州 225009)

摘要:以 4 个弱筋小麦品种为材料,在缺磷土壤(速效磷含量为 6.37 mg/kg)上研究不同磷肥种类(复合肥、磷酸二铵、过磷酸钙)对弱筋小麦物质生产、籽粒产量及蛋白质含量的影响。结果表明,施用不同种类磷肥均能促进小麦分蘖发生,提高茎蘖成穗率,增加单位面积穗数,扩大叶面积指数并延长功能期,提高花后干物质生产和积累量,最终提高籽粒产量;不同磷肥品种间以复合肥增产效果最高,过磷酸钙最低;不同磷肥处理的籽粒蛋白质含量均低于 11.5%,符合国家标准(GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》)。由此得出,在缺磷土壤上施用复合肥(含 N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%)对弱筋小麦提高产量和改善品质效果最佳。

关键词:磷肥;弱筋小麦;籽粒产量;蛋白质含量

中图分类号: S512.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)12-0063-04

磷是小麦生长发育必需的大量必需元素之一。土壤缺磷而限制作物增产仅次于氮,施用磷肥已经成为提高小麦产量和品质的重要措施。郑伟认为在土壤含磷不足或大量施用氮肥的条件下,施用磷肥能使小麦显著增产,同时可以改善小麦品质^[1]。区沃恒等研究表明,在土壤速效磷含量为 5~10 mg/kg 时施用磷肥能显著提高小麦产量,主要是提高单位面积的穗数,其次是千粒重^[2-3]。柳林景等在速效磷含量为 6.9~7.2 mg/kg 的土壤上试验结果得出每 666.7 m² 施过磷酸钙 50 kg (P₂O₅ 6.5 kg) 最适宜^[4]。姜宗庆等研究表明,在低磷土壤(土壤速效磷含量 4.10 mg/kg)上,强筋小麦施磷(P₂O₅)量以 144 kg/hm² 为宜,中、弱筋小麦施磷(P₂O₅)量以 108 kg/hm² 为宜^[5]。杨胜利等在土壤速效磷含量 29.3 mg/kg 条件下的研究表明,增施磷肥对强筋小麦的营养品质没有影响,弱筋小麦营养品质下降,加工品质均明显改善^[6]。

毛凤梧等在土壤速效磷含量 26.7 mg/kg 条件下的研究认为,在施磷量(P₂O₅)0~150 kg/hm² 范围内,随着施磷量增加,对品质的改善效应增大;当施磷量(P₂O₅)超过 150 kg/hm² 时,品质趋于稳定,进一步增加磷肥施用量对小麦品质的影响减小^[7]。本试验在低磷土壤上(速效磷含量为 6.37 mg/kg)研究不同磷肥品种对弱筋小麦物质生产、籽粒产量及蛋白质含量的影响,优质高产弱筋小麦应选用的磷肥品种和适宜施磷量,为提高肥料利用率、减少环境污染提供依据。

1 材料与方法

试验于 2006—2007 年在江苏省泰兴市农业科学研究所试验场进行。试验地前茬为甘薯,0~20 cm 耕层土壤含有机质 10.25 g/kg、碱解氮 43.6 mg/kg、速效磷 6.37 mg/kg、速效钾 62.13 mg/kg。

1.1 试验材料及设计

试验采用二因素随机区组设计。供试品种为主区,设弱筋小麦扬麦 13 号、扬麦 15、宁麦 9 号、宁麦 13 共 4 个处理,磷肥品种为副区,设磷酸二铵(含 N 13%、P₂O₅ 44%)、复合肥(含 N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%)和过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)3 个水平,施磷(P₂O₅)量 108 kg/hm²,磷肥基肥:拔节肥=5:5。各处理的氮磷钾肥均调至同一水平,氮肥用尿素(含 N 46%),施 N 180 kg/hm²,基肥:拔节肥=7:3;钾肥用

收稿日期:2013-10-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:30671224);江苏省高校自然科学重大基础研究项目(编号:07KJA21022);江苏省“333 高层次人才培养工程”专项。

作者简介:蒋小忠(1982—),男,江苏常州人,硕士,农艺师,主要从事小麦等作物栽培技术与推广。Tel:(025)86263333;E-mail:jiangxz1982@163.com。

[9] Howell T A, Tolk J A T, Schneider A D, et al. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity [J]. Agronomy Journal, 1998, 90(1): 3-9.

[10] Tyagi N K, Sharma D K, Luthra S K. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter [J]. Agricultural Water Management, 2000, 45(1): 41-54.

[11] Tyagi N K, Sharma D K, Luthra S K. Evapotranspiration and crop coefficients of wheat and sorghum [J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2000, 126(4): 215-222.

[12] 汪秀敏, 申双和, 韩晓梅, 等. 大型称重式蒸渗仪测定的冬小麦农田的蒸散规律研究[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(4): 14-18.

[13] 刘昌明, 张喜英, 由懋正. 大型蒸渗仪与小型棵间蒸发器结合测定冬小麦蒸散的研究[J]. 水利学报, 1998(10): 36.

[14] 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.

[15] 康燕霞. 波文比与蒸渗仪测量作物蒸发蒸腾量的试验[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2006: 1-3.

[16] 孙卫国, 申双和. 农田蒸散量计算方法的比较研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 101-105.

[17] 强小媛, 蔡焕杰, 王健. 波文比与蒸渗仪测定作物蒸发蒸腾量对比[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 12-17.

[18] 樊引琴, 蔡焕杰, 王健. 冬小麦田间蒸发的试验研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19(4): 1-4.