

刘艳,刘新生,周孟霖,等.夏玉米在充分供水条件下不同生育期作物系数研究[J].陕西气象,2021(2):44-48.

文章编号:1006-4354(2021)02-0044-05

夏玉米在充分供水条件下不同生育期作物系数研究

刘艳^{1,2},刘新生¹,周孟霖³,李军伟⁴,吴志彬⁴

(1.咸阳市气象局,陕西咸阳 712000;

2.陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710014;

3.西安航空制动科技有限公司,西安 710065;

4.93313部队气象台,长春 130111)

摘要:利用2014年6—10月夏玉米全生育期试验数据和气象数据,采用LG型称重式蒸渗仪分析了在充分供水条件下陕西关中地区夏玉米全生育期最大耗水量及不同生育期的作物系数。结果表明:夏玉米在试验地段从播种到收获共119 d,充分供水条件下夏玉米全生育期最大耗水量599.9 mm。玉米实际蒸发蒸腾量(ET)与参考蒸散量(ET₀)的逐日变化趋势倾向率除三叶—七叶期以外,其余时间段呈现出一致性;全生育期日平均ET为5.0 mm/d,抽雄—乳熟期的ET最大,占全生育期的33.2%。夏播玉米各生育期(播种—三叶、三叶—七叶、七叶—拔节、拔节—抽雄、抽雄—乳熟、乳熟—收获)作物系数分别为0.64,0.76,0.80,1.38,1.47,1.58。

关键词:蒸渗仪;充分供水;夏玉米;蒸发蒸腾量;作物系数

中图分类号:S163

文献标识码:A

夏玉米是陕西关中地区的主要粮食作物,生育期一般在6月中旬至9月下旬,而干旱多发生于7月上旬至8月下旬(拔节—开花期)^[1]。在作物生长季节,如果土壤干旱缺水,作物生理需水得不到满足,有机体就不能正常生长发育,产量就会受到抑制^[2],因此制约夏玉米产量形成的主要因子是干旱缺水。计算夏玉米整个生育期的蒸发蒸腾量是提高水资源利用率、实现有效灌溉十分重要的理论依据^[3-4]。农田蒸发蒸腾是发生在土壤、植被、大气系统之间的连续过程,是农作物生长发育至关重要的水分供应和能量来源,且决定着农田边界层的状况^[5-6]。蒸发蒸腾量的测定方法主要有:空气动力学法、遥感法、土壤水量平衡法、蒸渗仪法、涡度相关法和波文比能量平衡法^[7]。而蒸渗仪的类型主要分三种^[8]:非称重式、飘浮式、称重式。国外学者在20世纪60年代开始使用蒸

渗仪直接测定植物的蒸发蒸腾量。Howell等^[9]研究了蒸发蒸腾量与产量、水分利用率之间的关系。Benli等^[10]利用蒸渗仪测定的数据为标准,研究了紫花苜蓿的蒸发蒸腾量和作物系数之间的关系。国内学者也广泛应用蒸渗仪来准确测定蒸发蒸腾量。黄子琛等^[11]利用蒸渗仪分别测定了不同地区的小麦和夏玉米全生育期的逐日蒸发蒸腾量。梁文清等^[12]也开展了夏玉米蒸发蒸腾作用及作物系数的研究。前人的研究发现在不同地区玉米生育期内需水量或耗水量不尽相同;当夏玉米的生长供水条件不同时,估算的作物系数也会随土壤供水条件发生变化。刘艳等^[13]利用气象资料和Penman-Monteith公式计算了咸阳地区的参考蒸散量,分析了参考蒸散量变化特征及主要的敏感性气象因子。本研究在前期研究基础上,利用大型称重式蒸渗仪在咸阳地区对夏玉米充分供水条件下

收稿日期:2020-10-20

作者简介:刘艳(1985—),女,汉族,陕西彬州人,硕士,工程师,从事农业气象服务工作。

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106043);咸阳市2019年重点研发项目(2019K02-127);陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室青年基金项目(2020Y-8)

的农田蒸散量进行试验监测,以期准确估算咸阳地区夏玉米最大耗水量和作物系数,从而为制定灌溉计划和水资源合理开发利用提供理论依据。

1 试验设计和方法

1.1 试验设计

该试验于2014年6—10月在陕西省咸阳农业气象科学研究所进行,该地区位于关中平原中部(108°43'E,34°24'N),海拔472.8 m,属于暖温带半干旱季风气候,年平均降雨量530.8 mm,年蒸发量1493.7 mm,年日照时数2129.3 h,粮食种植以冬小麦和夏玉米一年两熟为主。

试验采用兰州干旱气象研究所研制的LG型称重式蒸渗仪,试验地面积为25 m×25 m,土质为中壤土。试验过程中维持土壤在玉米全生育期处于充分供水条件,即20 cm土层相对湿度监测值始终维持在75%以上。试验时蒸渗仪内和大田的田间管理方式完全一致,保证蒸渗仪内植株的数量、玉米的生理生态特征与器外大田作物一致,且无病虫害影响。

供试玉米品种为中科11号,杂交、中熟,于2014年6月17日播种,2014年10月13日收获,种植方式为穴播,种植密度65000茎/hm²,实收单产9480 kg/hm²。蒸渗仪4 m²面积内实收产量9513 kg/hm²。根据玉米实际生长记录,记录玉米生育期情况(见表1)。

表1 2014年咸阳地区夏玉米各生育期情况

| 起止月-日 | 生育阶段 | 日数/d |
|-------------|-------|------|
| 06-17—06-28 | 播种—三叶 | 12 |
| 06-29—07-07 | 三叶—七叶 | 9 |
| 07-08—07-17 | 七叶—拔节 | 10 |
| 07-18—08-08 | 拔节—抽雄 | 22 |
| 08-09—09-10 | 抽雄—乳熟 | 33 |
| 09-11—10-14 | 乳熟—收获 | 34 |
| 06-17—10-14 | 全生育期 | 119 |

1.2 观测方法

(1)气象资料:数据取自距离试验田30 m的咸阳秦都国家基本气象站(57048站),主要有日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均相对湿度、日照时数、日降雨量、10 m风速等气象数据。

(2)蒸发蒸腾量 ET :玉米实际蒸发蒸腾量由试验站内LG型称重式蒸渗仪测定,蒸散面积2.0 m×2.0 m=4.0 m²,深2.8 m,测量精度为0.01 mm,由系统自动采集和存储数据,采集数据为正点前后2 min内最大值、平均值、最小值,采集数据间隔1 h。

(3)土壤含水量:土壤含水量采用TDR土壤水分自动测量系统监测。玉米全生育期灌溉3次,分别为2014年7月16日、7月29日和8月18日,总灌溉量166.0 mm。

1.3 参考蒸散量 ET_0 的计算

采用FAO提出的Penman-Monteith^[14]方程计算 ET_0 ,

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

式中: ET_0 为参考蒸散量(mm/d); R_n 为作物表面净辐射[MJ/(m²·d)]; G 为土壤热通量密度[MJ/(m²·d)]; T 为2 m高处日平均气温(°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); Δ 为饱和水汽压曲线斜率(kPa/°C); γ 为干湿表常数(kPa/°C)。

1.4 作物系数 K_c 的计算

作物系数 K_c 的定义为实际蒸发蒸腾量与作物参考蒸散量之比,以下式表示。

$$K_c = \frac{ET}{ET_0} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 夏玉米全生育期的气候分析

夏玉米于2014年6月17日播种,10月14日收获,全生育期共119 d。生育期间最高气温41.0 °C,最低气温3.1 °C,平均气温23.4 °C,平均气温与常年相比偏高0.4 °C,除抽雄—乳熟平均气温偏低0.1 °C外,整个生育期气温均偏高。生育期降水量433.9 mm,与常年同期相比偏多47%,降雨呈现多雨—干旱—多雨的特点。日照时数795.1 h,与常年同期比较,除播种—三叶、乳熟—收获分别偏少0.2 h、19.8 h外,其余时段均偏多。总之,2014年夏玉米生育期(6—10月)呈现出降雨充沛、热量偏丰的气候年景(表2)。

表 2 2014 年咸阳夏玉米试验时段各生育阶段气象要素值

| 气象要素 | 播种—三叶 | 三叶—七叶 | 七叶—拔节 | 拔节—抽雄 | 抽雄—乳熟 | 乳熟—收获 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 气温/°C | 25.6 | 27.5 | 27.2 | 28.5 | 23.0 | 17.6 |
| 气温距平/°C | 0.1 | 1.5 | 25.9 | 1.9 | -0.1 | 0.4 |
| 降水/mm | 36.6 | 1.6 | 21.1 | 87.7 | 138.7 | 148.2 |
| 降水距平百分率/% | 11.8 | -94.0 | -29.7 | 88.2 | 33.4 | 72.9 |
| 日照时数/h | 84.5 | 73.2 | 85.3 | 200.2 | 215.4 | 136.5 |
| 日照时数距平/h | -0.2 | 11.8 | 20.2 | 40.3 | 18.2 | -19.8 |

2.2 夏玉米蒸发蒸腾规律

由表 3 可以看出,夏玉米全生育期实际蒸发蒸腾量(ET)为 599.9 mm,而 Changming Liu 等^[15]研究表明在补充灌溉水分保证适宜条件下,夏玉米生育期耗水量年平均大致为 423 mm;晋凡生等^[16]等在晋中地区测得夏玉米耗水量为 447 mm,该试验结论可认为是陕西关中半干旱条件下夏播玉米最大需水量。

夏玉米在全生育期过程中,各生育期 ET 呈现低—高—低的变化规律,抽雄—乳熟期的 ET 最大,占全生育期的 33.2%;拔节—收获阶段的 ET 占全生育期的 81.3%;整个生育期日平均 ET 为 5.0 mm/d,拔节—抽雄的日平均 ET 最大(8.3 mm/d),这与 Kang Shaozhong 等^[17]研究表明西北地区玉米全生育期日耗水量最高可达 5.33 mm/d 基本一致。

2.3 夏玉米蒸发蒸腾量与参考蒸散量对比分析

对比分析试验时段内夏玉米逐日蒸发蒸腾

量(ET)与参考蒸散量(ET_0)的变化趋势(见图 1),可以看出夏玉米全生育期内日 ET_0 的峰值为 8.6 mm,出现在 7 月 18 日(拔节—抽雄期),而日 ET 的峰值为 14.9 mm,出现在 8 月 3 日(拔节—抽雄期)。

表 3 2014 年咸阳夏玉米试验时段各生育期实际蒸发蒸腾量变化

| 生育阶段 | ET /mm | 日平均 ET /mm | 占全生育期 比例/% |
|-------|----------|-----------------|---------------|
| 播种—三叶 | 37.9 | 3.2 | 6.3 |
| 三叶—七叶 | 32.3 | 3.6 | 5.4 |
| 七叶—拔节 | 42.4 | 4.2 | 7.1 |
| 拔节—抽雄 | 183.6 | 8.3 | 30.6 |
| 抽雄—乳熟 | 198.9 | 6.0 | 33.2 |
| 乳熟—收获 | 104.8 | 3.1 | 17.5 |
| 全生育期 | 599.9 | 5.0 | 100.0 |

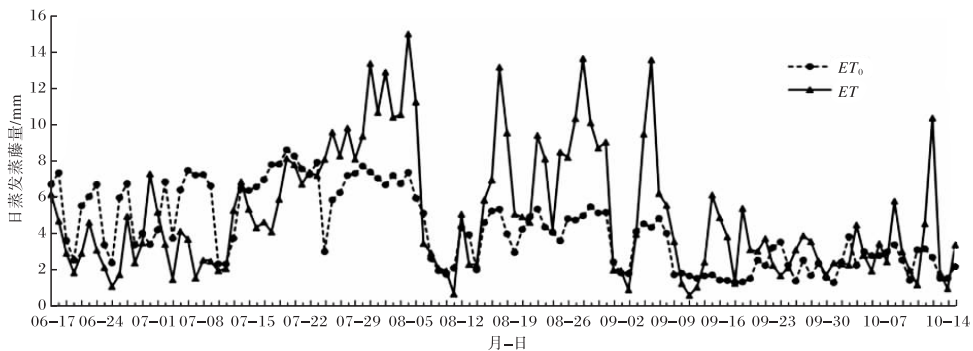


图 1 2014 年咸阳夏玉米试验时段蒸发蒸腾量与参考蒸散量的逐日变化趋势

将夏玉米各生育期的 ET 与 ET_0 进行线性拟合(见图 2),发现全生育期、播种—三叶、拔节—抽雄、抽雄—乳熟阶段两者存在极显著的线性关

系($p < 0.01$),但乳熟—收获阶段两者的相关性不高。结合图 1、2 可以看出 ET 与 ET_0 的逐日变化趋势倾向率除三叶—七叶期以外,其余时间段

呈现出一致性,相关性最好的出现在抽雄—乳熟期;在夏玉米拔节之前(7月17日以前), ET_0 大于 ET ,说明此阶段玉米生长发育所需水分相对

较少,拔节以后 ET_0 小于 ET ,特别是抽雄—乳熟期 ET_0 明显偏小,主要是夏玉米进入生长需水高峰期。

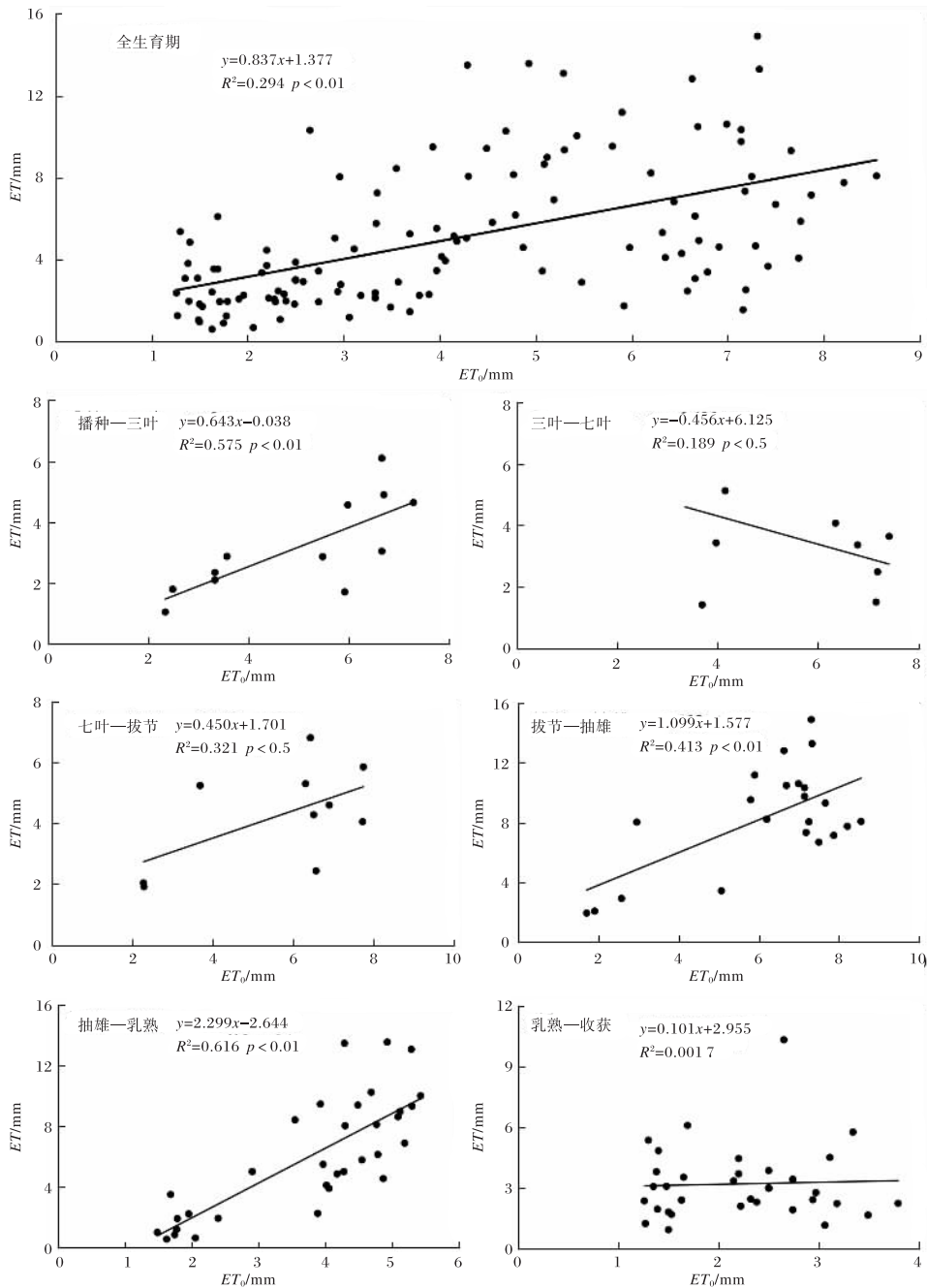


图2 2014年咸阳夏玉米试验时段各生育期蒸发蒸腾量与参考蒸散量的关系(直线为拟合线)

2.4 夏玉米不同生育期作物系数

表4为根据公式(2)计算得到的充分供水条件下夏玉米不同生育期的作物系数 K_c 。可以看出,播种—三叶、三叶—七叶、七叶—拔节三个生

育期内作物系数都小于1,拔节以后作物系数大于1并且逐渐增大,乳熟—收获期达到最大,而这一结果与全生育期内植被覆盖度逐渐提高、植株高度增长及叶面积增大随之耗水量增大相吻合。

表4 2014年咸阳夏玉米试验时段不同生育期作物系数

| 生育期 | 播种—三叶 | 三叶—七叶 | 七叶—拔节 | 拔节—抽雄 | 抽雄—乳熟 | 乳熟—收获 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K_c | 0.64 | 0.76 | 0.80 | 1.38 | 1.47 | 1.58 |

3 结论与讨论

(1)本研究是在陕西省咸阳农业气象科学研究所试验地段对夏玉米充分供水条件下的农田蒸散量进行试验监测,并利用 Penman-Monteith 公式,结合分析咸阳地区夏玉米最大耗水量及其不同生育期作物系数,得出以下结论。在足水条件下,测得夏玉米在关中试验地段全生育期耗水量 599.9 mm。夏玉米在 2014 年试验时间段内从播种到收获共 119 d,日平均 ET 为 5.0 mm/d。抽雄—乳熟期的 ET 最大,占全生育期的 33.2%。陕西关中地区在充分供水条件下的夏播玉米各生育期作物系数分别为:0.64,0.76,0.80,1.38,1.47,1.58。相对世界粮农组织推荐的玉米初始生长期、快速发育期、生育中期三个阶段,本文按夏玉米作物的生育期给出其作物系数更精细。

(2)仅对 2014 年陕西省咸阳农业气象科学研究所试验地段数据进行了研究,在时间及地区上具有一定的特殊性,而作物系数的确定还受土壤、当地气候和生产管理方式等诸多因素影响;因此还需要对咸阳夏玉米不同生育期的作物系数进行长序列研究。但该研究测出的夏玉米全生育期耗水量及充分供水条件下不同生育期的作物系数具有一定的参考和借鉴作用。

参考文献:

- [1] 李红梅,范建忠. 关中夏玉米生育期气象干旱特征分析[J]. 陕西气象,2015(4):1-5.
- [2] 徐延红. 夏玉米产量动态预报方法研究[J]. 陕西气象,2017(3):1-5.
- [3] 樊引勤. 作物蒸发蒸腾量的测定与作物需水量计算方法的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2001.
- [4] 韩娟. 利用大型蒸渗仪测定蒸发蒸腾量及作物需水量计算方法的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2000.
- [5] 康燕霞,蔡焕杰,王健,等. 夏玉米日蒸发腾发计算方法的试验研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(2):110-113.
- [6] 陈凤,蔡焕杰,王健,等. 杨凌地区冬小麦和夏玉米蒸发蒸腾和作物系数的确定[J]. 农业工程学报,2006,22(5):191-193.
- [7] 陈凤. 作物蒸发蒸腾的测量及作物系数变化规律的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [8] 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,1993,13(4):36-38.
- [9] HOWELL T A, TOLK J A, SCHNEIDER A D, et al. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity [J]. Agronomy Journal,1998(90):3-9.
- [10] BENLI B, KODAL S, ILBEYI A, et al. Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter [J]. Agricultural Water Management, 2006, 81(3):358-370.
- [11] 黄子琛,蒲锦春,高征锐. 河西地区农作物的蒸发蒸腾试验研究:临泽北部绿洲春小麦和玉米的蒸发蒸腾量[J]. 中国沙漠,1988,8(2):633-641.
- [12] 梁文清,蔡焕杰,王健. 陕西关中地区夏玉米作物系数试验研究[J]. 节水灌溉,2011(12):1-4.
- [13] 刘艳,刘帆,刘新生,等. 咸阳地区参考蒸散量变化特征及敏感性分析[J]. 中国农学通报,2017,33(2):125-131.
- [14] ALLEN R. G.. Operational estimates of reference evapotranspiration [J]. Agronomy Journal, 1989, 81(4):650-662.
- [15] LIU C M, ZHANG X Y, ZHANG Y Q. Determination of daily evaporation and evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and micro-lysimeter [J]. Agricultural and forest meteorology, 2002,111(2):109-120.
- [16] 晋凡生,刘凤鸣. 旱源地玉米耗水特点及提高水分利用率途径[J]. 华北农学报,2000,15(1):76-80.
- [17] KANG S Z, GU B J, DU T S, et al. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region [J]. Agricultural water mangement, 2003, 59(3):239-254.