

陕西泾阳玉米耗水规律研究

周 英 徐腊梅

(南京气象学院应用气象学系, 南京 210044)

摘 要 根据玉米地和对照地的平行观测资料, 分析了玉米发育过程中的根系吸水情况、作物耗水特点以及水分的供需矛盾。提出了玉米生长发育和产量形成过程中的需水关键期概念, 并引入了作物耗水特性系数, 客观定量地反映玉米耗水的生理生态特性。

关键词 农田蒸散, 土壤吸力, 零通量面, 有效贮水量

分类号 S162.5

玉米在我国是仅次于水稻、小麦的主要粮食作物, 种植面积达 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 以上, 总产量达 600 多亿公斤, 仅次于美国^[1]。玉米又是一种需水量较多, 水分利用率较高的作物。在旺盛生长期一株玉米每昼夜需水 1.5~3.5 kg, 而生产 1 kg 玉米则需 1 000 kg 水^[2]。因此在西北干旱、半干旱地区水分成为制约玉米生产的关键因子。为了了解玉米的耗水规律, 我们在陕西省泾阳县进行观测, 对比分析了玉米地和对照地的土壤水分变化规律, 从而为农业部门合理进行农田灌溉提供理论依据。

1 试验与方法

试验设在陕西省泾阳县农业气象试验站, 该处地势平坦, 地下水位埋深 15 m, 土壤质地为重壤土, 土壤水分特征曲线由南京土壤研究所测定、分析完成。土壤容重、田间持水量、凋萎湿度和有效贮水量等水文物理参数列于表 1。土壤含水量采用土钻法测定, 设 10 个层次, 四次重复, 每隔 10 cm 测定一层。土壤吸力采用 U 型汞柱张力计每日 08 时、20 时测定。作物发育期观测时间为 1988 年 6 月 17 日~8 月 27 日, 正值玉米播种-乳熟期。叶面积采用“长×宽×系数”法求得, 此处系数为 0.70^[3]。

农田蒸散量和土壤蒸发的计算采用零通量面法^[4]。

降水资料取自该站地面观测记录表, 1988 年玉米整个生长期的降水为 324.9 mm, 占全年平均降水量(534.0 mm)的 61%, 属湿润年份。

试验设玉米地和对照地(无种植作物)两种。为了使玉米正常出苗, 在玉米地播种期前后进行了两次灌溉, 对照地整个观测时期无灌溉。

表 1 试验地各层土壤的水文物理参数

Table 1 Hydrological-physical parameters of soil layers in the corn plot

土层深度(cm)	容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	凋萎湿度(mm)	田间持水量(mm)	有效贮水量(mm)
0~10	1.369	14.8	30.6	15.8
10~20	1.553	16.7	34.7	18.0
20~30	1.499	16.2	33.5	17.3
30~40	1.425	15.4	31.8	16.4
40~50	1.458	15.7	32.5	16.8
50~60	1.326	14.7	30.4	15.7
60~70	1.315	14.2	29.3	15.1
70~80	1.265	13.6	28.2	14.6
80~90	1.325	14.3	29.6	15.3
90~100	1.373	14.8	30.6	15.8
平均	1.393	15.0	31.1	16.1

2 结果与分析

农田蒸散(ET)的大小主要受土壤水分状况的制约,而土壤水分状况主要是由土壤水分的补给来源(大气降水、地下水)、土壤水分的消耗途径(土壤蒸发、作物蒸散以及土壤水分深层渗透)和土壤水分的保蓄能力(土壤的物理特性)三方共同决定的。玉米地和对照地除了是否种植玉米的差异之外,其余环境条件相同,但其农田蒸散量(对照地为土壤蒸发量)却存在明显的差异(表2)。

表 2 各时段农田蒸散量

Table 2 Field evapotranspiration at different intervals of time mm

	时段(月/日)						
	6/17~6/20	6/20~6/23	6/23~6/29	6/29~7/31	7/31~8/3	8/3~8/6	8/6~8/9
玉米地	24.2	13.7	21.9	161.0	50.5	0.8	4.3
对照地	26.1	7.6	23.4	173.9	15.8	2.2	5.1

	时段(月/日)					合计
	8/9~8/12	8/12~8/15	8/15~8/21	8/21~8/24	8/24~8/27	
玉米地	15.1	7.6	2.6	7.9	19.8	329.4
对照地	2.8	16.8	29.2	13.1	11.5	327.5

注:6/17表示6月17日,下同

尽管整个生育期内的土壤总耗水量相差甚小(仅1.9 mm),但在各发育期的分配却差异很大(表3)。播种-孕穗 ET 值接近,孕穗-吐丝玉米地明显高于对照地,此时段 ET_B 不足 $2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,因降水量极小(仅7.7 mm),且在湿度达到某一临界值时受水分限制条件下的土壤蒸发速率将保持恒定⁶⁾,故土壤蒸发极小。与之相反,玉米地此期 ET_c 达极大值,因为正值玉米需水关键期,需水量大。尽管此期降水量小,但前期土壤储水较丰,玉米可以通过其茂盛而发达的根系从较深的土层吸收较多的水分供给作物生理生态所需。吐丝之后,玉米需水明显减少

且低于对照地, 这与功能叶片的枯黄、脱落以及作物光合作用和蒸腾作用等生理机制的衰退明显相关。

表 3 各发育期农田蒸散量、日蒸发量、降水量

Table 3 Field evapotranspiration daily evaporation and rainfall

at the growing periods

mm

	时段(月/日)			
	6/17~7/31	7/31~8/12	8/12~8/27	6/17~8/27
发育期(日数)	播种-孕穗(43)	孕穗-吐丝(13)	吐丝-乳熟(16)	播种-乳熟(72)
降水量(日数)	227.3(17)	7.7(2)	90.0(7)	325.0(26)
日蒸散量	5.13	5.44	2.37	4.58
日蒸发量	5.37	1.99	4.41	4.55

如前所述, 农田蒸散主要由两部分组成: 土壤蒸发和作物蒸腾。玉米地由于其根系的存在使所利用的土壤水分的层次远深于对照地。表 4 列出了两地段土壤耗水的深度的时间变化。

表 4 玉米地与对照地零通量面所在位置

Table 4 Height of the zero flux plane in the corn field vs uncropped land

cm

	时段(月/日)					
	6/17~7/30	7/31~8/1	8/2~8/3	8/4~8/15	8/16	8/17
玉米地	50	70	90	70	90	消失
对照地	50	10	20	50	10	20

	时段(月/日)					
	8/18~8/20	8/21	8/22	8/23	8/24~8/25	8/26~8/27
玉米地	90	消失	70	70	90	70
对照地	10	20	10	20	50	10

由表可以清楚地看到, 对照地上的蒸发耗水主要来源于 50 cm 以上的土层, 这是因为当降水强度较小时, 雨水渗入深度一般不超过 50 cm^[6]。而且土壤蒸发大多发生在表层 0 cm ~ 20 cm 之间的土壤, 这是因为对照地上无作物遮蔽, 表层直接受太阳辐射、大气降水、湍流交换等外界气象因子的影响, 温、湿梯度大, 较有利于土壤水分的蒸发。当水分蒸发进行到一定程度时, 表层土壤含水量急剧下降, 从而形成了水汽输入土壤的隔绝层, 使得其下方的毛管上升水断裂, 从而使下层的水分不能及时向上输送, 土壤蒸发将不再增强。

玉米地蒸散耗水层是随着作物生长发育的进程逐渐下移的, 其间零通量面会出现短暂的消失和略有回升现象。这主要是降水的及时补给和再分配过程所致。玉米是一种根系极其发达的作物, 其最长根系可以扎入土壤 3 m 深处。由于土壤与根系、根系与叶片以及叶片与大气之间均存在着水势梯度, 故深层的土壤水分即可被根系吸收后经木质部向上输送到叶片, 再由叶片的气孔扩散到大气中, 这就是作物的蒸散^[7]。当植株完全封行后, 玉米的蒸散将是农田蒸散的主要贡献, 而土壤蒸发则较小。

为了进行玉米耗水特性的分析, 进一步细分了玉米的生育期, 在孕穗-吐丝之间增加抽雄期, 分别计算各发育期农田蒸散与水面蒸发之比, 并称之为作物耗水特性系数 ET_c/E_o (表 5)。

由表可见, 陕西泾阳夏玉米的耗水特性系数以抽雄为界, 前期较大, 达 0.88 ~ 1.26, 后期

较小, 仅为 0.47~0.55。抽雄以前 K_c 值剧增, 一方面反映玉米叶面积随植高而增大(图 1), 作

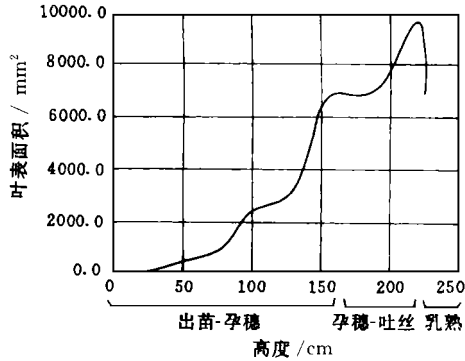


图 1 叶面积大小随植高的变化

Fig. 1 Leaf area change as a function of the corn height

物蒸腾旺盛; 另一方面说明土壤水分足以满足生长所需。根据 Shaw (美) 等人⁸⁾的研究, 玉米对水分的利用曲线为抛物线, 抽雄、吐丝和籽粒形成为玉米需水的最关键时期, 日最大需水量为 $5.5 \sim 7.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。为了掌握玉米在各发育期的水分供需动态, 借助张力计测得的土壤吸力值, 通过土壤水分特征曲线即可求得实际土壤湿度, 从而计算土壤的实际贮水量(H_c), 将其与有效贮水量(H_e)相比较, 即可清楚地看出玉米的缺水程度(表 6), 及时确定灌溉方案, 补充土壤水分, 以保证玉米正常生长发育的需要。

表 5 玉米各发育期的作物耗水特性系数

Table 5 Characteristic water consumption coefficients

ET_c/E_o for corn growth periods

	出苗-孕穗 (6/26~7/30)	孕穗-抽雄 (7/31~8/5)	抽雄-吐丝 (8/6~8/11)	吐丝-乳熟 (8/12~8/26)	出苗-乳熟 (6/26~8/26)
降水量(mm)	227.3	0.0	7.6	90.0	324.9
ET_c (mm)	182.9	51.3	19.4	37.9	291.5
E_o (mm)	207.7	40.7	41.1	69.5	359.0
ET_c/E_o	0.88	1.26	0.47	0.55	0.81

表 6 各生育期玉米地有效贮水与实际贮水比较

Table 6 Available water storage vs actual stock in the field mm

	苗期	孕穗-抽雄	抽雄-吐丝	吐丝-乳熟
H_c	421.5	230.2	375.2	635.3
H_e	420.3	211.7	254.9	582.8
ΔH	1.2	18.5	120.3	52.5

表中可见, 苗期土壤水分基本能满足玉米营养生长的需要, 而在抽雄-吐丝期, 短短的 6 d 时间内, 实际贮水量低于有效贮水量高达 120.3 mm, 可见其缺水的严重程度。如在抽雄前及

时浇孕穗水, 抽雄后灌灌浆水, 则有利果穗发育, 促进籽粒灌浆和干重的增加, 提高玉米产量, 改善其品质。

3 结论与讨论

(1) 无灌溉条件下, 玉米地和对照地的总蒸散量十分接近, 但各发育期的差异较大。对照地主要受天气条件的制约, 玉米地则更取决于其根系的发育状况和生育进程。

(2) 由于根系的下扎和根密度的增大使得玉米地所消耗的水分层次逐渐深入, 可达 90 mm, 而对照地则限于 50 cm 以上土层, 更主要发生在 0 cm ~ 20 cm 的表层。

(3) 孕穗-吐丝日平均蒸散量达最大, 为 $5.44 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 尤其以孕穗-抽雄的耗水特性系数为最大, 达 1.26; 而抽雄-吐丝出现最小值, 仅 0.47, 此时缺水值高达 120.3 mm, 若能及时灌溉, 将有利于产量和品质的提高。

(4) 由于经费和精力所限, 仅作了一年的实地观测, 但玉米耗水的生理生态规律仍可以客观而清晰地反映出来, 不失为一次有益的尝试, 并为今后深入开展这方面的探讨和研究奠定了基础。

参 考 文 献

- 1 程维新, 胡朝炳, 张兴权. 农田蒸发与作物耗水量研究. 北京: 农业出版社, 1993. 111 ~ 127
- 2 龚绍先. 粮食作物与气象. 北京: 北京农业大学出版社, 1988. 253 ~ 257
- 3 国家气象局编. 农业气象观测规范(上册). 北京: 气象出版社, 1990. 28 ~ 30
- 4 欧阳海, 周 英. 利用零通量面法计算农田蒸散. 干旱地区农业研究, 1990, 8(1): 77 ~ 83
- 5 雷志栋, 扬诗秀, 谢森传. 土壤水动力学. 北京: 清华大学出版社, 1988. 151 ~ 168
- 6 傅抱璞, 翁笃鸣. 小气候学. 北京: 气象出版社, 1994. 79 ~ 80
- 7 康绍忠, 熊运章, 王 振. 土壤-植物-大气连续水分运移力能关系的田间试验研究. 水利学报, 1990, (7): 1 ~ 9
- 8 肖 R H 著. 玉米农业气象学. 王长根译. 北京: 气象出版社, 1983. 104 ~ 110

STUDY ON WATER CONSUMPTION IN CORN GROWTH

Zhou Ying Xu Lamei

(Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Abstract Based on observations of a corn field and an uncropped plot in Jingyang county, Shaanxi, study has been done of root water uptake and water supply-consumption pattern in the crop growth season, whereby proposed is a concept of a critical water period during its development and yield formation, into which a characteristic consumption coefficient is introduced, whereby objectively and quantitatively revealed is the consumption-related physiological-ecological character of summer-sowed corn.

Keywords field evapotranspiration, soil tension, zero flux plane, available water storage