

我国春玉米水分供需状况分析

李应林 高素华

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

论述了作物需水量的概念及其计算方法,利用最新的气候和作物资料,计算了我国春玉米的作物需水量,分析其时空分布特征,并利用水分订正系数来评价春玉米需水量的满足程度。计算分析结果表明,气候条件对我国春玉米生产是有利的,但在播种期、出苗期及拔节期(4~6月份),存在明显的水分亏缺现象,这一时期应采取相应的栽培技术及节水灌溉、人工增雨等措施来缓解旱情。

关键词:春玉米 水分供需 分布特征

引 言

我国农业生产中的重要问题是缺水。在干旱、半干旱地区,水资源不足是发展农业生产的主要限制因素。即使在水资源条件较好的地区,也并非一年四季都能满足作物的需水要求。所谓农业缺水是相对于作物需水而言的,因此研究农田水分供需状况,可以为农业生产中进行合理的水分调配、合理利用有限的水资源、提高水分利用效率提供科学依据。有关作物水分供需状况的研究很多,如蒸散量的计算、作物耗水规律是主要研究内容^[1~5]。但内容相对单一,研究范围一般也较小。其中有关春玉米水分供需状况的研究更少。本文采用可能蒸散、作物最大实际蒸散、水分盈亏、水分订正系数等与作物需水供求关系相关的量来描述我国春玉米水分分布特征,并根据春玉米在不同地区、不同时间段的缺水程度给出改善水分条件的建议,这对春玉米生产中合理利用水资源、提高灌溉效率和产量具有指导意义。其中可能蒸散的计算采用FAO最新(1998年)推荐的方法。

本文计算所用的气象资料取自国家气象中心气候资料中心的《1961~1990年中国地面气象资料手册》和1991~1999年的《中国

地面气象资料年册》。春玉米全生育期的平均栽培系数(K_c)来自联合国粮农组织出版的《产量与水的关系》并结合我国气候条件,主要是结合各地的风和湿度而定的^[6];春玉米播种及成熟期则根据《中国主要农作物气候资源图集》确定^[7]。

1 农田水分供需状况的评价方法

1.1 参考作物潜在蒸散量(ET_0)的计算

采用1998年联合国粮食及农业组织(简称FAO)推荐的唯一标准方法,即FAO Penman-Monteith公式计算参考作物潜在蒸散量^[8],计算公式如下:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

式中, ET_0 为可能蒸散量($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$); R_n 为地表净辐射($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); G 为土壤热通量($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); T 为2m高度处平均气温($^{\circ}\text{C}$); U_2 为2m高度处风速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$); 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($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ 为干湿表常数($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)。

$$R_n = (1 - \alpha)R_s - \sigma \left(\frac{T_{\max}^4 - T_{\min}^4}{2} \right) \quad (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{s0}} - 0.35 \right) \quad (2)$$

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (3)$$

$$R_{s0} = (0.75 + 2z \cdot 10^{-5}) R_a \quad (4)$$

式(2~4)中: α 为反射率(无量纲), 取 $\alpha = 0.23$; R_s 为地表短波辐射($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); σ 为斯蒂芬-波尔兹曼常数($4.903 \times 10^{-9} \text{MJ} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); T_{\max} 为最高气温(K); T_{\min} 为最低气温(K); R_{s0} 为晴天地表短波辐射($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); a_s 为阴天($n=0$)地表短波辐射与大气层外太阳辐射的比例系数; $a_s + b_s$ 为晴天($n=N$)地表短波辐射与大气层外太阳辐射的比例系数; n 为实际日照时数(h); N 为最大可能日照时数(h); R_a 为大气层外太阳辐射($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); z 为海拔高度(m); 取 $a_s = 0.25$, $a_s + b_s = 0.75$ 。

本文是按月计算可能蒸散量。生长季的可能蒸散量是把逐月值累加取得。

1.2 作物需水量计算模式

自然条件下, 作物需水量主要受气象条件、土壤水分供应和作物生物学特征的综合影响。农田蒸散量(耗水量)可用如下函数式表示:

$$ET = f(M) \cdot f(W_s) \cdot f(C) \quad (1)$$

式中, ET 为农田蒸散量; $f(M)$ 为气象条件影响函数; $f(W_s)$ 为土壤水分影响函数; $f(C)$ 为作物生物学特性影响函数。一般采用参考作物的潜在蒸散来表征气象条件对农田蒸散的综合影响, 而用作物栽培系数来表征不同作物生物学特性对蒸散过程的影响。因此, 作物需水量可用下式表示:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

式中, K_c 为作物栽培系数(或称蒸散系数); ET_0 为参考作物潜在蒸散(最大可能蒸散)。

1.3 农田水分盈亏

当农田水分供应不足时, 水分的亏缺将造成产量和品质的下降。我们用一个地区降水与作物需水量的差来表示该地区作物水分盈亏, 并利用水分订正系数 $F(R)$ 来描述该地的水分满足程度。 $F(R)$ 采用下式计算^[8]:

$$F(R) = 1 - |\Delta W_j| / W_j \times K \quad (7)$$

式中 $\Delta W_j = R_j - W_j$, R_j 是 j 时段的降水量, W_j 是农作物理论需水量(即农作物可能蒸散量 ET_c), ΔW_j 是农田水分盈亏额, K 是与径流有关的参数, 当 $\Delta W_j > 2\text{mm}$ 时, 产生径流, $K < 1$, 表明由于径流的存在使农田涝灾减轻。当 $\Delta W_j < 2\text{mm}$ 时, 降水适中或偏少, 没有径流, 则 $K = 1$ 。当 $F(R) \geq 1$, 说明该地的水分供应能满足农作物生长发育的需要; 当 $F(R) < 1$, 说明该地的水分供应不能满足农作物生长发育的需要, 农作物生长受到水分限制, 产量将受到影响。

2 春玉米需水量的分布规律及水分满足程度评价

利用我国分布较均匀的 196 个站点的实测气象资料、有关作物资料和上述计算方法计算了 1961~1999 年共 39 年平均春玉米需水量。

我国不同地区春玉米需水量大致为 300~650mm, 大部分地区为 450~550mm(图 1)。由图可见, 我国春玉米需水量由南向北呈逐渐增加趋势。全生育期春玉米需水量华南地区小于 300mm, 长江流域 300~400mm, 黄河流域 400~500mm, 内蒙古的中、西部在 500mm 以上, 新疆大部地区在 600mm 以上, 西部稍低为 500~600mm, 东北地区 300~400mm, 京津地区、河北 400~500mm。形成这种分布的主要原因之一是越往南气温越高, 气温通过自身对湿度的影响间接影响农田蒸发; 再一个原因是越往北降水越少, 越干旱, 农田蒸发面上的空气湿度梯度越大, 农田

用于蒸发和蒸腾的水分消耗就越多。

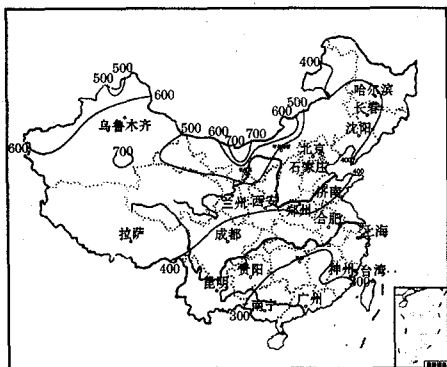


图1 春玉米生长季最大实际蒸散分布图

图2所示为我国春玉米生长季水分的盈亏状况,其分布特征是:京津地区、河北大部、山东西北部小于100mm;东北的西部、内蒙古东部、山西、陕西、河南北部100~200mm;河西走廊500~600mm之间;新疆均在400mm以上,中部超过600mm。这种分布情况说明我国春玉米在主要种植区的水分供应状况相对较好,但仍有水分亏缺现象。原因是春玉米生长季正处于雨季,全国各地降水较多,有利于春玉米的生长和发育,但东北西部、内蒙古东部、山西、陕西等地部分春玉米的主要种植区降水不足,仍存在200mm的水分亏缺,而我国的西北部地区如新疆、内蒙古中西部深居大陆内部,全年各季均降水很

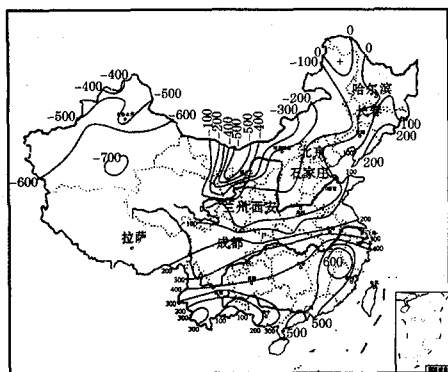


图2 春玉米生长季水分盈亏(mm)

少,水分亏缺可大于400mm。

水分订正系数可以反映出一个地方的水分满足程度或农田水资源供求状况。图3给出了我国春玉米生长季水分订正系数的分布图,由图可见:东北北部、中、东部及黄河下游以南、陕西南部、四川及其以南地区,水分订正系数均大于1,说明这些地区水分供大于求;而其它地区为水分亏缺区。内蒙古东部0.7左右,京津地区、河北0.6~0.87;山东、河南的北部0.8~0.95;陕西、山西北部0.6~0.75左右,甘肃中、南部0.7~0.85;河西走廊及内蒙古的北部小于0.2;新疆除西北小部分地区大于0.1外,其余地区均小于0.1。从上述分析可以看出,除新疆及河西走廊、内蒙古的北部外,大部地区水分保证程度均较高,新疆、河西走廊和内蒙古的西北部水分保证程度最低,在0.1~0.2左右,春玉米生长所需要的大部分水分都要靠灌溉。而水分订正系数大于1.0的南部地区降水充沛,但却容易产生涝灾,当农田积水超过24小时,将会造成减产。因此从水分条件来看水分订正系数1.0线附近的地区适宜春玉米的种植,这与我国春玉米在生产实际中的主要种植区呈东北—华北—西南的分布趋势是相一致的。

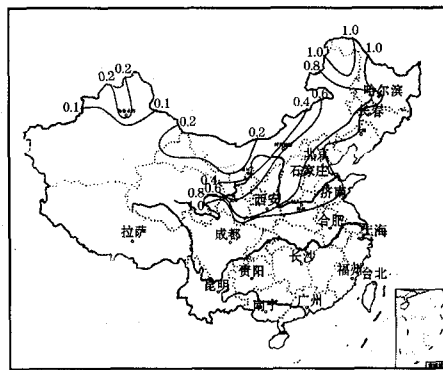


图3 春玉米生长季水分订正系数分布

春玉米全生育期的需水量和水分订正系数反映了春玉米全生育期水分供需的基本状况,但春玉米在不同的生育阶段,对水分的需求量和对缺水的反应也是不同的。由我国农业生产实践可知,苗期需水量较少,中后期需水量较多。玉米拔节以后(5月下旬、6月上旬),进入旺盛营养生长和生殖生长阶段,植株生长加快,干物质积累急剧增加,这时气温也日渐升高,需水量迅速增加。抽雄前后(6、7月)对水分更加敏感,抽雄前10天和后20

天是玉米的水分临界期,这时的水分供应最为有效,如果这个时期缺水,幼穗发育不好,籽粒数少,果穗小,严重缺水时,穗难以抽出,称为“卡脖旱”。灌浆期是玉米茎叶光合产物和营养物质大量向籽粒输送时期,需水量也比较多,拔节到灌浆的天数占全生育期的比例不到50%,而需水量却占全生育期的一半以上,腊熟至收获阶段(8月),植株蒸腾减少,需水量也较少。表1列出了我国各地区典型站点的水分订正系数。

表1 不同地区春玉米生育期内各月水分订正系数

站点	月份								全生育期
	2	3	4	5	6	7	8	9	
博克图			0.31	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00
长春				0.40	0.82	1.00	1.00	0.54	1.00
北京			0.25	0.28	0.66	1.00	1.00	0.46	0.99
石家庄			0.25	0.35	0.46	1.00	1.00	0.52	0.87
郑州			0.54	0.54	0.52	1.00	1.00		0.82
西安			0.68	0.76	0.51	0.83	0.62	1.00	0.72
呼和浩特				0.25	0.44	1.00	1.00	0.48	0.73
鄂托克旗				0.17	0.21	0.50	0.71	0.29	0.40
成都			0.71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
长沙			1.00	1.00	1.00	1.00			1.00
广州	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				1.00
克拉玛依			0.06	0.09	0.07	0.11	0.08	0.04	0.08
和田			0.02	0.05	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04
吐鲁番				0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01

由表可知,华北地区(以北京、石家庄为例)、东北(以长春为例),从播种到成熟以前,水分订正系数从小到大逐月增加,这主要因为降水是逐月增加的。4月中下旬的播种期、5月的出苗期缺水严重,水分订正系数约为0.3左右,原因是还没有进入雨季,温度却已经开始升高,气候干燥,农田处于缺水状态,可采取“蹲苗”等措施,以促进根系生长,使中、后期吸收更多水分与养分。6月的拔节期为0.5左右,应采取灌溉等措施,补充农田缺水。7月、8月上中旬的抽雄、灌浆期,正值雨季,水分订正系数达到1.0。8月下旬、9月初的成熟期降水减少,水分订正系数下降到0.5左右,但这一时期春玉米已进入成熟阶段,干物质的积累已基本完成,对水分的需求大大降低,适当缺水甚至有利于春玉米的

成熟。

华北北部、内蒙古东部、东北西部水分订正系数的变化趋势基本一致,但生育期各阶段都有水分亏缺,应采取灌溉等措施,以提高需水关键期的水分满足程度。内蒙古中、西部、新疆西北部最为干旱,水分订正系数均小于0.10,吐鲁番最低,这一地区的农业生产全靠灌溉,没有灌溉就没有农业。西南、华中、华南的绝大部分地区降水充沛,但华南7、8月水分过多,要注意防止土壤水分过多或积水。

3 结论

(1)计算作物可能蒸散量是计算作物水分亏缺的最基本途径。本文采用FAO Penman-Monteith方法计算,该方法与其它几种常用方法比较,精度较高^[9],这为作物实际最

大蒸散及水分订正系数的计算打下了良好的基础。经过对春玉米需水量的计算和分析,表明其计算结果与农业生产实践比较相符,具有一定的实用性,应用本方法计算作物需水量,基本可以满足生产和科研工作的需要。

(2)本文计算分析结果表明,气候条件对我国春玉米主要种植区内的春玉米生产是有利的,尤其是春玉米抽雄到灌浆这一大量需水的关键期,正值雨季,水分条件对春玉米生长发育的满足程度较高,多数地区基本不缺水。但在播种期、出苗期及拔节期(4~6月份),存在明显的水分亏缺现象,这一时期应采取相应的栽培技术及利用节水灌溉、人工增雨等措施来缓解旱情。

参考文献

- 1 中国科学院台站网络《农作物耗水量研究》课题组. 作物与水分关系研究. 北京:中国科学技术出版社,1992:10
- 2 钟兆站,赵聚宝,郁小川等. 中国北方主要旱地作物需水量的计算与分析. 中国农业气象,2000(5):1~4.
- 3 李临颖. 冬小麦农田日蒸散量的计算. 应用气象学报,1992(2):248~253.
- 4 陈玉民等. 中国主要作物需水量与灌溉. 北京:水利电力出版社,1995.
- 5 张书余. 河北省自然降水和水资源盈亏. 华北干旱研究进展. 北京:气象出版社,1999. 135~140.
- 6 杜林博斯, A. H. 卡萨姆. 产量与水的关系. 联合国粮食及农业组织,1979:29.
- 7 崔读昌,刘洪顺,闵谨如,贺菊美. 中国主要农作物气候资源图集. 北京:气象出版社,1984.
- 8 Allen R G, Pereira L S, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, 1998:24.
- 9 高素华主编. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用对策研究. 北京:气象出版社,1995:25.
- 10 毛飞,张光智,徐祥德. 参考作物蒸散量的多种计算方法及其结果的比较. 应用气象学报,2000,11(增刊):128~136.

Analysis of Water Supply and Demand for Spring Corn in China

Li Yinglin Gao Suhua

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The concept of crop water requirements is discussed, based on which the calculation method of crop water requirements is established. Using the newest crop and meteorological data, the water requirement of spring crops in China is calculated, and its distributin is discussed. The satisfied degree of water demands for spring corn is evaluated by using water correction factor. The results indicate that the climate is suitable to the production of spring corn, except in April, May and June, which is the time of planting, emergence and jointing for spring corn. Some measures such as relevant planting technology, saving irrigation and manual rainfall should be taken to alleviate the drought.

Key Words: spring corn distributing law water supply and demands