

小麦及玉米产量与土壤水分的关系

骆洪义 聂俊华 聂宜民 李传廷

(山东农业大学)

摘 要

作者利用山东省气象局提供的52个气象站的气象资料,按有关公式计算出了山东省各地冬小麦及夏玉米的最高产量;还对作物各生育期水分短缺对产量的影响作出了估算。

小麦、玉米是山东省的主要粮食作物,小麦—玉米轮作制是山东省旱作农业的主要种植方式。山东省属暖温带气候区,其特点是蒸发量大,降水少且年季度变化大,年内降水分配极不均匀。在旱地条件下,水分成为制约高产的重要因素,特别是近些年来,山东省旱灾频繁发生,灌溉水源短缺,合理有效地利用现有水源,以挖掘作物的最大生产潜力,成为今后一个时期旱地农业的重大课题。

作物产量是受水分、养分、病虫害及人为管理等多种因素影响的。本文是在作物生育期内,除气候外,其它因素均能满足作物需要的假设条件下,利用山东省52个气象站的气象资料,研究了不同水分供应条件下的作物产量表现,为合理高效地利用现有水源,使作物获得最高产量提供理论依据。

一、材料与方法

(一)原始气象资料 由山东省气象局提供了52个气象站30年(1961—1990)的气象资料,共包括:(1)平均温度(T , $^{\circ}\text{C}$);(2)平均最大相对湿度(HR , $\%$);(3)平均短波 λ 射辐射量(R_n , $\text{mm}/\text{日}$);(4)平均日照时间(n , $\text{小时}/\text{日}$);(5)风速(m ,10米高处,公里/日或米/秒)。

(二)作物最高产量的计算 所谓最高产量是指在水分、养分、病虫害对产量没有任何限制的条件下,作物和水分的管理达最高平时获得的产量,以 Y_m 表示,可由下式计算:

$$Y_m = K \cdot CH \cdot CT \cdot G \cdot Y_o \cdot ET_m / (e_a - e_d)$$

式中: K —作物系数,凭栽培经验获得。玉米为1.9,冬小麦为1.65; CH —收获指数,即净物质产量与收获产量之间的比例关系,玉米为0.55,冬小麦为0.50; CT —温度校正系数^[1]; G —全生育期天数,玉米为123天,冬小麦为260天; Y_o —某标准作物的干物质总量,千克/公顷; ET_m —平均最大蒸散量($\text{mm}/\text{日}$),为在大田以最佳农业技术和 管理的一种茁壮生长的作物的最大蒸散量; $e_a - e_d$ —水汽压差值。 e_a 为平均温度下的饱和水汽压^[1], e_d 为实际水汽压,由气象资料获得。

上式中的 Y_o 由公式 $Y_o = F \cdot Y_o + (1 - F) Y_c$ 计算获得。式中: F —一日间阴天所占部分, $F = (R_{se} - 0.5R_s) / 0.8R_{se}$ 其中 R_{se} 为晴天最大有效短波入射量($\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{日}$), R_s 为实测的平均短波入射辐射量($\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{日}$); Y_o —一定地区某种标准作物在一全阴天里干物质生产率(千克/公顷/日); Y_c —一定地区某种标准作物在一全晴天(无云)里干物质生产

率 (千克/公顷/日); $\bar{R}_{se}$ 、 $\bar{Y}_o$ 、 $\bar{Y}_c$ 数据均见参考文献^[1]。

二、结果与讨论

(一)满足水分供应时作物的最高产量

当气候因素以外的其它因素均能完全满足作物需要时,水分便成为影响作物产量的重要因素之一。作物要获得最高产量,整个生长季节都必须充分地满足其对水分的需求。通常,以实际蒸散量(ET_a)表示作物实际产量的需水量;以最大蒸散量(ET_m)表示作物最高产量时的需水量。

根据52个气象站30年观测资料得出的年平均最大蒸散量列于表1;冬小麦、夏玉米最高产量列于表2。

表1、2表明,不同地区的最大蒸散量及最高产量各不相同,二者的变化无规律可循。小麦最高产量中最高者为13479千克/公顷(郯城),最低者为8004千克/公顷(莱阳),前者比后者高40.6%。相应的最大蒸散量中最高者为3.66mm/日(马山子),最低者2.50mm/日(日照),前者比后者高31.4%。玉米最高产量中最高者为20465千克/公顷(日照),最低者为12569千克/公顷(济南),前者比后者高30.6%。相应的最大蒸散量中最高者为5.33mm/日(马山子),最低产者为3.85mm/日(文登),前者比后者高27.8%。因此,由气象资料计算的最大蒸散量不能完全反映产量的高低。其原因可能是:

(1) 由最高产量的计算公式 $Y_m = K \cdot CH \cdot CT \cdot G \cdot Y_o \cdot ET_m / (e_a - e_d)$ 可以看出,当选用的作物品种一定时,可以认为,与该式有关的作物特性,如 K , CH , G 等为定值,而其它因素则全部由气象因素和地理因素所决定,如平均温度、日照时间、风速、海拔高度等。山东省

表1 山东省各地平均最大蒸散量(mm/日)

地名	ET _m		地名	ET _m		地名	ET _m	
	夏玉米	冬小麦		夏玉米	冬小麦		夏玉米	冬小麦
临沂	4.19	2.82	滕州	4.31	2.90	垦利	4.58	3.13
沂源	4.19	2.97	烟台	4.45	3.19	马山子	5.33	3.66
沂水	4.06	2.85	海阳	4.04	2.73	诸城	4.15	2.89
平邑	4.45	3.18	泰安	4.41	3.93	高密	4.33	3.08
莒南	4.10	2.85	宁阳	4.68	3.14	昌邑	4.37	2.94
日照	4.05	2.51	平阴	4.59	3.28	昌乐	4.37	3.01
郯城	4.23	2.80	新泰	4.18	2.87	羊角沟	4.91	3.25
章丘	4.50	3.15	梁山	4.52	3.09	高唐	4.69	3.30
枣庄	4.20	2.90	巨野	4.40	2.99	冠县	4.65	3.30
张店	4.40	2.99	宁津	4.64	3.33	聊城	4.55	3.18
济南	4.76	3.50	德州	4.64	3.15	阳谷	4.60	3.18
龙口	4.69	3.28	菏泽	4.38	2.89	胶南	3.97	2.62
威海	4.28	3.09	单县	4.26	2.77			
蓬莱	4.64	3.27	鄄城	4.37	2.99			
莱阳	4.07	2.63	禹城	4.63	3.22			
栖霞	4.45	3.16	惠民	4.43	3.15			
文登	3.85	2.62	广饶	4.45	3.11			
马戈庄	4.18	2.79	沾化	4.62	3.19			
邹县	4.72	3.17	无棣	4.70	3.32			

表 2 山东省各地冬小麦、夏玉米最高产量(千克/公顷)

地 名	最高产量		地 名	最高产量		地 名	最高产量	
	夏 玉 米	冬 小 麦		夏 玉 米	冬 小 麦		夏 玉 米	冬 小 麦
临沂	16108	11072	邹县	14080	12154	沾化	15586	9687
沂源	14285	8391	滕州	15032	12116	无棣	16719	8347
沂水	14993	9242	烟台	15929	10043	垦利	16968	10291
平邑	15273	11078	海阳	19648	8683	马山子	15556	11941
莒南	17423	10702	泰安	15331	10152	诸城	18027	9927
日照	20465	10172	宁阳	16237	12001	高密	17166	10390
郯城	18475	13479	平阴	14530	12063	平度	18349	10001
章丘	14285	10544	新泰	14340	9463	昌邑	17291	9688
枣庄	14551	11608	梁山	16004	12604	昌乐	15779	10163
张店	13969	10046	巨野	16221	13224	羊角沟	16108	11442
济南	12569	11849	宁津	16208	10329	高唐	16318	11772
龙口	15454	10869	德州	14282	10309	冠县	16080	12206
威海	18057	10032	菏泽	15507	12661	聊城	15642	12080
蓬莱	18542	9922	单县	16093	13067	阳谷	15766	12455
莱阳	17985	8005	鄄城	16862	12968	胶南	20028	10033
栖霞	16857	8349	禹城	15381	11464			
文登	19701	8422	惠民	16090	9958			
马戈庄	19194	10677	广饶	14699	9584			

地处北纬 $34^{\circ}22'$ — $38^{\circ}23'$ 之间,造成省内各地气象因素差异较大,因而最高产量随以上因素有较大变化。计算结果表明,山东各地最大蒸散量的变异系数为80%,最高产量(小麦与玉米之和)的变异系数为7%。

(2) 在Penman公式 $ET_m = K_c \cdot ET_o$ 中, K_c 为常数(栽培系数),而 $ET_o = C[W \cdot R_n + (1 - w) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)]$ (参考蒸散量),其中 W 为温度和海拔高度决定的加权系数。山东省地形复杂,由山地、丘陵、平原和滨海等几部分组成,海拔高度差异较大,山峦起伏的鲁中南山地丘陵区 and 鲁东丘陵区的面积占全省总面积的58.2%,由海拔高度较高的鲁中南山区到接近海平面的鲁北地区,海拔相差1500多米,造成省内各地区平均气温、风速等变化较大,使最高产量变异较大。

尽管如此,以某一地区气象资料计算所得的最高产量,作为该地区的生产潜力,在制订生产和灌溉计划时加以考虑,仍具有重要意义。

(二)水分短缺状况对产量的影响

这里所指的产量是指作物在实际栽培条件下,作物的管理达最高水平而供水不足以满足作物对水的要求时的产量。

当供水不足时,实际蒸散量(ET_a)下降至最大蒸散量以下,则植物因缺水而影响生长,并最终导致产量降低。由于作物缺水时的产量(Y_a)是实际蒸散量时的产量,因此,可以用相对产量的下降数($1 - Y_a/Y_m$)与相对蒸散量差额($1 - ET_a/ET_m$)之间的关系来表述产量下降的程度,称之为产量反应系数(K_y),即 $1 - ET_a/ET_m = K_y(1 - Y_a/Y_m)$,由该式得出 Y_a/Y_m ,即实际产量占最高产量的百分数。

1. 缺水平均分布于全生育期的情况

许多研究表明,玉米是一种对水分敏感的作物,而小麦则差一些。

图1为用相对产量的下降数($1 - Y_a/Y_m$)对相对蒸散量差额($1 - ET_a/ET_m$)所作的曲

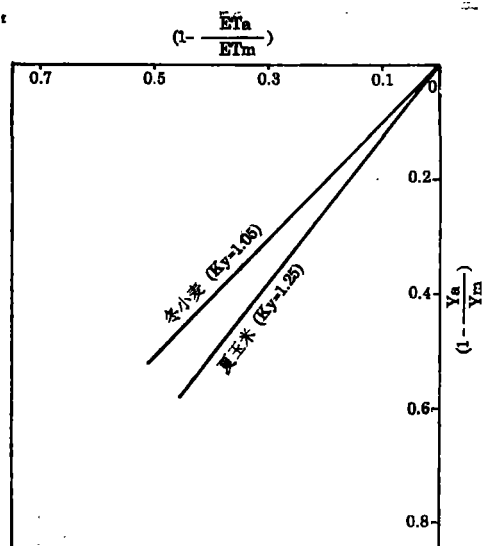


图 1 作物相对产量下降数 $\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right)$ 与相对蒸散差 $\left(1 - \frac{E_{Ta}}{E_{Tm}}\right)$ 的关系

缺水的敏感程度也不一样。一般来说,前期主要是营养生长期,中期为营养生长和生殖生长并进的时期,而后期为作物生理机能逐渐衰退期。研究表明,小麦、玉米的缺水敏感期在抽穗(抽雄)至开花期间,即在两作物的营养生长和生殖生长最旺盛的时期。我们的研究还表明,冬小麦,夏玉米主要生育期对缺水的敏感顺序均是:开花期>产品形成期>营养生长期。

三、结 论

1. 在实际生产中,当作物和水的管理达最高水平时,山东省各地冬小麦,夏玉米的最高产量各不相同,且与最大蒸散量不成比例。但各地区的最高产量作为一种生产潜力,应用于灌溉计划和生产规划的制订仍具有重要意义。

2. 缺水会造成冬小麦,夏玉米产量降低,且随水分短缺程度的加重,产量不断降低。

3. 冬小麦、夏玉米均有水分临界期,此时缺水,进行灌溉,则用水效益最高。

参 考 文 献

- [1] 杜林博斯、A·H·卡萨姆,产量与水的关系,联合国粮农组织,1978。
- [2] 西北农业大学主编,农业化学研究法,农业出版社,1980。
- [3] 仲跻秀等,土壤学,农业出版社,1992。
- [4] 张俊民主编,山东省山地丘陵区土壤,山东省科学技术出版社,1986。

线。由图可见,随着水分短缺加重,相对产量的下降数在不断增加,最终导致收获产量下降。当水分短缺10%时,玉米产量下降数为12.5%,小麦产量下降数为10.5%。玉米与小麦产量下降数不同是由于两种作物对水的敏感程度不同造成的。当缺水加大时,小麦产量的下降比玉米慢一些。

现以济南气象站资料为例加以说明,若水分供应充足, $E_{Ta} = E_{Tm}$,则冬小麦、夏玉米的最高产量分别为11849 和 12569 千克/公顷;若供水减少 10%,即 $1 - E_{Ta}/E_{Tm} = 0.1$,则冬小麦的产量为 $11849 \times (1 - 0.1) = 10664$ 千克/公顷;玉米的产量为 $12569 \times (1 - 0.1) = 11312$ 千克/公顷。

2. 缺水发生于某一生育阶段的情况

冬小麦、夏玉米的整个生育期可分为几个阶段,不同阶段的生理特性各不相同,对