

雨养春玉米农田耗水特征研究

居 辉, 钟兆站, 郁小川

(中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081)

摘要: 1997~ 1998 年研究了春玉米在不同降水年型的耗水特征, 并就肥力水平对产量的影响及不同降水年型的水分生产潜力开发程度进行了探讨。结果表明, 无论是正常降水年型, 还是干旱年型, 春玉米在不同的生育时期耗水规律基本是一致的, 即拔节至抽雄期是玉米的耗水高峰期。在降水正常年份, 降水量基本能满足玉米生长的水分需求, 提高自然降水的水分利用率是本区农业发展的主攻方向, 科学施肥可以提高水分利用率。玉米在自然降水条件下的生产潜力还有约 50% 的开发程度。

关键词: 春玉米; 农田; 耗水特征

中图分类号: S513. 01 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2000)03- 0094- 05

在我国广大的北方地区, 水分匮乏已成为农业生产的主要限制因子。据统计, 北方旱作农田约占我国总耕地面积的 38%, 粮食总产量约占全国总粮食产量的 24%^[1], 在我国农业生产中起着重要的作用。春玉米是北方主要的作物之一, 但由于受到季风的影响, 降水季节分配不均, 玉米生长的水分需求常常处于亏缺状态^[2], 玉米产量的波动性较大。分析春玉米农田耗水特征, 了解干旱对产量的影响, 对于广大北方旱农地区春玉米产量的提高, 充分发挥其高产特征, 提高旱农区的粮食总产量都是十分重要的^[3~ 5]。

1 材料和方法

试验地点位于山西省寿阳县, 试验地土壤为轻壤土, 土壤田间持水量 25. 75%, 凋萎湿度 6. 81%。无霜期 140 d 左右, 年降水 511. 3 mm, 干燥度 1. 57。

试验于 1997~ 1998 年进行, 供试玉米品种为掖单 14。1997 年 4 月下旬播种, 9 月底收获, 生长期间降水 161. 8 mm, 属于极端干旱的年型; 1998 年 4 月下旬播种, 10 月上旬收获, 生长期间降水 422. 68 mm, 属于正常降水年型。土壤水分测定采用烘干法, 利用水分平衡法进行作物耗水量的计算; 以水分为限定因子, 根据不同施肥水平的耗水量变化

结果, 确定自然降水条件下的田间试验生产潜力。玉米的施肥水平列于表 1。

表 1 水分生产潜力试验的施肥水平 kg/hm²

肥料名称	处 理					
	1	2	3	4	5	6
尿 素	0	260. 85	326. 10	391. 50	456. 45	521. 70
过磷酸钙	0	855. 30	1 071. 30	1 285. 50	1 500. 0	1 714. 20

收稿日期: 1999- 08- 30
 基金项目: 国家“九五”旱农攻关专题(96- 004- 04)
 作者简介: 居 辉(1970-), 助理研究员, 农学博士, 主要从事旱地农业自然降水生产潜力的研究工作。

2 结果与分析

2.1 生长期间的降水状况

从表 2 可知, 试验点 5~ 9 月份多年平均的总降水量为 429.50 mm。1997 年玉米生育期内干旱少雨, 5~ 9 月份的降水量仅为同期多年平均的 37.7%, 属较干旱的降水年型, 在春玉米生长盛期的 7, 8 月份的降水量分别为同期多年平均降水量的 48.9% 和 21.6%。1998 年 5~ 9 月份的降水量为 405.80 mm, 属降水量正常的年份, 其中 7, 8 月份的降水较集中, 较往年分别高 32.90% 和 19.96%。

在正常年或多雨年份, 春玉米的降水满足率基本可以达到 90% 以上, 需水和降水基本同步, 有利于玉米的生长发育和产量形成。

2.2 春玉米各生育阶段的耗水量及耗水强度

表 3 春玉米不同生育时期的耗水量及耗水强度

年份(年)	项 目	播种~ 拔节	拔节~ 抽雄	抽雄~ 成熟	全生育期
1997	需水量(mm)	171.4	171.7	117.2	460.3
	耗水量(mm)	59.0	43.4	59.4	161.8
	耗水强度(mm/ d)	0.98	1.14	1.02	1.04
	水分满足率(%)	34.4	25.3	50.7	35.2
1998	耗水量(mm)	108.92	169.31	161.24	439.47
	耗水强度(mm/ d)	1.70	4.03	2.78	2.82
	水分满足率(%)	63.55	97.48	137.58	95.47

玉米从播种至拔节阶段, 植株叶面积较小, 自身的蒸腾量低, 田间的水分消耗以土壤蒸发为主, 土壤的水分状况主要影响到玉米种子的出苗率, 此期耗水量和耗水强度都较低; 拔节至抽雄期间, 是玉米生长最旺盛的阶段, 叶面积扩展迅速, 同时气温上升明显, 田间蒸发和植株蒸腾都变得十分剧烈, 此期是春玉米水分消耗强度和消耗量最大的时期。1997 年该期的降水少, 水分干旱严重影响玉米小穗、小花分化, 降低了子粒形成的数量, 1998 年此生育阶段的耗水量达到了需水量的 97.48% (表 3), 基本满足了玉米穗分化对水分需求, 为产量的形成奠定了良好的器官发育基础, 此时期耗水量和耗水强度都达到了整个生育期的最高峰, 是玉米耗水最强烈的阶段; 抽雄期至成熟是产量形成的关键阶段, 尤其是抽雄开花期, 是玉米对水分最敏感的时期, 水分会影响雄穗开花传粉, 亏缺严重时会造成颗粒无收, 干旱的 1997 年降水满足率达 50.7%, 使子粒灌浆受到一定的影响, 1998 年于抽雄期前后降水 44.95 mm, 有利于增强雄穗花粉活性, 促进产量的形成, 从水分角度来看, 生育后期的耗水基本满足了产量形成的要求。

由以上分析看出, 无论是正常的降水年型, 还是干旱年型, 春玉米在不同的生育时期耗水规律基本是一致的, 即拔节至抽雄期是玉米的耗水高峰期, 产量的形成主要取决于拔节后的降水量。

2.3 春玉米的耗水量及组成

表 4 春玉米全生育期的耗水量及其组成

年份(年)	耗水量 (mm)	耗 水 组 成			
		降 水		土 壤 储 水	
		mm	%	mm	%
1997	244.2	161.8	66.3	82.4	33.7
1998	439.7	422.7	96.1	17.0	3.9

从全生育期的耗水组成来看(表 4), 1997 年和 1998 年的土壤水分消耗占总耗水的 33.7%~ 3.9%, 降水量占总耗水的 66.3%~ 96.1%, 说明该区的土壤蓄水能力有限, 玉米产量的高低主要取决于降水量的多少。如何提高降水的利用率, 是本区农业生产发展的主攻方向。

2.4 不同施肥水平的产量结果

表 5 不同施肥水平的产量结构比较

1998 年

处 理	株高 (cm)	果粒数	百粒重 (g)	果穗数 (穗/ m ²)	产量 (kg/ hm ²)	经济系数	水分效率 (kg/ mm)
1	2.29	450.0	26.36	3.47	4 117.17	0.37	9.43
2	2.25	522.0	29.97	3.69	5 688.28	0.46	12.71
3	2.22	477.4	26.91	3.97	5 174.12	0.42	11.68
4	2.35	511.2	27.30	3.92	5 527.78	0.41	12.72
5	2.26	513.6	28.56	4.39	6 653.51	0.34	15.12
6	2.18	478.6	25.68	3.58	4 222.80	0.35	9.56
平均	2.30	492.10	27.46	3.84	5 230.61	0.39	11.89

水分和土壤肥力之间存在着相互制约相互促进的关系。在水分缺乏地区, 水分对于肥效的发挥起着重要的作用。由不同肥力处理的玉米产量因素构成结果(表 5)可以看出, 施肥处理较对照对于产量构成的基本因素都有提高作用, 说明在该区的农业生产中, 虽然水分是限制生产潜力发挥的主要限制因子, 但肥力水平对于产量潜力的发挥也存在着一定的制约作用。施肥量不同对产量构成影响的程度不同, 在该地区不施肥处理和超高肥处理的产量构成因素均低于其他施肥水平处理, 说明该地区适宜的施肥范围在本试验的施肥水平范围之内, 超高肥产量水平受限制原因是水分限制了肥效的发挥, 造成肥源的浪费。

2.5 农田水分生产潜力及潜力开发程度比较

潜力开发程度是用农田水分生产潜力理论值和实际生产产量的比值关系表示的。潜力开发程度愈大, 表明实际生产效率愈高; 潜力开发程度愈小, 实际生产效率愈低。

从表 6 可见, 1997 年春玉米的水分生产潜力开发程度较低, 现实生产量只有水分生产潜力理论值的 24.93%, 潜力试验值仅为理论值的 25.83%; 1998 年玉米的

表 6 春玉米降水生产潜力开发度比较

年份(年)	项 目	产量 (kg/hm ²)	潜力开发度 (%)
1997	潜力理论值	8 940	100.00
	潜力试验值	2 310	25.83
	大田产量	2 229	24.93
1998	潜力理论值	9 816	100.00
	潜力试验值	5 231	53.29
	大田产量	4 815	49.05

试验生产量占理论生产量的 53.29%, 现实生产量占理论的 49.05%。因此要提高现实生产量, 首先是注重科学技术和物质的投入, 提高投入产出比。即使在降水正常的年份, 无论是田间试验还是大田生产, 本区的产量仍然仅开发了约 50%, 还有一倍的产量潜力有待开发。

试验潜力的开发度高于实际的潜力开发度, 两者之间的差距完全可以通过现有的技术和物质投入得到解决, 两者差距越大, 潜力开发越容易。

2.6 春玉米的产量与耗水量的关系

一般认为, 在供水不充分的条件下, 作物产量随耗水量的增加而增加, 二者呈线性关系。从多年的定位试验结果来看, 本区

春玉米生长的水分供给不足, 春玉米的耗水量对作物产量和水分利用效率有明显的影响(表 7)。1997 年春玉米的耗水量仅为常年(1992, 1993 年)的 59.5%~58.6%, 产量则分别减少 49.54%和 60.75%, 水分利用效率降低, 每生产 1 kg 子粒

表 7 春玉米的耗水量对产量和水分利用率的影响

年份 (年)	耗水量 (mm)	产量 (kg/hm ²)	水分利用效率 (kg/(mm•hm ²))	耗水系数 (kg/kg)
1992	410.1	4 578.0	11.16	895.81
1993	416.9	5 886.0	14.12	708.29
1997	244.2	2 310.0	9.46	1 057.10
1998	439.7	5 230.6	11.90	840.63

多耗水 161.3~348.8 kg, 因此采用有效的农田水分调控技术, 提高春玉米的耗水量是提高旱地春玉米产量和水分利用效率的重要措施。

在正常年份, 寿阳春玉米苗期都有不同程度的干旱, 春旱对春玉米的影响主要作用于营养器官。春旱解除后, 春玉米经过一段时间的自身调节作用, 春旱的影响即可消除, 对春玉米的产量影响不甚明显。而 1997 年是在春旱的基础上又连续发生夏旱和秋旱, 夏旱和秋旱的影响直接作用于产量器官, 对春玉米子粒发育和粒重的影响非常明显, 与降水正常的 1998 年相比, 1997 年春玉米的穗粒数减少 112~292 粒, 千粒重降低 60.1~75.1 g。

3 结论与讨论

对于不同的降水年型, 春玉米在不同生育时期的耗水规律是一致的, 拔节至抽雄是水分消耗的盛期, 耗水量和耗水强度都达到了一生中的高峰。本区的春玉米生产主要取决于降水量的多少及季节的分配, 通过有效的农田水分调控措施, 提高水分利用率, 是本区春玉米生产发展的主攻方向。水分是限制生产潜力发挥的主要的限制因子, 科学的施肥可以提高水分的利用率。在降水正常的年份, 无论是田间试验还是大田生产, 本区的产量仍然仅开发了约 50%, 还有一倍的产量潜力有待开发。

参考文献:

[1] 钟兆站, 赵聚宝, 薛军红, 等. 晋中中山地区褐土土壤水分特征的测定与应用[J]. 中国农业气象, 1996, 17(3): 1-6.

[2] 冷石林. 北方旱农地区自然降水生产潜力的适度开发对策[J]. 中国农业气象, 1997, 18(6): 30-33.

- [3] 陶毓汾, 王立祥, 韩仕峰, 等. 中国北方旱农地区水分生产潜力及开发[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
- [4] 联合国粮食及农业组织. 产量与水的关系[A]. 粮农组织灌溉及排水丛书[M]. 罗马: 联合国粮农组织出版处, 1979.
- [5] 冷石林, 韩仕峰. 中国北方旱地作物节水增产理论与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

Water Consumption Characteristic of Spring Maize Without Irrigation

JU Hui, ZHONG Zhao zhan, YU Xiao chuan

(Agrometeorology Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Water consumption characteristic of spring maize without irrigation in different precipitation years was studied. The impacts of fertilizer to maize yield and the exploitation degree of water potential productivity were discussed. The results showed that water consumption law of spring maize was consistent in different precipitation years for normal or drought, the joint stage to tasselling stage was the peak of water consumption. The amount of precipitation can meet the need of maize growth in normal rainfall years. In this region, the key problem for agricultural development is to enhance the rainfall use efficiency and scientific fertilization can improve the rainfall use efficiency. There is 50% rainfall potential productivity can exploit.

Key words: Spring maize; Field; Water consumption characteristic