

渭北旱塬丰水年春玉米产量潜势 及水肥效应研究

董大学 邵明安 李玉山

中国科学院
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100

提 要

采用田间试验方法对渭北塬区春玉米进行旱作产量潜势和水肥效应定量研究,结果表明:该区丰水年份春玉米产量潜势为603.6Kg/亩,产量潜势系数为1.0,自然降水可完全满足春玉米生长需要。在此基础上所进行的人工田间供水(以提高土壤水分水平)会导致水分利用率的降低,但不会造成减产。相反,无论在何种水分条件下培肥地力,不仅可以大幅度提高春玉米产量,还能明显提高水分利用率。

关键词: 渭北旱塬 丰水年 春玉米 产量潜势 水分利用效率

Study on Yield Potentiality of Spring Corn and Effect of Water and Fertilizer in Abundant Rain Year in Wenbei Plateau

Dong Daxue Shao Mingan Li Yushan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Resources, Yangling Shannxi, 712100)

Abstract

Yield potential of nature precipitation and effect of water and fertilizer for spring corn growth had been studied by means of field experiment and statistical analysis. Results show that the yield potential was 603.6kg per mu and the potential coefficient was 1.0, which indicated that the water amount was enough to meet the requirement of the corn in abundant rain year, Improving soil fertility is the first measure to increase the spring corn yield and water efficiency at present. However, increasing water supply will reduce water efficiency but not the yield.

Key words abundant rain year spring corn yield potential water use efficiency

渭北旱塬地处陕西境内,包括黄土台塬和黄土高原南部塬区,现有耕地1 600万亩,其中旱地1 450万亩,占渭北塬区的90%以上。

由于渭北旱地面积大,又是粮食主要产区,因而对陕西粮食生产起着举足轻重的作用。自1984年起,我们在渭北旱塬西部地区连续进行“旱地生产潜势”田间试验,旨在确定该区旱地作物产量潜势及早地农田供水对作物水分需求满足程度,同时了解不同水分条件下的肥力效应以及不同肥力条件下的水分效应。1988年度春玉米生长季节雨量充沛,属丰水年份,现就丰水条件下渭北旱地春玉米产量潜势及水肥效应进行分析讨论。

一、试验方法

试验设肥力、水分二个因子,其中肥力因子分高肥、低肥二个水平;水分因子分高水、中水、低水三个水平。共6个处理,重复3次,小区面积0.08亩,隔离带宽1m。水肥处理编号见表1。

表1 水肥处理编号

| 水分水平 | 肥力水平 | |
|------|------|----|
| | 高肥 | 低肥 |
| 高水 | I | II |
| 中水 | III | IV |
| 低水 | V | VI |

高肥处理:亩施有机肥5 000kg,纯氮10kg,纯 P_2O_5 10kg;低肥处理:亩施有机肥2 500kg。试验所施有机肥、磷肥,全部为底肥,结合播前耕地一次施入,氮肥分底肥和喇叭口期追肥两次施入,每次各一半,水分因子通过灌水控制,灌水定额和灌水时期通过定期测定的土壤含水量及平均日耗水量确定。高水处理:生育期充分供水,以使水分因子不限制玉米生长为原则;低水处理:不给水,即旱地农业;中水处理:取高水与中水的中间状态,一般视降雨情况在玉米整个生育期(拔节期、抽雄期)灌水1~2次。试验各处理田间实际供水定额及时期见表2。

试验于4月21日播种,9月15日收获,全生育期146天,品种为丹玉13号,密度为2 800株/亩;试区土壤属中壤质黑垆土;主要物理性状见表3。

表2 各处理田间实际补
给水定额及时期

| 处理 | 日期 (月、日) | | 合计 |
|--------|-------------|-------|-----|
| | 06.17 | 08.07 | |
| 高水(mm) | 75 | 60 | 135 |
| 中水(mm) | 0 | 60 | 60 |
| 低水(mm) | 0 | 0 | 0 |

表3 试区土壤物理性状

| 层次 | 深度 (cm) | 田间持水量 (容积%) | 萎蔫湿度 (容积%) | 容重 (g/cm ³) | 颗粒组成 <0.01 |
|-----|------------|----------------|---------------|----------------------------|---------------|
| 熟化层 | 0~40 | 28.1 | 9.0 | 1.35 | 37.1 |
| 古耕层 | 40~60 | 29.4 | 11.9 | 1.42 | 45.5 |
| 垆土层 | 60~120 | 28.4 | 10.6 | 1.26 | 45.9 |
| 过渡层 | 120~180 | 26.9 | 9.5 | 1.24 | 41.8 |
| 淀积层 | 180~220 | 29.1 | 9.6 | 1.31 | 39.5 |
| 母质层 | 220~300 | 30.5 | 9.5 | 1.36 | 40.6 |

二、试验年农田水分状况分析

(一)播前土壤贮水量分析 在春玉米播种前一天对土壤湿度进行打钻烘干测定,样点均匀分布,重复数次。测定结果表明:以0~300cm计,土层贮水量为651.5mm,较干旱的1987年播前3m土层贮水量高52.7mm,0~100cm春玉米主要用水层贮水量为256.9mm,占3m土层贮水量的39.4%,这对春玉米生长前期土壤供水以及整个生育期水分调节起到重要作用。

(二)春玉米生育期降水分析 将试验年份春玉米生长季降雨量与该地区同期多年平均降雨量作一比较(表4和附图),可以看出:

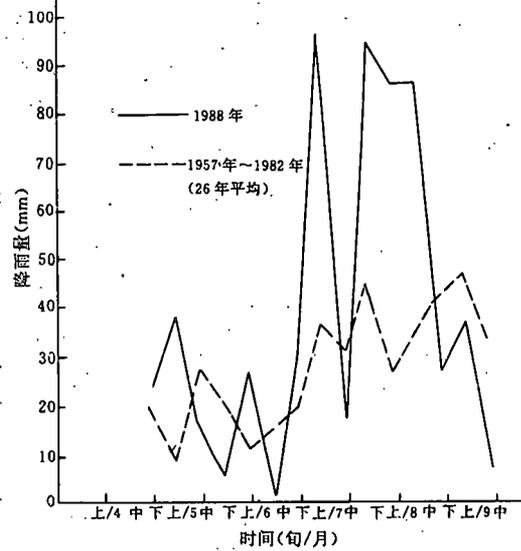
表4 1988年春玉米生长季降雨量与多年平均降雨量

| 月 份(月) | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 合计 | | | |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 旬 | | 下 | 上 | 中 | 下 | 上 | 中 | 下 | 上 | 中 | 下 | 上 | 中 | | | | |
| 降雨量 (mm) | 1988年 | 24.1 | 39.4 | 14.3 | 5.7 | 28.7 | 0.0 | 30.1 | 95.6 | 16.0 | 95.3 | 85.4 | 86.5 | 26.2 | 37.8 | 5.3 | 590.4 |
| | 1957~1982年 年平均 | 15.5 | 9.0 | 18.1 | 21.5 | 10.6 | 14.9 | 19.6 | 36.8 | 30.7 | 44.8 | 26.8 | 35.2 | 41.5 | 46.7 | 30.1 | 405.8 |

1. 试验年份春玉米生育期降雨总量明显高于同期多年平均降雨量。1988年春玉米生育期降雨量合计为590.4mm,1957~1982年26年平均降雨量为405.8mm,前者较后者高出45.5%。

2. 试验年份降雨分布和春玉米生长需水吻合较好。本区域春玉米生长需水的基本规律反映在“累积需水量—生育期”图上呈“S”型,即前期需水少,中期多,后期又少,且有两个需水临界期,拔节期和抽雄期。试验年降雨从6月下旬急剧增多,且使土壤水一直稳定在高水分条件下。同时,在6月上旬和7月上旬两个需水临界期都有较多降雨,水分保证率很高。

从以上两点可以得出结论,该试验年份对春玉米生长属丰水年。



附图 试验年春玉米生育期降雨分布与多年平均降雨量比较

表5 区组和处理产量双向表

| 处理 | 区 组 | | | | X 处理 |
|------|---------|---------|---------|----------|----------------|
| | 一 | 二 | 三 | T 处理 | |
| I | 1 148.2 | 1 418.1 | 1 375.5 | 3 941.8 | 1 313.9 |
| II | 762.8 | 815.1 | 868.5 | 2 446.4 | 815.4 |
| III | 1 275.1 | 1 314.5 | 1 394.6 | 3 984.2 | 1 328.1 |
| IV | 739.0 | 727.5 | 714.0 | 2 180.5 | 726.8 |
| V | 1 167.9 | 1 280.5 | 1 173.1 | 3 621.5 | 1 207.2 |
| VI | 1 063.3 | 769.2 | 501.7 | 2 334.2 | 778.1 |
| T 区组 | 6 156.3 | 6 324.9 | 6 027.4 | 18 508.6 | (T) |
| X 区组 | 1 026.1 | 1 054.2 | 1 004.6 | | (X) 1 028.3 |

表6 方差分析和F测验表

| 变异来源 | DF | SS | MS | F | F _{0.05} | F _{0.01} |
|------|----|--------------|--------------|-------|-------------------|-------------------|
| 区组间 | 2 | 7 419.3 | 3 709.65 | 0.17 | 4.10 | 7.56 |
| 处理间 | 5 | 1 206 709.9 | 241 341.98 | 11.28 | 3.33* | 5.64** |
| 水分 | 2 | 15 593.9 | 7 796.93 | 0.36 | 4.10 | 7.56 |
| 肥力 | 1 | 1 168 614.7 | 1 168 614.72 | 54.63 | 4.96* | 10.04** |
| 水×肥 | 2 | 22 501.3 | 11 250.66 | 0.53 | 4.10 | 7.56 |
| 误差 | 10 | 213 900.6 | 21 390.06 | | | |
| 总变异 | 17 | 1 428 029.78 | | | | |

三、试验结果

(一) 将实产量方差性分析

列出区组和产量双向表见表5,方差分析结果列于表6。表5、表6结果反映出:

1. 区组间、水分因子各水平间、水肥交互作用“水×肥”间各项变异的F值均小于对应的F_{0.05},产量无显著差异。

2. 处理间、肥力各因子间变异F值均大于对应的F_{0.01},达到极显著水平。处理间的极显著差异是由肥力间差异引起的,说明高肥与低肥处理间差异极显著。

(二) 不同处理下的产量、耗水量及水分利用效率

耗水量求算运用农田水量平衡法。

$$\Delta W = P + I - N - F + R - (E_p + E_s)$$

式中:ΔW—土壤贮水量变化(mm); P—降水量(mm); F—深层渗漏量(mm);
I—人工补给水量(mm); R—地下水补给量(mm); N—地表径流量(mm);
E_p—作物蒸腾量(mm); E_s—土壤物理蒸发量(mm)。

由于黄土母质疏松多孔,其最大渗漏率可达5.5mm/min,加之渭北旱塬塬面平整,地表径流

可忽略不计, 试验区地下水埋深一般在50m以下, 地下水难以上移补给, 另外, 由于黄土区土壤具有极好的贮水功能, 在有作物参与情况下, 即使是丰水年份, 降水入渗最大深度不超过200cm, 且大部分在100cm以内, 该区深层渗漏也可忽略, 这样水量平衡方程式可简化为:

$$\Delta W = P + I - (E_p + E_s)$$

将上式求得各处理耗水量, 列于表7。

水分利用效率(kg/mm)=产量(kg)/耗水量(mm)。ΔW通过播种期、收获期土壤含水量进行测定(测深3m)获得。

表7 总耗水量与水分生产效益

| 处 理 | 高肥高水 | 低肥高水 | 高肥中水 | 低肥中水 | 高肥低水 | 低肥低水 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 土壤水增加量(mm) | 114.5 | 107.1 | 98.8 | 120.4 | 109.3 | 143.6 |
| 降雨量(mm) | 586.0 | | | | | |
| 灌水量(mm) | 135.0 | 135.0 | 60.0 | 60.0 | 0.0 | 0.0 |
| 总耗水量(mm) | 606.5 | 613.9 | 547.2 | 525.6 | 476.7 | 442.4 |
| 籽实产量(kg) | 656.95 | 407.75 | 664.05 | 363.40 | 603.60 | 389.00 |
| 生物产量(kg) | 3 593.95 | 2 258.75 | 2 914.15 | 1 950.00 | 3 011.65 | 2 096.25 |
| 水分生产效率(kg/mm) | 1.083 | 0.664 | 1.214 | 0.692 | 1.266 | 0.880 |

从表7看出:

1. 同一土壤肥力条件下, 高水、中水、低水处理耗水量依次减小, 而收获期土壤湿度基本一致。方差分析结论已表明: 同一肥力下的产量没有差异。据此, 我们认为对高水、中水所进行的生育期补水, 基本上消耗于无效的土壤蒸发。

2. 同一水分条件下, 无论高水、中水和低水, 其对应两个肥力处理的耗水量近似一致, 说明高水、中水、低水三个水分水平均没有限制肥力因子发挥作用, 尤其是低水处理的结果, 从另一个角度表明: 高水与中水处理所进行的生育期人工供水对春玉米增产是无效的。这一结论的获得并不需要对产量作统计性分析。

3. 丰水年同一肥力水平下, 不同水分处理的水分利用效率有差异, 其顺序为: 低水>中水>高水; 同一水分水平不同肥力所对应的水分利用率也有差异, 其顺序为高肥>低肥。就差异程度而言, 肥力间水分利用率的差异远大于水分间水分利用率的差异, 表明本区在一年一作农作制度下及目前生产水平下, 培肥地力较水分补充更为重要。

4. 超额补充土壤水分没有带来玉米的增产, 但是, 即是补给最多的高水处理也没有“淹水”或引起玉米减产, 足以说明渭北旱塬黄土区土壤具有良好的物理性状和较强的“水库效应。”

(三) 需水量及水分产量潜势系数

需水量为最高产量水平下所对应的最低耗水量。本试验年份春玉米的需水量应为处理 V(高肥、低水)之耗水量, 其值为476.7mm。

水分产量潜势系数是我们用以反映自然降水条件下, 其自然降水产量与水分充裕产量的“接近”或差异程度而引入的一个指标值, 它直观地、定量地描述了当前该区农田供水对作物整体需水的满足程度。

水分产量潜势系数求算式为: $K_{ap} = y_d / y_m$ 其中 y_m 为“高肥”、“高水”处理产量, y_d 为“高肥”、“低水”处理产量, 产量间差异性依赖于统计分析。

从表6方差分析结果得知:本年度 y_d 与 y_m 无显著差异,所以 $y_d = y_m$, 其值为603.6kg,代入上式得 $K_{dp} = 1.0$ 。

即丰水年春玉米生长季旱作农田供水已达到春玉米需水要求,水分满足率为100%。

四、小 结

1. 在丰水年份,尤其是春玉米生长后期降雨充沛条件下,旱作农田供水可以满足水分潜势产量对水分的需要。

2. 在渭北塬区丰水年份,培肥地力对春玉米增产有极为显著的作用,是当前旱作增产的主导因素。

3. 丰水年肥力的提高有利于春玉米水分利用率的提高,而水分水平的提高有损于水分利用率,它将导致水分利用率降低。

4. 超额供水不会导致春玉米产量的降低,充分显示出黄土极其良好的土壤物理性质和较强的“水库效应”。但超额供水将增加土壤水分的无效蒸发。