

# 关中雨养麦田施肥的节水 增产效应研究

戴万宏 吕殿青 刘胜利

(陕西省土壤肥料研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 采用田间定位试验方法研究了关中塿土区雨养麦田施肥对小麦产量和水分利用效率的效应。结果表明,增施肥料能显著提高该区雨养麦田的产量和水分利用效率,是充分利用此区自然降水,提高当前粮食产量的最有效途径;水分条件尚不足已强烈限制粮食产量的提高,反过来,干旱年份更能显示出施肥的节水增产效应。

**关键词** 雨养麦田 施肥 水分利用效率 作物产量

## Influence of Fertilization on Water Utilization Efficiency and Grain Yield in Rainfed Wheat Field in Guanzhong Region

Dai Wanhong Lu Dianqing Liu Shengli

(Shaanxi Soil and Fertilizer Institute, Yangling Shaanxi, 712100)

**Abstract** The site field experiments were conducted on dryland of Guanzhong region in 1992~1994. Grain yield, water consumptions for winter wheat, the changes in moisture storage down to a depth of 2m, and water utilization efficiency were measured. The results show that there was extreme significance at 1 percent level among different treatments of fertilization and the effect of fertilizer on increased winter wheat yield and water utilization efficiency in various arid year (1993~1994) was greater than that in common or humid year (1992~1993). It can be confirmed that the primary constraint for winter wheat yield at present in dryland of experimental region is poor fertility, not water deficit.

**Key words** rainfed wheat field fertilization WUE grain yield

黄土高原南部地区是我国以生产冬小麦为主的古老雨养农业区,70年代以前,粮食单产一直在750~1500kg/hm<sup>2</sup>的低水平上徘徊,人们普遍认为造成这种低产的主要原因是干旱的问题。近年来,科技人员通过对此区旱地农田水量平衡和作物丰产水分条件的深入研究,对此区粮食生产的限制因素有了一个新的认识,即:影响此区粮食产量的首要限制因素是肥,而不是旱<sup>[1][2]</sup>;并且认为此区农田水分条件尚具有很大增产潜力。因此,如何通过合理增加施肥来提高雨养农田水

分的利用效率,增加粮食产量,是节水农业研究中的一个重要课题。这也正是本文所要研究解决的问题。

## 1. 研究方法和试验地自然条件

试验设在黄土高原南部“国家黄土肥力和肥料效益监测基地”旱作试验区内。海拔524.7m;土壤为褐土类塬土亚类,质地粉砂粘壤,0~200cm土层容重 $1.39\text{g/cm}^3$ ,田间持水量21.2%,凋萎湿度9.9%;土壤肥力很差(试验开始前约六年未施任何肥料),其中有机质 $10\text{g/kg}$ ,全氮 $0.83\text{g/kg}$ ,碱解氮 $35\text{mg/kg}$ ,全磷 $1.5\text{g/kg}$ ,速效磷 $6\text{mg/kg}$ 。

该试验地区年均降雨量500~600mm,年均水面蒸发量1400mm,气候上属于半湿润易旱区;此区降水年际变幅较大,年度内分布不均,冬小麦生育期间降水较少;试验进行的两年中,1992年6月~1993年6月降水量为728.5mm,冬小麦生育期间降水量为200.5mm,属于丰水年;1993年6月~1994年6月降水量为332.2mm,冬小麦生育期间降水量为126.0mm,属于特别干旱年且干旱持续时间特别长。

试验从1992年秋播开始,持续两年到1994年夏收结束为止,采用一年一熟的常规轮作方式和田间定位的研究方法(即小区处理不变)。试验在作者多年肥料试验结果的基础上选择设置了4个处理:(1)CK(不施肥),(2)低肥( $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$ ,即施纯氮 $60\text{kg/hm}^2$ , $\text{P}_2\text{O}_5$  $60\text{kg/hm}^2$ ,下同),(3)中肥( $\text{N}_{120}\text{P}_{120}$ ), (4)高肥( $\text{N}_{180}\text{P}_{180}$ );重复4次,小区面积 $16\text{m}^2$ ,随机排列;肥料用尿素和普钙,均于播前一次施入。1992年秋播小麦品种为陕229,1993年为陕408,均于来年6月收获,单收单打。试验前和收获后分别测定0~200cm土层含水量,并记录生育期降水量。

## 2 试验结果和分析

### 2.1 不同施肥水平下的产量效应

两年田间试验的产量结果列于表1。由表中数据可以看出,施肥可以大大提高冬小麦的产

表1 不同施肥处理的冬小麦产量和F值检验

| 处理 | 1992~1993        |                  |         |    |    | 1993~1994        |                  |         |    |    |
|----|------------------|------------------|---------|----|----|------------------|------------------|---------|----|----|
|    | 产量               | 增产               | 差异显著性 # |    |    | 产量               | 增产               | 差异显著性 # |    |    |
|    | $\text{kg/hm}^2$ | $\text{kg/hm}^2$ | %       | 5% | 1% | $\text{kg/hm}^2$ | $\text{kg/hm}^2$ | %       | 5% | 1% |
| 对照 | 1534.5           |                  |         | a  | A  | 1246.5           |                  |         | a  | A  |
| 低肥 | 2313.0           | 778.5            | 51      | b  | B  | 2740.5           | 1494.0           | 120     | a  | B  |
| 中肥 | 2695.5           | 1161.0           | 76      | b  | B  | 3157.5           | 1911.0           | 153     | c  | B  |
| 高肥 | 3145.5           | 1611.0           | 105     | c  | B  | 4098.0           | 2851.5           | 229     | d  | C  |
| F值 | 24.1*            |                  |         |    |    | 135.3**          |                  |         |    |    |

# L. S. R-T法(L. S. S-Ttest), \*  $F_{0.05}=3.29$ , \*\*  $F_{0.01}=5.42$ ,  $n=16$ 。

量,而且在试验条件下施肥量愈大产量提高愈多;两年试验结果趋势完全一致;但幅度有所不同,1993~1994年度施肥处理的增产幅度远远高于1992~1993年度,分别提高了69%,77%和124%。表中所列的F值检验也证明不同施肥水平下冬小麦产量之间的差异达到极显著水平,同时多种比较检验结果说明,两年试验结果中施肥的各个处理的冬小麦产量与不施肥的CK的冬小麦产量之间差异均达到极显著水平,而施肥的各处理冬小麦产量之间的差异水平在试验的两年间则略有差别,1992~1993年,高肥处理与低肥中肥之间有显著差异,而低肥与中肥之间差异不显著;1993~1994年,施肥的各处理之间冬小麦产量的差异水平则刚好比1992~1993年提高一个档次。这一方面说明干旱年份(1993~1994年)更能显示出施肥对作物增产的重要性;另一方面也可能

有1992~1993年施肥的后效。

由以上结果和取得的气象资料可以得出结论,合理地增施肥料和培肥地力是提高此种冬小麦产量水平的首要因素。水条件尚不足以构成对当前产量提高的限制。

## 2.2 不同施肥水平下冬小麦的耗水状况和水分利用效率

雨养农田可供作物利用的水分一方面来自于自然降水,另一方面来自于土壤供水<sup>[3]</sup>。通过测定的冬小麦播前和收获后0~20cm 土层土壤含水量,计算出冬小麦生育期间不同处理0~200cm 土层消耗水量(表2)。由表2可以看出,旱地土壤在冬小麦生育期间提供给冬小麦利用的水分是很重要的,随着处理区施肥量的提高,土壤供给冬小麦吸收利用的水分数增加,两年试验结果的趋势完全一致。

表2 旱地不同施肥水平下冬小麦的耗水量,耗水系数和水分利用效率

| 处理        | 2m 土层消耗水量<br>(mm) | 生育期降水量<br>(mm) | 冬小麦耗水量<br>(mm) | 耗水系数<br>(kg 水/kg 麦) | 水分利用效率<br>(kg/mm·hm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 1992~1993 |                   |                |                |                     |                                    |
| 对照        | 127.4             | 200.5          | 327.9          | 2138                | 4.68                               |
| 低肥        | 146.1             |                | 346.6          | 1500                | 6.67                               |
| 中肥        | 151.3             |                | 351.8          | 1306                | 7.55                               |
| 高肥        | 156.6             |                | 357.1          | 1136                | 8.80                               |
| 1993~1994 |                   |                |                |                     |                                    |
| 对照        | 121.9             | 126.0          | 247.9          | 1990                | 5.03                               |
| 低肥        | 143.4             |                | 269.4          | 984                 | 10.17                              |
| 中肥        | 151.2             |                | 277.2          | 878                 | 11.83                              |
| 高肥        | 157.6             |                | 283.6          | 693                 | 14.45                              |

农田水量平衡原理是研究雨养农田水分利用的基础,对黄土高原南部旱农区,已有的研究资料证明冬小麦生育期消耗土壤水分基本上在0~200cm 土层<sup>[3][4]</sup>。结合本试验地自然和土壤条件,冬小麦生育期地面径流及200cm 以下土层水分交换可忽略不计,因此得到本试验条件下的旱地农田水量平衡方程:冬小麦消耗水量=生育期降水量+生育期2m 土层消耗水量,依据此方程计算出各处理的冬小麦水量(表2),进而结合产量换算出冬小麦的耗水系数和水分利用效率(表2)。由表2看出,施肥处理冬小麦的耗水量均比对照有较大增加,其中高肥处理增加量最大,两年试验中分别增加了66.6mm 和35.7mm。耗水系数随施肥量增加呈现显著下降趋势;水分利用效率则随施肥量增大显著提高,1992~1993年施肥处理水分利用效率比对照分别提高了1.39,2.28和3.52kg/(mm·hm<sup>2</sup>),1993~1994年分别提高了5.14,6.30,9.24kg/(mm·hm<sup>2</sup>)。从中可以看出施肥能够明显提高冬小麦的水分利用效率,这和以前的研究结果相一致<sup>[5]</sup>,但提高的幅度要受到其它因素(如降雨量和土壤基础肥力)的制约。本试验开始土壤肥力很差,加上1992~1993年降雨量较大,因此使得这一年冬小麦水分利用效率由于施肥而提高的幅度不够理想;而经过1992~1993年的土壤培肥,再加上1993~1994年降雨量很少,因此使得1993~1994年冬小麦水分利用系数由于施肥而比对照有大幅度提高,其中高肥处理提高了9.42kg/(mm·hm<sup>2</sup>),达到14.54kg/(mm·hm<sup>2</sup>),即每公顷每mm 水分要生产14.45kg 小麦籽粒。

土壤中储存着大量可供作物吸收利用的水分,作物利用这部分水分的多少,与作物本身生长状况有关,同时对形成籽粒产量有着举足轻重的作用<sup>[2,3]</sup>。用试验各处理冬小麦播种和收获时0~200cm 土层有效水分储存量计算出冬小麦生育期0~200cm 土层有效水分利用率和剩余率(表3),以此来说明不同施肥水平下冬小麦对土壤水分的利用程度。由表3可以看出:施肥处理冬

小麦生长健壮,吸收利用土壤水分较多,土壤有效水分利用率随施肥量增大而提高。而试验的不同年份间也出现较大差异,1992~1993年土壤有效水分利用率只有41.1%~50.6%,剩余率达58.9%~49.4%,也就是说0~200cm土层有一半以上有效水分尚残留在土壤中,未被冬小麦吸收利用,而1993~1994年土壤有效水分利用率则提高到50.0%~71.5%,只有50.0%~28.5%的有效水分残留在土壤中,未被冬小麦利用,这也说明了干旱条件下冬小麦在养分充足供应情况下能够通过自身调节作用最大限度地利用土壤水分以满足代谢所需水分<sup>[6]</sup>。

表3 冬小麦收获时0~200cm 土层有效水分利用率和剩余率

| 处理        | 播种时土壤有效<br>水分储量(mm) | 收获时土壤有效<br>水分储量(mm) | 土壤有效水分<br>利用率(%) | 土壤有效水分<br>剩余率(%) |
|-----------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|
| 1992~1993 |                     |                     |                  |                  |
| 对照        | 309.6               | 182.2               | 41.1             | 58.9             |
| 低肥        |                     | 163.5               | 47.2             | 52.8             |
| 中肥        |                     | 158.3               | 48.9             | 51.1             |
| 高肥        |                     | 153.0               | 50.6             | 49.4             |
| 1993~1994 |                     |                     |                  |                  |
| 对照        | 243.8               | 121.9               | 50.0             | 50.0             |
| 低肥        | 238.3               | 94.9                | 60.2             | 39.8             |
| 中肥        | 224.1               | 72.9                | 67.5             | 32.5             |
| 高肥        | 220.5               | 62.9                | 71.5             | 28.5             |

综上所述,旱地增施肥料可以促进冬小麦健壮生长,扩大冬小麦吸收利用水分的空间,同时使冬小麦通过自身调节而最大限度地利用土壤水分和自然降水,提高冬小麦产量和旱地水分的利用效率;反过来,干旱又使得肥料的增产效果和提高水分利用效率的效果更加明显。因此,在黄土高原南部雨养农业区,增加肥料投入是节水增产的最有效和最经济的途径。

#### 参考文献

- 1 陕西省土壤学会. 渭北旱塬土壤培肥的途径和措施. 陕西农业科学, 1983, (3): 1~4
- 2 李玉山, 张孝中, 郭民航. 黄土高原南部作物水肥产量效应的田间研究. 土壤学报, 1990, 27(1): 1~7
- 3 赵聚保, 梅旭荣. 晋东南地区旱地农田土壤水分状况及水分循环特征. 中国农业科学, 1992, 25(6): 1~8
- 4 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响. 生态学报, 1983, 3(2): 91~101
- 5 周凌云. 封丘地区雨养麦田的水分供应和产量潜力. 土壤学报, 1993, 30(3): 297~303
- 6 戴万宏, 吕殿青. 塿土旱作区施肥对冬小麦产量和水分利用率的影响. 西北农业大学学报, 1993, 21(增刊): 90~93