

# 干旱年型下渭北塬地冬小麦产量 潜势及水肥效应研究

董大学 李玉山

## 提 要

在田间用常规土壤湿度系列测定及人工灌溉方法有效地控制土壤湿度,从而造成冬小麦各生育期内土壤“充分供水”、“适水”、“旱作”3种水分状况;同时,设“高肥”、“低肥”处理。通过产量方差性分析,潜势系数求算等步骤,得出渭北旱塬水肥因子潜势产量。结果表明,在8年一遇的严重干旱年份下,本区冬小麦水肥产量潜势系数分别为 $k_{dp}=0.544$ ,  $k_f=0.670$ 。肥力的增产作用除表现为本身对冬小麦的直接营养作用外,还表现为肥力提高后可增强冬小麦对土壤水分的充分利用。灌浆期土壤水分状况对形成产量至关重要。试验表明,该期适宜土壤湿度应为14—17%。

陕西渭北旱塬地区,位于黄土高原南部,耕地面积1800万亩,其中小麦900万亩,是我国著名的小麦产区。近年来,由于水资源供求矛盾加剧,突出了旱作农业的地位,旱地农业生产的潜力问题尤其引起人们的关注。

## 研 究 方 法

试验布设在具有代表渭北旱塬地区气候与土壤条件的长武县丁家乡十里铺村。试验设计取水分和肥力两因子,其中水分因子设“高水”、“中水”、“低水”3水平,肥力因子设“高肥”、“低肥”两水平,共组成6个处理小区,面积1/30亩,3次重复,重复内各处理随机排列。供试验作物为小麦。

表1 水分和肥力因子各水平控制条件

因子	水平	各水平控制条件
水	高水	使水分因子不成为限制条件,生育期补给水180—225mm
	中水	土壤水分条件适中,生育期补给水90—105mm
	低水	生育期补给水为零,即旱作。
肥力	高肥	肥力适宜。亩施有机肥5000kg,纯氮10kg,纯磷10kg
	低肥	肥力欠缺,亩施纯氮8kg,纯磷8kg

试验区海拔1200m,年平均降水量584.0mm,干燥度1.24,中壤质黑垆土,物理性状见表2。

在取得无水分限制条件下的作物最大产量 $Y_m$ ,旱作高肥条件下的产量 $Y_{a_1}$ ,旱作

表 2 试验区土壤物理性状

层 次	深 度 (cm)	田间持水量 (容积%)	萎蔫湿度 (容积%)	容 重 (g/m <sup>3</sup> )	颗粒组成 ( $<0.01\text{mm}$ ) (%)
熟化层	0—40	28.1	9.0	1.35	37.1
古耕层	40—60	29.1	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

低肥条件下产量 $Y_{a_2}$ 后，采用水分潜势系数 $k_{dp}$ ，肥力作用系数 $k_f$ 来表示水肥潜势。

### 结果与讨论

1. 降雨量与播前底墒分析。试验年份小麦于1986年9月15日播种，1987年7月1日收获，其间共降雨275.6mm，较本区26年间同期平均降雨量的313.3mm减少12.1%，略低于平均值，属中常年份。渭北高塬地，旱作麦田水分来源有二：一是生育期降雨，二是播前底墒，即初始土壤有效水分贮存量，其供给一般为120—230mm。黄土高原区因有深厚土层形成的土壤水库供水调节功能，决定了底墒是形成小麦产量的主导水分因素，尽管它的供水仅占总耗量的40%。曾有试验结果表明，本区底墒有效贮量和单产之间存在直线关系，即 $Y = 72.3 + 2.45X$ （Y为亩产，X

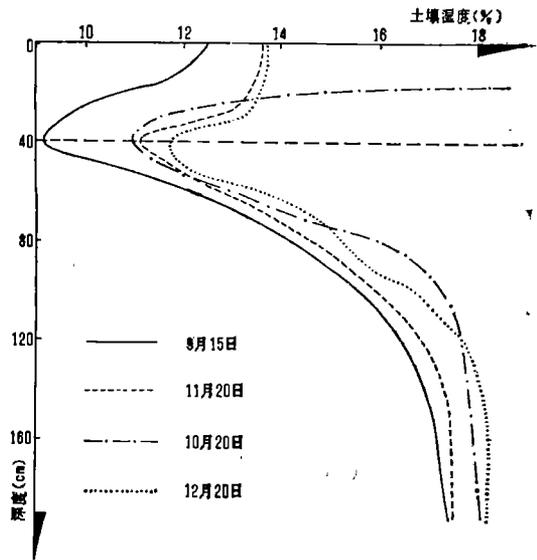


图1 底墒入渗深度图

为底墒有效量)，相关系数为 $r = 0.973$ 。我们取计划层300cm，测得试验年播前土壤湿度如表3。可以看出，0—50cm土壤湿度平均为10.1%，远没有达到播种期要求的

表 3 试验年播前土壤湿度

深 度 (cm)	0—50	50—100	100—200	200—300
平均湿度 (%)	10.5	14.1	17.1	17.5

适宜水分条件。若换算为毫米数，0—300cm初始土壤有效贮水量为108.1mm，占常态贮量的40%，本试验年底墒渗深亦仅为40cm，见图1。综观生育期降雨和底墒两因素，试验年属严重干旱年份。

## 2. 方差性分析各处理产量结果如下：

处理 I	高肥高水，	10.30kg/区，	折309.0kg/亩
处理 II	低肥高水，	8.80kg/区，	折264.0kg/亩
处理 III	高肥中水，	10.10kg/区，	折303.0kg/亩
处理 IV	低肥中水，	8.40kg/区，	折252.0kg/亩
处理 V	高肥低水，	5.60kg/区，	折168.0kg/亩
处理 VI	低肥低水，	3.75kg/区，	折112.5kg/亩

方差分析结果表明，肥力间、水分间各水平均达 $\alpha = 0.01$ 极显著水平，说明在干旱年份下，本区土壤自然供水已不能满足水分潜势产量的需求，同时表明施肥有明显的增产作用。

3. 水分产量潜势系数 $k_{dp}$ 及肥力作用系数 $k_f$ 值。 $k_{dp}$ 指在养分供应充足、栽培优化条件下，旱作产量与农田充分供水产量之比值，即 $k_{dp} = Y_{a1}/Y_m$ ； $k_f$ 指旱作下的低肥产量与高肥产量之比值，计算式为 $k_f = Y_{a2}/Y_{a1}$ 。 $Y_m$ 是以产量无显著差异的各处理间消耗水量最低者确定的。本试验中水分各处理间均达极显著水平， $Y_m$ 应为10.30kg， $Y_{a1}$ 为5.60kg， $Y_{a2}$ 为3.75kg。

求得： $k_{dp} = 0.544$ ， $k_f = 0.670$

这一结论表明，干旱年份下渭北塬地土壤供水不足，将导致冬小麦产量较潜势产量减少45.6%，肥力亏缺可使产量减少33.0%。

## 4. 各处理间耗水量及水肥效应。耗水量依据水量平衡方程式求算：

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

其中：P—降水量；I—补给水；

N—地面径流；F—深层渗漏量；

R—地下水补给量； $E_p$ —作物蒸腾量；

$E_s$ —土壤物理蒸发量。

黄土母质疏松多孔，其最大渗透率可达5.5mm/分钟，加之塬面平整，表面径流可以忽略，试验区地下水埋深一般在50m以下，地下水难以补给，降水入渗多在100cm以内，无渗透现象。所以方程中N、R、F项均可忽略不计。简化方程为：

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

求得各处理耗水量列于表4。

**肥力效应。**从上表看出，无论是“高水”、“中水”、“低水”，所对应下的肥力处理间耗水量均有差异，且呈现出明显规律，即同一水分处理下的高肥耗水量总大于低肥耗水量。可见，施肥可促进冬小麦对土壤水分的充分利用，这是肥力增产的间接作用。

有试验指出，由于植物对逆境胁迫的反应有某些共同的生理生化和形态结构基础，因此营养缺乏对植物产生的一些适应性反应，或许对它在遭受水分胁迫时是有利的。据此认为，在严重干旱时，施肥不当会使作物遭受更严重的水分胁迫，导致减产或增产效益

表4 作物生育期各处理耗水量

处理号						
项目	I	II	III	IV	V	VI
降雨量 (mm)	275.6					
补给水量 (mm)	285.0		105.0		0.0	
$\Delta W$ (mm)	-46.2	+126.0	+3.2	+33.8	-41.4	-22.6
耗水量 (mm)	606.8	434.6	374.4	296.8	317.2	298.2
产量 (kg)	309.0	264.0	303.0	252.0	168.0	113.0

不大。本试验过程中没有同时进行生理生化方面的分析，但就产量结果而言，并没有出现这一结果。

**水分效应。**结合不同生育期各“水分处理”土壤湿度动态与冬小麦各生育期适宜水分条件(见表5)及产量结果得出，在本区冬小麦整个生育期中，水分作用主要表现在返青后至成熟期。播种至返青前的6个月中，小麦处于盘根阶段，由于气候寒冷，地上部基本停止生长，失水主要表现为土壤物理蒸发，用水很少。返青后，随气温升高，蒸腾、蒸发都逐渐加强，此阶段水分作用才得以充分发挥。

表5 小麦生育期各水分处理土壤水分状况对比

生育期		播种期	分蘖期	越冬期	返青一起身—拔节	孕穗—灌浆—成熟
项目						
适宜水分条件	日/月	15/9—22/9	7/10—20/11	20/11—10/3	10/3—2/4—18/4	20/4—2/6—27/6
	层次	30cm以上	50cm以上	50cm以上	100cm以上	200cm以上
	湿度%	17—20	17—21	16—21	16—18	14—18
高水%	10.73	12.60	14.39	17.40	16.20	
中水%	10.73	12.60	12.70	17.40	14.60	
低水%	10.73	12.60	12.70	12.90	13.10	

返青前，“中水”与“低水”（旱作）处理土壤水分状况完全一致，3月27日施行一次人工灌水，使“中水”与“低水”产生差异。小麦返青—拔节期，100cm土层内湿度平均值相差4.5%，孕穗—成熟期200cm土层内湿度平均相差1.5%。从小麦产量看，在“高肥”、“低肥”处理下，“中水”与“低水”产量之差分别为135.0kg/亩、139.5kg/亩，说明返青—成熟阶段土壤水分状况之重要。再拿“高水”与“中水”作比较，全生育期二者水分状况差异有两个阶段：一是越冬期；一是返青—成熟期，土壤湿度平均值相差分别为1.9%、1.6%。由于返青成熟期“高”、“中”水处理都达到此阶段“适宜水分条件”，所以它们应

属同一等级。这样，整个生育期中“高水”与“中水”处理仅存一处差异，即越冬期。产量结果表明，无论那一种肥力下，虽然“高水”与“中水”间产量存在方差性分析上的差异，但绝对产量相差并不悬殊。高肥下“高”、“中”水相差6.0kg/亩，低肥下“高”、“中”水相差12.0kg/亩。这从另一个角度表明，土壤水分状况对冬小麦影响主要表现在返青—成熟期，而不是越冬期。

灌浆期是小麦形成经济产量的关键期，此时土壤水分状况显得特别重要。通过对各处理小麦灌浆期干物质积累的观测，适宜的水分状况可延长本区冬小麦的灌浆时间，加快灌浆速度。水分过高或过低都将影响灌浆时间和速度(见图2、图3)。灌浆期适宜的土壤湿度一般为14—17%。

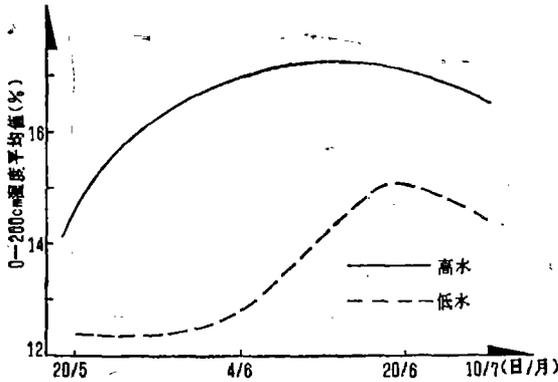


图2 “高”“低”水土壤湿度平均值

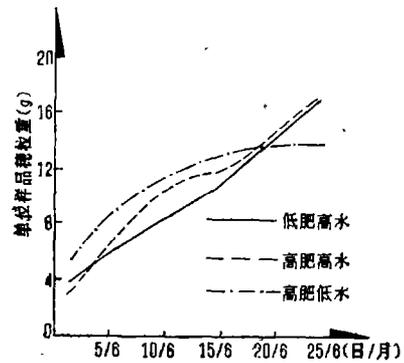


图3 不同“水分”“肥力”下样品穗粒重

## 结 语

干旱年份下，渭北塬地水肥产量潜势系数分别为 $k_{dp} = 0.544$ ， $k_f = 0.670$ 。自然降水使本区冬小麦产量较水分潜势产量减少45.6%，肥力亏损导致减产33.0%。可见，即使在干旱年，施肥仍是提高本区冬小麦产量的有效途径。

肥力的增产作用表现为两个方面：一是本身对冬小麦的直接营养作用；一是它可促进冬小麦对土壤水分的充分利用。旱作情况下的施肥可使亩产提高55.0kg，没有出现减产现象。

渭北塬地大田生产中水分状况是不可控的，唯有靠自然降水。但就水分作用时段而言，水分的增产作用主要表现在小麦返青后至成熟阶段。返青前，由于地上部停止生长，物理蒸发量很小，所以越冬期并不需要太高的土壤湿度。灌浆期是形成产量的关键时期，适宜的土壤水分将延长灌浆时间，加快灌浆速度。试验结果表明，这一湿度范围应是14—17%，过高或过低的土壤湿度都对灌浆不利。

## 参 考 文 献

- [1] 李玉山：“渭北旱塬土壤水分动态规律及其与小麦生长的关系”，《陕西农业科学》1982年2期。
- [2] 朱自玺、牛现增、侯建新：“麦田水量平衡的动态分析”，《国际农业气象学术讨论会论文集》1987年，34—36页。
- [3] 徐萌：“无机营养和水分胁迫对小麦生长发育和产量形成的影响”，《西北水土保持研究所集刊》1988年第8集，65—72页。

## Field Study on Yield Potentiality of Winter Wheat and Effect of Water and Fertilizer

*Dong Daxue Li Yushan*

### Abstract

The experiments reported here were done at Changwu county. Soil water was controlled by irrigation, three water-states, i. e. full water condition, suitable supplying water and rain fed were made all growing stage of winter wheat. At the same time, we design high fertilizer and low fertilizer handle as well. As a results, the potentiality coefficient, potentiality of winter yeild and effect of water and fertilizer was obtained at Weibei arid plateau. The results shows that water and fertilizer potentiality coefficients are  $K_{dp}=0.544$  and  $K_f=0.673$ , respectively, in the dry year which occurs once in eight years, the fertilizer increased production effect not only for direct nutrition effect, but also increasing utility of soil water by winter wheat. Especially, the experiment shows that a appreciate soil water is 14—17% when winter wheat is in the milk stage.