

# 王东沟试区特别干旱年冬小麦减产原因浅析

钟良平

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
(水利部)

**摘要** 1992年度小麦蓄墒期降水量仅100.0mm,为有气象记录(1957年)以来的39年里最低记录值,是该年度小麦严重受旱并大幅度减产的主要原因,日均气温偏高、空气相对湿度较低、土壤供水少、底墒不足且利用不充分,加剧了干旱的程度,低水分生产效率加大了减产的幅度。与1992年度水平相当的1995年度小麦蓄墒期降水量(116.2mm)使得底墒量成为有试验资料(1985年)以来的10年里最低记录值,39年来次最低水平生育期降水量(181.4mm)犹如雪上加霜威胁着小麦生长的全过程,气温显著偏高、空气相对湿度太低形成的大气干旱与较深土层范围长时间接近凋萎湿度的土壤干旱并重影响小麦的正常生理活动,最终导致39年来最严重的特大干旱。

**关键词** 王东沟试区 特别干旱年 冬小麦 减产

## Analysis of the Yield Reduction of Winter Wheat at Wangdong Experimental Area in Special Dry Years

Zhong Liangping

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and  
Ministry of Water Resources, 712100, Yangling, Shaanxi)

**Abstract** The rainfall (100.0 mm) at soil water storage stage in 1992, which was the least value during 39 years, was considered to be the main reason that the growth of winter wheat was strongly stressed and yield decreased. Higher daily averaged temperature, lower air relative humidity and less soil water application intensified the degree of drought, and the lower water productivity increased the degree of yield reduction. The rainfall (116.2mm) at soil water storage stage in 1995, which was the same level to 1992's, caused its soil moisture before sowing to be the lowest value during 39 years. The second lowest level rainfall at growing period during 39 years had been menacing the growth of winter wheat in the whole course. The air dry for clear higher temperature and various lower air relative humidity and the long-term soil dry approaching wither soil moisture within deep soil effected the normal physiological action of winter wheat, at last, leading to the gravest dry year during 39 years.

**Key words** Wangdong experimental area; special dry year; winter wheat; yield reduction

“八五”期间,王东沟试区出现历史上罕见的高频率、大强度干旱,致使10料主产作物5料严重减产(表1)。本文就冬小麦旱情和灾情作一浅析,旨在进一步认识干旱,认识特别干旱条件下的作物反应,以利于摸清旱地农业的发展规律和采取针对性的技术措施来挖掘旱地农业生产的潜力,使之持续发展。

表1 王东沟试区近10年粮食状况

kg·hm<sup>-2</sup>

年 份 (年)	冬 小 麦			春 玉 米			粮 食		
	单产	比10年 平 均	比正 常年	单产	比10年 平 均	比正 常年	单产	比10年 平 均	比正 常年
1986	2274.0	—	—	4164.0	—	—	2734.5	—	—
1987	1863.0	—	—	4645.5	—	—	2631.0	—	—
1988	* 3132.0	—	—	* 7299.0	—	—	4117.5	—	—
1989	4701.0	—	—	7885.5	—	—	5265.0	—	—
1990	* 4179.0	—	—	8719.5	—	—	5250.0	—	—
1991	* 3885.0	—	—	3847.5	-35.9%	-48.1%	3870.0	2.9%	-12.7%
1992	1536.0	-51.0%	-60.7%	* 7416.0	—	—	3064.5	-18.5%	-30.9%
1993	4944.0	—	—	9478.5	—	—	5953.5	—	—
1994	* 3930.0	—	—	4261.5	-29.0%	-42.5%	3373.5	-10.3%	-23.9%
1995	894.0	-71.5%	-77.1%	2295.0	-61.8%	-69.1%	1360.5	-63.8%	-69.3%
平均	3133.5	—	—	6001.5	—	—	3762.0	—	—
正常年 “七五”	3655.5	—	—	7299.0	—	—	4251.0	—	—
“八五”	3907.5	—	—	7416.0	—	—	4434.0	—	—

注：“\*”代表正常年产量(综合气象条件,投肥水平确定)。

## 1 指标因子的选取和比较时段的划分

### 1.1 指标因子

各学科描述干旱不但指标值不尽相同,指标类型亦有差异。本文综合考虑干旱表现、干旱影响和干旱后果,着重选取导致干旱,同时又能反映干旱的降水、气温、空气相对湿度、土壤墒情及作物利用等因子来描述旱情,用作物产量来描述灾情。

需要说明的是,文中气象资料1957年至1987年为长武县站资料,为了更准确地评价作物生长所处的环境条件,1988年至1995年我们采用试区所在地气象资料(试区气象观测始于1987年10月),延长时间序列时用县站资料和试区站资料平均值;土壤墒情及作物利用为水分潜势试验资料;产量资料包含试验地块、试区大田和长武全县大田三部分。

### 1.2 时段划分

多年平均而言,试区小麦于上年9月下旬播种,翌年6月下旬收获。已有的研究表明:该地区小麦产量与播种时底墒关系密切,而底墒的形成及优劣很大程度上依赖和取决于约占年降水量53%的上年7月至9月降水量,小麦大量耗水在翌年4月至6月,为便于既全面又有重点地分析和年际间比较,评价降水条件时作一时段划分,具体为:上年7月至翌年6月为小麦生育年,上年10月至翌年6月为小麦生育期,上年7月至9月为雨季休闲蓄墒期也就是底墒形成期,翌年4月至6月为小麦大量耗水期。

王东沟试区所在区域有雨热同季的特点,因此,在分析评价温度条件、空气相对湿度、土壤墒情及作物利用状况时均采用评价降水条件的时段划分。

## 2 1992年度、1995年度旱情与小麦大幅度减产

通过对“八五”期间5料小麦生育年内气候条件及作物反应的综合评价,笔者认为,1991~1992年度(以收获为准简称1992年度,下同)、1994~1995年度(简称1995年度)属特别干旱年份,主要体现在以下几方面。

### 2.1 降水条件

从表2不难看出,1992年度冬小麦生育年降水明显不足,是最近10年间(平均为527.4mm)仅次于1995年度的最低值。尤其是蓄墒期降水,为39年来的最低值。生育期内,尽管前期降水偏少,由于正值小麦拔节、孕穗、灌浆的大量耗水时期降水较充沛(比近10年平均值150.3mm高出12.5%)使得生育期降水总量接近常年,在一定程度上使因蓄墒期降水严重不足形成的干旱局面有所缓和,但仍然无法弥补前期严重受旱带来的危害。

表2 长武县39年来时段干旱与小麦产量

年 份 (年)	生育年降水量 上年7月~ 翌年6月	生育期降水量 上年10月~ 翌年6月	蓄墒期降水量 上年7月~ 9月	大量耗水期 降水量 翌年4~6月	特别干 旱时段	单 产 kg/hm <sup>2</sup>		
						王东	长武	
						1960	406.4	157.2
1962	529.2	230.0	299.2	50.8	生育期	907.5	877.5	
1966	390.6	230.3	160.3	30.8	生育年	607.5	840.5	
1969	497.6	205.4	292.2	30.8	生育期	1132.5	1162.5	
1972	461.1	308.5	152.6	167.8	蓄墒期	1057.5	1057.5	
1973	400.5	209.2	191.3	107.3	生育年	1125.0	990.0	
1977	488.9	140.2	348.7	89.8	生育期	832.5	1245.0	
1979	536.9	178.3	358.6	49.8	生育期	1435.0	1747.5	
1980	448.1	193.3	254.8	149.4	生育年	510.0	487.5	
1992	359.2	259.2	100.0	169.1	蓄墒期	1536.0	969.0	
1995	297.6	181.4	116.2	59.5	生育年	894.0	649.5	
多年平均 (1957~1995)	578.7	271.8	306.9	152.8	—	—	—	
1992	比多年(mm)	-219.5	-12.6	-206.9	16.3	—	—	—
	(%)	-37.9	-4.6	-67.4	10.7	—	—	—
	绝对值排序	倒数第二	—	倒数第一	—	—	—	—
	水平值排序	倒数第二	—	倒数第一	—	—	—	—
1995	比多年(mm)	-281.1	-90.4	-190.7	-93.3	—	—	—
	(%)	-48.6	-33.3	-62.1	-61.1	—	—	—
	绝对值排序	倒数第一	倒数第四	倒数第二	倒数第四	—	—	—
	水平值排序	倒数第一	倒数第二	倒数第一	倒数第一	—	—	—

1995年度小麦大量耗水期、生育期及生育年降水均为近10年最低记录值。蓄墒期降水虽然绝对值略高于1992年度同期降水量,但统计分析表明它们是同一水平,均为39年来最低水平值。另外,大量耗水时期不足常年同期降水40%的有限降水只有后期(6月2日)的一次过程(19.8mm)属有效降水,其余均在10.0mm以下,无济于事,造成该年度小麦全期严重受旱的局面。

为了更加全面地认识1992年度、1995年度的严重干旱,不妨把它们放入历史序列通过各年各时段降水的历史排序来作评价。综观39年降水记录,笔者发现,与多年平均相比,小麦生育年内不同时段不同程度干旱共计11年,其中蓄墒期降水正常或偏丰的4年(1962年、1969年、1977年、1979年)只是因为大量耗水期降水不足才显得生育期和生育年降水偏少,受旱程度相对较轻;蓄墒期降水不足、生育期降水正常或偏丰的2年(1972年、1992年)旱情较为严重;蓄墒期和生育期降水都不足形成全期干旱的5年(1960年、1966年、1973年、1980年、1995年)旱情特别严重。1992年度蓄墒期39年最低记录降水、生育年39年次最低记录降水,是39年记录中独一无二的,绝对值排第4实际上与1962年、1966年、1969年属同一水平的1995年度大量耗水期降水为39年最低水平;绝对值排第4的1995年度生育期降水与1979年水平相当,仅高于1960年度和1977年度同期降水,为39年次最低水平;39年最低记录的1995年度生育年降水比例数第2的1992年度还低17.8%。所有这些,连同与1992年度水平相当同属39年最低水平的1995年度蓄墒期降水一起,构成了前所未有的、比1992年度更为严重的1995年度特大干旱的全貌。

## 2.2 温度条件

太阳辐射是作物蒸发蒸腾所需能量的唯一来源,作物蒸发蒸腾的快慢、多少与太阳辐射密切相关。辐射能的大小可用气温来衡量,气温越高,无效蒸发越多,降水有效性就越低。

表3 1992年度、1995年度小麦日均气温

℃

年 份 (年)	生育年 上年7月~翌年6月	生育期 上年10月~翌年6月	蓄墒期 上年7月~9月	大量耗水期 翌年4月~6月
1992	10.14	6.55	20.90	16.20
1995	10.43	6.93	20.93	17.33
多年平均 (1957~1995)	9.26	5.88	19.41	15.34
1992 比多年 (%)	0.88 9.5	0.67 11.4	1.49 7.7	0.86 5.6
1995 比多年 (%)	1.17 12.6	1.05 17.9	1.52 7.8	1.99 13.0

1992年度冬小麦蓄墒期日均气温(表3)和生育年日均气温为近10年来仅次于1995年度的最高值。1995年度冬小麦蓄墒期、大量耗水期、生育期及生育年日均气温均为近10年来的最高值,大量耗水期尤为突出,高出近2℃。已有的研究表明:作物需水量与气温呈线性关系或指数关系,换句话说,气温升高意味着加大作物需水量,从而加剧水分亏缺程度。

## 2.3 空气相对湿度

如果说降水、气温是造成干旱的直接原因和影响因子的话,空气相对湿度作为衡量大气干旱程度的一个重要指标,是降水、气温等因素综合作用的结果,空气湿度越低,叶面与大气之间的水汽压差则越大,叶气之间的蒸发越快,蒸发蒸腾量就增加。1992年度小麦生育年内各时段除蓄墒期因降水少气温高空气相对湿度(表4)偏低外,生育期各时段空气相对湿度与多年平均相当。1995年度小麦生育期、生育年空气相对湿度略低于多年平均值,但关键的蓄墒期和大量耗水时期空气相对湿度太低,为近10年最低值。

表4 1992年度、1995年度小麦空气相对湿度 %

年份 (年)	生育年 上年7月~翌年6月	生育期 上年10月~翌年6月	蓄墒期 上年7月~9月	大量耗水期 翌年4月~6月
1992	68.8	68.0	71.0	64.3
1995	67.5	66.2	71.3	51.7
多年平均 (1985~1995)	70.6	68.4	77.3	66.2
1992比 绝对值	-1.8	-0.4	-6.3	-1.9
多年平均 相对值	-2.5	-0.6	-8.2	-2.9
1995比 绝对值	-3.1	-2.2	-6.0	-14.5
多年平均 相对值	-4.4	-3.2	-7.8	-21.9

## 2.4 土壤墒情及作物利用

土壤水作为蒸发蒸腾的唯一供应源,它直接影响作物的生长发育,其贮量多少是评价墒情好坏的重要指标,有效水贮量是衡量土壤水能被作物利用的最大程度。

由于1992年度小麦蓄墒期降水严重不足,尽管1991年5月降水充沛(104.4mm,仅次于1964年的141.1mm和1983年的153.4mm,较同期39年平均值54.1mm多50.3mm,高出93.0%为次最高水平值),小麦收获后剩余部分墒,1992年度小麦播种时底墒仍显不足(表5)。再者,生育期土壤供水太少,底墒利用极不充分,0~2m土壤供水仅占10年平均值的29.9%,底墒利用程度较10年平均值绝对值低38.3%,相对值低63.1%。虽然生育期降水类似常态年,由于底墒偏少和非充分利用,使得小麦耗水减少,按2m土层计算,耗水量相当于10年平均值的73.2%,为10年里仅高于1995年度小麦耗水的第二个最低值。同时,由于气温偏高,蒸腾加剧,作物需水量反而增加,按2m土层计算,需水639.4mm较10年平均值高18.3%。耗水减少,需水增加,意味着水分亏缺程度加大,按2m土层计算,水分满足程度为46.8%,较10年平均值绝对低31.2%,相对低40.0%,为近10年最低水平。还有,水分生产效率低下,试验地块 $0.41\text{kg}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,试区大田 $0.33\text{kg}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,只比1995年度高,分别较10年平均值低29.3%和25.0%,使得本来就少的小麦耗水用于干物质积累的比例降低,进一步加剧减产幅度。

蓄墒期39年里最低水平降水量使得上年度(1994年)小麦收获后剩余墒本来就偏少(0~2m全贮量260.7mm、有效水贮量31.9mm,相当于10年平均值的79.9%和32.8%)的1995年度小麦底墒成为10年里最低记录年。虽然土壤供水绝对量不高,但对底墒的利用几乎接近充分,尤其是0~2m土层,利用程度达到110.5%(超过100%意味着文中计算有效水时所采用的下限指标即凋萎湿度8.8%偏高,当然也不排除测定误差影响),小麦收获时土壤贮水低于或接近凋萎湿度线(0~2m全贮量228.8mm,0~3m全贮量343.2mm)。即便如此,由于生育期降水严重不足,耗水量仍为10年最低值。按2m土层计算,耗水273.0mm,按3m土层计算,耗水267.0mm,分别较近10年平均值减少33.2%、37.4%。值得一提的是,该年度0~3m土层供水不及0~2m是严重干旱影响小麦根系发育从而影响水分利用深度所致。由于试验方案所限(高水处理不够充分),该年度未能从试验直接获得需水量值,但根据影响需水量的气温、空气相对湿度、日照时数等气象因素和土壤水分状况不难推断,该年度需水量要高于1992年度,既然该年度耗水最低,需水最高,无疑水分亏缺程度最大。另外,水分生产效率比1992年度还低,试验地块 $0.35\text{kg}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,试区大田 $0.22\text{kg}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,仅分别相当于10年平均值的60.3%和

50.0%。

表5 1992年度、1995年度冬小麦耗水组成及产量反应

年 份 (年)	播 种				收 获			
	0~2m		0~3m		0~2m		0~3m	
	全贮量	有效贮量	全贮量	有效贮量	全贮量	有效贮量	全贮量	有效贮量
1992	403.0	174.2	600.6	257.5	364.0	135.2	546.0	202.8
1995	316.4	87.6	480.5	137.3	219.7	-9.1	389.8	46.6
多年平均 (1985~1995)	447.4	218.6	649.6	306.4	326.2	97.4	509.9	166.7
1992 相对	-10.0	-20.3	-7.5	-16.0	11.6	38.8	7.1	21.7
比多年 绝对	-44.4	-44.4	-49.0	-48.9	37.8	37.8	36.1	36.1
1995 相对	-29.3	-59.9	-26.0	-55.2	-32.7	-109.3	-23.6	-72.0
比多年 绝对	-131.0	-131.0	-169.1	-169.1	-106.5	-106.5	-120.1	-120.1

  

年 份 (年)	土壤供水(mm)		底墒利用 程度(%)		生育期 降 水	耗水量(mm)		需水量(mm)	
	0~2	0~3	0~2	0~3	(mm)	0~2	0~3	0~2	0~3
1992	39.0	54.6	22.4	21.2	260.2	299.2	314.8	639.4	656.3
1995	96.8	90.8	110.5	66.1	176.2	273.0	267.0		
多年平均 (1985~1995)	130.5	148.6	60.7	49.8	278.1	408.7	426.6	540.4	555.7
1992 相对	-70.1	-63.3	-63.1	-57.4	-6.4	-26.8	-26.2	18.3	18.1
比多年 绝对	-91.5	-94.0	-38.3	-28.6	-17.9	-109.5	-111.8	99.0	100.6
1995 相对	-25.8	-38.9	82.0	32.7	-36.6	-33.2	-37.4		
比多年 绝对	-33.7	-57.8	49.8	16.3	-101.9	-135.7	-159.6		

  

年 份 (年)	水分满足 程度(%)		降水满足 程度(%)		水分生产效率 (kg·mm <sup>-1</sup> )		单 产 (kg·hm <sup>-2</sup> )			潜势 系数
	0~2	0~3	0~2	0~3	试验	大田	试验	大田	潜势	
1992	46.8	48.0	40.7	40.0	0.41	0.33	1941.0	1536.0	2586.0	0.42
1995			40.2	40.6	0.35	0.22	1413.0	894.0	1341.0	0.34
多年平均 (1985~1995)	78.0	79.0	239.1	195.1	0.58	0.44	3586.5	2926.5	4264.5	0.77
1992 相对	-40.0	-39.2	-23.2	-22.9	-29.3	-33.3	-45.9	-47.5	-39.4	-45.5
比多年 绝对	-31.2	-31.0	-12.3	-11.9	-0.17	-0.11	-109.7	-92.7	-111.9	-0.35
1995 相对					-39.7	-50.0	-60.6	-69.5	-68.6	-55.8
比多年 绝对					-0.23	-0.22	-144.9	-135.5	-194.9	-0.43

## 2.5 作物反应与产量水平

作物性状和最终产量是气象条件与土壤墒情的镜像反应。考虑到投肥水平和品种更新,选取相邻常态年份与之比较来衡量灾情更为客观。“八五”期间,1991年度、1994年度属常态年份,试验地小麦单产平均为4 006.5kg·hm<sup>-2</sup>(表1),与之相比,1992年度、1995年度分别减产51.6%、64.7%,试区大田小麦单产平均为3 907.5kg·hm<sup>-2</sup>,1992年度、1995年度较之分别减产60.7%、77.1%;减产幅度为历年之最。

表6 长武县和王东试区历年小麦单产

kg·hm<sup>-2</sup>

年 份 (年)	1950		1960		1970		1980		1990	
	王东	长武	王东	长武	王东	长武	王东	长武	王东	长武
1	—	—	660.0	757.5	1597.5	1785.0	1950.0	2182.5	3885.0	2865.0
2	—	—	907.5	877.5	1057.5	1057.5	2835.0	2835.0	1536.0	967.5
3	—	—	1012.5	722.5	1125.0	990.0	3060.0	2835.0	4944.0	3022.5
4	—	—	* 585.0	* 547.5	1530.0	1702.5	3217.5	2692.5	3930.0	2376.0
5	—	—	1177.5	1192.5	1785.0	1957.5	2100.0	2190.0	894.0	649.5
6	—	—	607.5	840.0	1477.5	1717.5	2272.5	2580.0	—	—
7	990.0	937.5	967.5	1215.0	832.5	1245.0	1863.0	1500.0	—	—
8	615.0	697.5	1012.5	1012.5	1095.0	1387.5	3132.0	2385.0	—	—
9	1267.5	922.5	1132.5	1162.5	1485.0	1747.5	4701.0	3082.5	—	—
10	832.5	832.5	712.5	705.0	510.0	487.5	4179.0	2910.0	—	—
平均	927.0	847.5	910.5	948.0	1249.5	1408.5	2931.0	2520.0	3037.5	1977.0
	888.0		930.0		1329.0		2725.5		2508.0	
特大干旱年	832.5	832.5	607.5	840.0	817.5	739.5	—	—	1215.0	810.0
干旱年	615.0	697.5	1162.5	1162.5	945.0	1152.0	1863.0	1500.0	—	—
正常年	990.0	937.5	823.5	838.5	1455.0	1698.0	2874.0	2578.5	3907.5	2620.5
丰水年	1267.5	922.5	1095.0	982.5	1564.5	1744.5	2793.0	2572.5	4944.0	3022.5
特大丰水年	—	—	967.5	1215.0	1477.5	1717.5	4701.0	3082.5	—	—
变化范围	615.0~1267.5		607.5~1215.0		739.5~1744.5		1500.0~4701.0		810.0~4944.0	

注:1964年发生大面积病虫害,产量不参与统计。

1992年度小麦产量相当于70年代正常年和丰水年产量水平(表6),1995年度小麦产量相当于70年代干旱、特大干旱及个别正常年产量水平和50年代、60年代各种降水年型产量水平(统计分析表明为历史最低产量水平)。然而,产量水平相当的各年其干旱程度远不及1992年度和1995年度,这一点通过前面的分析已经得到证实,不难推测,1992年度、1995年度的干旱背景若出现在60年代、70年代,与之对应的小麦单产将分别是600~750kg·hm<sup>-2</sup>以下和绝收。这一抗灾能力的增强,除了不断更新抗旱能力强的高产新品种外,与近10年科技攻关大力推广的增施肥料、培肥地力等丰产措施和不断改善的农业生态环境息息相关。

#### 参 考 文 献

- 1 李玉山,苏陕民主编.王东沟高效生态经济系统综合研究.北京:科学技术出版社,1991
- 2 陈玉民等著.中国主要作物需水量与灌溉.北京:水利电力出版社,1995
- 3 龚绍先主编.粮食作物与气象.北京:北京农业大学出版社,1988
- 4 气候变化与作物产量课题组编.气候变化与作物产量.北京:中国农业科技出版社,1992