

## 黄河古道沙土地冬小麦节水灌溉研究

曾宪竟 徐祝龄 魏向群

(中国农业大学资源和环境学院,北京 100094)

**摘要:** 研究了河北黄河古道沙土地冬小麦的节水灌溉。结果表明,在自然降水条件下,冬小麦在返青至收获灌三次水:起身水(3月中旬)、孕穗水(4月中旬)和灌浆水(5月中旬)、每次灌水为 40.5 mm,小麦可达 4 644 kg·hm<sup>-2</sup>。由于沙土持水性弱,高出一倍多水量的灌溉对小麦无增产效果。因此,节水灌溉比高出一倍的一般畦灌水量可节水 50%,比当地农民长畦漫灌节水可达 73%以上。

**关键词:** 沙地; 冬小麦; 节水灌溉

**中图分类号:** S152.75

黄淮海平原是我国最大的农业区,因其日照充足,光、温、热等气候资源丰富,增产潜力很大。黄淮海平原有耕地 0.18 亿 hm<sup>2</sup>,而中、低产田占总耕地面积的三分之二,其气候资源虽丰富,但旱、涝灾害危害生产,旱灾更为普遍<sup>[1]</sup>。黄淮海平原分布有很多古河道<sup>[2]</sup>,其中沙地有相当的数量。本试验区位于黄淮海平原河北省大名县境内的卫河以东黄河古道细质沙土上。沙地持水性弱,漏水性强,当地农民习惯于大水漫灌,一般多为地有多长则畦有多长,结果每次灌水量约为 150~225 mm(1 500~2 250 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>),水资源相当浪费。本试验研究了沙地冬小麦的节水灌溉,旨在为沙土地地区推广冬小麦节水灌溉提供依据。

### 1 材料与方 法

**1.1 试验基本条件** 试验位于河北省大名县卫河以东黄河古道上。全县境内有 4 条黄河古道,其沙土和沙壤土面积占全县耕地面积的 46.5%<sup>[3]</sup>。试区内地下水埋深由 60 年代的 1~2.5 m 已下降到今天的 16~18 m。试验地位于沙丘平整后的沙土地上,成土母质为河流洪积、冲积和风积物。土壤剖面 0~100 cm 土层的质地为沙土(细砂含量为 66.34%,粉砂含量为 28.31%),其下为厚约 1 m 的壤土土层。沙土的肥力水平低下。0~100 cm 土层平均容量为 1.44 g·cm<sup>-3</sup>,田间持水量为 21.3%(重量%)。

**1.2 试验处理** 试验采用小畦灌溉,以深井为水源,塑料管直接把水引入畦内。小区面积为 30 m<sup>2</sup>(2 m×15 m),保护行宽 1 m,小麦品种为冀麦“4678”,每公顷施底肥过磷酸钙 1 500 kg(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为 12%)和尿素 150 kg。1993-10-17 播种。播种量为 157.5 kg·hm<sup>-2</sup>,1994-06-06 收获。节水灌溉试验方案为:起身~拔节期(03-25)、孕穗期(04-23)和灌浆期(05-21)这三个时期做 3 个不同灌水量处理,处理 A 水量为 2 295 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>(810+675+810),处理 B 水量为 1 980 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>(45+1575+0),处理 C 水量为 1 080 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>(405+270+405)。在拔节期结合灌水分别追施尿素 150 kg·hm<sup>-2</sup>和 112.5 kg·hm<sup>-2</sup>。

收稿日期: 1995-07-11

灌溉设计中处理 A 的水量约为当地农民灌水量的一半,处理 B 则考虑该试区 1 m 土层下有壤土层,在孕穗期灌 157.5 mm 水量旨在研究该壤土层的持水性和供水性。处理 C 为节水灌溉方案。

根据陶益寿在本地区的试验结论“冬灌的增产效果是明显的”<sup>[4]</sup>,又考虑到因播种当年在播前灌有底墒水,播后秋季又有大量降水(1993-10~1994-12),共降水 154.2 mm,因此土壤在冬灌之前一直为较高的含水量。故本试验没有设置冬灌。小区布置采用随机排列,每个处理重复四次,每 10 d 及灌水前、后分别用烘干法测麦田和裸地的土壤含水量。取土深度分别为 0~5 cm,5~10 cm,10~20 cm,20~40 cm,60~80 cm,80~100 cm。收获时取样考种并测产。

## 2 结果与分析

### 2.1 沙地的裸地水分状况

2.1.1 沙地裸地水分变化规律及其蒸发特性 为了研究该沙土本身的水分性状,本试验在冬小麦种植时段内对裸地的含水量进行了定期观测(图 1)。

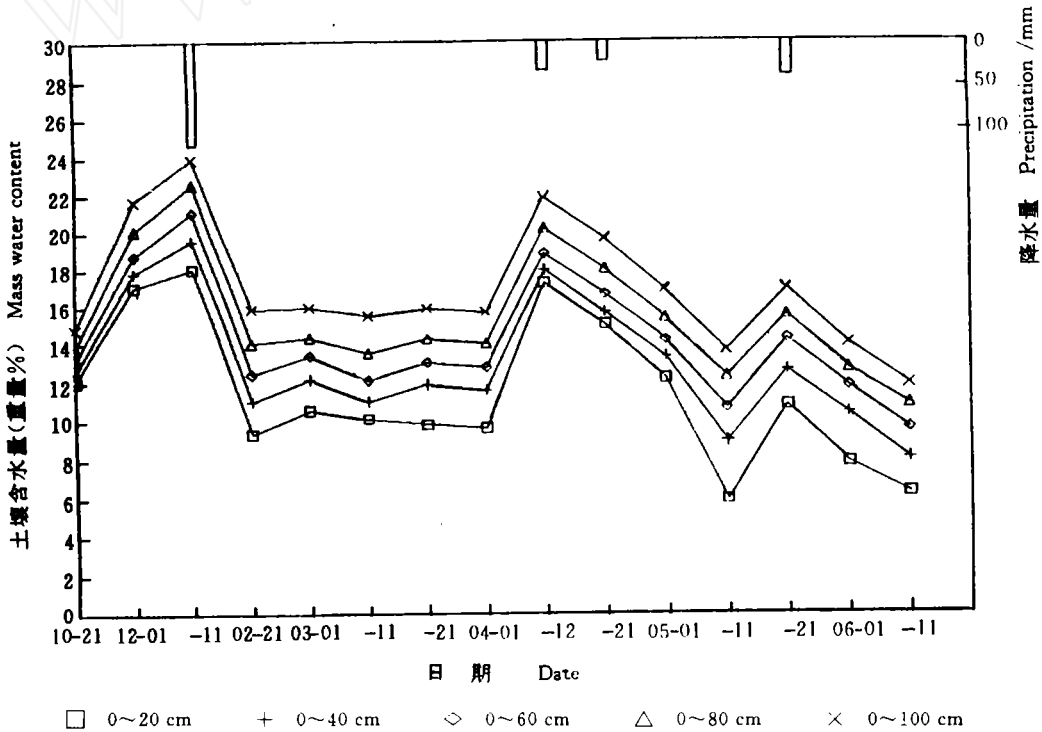


图 1 各土层土壤含水量

Fig. 1 The soil moisture content at different depths in soil

由图 1 可见,裸地土壤含水量随降水的增加而增加,但总趋势为下降趋势。具体表现是:在年前秋季雨水补给作用下,裸地为蓄墒过程,至 12 月 11 日时,土壤含水量达该阶段内的最高值。0~100 cm 土层含水量由 15% 上升至 24%,超过了田间持水量(21.3%)的水平。此后土壤含水量为下降趋势,虽有几次春雨的补给,但由于降水量小,春季气温回升急剧,土壤

蒸发加强,少量的雨水补给会被很快蒸发消耗掉。所以至6月11日,0~100 cm 土层含水量已下降到12%为田间持水量的57%。

由图1还看出可见各曲线变化趋势相同,这表明裸地1 m内各土层都受土壤蒸发的影响。为了明确不同深度土层受蒸发影响的大小,在1 m土层内每20 cm土层的土壤含水量测定结果见图2。

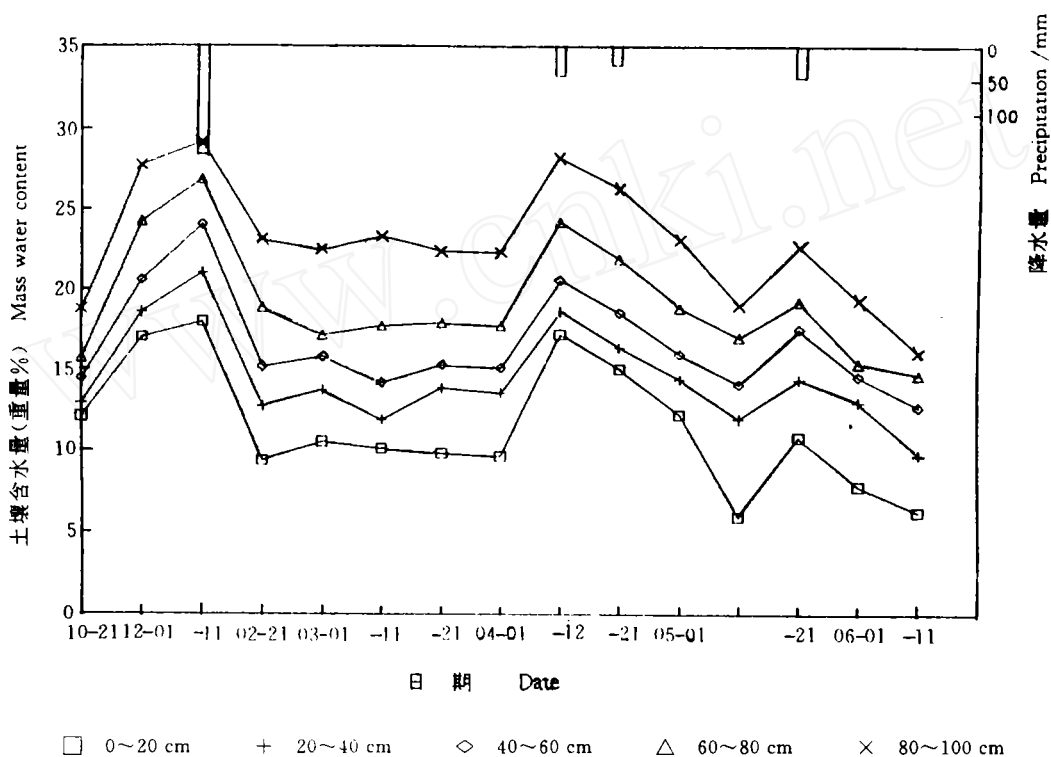


图2 各土层土壤含水量

Fig. 2 The soil moisture conten at different dephis in soil

从图2可见,各20 cm土层的含水量曲线变化趋势也是相近的。这表明各土层都明显受到土壤蒸发的影响。沙土裸地1 m土层含水量都受到蒸发明显影响这一试验结果不同于英国洛桑试验站持续70年在壤土裸地上所观测到的“从未观察到有任何水分从45 cm以下土层有蒸发损失,其蒸发损失主要是0~20 cm土层,而从22 cm~45 cm土层向上移动的水分就很少了”<sup>[5]</sup>这一结果。因此,研究清楚沙土的蒸发特性,对在沙土地区实施节水农业(如地表覆盖)是很有意义的。

**2.1.2 沙土裸地含水量与降量的关系** 从图1,2可看出,沙土裸地含水量受降水影响,但本试验也观测到,04-12~04-21之间的15.8 mm降水没有能增加土壤含水量,(其最大日降水量为8.6 mm)。这是由于进入4月份以后,气温明显回升,土壤蒸发加剧而致使这点雨水很快被蒸发消耗掉所致。

从图1,2还可以反应出另外一点,在04-10~04-12以及05-11~05-21的两次降水补给中。尽管后者降水量(30.2 mm)大于前者降水量(25.6 mm),但后者的土壤含水量却明显低于

前者的。这再次表明进入 4 月份以后沙地强烈受土壤蒸发的影响，土壤水分蒸发损失较多。

### 2.2 沙土麦田水分性状

#### 2.2.1 麦地土壤水分状况及其变化规律 灌溉实验处理 A 的含水量测定结果见图 3。

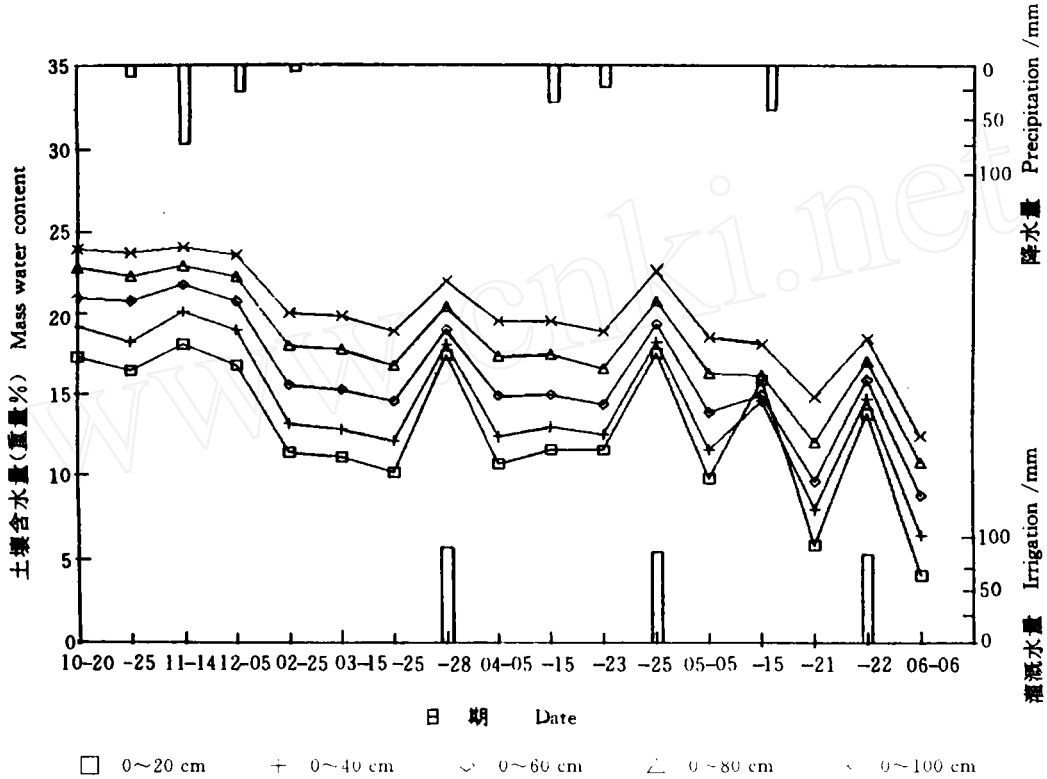


图 3 各土层土壤含水量

Fig. 3 The soil moisture content at different depths in soil

在图 3(处理 A)中,从播种到收获,土壤含水量的变化总趋势为减少,0~100 cm 土层含水量从 24%(1993-10-20 观测值)下降到 12%左右(1994-06-06 测定值)。其中,以 0~20 cm 土层含水量下降幅度最大,按上述同期由 17%下降到 4%左右。在此下降过程中,因有降水和灌溉水的补给,使该处理 A 的土壤含水量在 05-15 以前一直处于较高的水平,其 0~100 cm 土层含水量均在 17%以上,占田间持水量的 80%。05-15 之后土壤含水量虽急剧下降,但在 05-21 灌浆水的补给下得以补充。因此,冬小麦在整个生育期中沙地的土壤含水量在该处理 A 为较高水平,作物不缺水,不显旱象。

处理 B 和处理 C 的土壤水分变化规律与处理 A 很相近。这就表明,灌大量的水与少量的水对沙土含水量影响差别不大。这是因沙土持水能力弱所至。大量的灌水则以深厚渗漏所损失。由此可以认为,就灌不同水量对土壤含水量的影响而言,小水量的灌溉处理 C 为最佳节水灌溉方案。

处理 B 少灌一次 05-21 的灌浆水。从 05-15 起,该处理的土壤含水量急剧下降。但直至麦收,处理 B 下降到最终麦收时的土壤含水量(即 06-06 测定值)与其他两个有灌浆水处理

的最终土壤含水量相近(尽管两个灌浆水处理的所灌水量相差一倍),因沙土土体内保持的水量少,但在蒸腾蒸发的强烈耗水作用下,很快下降到与无灌浆水的处理 B 土壤含水量相近。沙土这种透水性强、持水性弱的特性就要求每次灌水应该尽可能做到准时或及时。

综上所述,小水量处理 C 已能使 1 m 土层含水量维持与大水量处理 A, B 相同。因此在这三个处理中,以处理 C 为最佳方案。即在沙土上种植冬小麦,冬后可按三次灌水,每次灌水为 40.5 mm (405 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>),即可使土壤含水量一直处于较高水平。

**2.2.2 沙地麦田土壤含水量与降水量的关系** 降水对土壤含水量有明显补给作用的仅为最后一次降水(即 05-14 日降水量为 29.8 mm)。该水量对土壤含水量补给深度主要是 0~20 cm 土层。其他各次降水对土壤含水量均无极明显的影响。分析原因如下:在年前小麦播种时因灌有底墒水,1993-10-20 测定 1 m 土层平均含水量为 24% 左右。这已超出田间持水量(21.3%),年前大量的降水只能作为深层渗漏而排出 1 m 土体,年后降水因水量太小而对土壤无明显影响。

为了看清楚降水对土层含水量的影响深度,按 20 cm 土层厚度为单位,分析三个处理的土壤含水量与降水量的关系,结果表明,04-10~04-12 连续降水 25.6 mm (其中最大日降水量为 20.3 mm),它对土壤含水量影响深度在处理 A 和处理 C 为 0~40 cm 在处理 B 中为 0~60 cm。但降水引起的土壤含水量上升幅度很小,约为增加 2% 左右。而 05-14 日降水 29.8 mm,三个处理受降水影响土层深度为 20 cm。

### 2.3 沙地冬小麦耗水特性与节水灌溉

**2.3.1 冬小麦各生育期的田间耗水量及其耗水规律** 作物耗水量是指作物蒸腾量与裸间土壤蒸发量之和。它可根据农田水量平衡公式进行计算。在自然条件下,农田水分平衡方程为:

$$\pm \Delta W = P + I + U \pm R - F - E \quad (1)$$

式中: $\Delta W$  为土壤储水量的变化,+表示储水量增加, $P$  为降水量, $I$  为灌水量, $U$  为地下水补给量, $\pm R$  为径流量,+表示径流流入量,-表示流出, $F$  为深层渗漏量, $E$  为作物蒸散量,以上各项均以 mm 为单位。

根据文献<sup>[6]</sup>,当地下水位埋深 4 m 以下时,地下水上升补给量可视为零。据测定,供试土壤地下水埋深在 10 m 以下,故  $U=0$ 。由于沙土透水性强,土地平坦,且小区有畦埂保护,一般无径流现象发生,所以  $R=0$ 。对于深层渗漏本试验因采用一米土体在灌水或降水前、后均测取土壤含水量,可以不考虑深层渗漏, $F=0$ 。据此,上式可简化为:

$$ET = P + I \pm \Delta W \quad (2)$$

根据(2)式计算,冬小麦三个处理的各生育期耗水量计算结果见表 1。由表 1 可见,三个不同处理的冬小麦田间累积耗水量表现为:处理 A (468.1 mm) > 处理 C (458.8 mm) > 处理 B (393.8 mm)。在不同生育期,三个不同处理的田间耗水量表现为,从苗期到起身,此阶段无水分处理差别,故三个处理的日耗水量、阶段耗水量以及阶段耗水量均为相近。在起身一拔节及拔节一抽穗这两个生育阶段中,虽然各有不同的灌溉水量,但各处理的日耗水量和阶段耗水量等值也无多大差异。

在最后一个阶段,即灌浆~收获,虽然处理 A 所灌水量是处理 C 的两倍。但是二者日耗水量差别不大,分别为 5.9 mm·d<sup>-1</sup> 和 6.5 mm·d<sup>-1</sup>。由于处理 B 没灌水,日耗水量明显下降,为 2.4 mm·d<sup>-1</sup>。沙地冬小麦全生育期耗水量为 394.4~468.1 mm 之间。

表1 沙地冬小麦田间耗水量

Table 1 Field water consumption of winter wheat in sandy soil

项 目 Item	生 育 期 Growth stage							合计 Total
	苗期 S	越冬期 O	返青期 R	起身—拔节 S-P	拔节—抽穗 S-B	抽穗—灌浆 B-F	灌浆—收获 F-H	
日期 Date	10-20	12-06	02-26	03-26	04-16	04-29	05-19	
	}	}	}	}	}	}	}	
t/d	12-05	02-25	03-25	04-15	04-28	05-18	06-06	
	44	81	27	18	12	19	18	219
日耗水量 W-C/day mm·d <sup>-1</sup>	A 1.3	0.6	1.1	3.4	4.9	5.6	5.9	
	B 1.4	0.5	1.2	3.2	4.2	5.7	2.4	
	C 1.3	0.6	1.1	3.2	4.0	5.3	6.5	
阶段耗 水量 W-C/stage	A 57.2	48.6	29.7	61.2	58.8	106.4	106.2	468.1
	B 61.6	40.5	32.4	57.6	50.2	108.3	43.2	393.8
	C 57.2	48.6	29.7	57.6	48.0	100.7	117.0	458.8
阶段耗水 百分数 C-P/stage	A 12.2	10.4	6.5	13.1	12.6	22.7	22.7	100.0
	B 14.4	10.2	8.2	14.6	12.6	27.3	10.9	100.0
	C 12.5	10.6	6.5	12.6	10.5	22.0	25.5	100.0

S; Seeding; O; Overwintering; R; Reviving; S-P; Empushing-Booting; B-F; Booting-Filling; F-H; Filling-Harvest;

W-C/day; Water consumption Per day; W-C/stage; water consumption in stage; W-C-P/stage; Water consumption percentage in stage.

沙地冬小麦耗水规律表现为,从播种—返青,共计 152 d,(占总生育期的天数的 69.4%),而此阶段耗水率只占 30%左右,这表明苗期耗水少。起身—抽穗为 30 d,阶段耗水率为 25%左右。从播种—抽穗,共计 182 d(占总生育期天数的 83%),该阶段耗水率为 55%。抽穗—收获为 37 d,阶段耗水率为 45%左右。因此,沙地种植冬小麦的耗水主要是在抽穗—收获这个阶段。

**2.3.2 沙地冬小麦的耗水量与产量的关系** 沙地冬小麦的耗水量与产量的关系的试验结果见表 2。不同灌溉处理之间的产量。耗水系数和水分生产效率均差别不大。即,由于沙土持水性弱,供水能力差,多灌的水量未能提高产量。沙地冬小麦耗水系数为 0.10~0.09,水分生产效率为 9.84~11.58。

表2 冬小麦的耗水量与产量

Table 2 Water consumption and the yield by winter wheat

处 理 Treatment	总耗水量 Total water consumption /mm	产 量 Yield kg·hm <sup>-2</sup>	耗水系数 Ratio of water use and yield /mm·kg <sup>-1</sup>	水分生产效率 Efficiency of water use /kg·mm <sup>-2</sup>	总灌溉水量 Total irrigatim amount mm
A	468.1	4 608	0.10	9.84	229.5
B	393.8	4 560	0.09	11.58	198.0
C	458.8	4 644	0.10	10.12	108.0

**2.3.3 沙地冬小麦种植期间的降水和土壤水对冬小麦的供水特性** 沙地冬小麦种植期间的降水和土壤水对冬小麦的供水结果见表 3,冬小麦在整个生育期中,三个不同处理的水分的平均水分满足程度分别是:处理A为 103%,处理B为 110%,处理C为 104%,即均为

100%左右。这表明在整个生育期内冬小麦的水分供给基本上是满足的,尤其在抽穗前有时供水满足程度在100%左右。抽穗—收获的水分满足程度为79%~93%。因此,由于三个处理的供水情况相近所以其产量也是相近的。

表3 作物供水情况分析

Table 3 The analysis of the water supply

项 目 Item	生 育 期 Growth stage							合计 Total
	苗期 S	越冬 O	返青 R	起身—拔节 S-P	拔节—抽穗 S-B	抽穗—灌浆 B-F	灌浆—收获 F-H	
日期 Date	10-20~12-5	12-6~2-25	2-26~3-25	3-26~4-15	4-16~4-28	4-29~5-18	5-19~6-6	
t/d	44	81	27	18	12	19	18	219
处理 A Treatment A								
耗水量 W-C /mm	57.2	48.6	29.7	61.2	58.8	106.4	106.2	468.1
降水量 P /mm	88.3	2.7	1.4	25.6	15.8	30.2	1.9	165.9
土壤供水量 W-S-S /mm	10.6	52.9	27.0	35.0	67.2	53.7	68.9	315.5
水分满足 W-S-R /%	172	114	96	99	141	79	93	103
降水占耗水 R-P-C /%	154	5	5	42	27	28	2	35
土壤供水占耗水 R-S-C /%	18	109	91	57	114	51	91	68
处理 B Treatment B								
耗水量 /mm	61.6	40.5	32.4	57.6	50.8	108.3	43.2	394.4
降水时 /mm	88.3	2.7	1.4	25.6	15.8	30.2	1.9	165.9
土壤供水量 /mm	21.2	36.5	30.6	32.5	56.3	54.9	34.6	266.6
水分满足 /%	172	91	99	101	142	79	85	110
降水占耗水 /%	143	6	5	44	31	28	4	42
土壤供水占耗水 /%	29	85	94	67	111	51	81	68
处理 C Treatment C								
耗水量 /mm	57.2	48.6	29.7	57.6	48.0	100.7	117.0	458.8
降水量 /mm	88.3	2.7	1.4	25.6	15.8	30.2	1.9	165.9
土壤供水量 /mm	12.2	41.6	27.0	35.2	52.3	48.8	95.2	312.3
水分满足 /%	189	89	96	101	142	79	83	104
降水占耗水 /%	154	6	5	44	33	30	2	36
土壤供水占耗水 /%	35	83	91	67	109	49	81	68

S; Seeding; O; Overwintering; R; Reviving; S-P; Empushing—Booting; B-F; Booting—Filling; F-H; Filling—Harvest; W-C/day; Water consumption per day; W-C/stage; Water consumption in stage; W-C-P/stage; Water consumption percentage in stage. W-C; Water consumption; P; Precipitation; W-S-S; water supply by soil; W-S-R; Water satisfaction rate; R-P-C; Rate of the precipitation to the consumption; R-S-C; Rate of the soil to the consumption.

在降水和土壤供水中,由表3大致可见降水占作物耗水的百分数较小。因三个处理之间耗水量相差不大。将三个处理的耗水量取平均,然后与降水量作比较,以便能看出降水对冬小麦供水的满足程度,计算结果见表4。

由表4可见,因试验当年冬季降水(88.3 mm)较往年为多,降水对冬小麦在苗期供水的满足程度为150.4%。而从越冬至收获,其降水量为77.6 mm,接近多年同期平均降水量(为93.9 mm),其满足程度范围为2.7%~43.5%,在灌浆—收获期,降水的供水满足程度仅为2%。可见,越冬后只靠降水是不能满足作物耗水需求的。因此,要获冬小麦高产丰收只能靠灌溉补水。

表 4 降水占冬小麦供水的百分数

Table 4 The rate of precipitation to water consumption

项 目 Item	生 育 期 Growth stages						
	苗期 S	越冬 O	返青 R	起身—拔节 S—P	拔节—抽穗 S—B	抽穗—灌浆 B—F	灌浆—收获 F—H
耗水量 /mm Water consumption	58.7	45.9	30.6	58.8	52.5	105.1	88.8
降水量 Precipitation /mm	88.3	2.7	1.4	25.6	15.8	30.2	1.9
降水占耗水 Precent /%	150.4	5.9	4.6	43.5	30.1	28.7	2.0

S: Seeding; O: Overwintering; R: Reviving; S—P: Empushing—Booting; B—F: Booting—Filling; F—H: Filling—Harvest.

由表 3 还可见,土壤供水量为 266.6~315.5 mm 之间,土壤供水占冬小麦耗水在三个处理中均为 68%。由于土壤供水水量的计算中,包括有灌溉水的水量。当扣除灌溉到土壤中的水量(以最小灌溉水量的处理 C 为 108 mm、土壤供水为 300 mm 来计),则土壤本身供水约为:300-100=200 mm。根据陶益寿等人<sup>[4]</sup>所做,该类型沙土 1 m 土层有效贮水量为 142 mm,(约按 150 mm 计),则 1 m 土层在头年雨季补给之后具有 150 mm 的供水能力,土壤本身供水 200 mm 中有 50 mm 应为 1 m 以下深层土壤所供。

为使上述关系简单明了,可以认为:沙地冬小麦耗水量大至范围为 450 mm,其中,1 m 土层供水 150 mm,约占小麦耗水量的 1/3,(1 m 以下土层供水 50 mm,土壤总计供水 200 mm,约占 44.4%);灌溉供水 100 mm,约占 22.2%;降水的供水量按多年平均降水量值 134.0 mm<sup>[7]</sup>(按 150 mm 计),约占 33.3%。

**2.3.4 不同灌溉处理对冬小麦生产性状的影响** 不同灌溉处理对小麦生产性状影响的测定结果表明,不同灌溉处理对小麦生产性状影响不大,产量相近,已无需作统计检验分析。但灌浆水对千粒重有影响。灌溉水对千粒重影响效果大小的统计分析。F 检验的结果表明,处理间差异不显著,不同灌溉处理对千粒重无显著地影响。但试验表明灌浆水有增加千粒重的趋势。

### 3 结论

①黄河古道沙土裸地含水量在秋季雨水补给下有一个蓄墒过程,土壤含水量可以补充到田间持水量的水平。当来年开春后土壤含水量总的呈现下降趋势。1 m 土层的含水量可下降到 12%,为田间持水量的 57%。而且沙土裸地在 1 m 土层内都强烈受土壤蒸发的影响。

②在降水对沙土裸地的补给作用中,进入 4 月份以后,当连续几天降水量小于 15 mm 或最大日降水量小于 8 mm 时,其降水对土壤水的补给几乎没有作用。

③沙土上种植冬小麦,不同水量的灌溉处理对 1 m 土层含水量补给效果相近,多灌的水量为下渗所损失。因此小水量的灌溉为最佳节水灌溉。即按灌水三次,每次灌水 607.5 mm·hm<sup>-2</sup>(405 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>)就可使土壤含水量处于较高水平。

④降水对麦田土壤含水量的影响,4 月份当日降水量为 20 mm,可影响 0~40 cm 土层,而在 5 月份当日降水量为 30 mm,仅影响 0~20 cm 土层。

⑤沙地冬小麦耗水规律为,苗期一起身(为 152 d)阶段耗水率为 30%,起身—抽穗(为 30 d)阶段耗水率为 25%,抽穗—收获(为 37 d)阶段耗水率为 45%。因此,冬小麦的耗水主要是在后期。



⑥沙地冬小麦不同灌溉处理之间的产量、耗水量、耗水系数等差别不大。产量为每公顷 4 560~4 644 kg,耗水量为 400~450 mm 之间,其耗水系数为 0.09~0.10,水分生产效率为 9.84~11.58。

⑦沙地冬小麦在种植期间,150 mm 的降水量约占冬小麦耗水量的 1/3,而在灌浆一收获期间,降水所供水量很少。因此,只靠降水则不能满足冬小麦的耗水量。1 m 土层所贮有效水量为 150 mm,约占冬小麦耗水量的 1/3,对于 450 mm 的冬小麦耗水量而言,而试验灌溉补水 108 mm 即已能满足小麦的耗水要求。

⑧沙地冬小麦的节水灌溉为:小麦返青后需灌水三次。灌水时间依次为起身水、孕穗水和灌浆水,每次灌水水量为  $405 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  ( $607.5 \text{ mm} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),小麦返青后至收获,总的灌水量为  $1 215 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,此水量已能达到高出一倍灌溉水量所达到的产量水平。

### 参 考 文 献

- 1 韩湘玲,曲曼丽等. 黄淮海地区农业气候资源开发利用. 北京农业大学出版社, 1987
- 2 吴忱等. 华北平原古河道研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1991
- 3 大名县土壤普查办公室编. 大名县土壤. 大名县农牧局, 1985
- 4 陶益寿等. 沙地冬小麦冬灌的增产效果. 见:李韵珠等. 土壤与作物土壤水和养分的有效利用. 北京农业大学出版社, 1994, 22~27
- 5 Russell E W. Soil Conditions and Plant Growth. London: Longman Group Limited London, 1973, 441~442
- 6 赵聚宝等. 屯留试验区旱地农田水分平衡的研究. 中国农业气象, 1990 11(4): 19~23
- 7 大名县农业区划委员会办公室编. 大名县农业自然资源数据汇编. 大名县农业局, 1985年10月

## Water Saving Irrigation on Sandy Soil in Ancient Channel of Huanghe River

Zeng Xianjing      Xu Zhuling      Wei Xiangqun

(College of Resources and Environment, CAU, Beijing 100094)

**Abstract:** Water saving irrigation was conducted on a sandy soil in ancient channel of Hunanghe river, and the results indicated that under three times of irrigation with 40.5 mm each in reviving stempushing, ear pregnant stage and grain filling stage beside the natural precipitation led to the yield of  $5 805 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ . Sandy soil has a low water holding capacity, therefore no yield increase occurred when doubling amount of water supply occurred. It demonstrated that 50% of water was saved by the comparison of water saving irrigation and normal surface irrigation. 73% of the water could be saved compared with those of the local farmer's original practice.

**Key words:** sandy soil; winter wheat; water saving irrigation