

# 提高宁南山区旱地春小麦产量及水分利用的综合技术途径研究

刘忠民 山仑 马国忠

中国科学院  
水土保持研究所·陕西杨陵·712100) (宁夏固原县科委·宁夏固原·756000)  
水利部

**摘要** 通过多年单项农业技术和综合农业技术试验证明,在自然降水条件下,采用化肥、有机肥、生长期覆盖、深耕等相结合的综合技术栽培春小麦可大幅度地提高春小麦产量和水分利用效率。平均较单纯施化肥增产41.5%,水分利用效率提高51.0%。在综合农业技术中,无论何种年型(干旱、平水、丰水年)降水条件下施用化肥(N和 $P_2O_5$ 各 $135\sim 150\text{kg}/\text{hm}^2$ )对增产和水分利用效率(WUE)的提高,约占50%;其次为有机肥, $1\text{hm}^2$ 施量 $90\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ (驴马粪与土的混合物)约占30%左右;春小麦生长期行间覆盖技术的作用约占20%;深耕25cm的作用很小,14.0%左右。

**关键词** 春麦产量 水分利用效率 综合农业技术

## The Study on Comprehensive Technical approaches to Raise Yield and Water Use of Spring Wheat in South Ningxia Hilly Area

Liu Zhongmin Shan Lun

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

Ma Guozhong

(Science and Technology Committee of Guyuan County, Guyuan, Ningxia 756000)

**Abstract** Experimental result conducted for many years in south Ningxia hilly area indicated that comprehensive technical approaches combined chemical fertilizer, organic fertilizer, coverage during growth season with deep ploughing can largely raise yield and water use efficiency of spring wheat under rainfed condition, yield and water use efficiency increase 41.5% and 51.0% respectively compared with single chemical fertilizer treatment. Of comprehensive technical approaches, chemical fertilizer > organic fertilizer > coverage during growth season > deep ploughing, their percentage is 50, 30, 20 and 14% respectively under all rain conditions (drought, average and raining).

**Key words** yield water use efficiency spring wheat comprehensive agricultural technique

春小麦是宁夏南部半干旱区的主体作物。由于降水少且分布不均;气温低热量不足;风多而风速大,农田水分蒸发强烈;水土流失严重,土壤瘠薄等原因,旱地春小麦产量一直较低,一般每公顷 1 050~1 500kg,水分利用效率 3.75~5.25kg/(mm·hm<sup>2</sup>)。作物对土壤贮水利用率不高,仅 50%左右。土面蒸发量大,夏休地平均 35.8~160.5mm,占年降水量的 26.7%~40.7%,尚有较大的水分生产潜力。为使有限的降水资源得到充分发挥,把春小麦产量和水分利用效率提高到一个新的水平,我们于 1988—1994 年,在固原生态站进行了多种技术方案的试验研究,以期为该地区提高春小麦产量和水分利用效率提供新的途径。

## 1 试验设计和方法

根据作物生产潜力的概念,研究方法采用综合技术试验与单项技术试验相结合。以综合技术试验为主,单项技术试验为辅。以综合技术试验探索春小麦的生产潜力,以单项技术试验进一步阐明原理或补充。以多方案多途径攻其一个目标为设计的主导思想。试验方案如下表 1—6:

表 1 四因素二水平正交试验 L<sub>16</sub>(2<sup>15</sup>)

水平	A 耕深(cm)	B 施肥量(kg/hm <sup>2</sup> )	C 品种或覆盖	D GA	小区面积(m <sup>2</sup> )	重复次数	备注
1	25	有机肥 45000 N13.5, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 97.5	陇春 10 号	拌种	12.6	2	(1990 年)
2	15	有机肥 22500 N60, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 60	红芒麦	不拌			
1	25	有机肥 45000 N13.5, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 97.5	播后膜、三 叶后麦衣子	拌种	12.6	2	(1991 年)
2	15	有机肥 22500 N60, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 60	不覆盖	不拌			

表 2 三元一次回归正交试验

水平	Z1(X1) 覆盖	Z2(X2) 化肥(kg/hm <sup>2</sup> )	Z3(X3) 有机肥(kg/hm <sup>2</sup> )	小区面积(m <sup>2</sup> )	重复次数	备注
+1	全生育期覆膜	N150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150	有机肥 90000	10.0	3	(1992 年)
0	拔节前覆盖	N90, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90	有机肥 45000			
-1	不覆盖	N30, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30	0			
+1	拔节前覆膜	N150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150	有机肥 90000	10.0	3	(1993 年)
0	拔节后覆膜	N90, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90	有机肥 45000			
-1	不覆盖	N30, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30	0			

表 3 四(三)因素二水平正交试验 L<sub>8</sub>(2<sup>7</sup>)

水平	A 耕深(cm)	B 施肥量(kg/hm <sup>2</sup> )	C 覆盖	D 有机肥(kg/hm <sup>2</sup> )	小区面积(m <sup>2</sup> )	重复次数
1	25	N135, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 135	秋覆麦衣子	90000	6.0	3
2	15	N45, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 45	不覆	45000		
1	秋翻麦衣子 空翻	N135, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 135	春覆麦衣子	—	6.0	4
2		N45, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 45	不覆	—		

播后覆膜,是在春小麦播种后立即覆盖地膜,出苗后一叶一心时揭膜。三叶后覆膜是在春小

麦生长到三叶期时,将地膜覆盖并划破放苗使地膜只覆盖在麦苗行间。秋季覆麦衣子是在夏收后(8月4日)至秋末(10月15日)期间,耕地后并耙平,及时将麦衣子均匀撒于地表,每公顷4950kg。春覆麦衣子是在麦苗三叶期时将麦衣子撒于麦苗行间至成熟。

试验地土质为黄绵土。据测定,耕层0~20cm土层含有有机质0.952%,含氮量0.0762%,碱解氮67.8mg/kg,速效磷3.5mg/kg,速效钾166.7mg/kg。

土壤水分测定采用土钻取土烘干称重法。在播种后和收获后及覆膜或覆盖麦衣子时测定。深度为0~200cm土层。0~20cm分为两层,每10cm一层,20cm以下每20cm为一层。

表4 深耕配合施肥量随机区组试验 (kg/hm<sup>2</sup>)

耕深(cm)	B1 农肥 15000 N10.5, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13.8	B2 农肥 30000 N9, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 41.25	小区面积(m <sup>2</sup> )	重复次数	备注
A1 15 A2 25	A1B1 A2B1	A1B2 A2B2	100	3	(1988~1990)
耕深(cm)	B1 N45, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 45	B2 N135, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 135	小区面积(m <sup>2</sup> )	重复次数	备注
A1 15 A2 25 A3 35	A1B1 A2B1 A3B1	A1B2 A2B2 A3B2	6.0	5	(1993)

表5 氮磷钾配合试验 (1990~1991) (g/m<sup>2</sup>)

肥料	NPK	O	NP	NK	PK	N	P	K	小区面积 m <sup>2</sup>	重复次数
N	9	0	9	9	0	9	0	0	3.2	5
P	9	0	9	0	9	0	9	0		
K	9	0	0	9	9	0	0	K		

表6 化肥用量试验 (1993)

肥料 (kg/hm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	小区面积 m <sup>2</sup>	重复次数
N	0	60	120	180	240	6.0	3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	30	60	90	120		

## 2 试验期间的降水条件

1988~1993年平均年降水量397.8mm,比历年平均(472mm)减少74.2mm,约为15.7%。1989和1990年接近历史平均值,可视为平水年型,平均456.9mm。1992年,年降水523.5mm,属丰水年型。其余三年(1989、1991、1993年)为干旱年型,平均年降水316.5mm。

## 3 结果分析

### 3.1 春小麦的现实生产力及水分利用

3.1.1 春小麦的现实生产力 本研究除个别单项试验外,在综合技术试验中的施肥量高限,基本满足春小麦需肥要求,因此可以认为,在水肥关系上,春小麦的生产力主要受水分因素的影响。根据试验结果,春小麦籽粒产量最高可达2700~2805kg/hm<sup>2</sup>,有4次。分别在1991、1992、1993三年中。每公顷产2595~2625kg的2次,每公顷产2400kg1次。试验处理平均产2670kg,较对照平均1650kg,增产率为61.82%。生物学产量增加27.0%。可以认为:在一个平水

年,2个干旱年,1个丰水年(1990、1991、1992、1993年)平均降水量398.4mm的条件下,每公顷产2700kg是可以实现的。

### 3.1.2 春小麦对水分利用情况

耗水量(ET):每公顷产2595~2805kg的试区(1991、1992、1993年)为232~333mm,平均为298.4mm,以1992年的耗水量少(气候特殊)为232mm。对照区的耗水量为232~306mm,平均287.1mm。高产处理与对照区的耗水量相差11.3mm,相当3.94%,没有明显的差异。

水分利用效率(WUE):每公顷产2595~2805kg的试区为7.695~11.865kg/(mm·hm<sup>2</sup>),平均为0.90kg/(mm·hm<sup>2</sup>);对照区为2.715~7.230kg/(mm·hm<sup>2</sup>),平均为5.775kg/(mm·hm<sup>2</sup>)。高产区较对照区提高3.285kg/(mm·hm<sup>2</sup>),相当提高56.88%。

土壤水利用率(0~200cm土层贮水):高产区为54.2%~58.1%,平均56.96%;对照区为51.6%~55.9%,平均为54.83%。高产区较对照区提高2.13个百分点,相当3.88%。

由上看出:本试验所采取的技术措施,大幅度提高了春小麦的籽粒产量和生物量,但由于土壤水分不足的制约,耗水量虽有增加,但很少;土壤水的利用效率虽有提高,但提高的百分率亦很小,唯水分利用效率以较大的幅度提高,平均提高了3.285kg/(mm·hm<sup>2</sup>),提高的百分率达56.88%。春小麦产量的增长,在土壤水分不足条件下,主要是以提高其利用效率而实现的。这与通过增肥大幅度地提高(除一定程度提高了光合/蒸腾以外)作物蒸腾与田面蒸发的比率有密切关系。

### 3.2 不同技术措施在旱地春小麦增产和水分利用中的作用

在旱地条件下,综合应用化肥、有机肥、深耕及覆盖等技术于春小麦的生产栽培中,以求获得高的产量和水分利用效率。但各种技术因素在增产中的效果如何,那种技术因素是主要的,那种技术因素是次要的或不必要的,都是我们研究的最重要的目的,通过覆盖、化肥、有机肥三元一次回归正交试验得出籽粒产量和水分利用效率回归模型。

#### ① 籽实产量模型

$$Y = 1250.85 + 88.125X_1 + 59.025X_2 + 112.785X_3 \text{ (1992年)}$$

$$Y = 1390.425 + 78.375X_1 + 84.375X_2 + 70.500X_3 \text{ (1993年)}$$

$$Y = 278.820 + 78.060X_1 + 38.865X_2 + 15.525X_3 \text{ (1994年)}$$

#### ② 水分利用效率(WUE)模型

$$\hat{Y} = 5.4495 + 0.6240X_1 + 0.2384X_2 + 0.3956X_3 \text{ (1992年)}$$

$$Y = 4.6635 + 0.1134X_1 + 0.2625X_2 + 0.2439X_3 \text{ (1993年)}$$

$$Y = 1.1058 + 0.2312X_1 + 0.1332X_2 + 0.0405X_3 \text{ (1994年)}$$

在综合增产和提高水分利用效率中,化肥在三年中均表现为主要因素极为显著,其次为有机肥。有机肥在三年增产中亦达到极显著标点,在水分利用效率中仅1994年效果不够显著。地膜覆盖在不同年份有所不同。其增产作用除1994年达到显著标点外,1992年和1993年均不显著。在提高水分利用效率方面,在生育期比较干旱的1992年1994年有显著的效果,而在生育期水分比较好的1993年则效果不显著。

根据正交设计的均匀分散性和整齐可比性,计算出各因素在综合增产中的百分数。用以反映因素的量化概念。化肥1水平在综合增产中的贡献,在三年五次试验中,为35.2%~58.6%,平均52.24%。有机肥在四次综合增产试验中,占17.6%~51.1%,平均为36.7%。地膜覆盖在三年三次综合试验增产中的贡献很小,为12.4%~23.8%,平均为16.6%,仅1994年产量差异达

到1%显著标点。

三叶期后行间覆盖麦衣子,虽有一次试验结果,但可看出,它在三因素试验中,增产量占总增产量的42.1%,产量差异达1%显著标点。加深耕层到25cm,对增产作用不大。秋季覆盖麦衣或将麦衣翻入土壤中均无增产作用。

采用综合技术,化肥1水平的施用量对提高水分利用效率的贡献,约为33.2%~60.2%,平均47.5%,略低于在增产中的作用。有机肥对提高水分利用效率的贡献为13.7%~47.6%,平均为36.3%,以1994年的贡献最小(13.7%),与在增产中的贡献基本相同。地膜覆盖对提高水分利用效率的贡献,1993年效果不显著,1992年和1994年平均为23.9%。较在增产中的作用大,但年际间差异也较大。春小麦三叶期后行间覆盖麦衣子,在三因素试验中,对水分利用效率的贡献为49.7%,同样比在增产中的作用大。深耕25cm在四因素试验中,对水分利用的效率的贡献较小为14.3%,但差异不显著。

表7 增施化肥对春小麦产量及水分利用的效应

年份	施用量(kg/hm <sup>2</sup> ) (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 (%)	ET (mm)	WUE [kg/(mm·hm <sup>2</sup> )	提高 (%)	增产耗水 (mm)	土壤水利用 率(%)
1990	90:90	1897.5	53.3	291.0	6.54	49.8	101.0	55.0
~	0:90	1800.0	45.5	291.5	6.225	42.6	90.4	56.1
1991	0:0	1237.5	0.0	283.5	4.365	0.0		54.6
1992	150:150	2332.5	32.3	272.0	8.64	30.3	65.9	56.6
~	30:90	2377.5	34.9	270.0	8.94	34.8	68.8	55.0
1993	30:30	1762.5	0.0	269.0	6.63	0.0		55.8
1993	135:90	2405	19.3	306.0	7.905	18.4	49.3	56.0
	45:45	2.25	0.0	304.0	6.675	0.0		55.3
1993	90:135	2625	224.1	333.0	7.875	190.0	230.5	61.0
	0:0	810	0.0	295.0	2.715	0.0		53.9
1993	135:135	2335.7	20.4	306.0	7.65	17.5	51.5	55.1
平均	45:45	1939.5	0.0	298.0	6.5	0.0		53.6
1993	120:60	1890	44.8	313.0	6.00	42.9	97.5	56.0
	0:0	1305	0.0	311.0	4.20	0.0		55.0

上述结果说明,使用化肥(N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)各150kg/hm<sup>2</sup>,对增产和水分利用效率提高的贡献都是主要的,约占50%左右。有机肥施量90000kg的贡献,仅次于化肥,为30%左右。由于有机肥质量差异和年际气候差异,有机肥的作用较不稳定。覆盖技术的贡献,主要表现在提高水分利用效率方面,约占20%,较在增产中的贡献大些。覆盖在水分条件差的年份贡献较大。

### 3.3 施用化肥量对春小麦产量及水分利用的效应

本试验地可代表宁南广大丘陵区山、塬旱地肥力水平。施肥方法采用结合秋耕将化肥撒于地表,然后耕翻入土壤中,一次施用,以后不再追肥。表7结果表明:①每公顷产春小麦810~1305kg生产水平的耕地上,每公顷施用N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>各30~45kg,产量即可提高到1763~2025kg/hm<sup>2</sup>,可增产720~952kg/hm<sup>2</sup>,增率为55.2%~118%;水分利用效率由2.715~4.200kg/mm·hm<sup>2</sup>,提高到6.675kg/(mm·hm<sup>2</sup>),提高58.9%~145.9%;②化肥的增产率随地力水平提高而降低。在每公顷施N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>各30~45kg的基础上,再增施化肥,增产率降低到19.3%~34.9%。水分利用效率提高程度相应降低到18.4%~34.8%;③1hm<sup>2</sup>施N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>各90kg,可增产春小麦570~660kg,增产率34.9%~53.3%,水分利用效率由4.350kg/(mm·hm<sup>2</sup>)提高到6.540~8.940kg/(mm·hm<sup>2</sup>),提高49.8%~104.8%;④施N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>比例为2:1的化肥用量梯度试验表明,当产量达到最大时每公顷的施肥量为194.1kg(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);⑤在这

种土壤上,春小麦对氮、磷配合比例有明显的要求。氮、磷配合比例以 6:9 优于 8:4.9:6 和 9:9(或 6:6)。每公顷施氮 90kg 和磷 135kg 产量为 2 625kg,水分利用效率为 7.875kg/hm<sup>2</sup>。1hm<sup>2</sup> 施 N135g 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>90g, hm<sup>2</sup> 产量为 2 415kg,水分利用效率 7.905kg/hm<sup>2</sup>。

### 3.4 施用有机肥对春小麦产量及水分利用效应

表 8 是两年三个试验的结果,从有机肥施用量看属较高水平,经方差分析结果表明,增产十分显著,增产率分别 41.3%,13.7%和 22.5%;水分利用效率分别达到 9.705,7.830 和 7.590kg/(mm·hm<sup>2</sup>);分别提高 36.4%,13.0%和 24.2%。在土壤干旱的情况下增产率和水分利用效率提高幅度较大。耗水量年际间差异较大,处理间无差异。土壤水利用率基本无差异。

表 8 有机肥对春小麦产量及水分利用的效应

年份	施用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 (%)	ET (mm)	WUE (kg/(mm·hm <sup>2</sup> ))	提高 (%)	土壤水 利用率(%)
1992	90000	2310 **	41.3	240	9.705 **	36.4	56.2
	0	1635	0.0	225	7.11	0.0	54.6
1993	90000	2370 **	13.7	301	7.83 **	13.0	53.4
	45000	2085	0.0	301	6.93	0.0	53.2
1993	90000	2325 *	22.5	307	7.59 **	24.2	55.7
	0	1905	0.0	310	6.12	0.0	56.3

\*, \*\* 分别表示达到 0.05 和 0.01 差异显著标点。

### 3.5 覆盖技术对春小麦产量及水分利用的效应

由表 9 看出,在春小麦生长期采用行间覆盖技术,除个别运用不当减产外,都可提高产量和水分利用效率。地膜覆盖增产 7.4%~21.3%,水分利用效率提高 3.3%~26.4%;麦衣子覆盖增产 14.5%,水分利用效率提高 18.7%。

表 9 春小麦行间覆盖对产量及水分利用的效应

年份	覆盖技术	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 (%)	ET (mm)	WUE (kg/(mm·hm <sup>2</sup> ))	提高 (%)	土壤水 利用率(%)
1991	三叶间膜,后麦衣子	2535 **	11.9	293	8.685 **	10.9	58.7
	不覆盖	2265	0.0	289	7.83	0.0	58.1
1992	三叶后覆膜	2280 **	20.8	232	9.84 **	26.4	54.8
	全生长期覆膜	2055	9.6	225	9.03	16.0	53.8
	不覆盖	1875	0.0	240	7.785	0.0	57.0
1993	三叶前覆膜	2190	7.4	315 **	6.975	3.3	57.2 **
	三叶后覆膜	2475 **	21.3	308	8.025 **	18.9	55.4
	不覆盖	2040	0.0	301	6.75	0.0	54.8
1993	三叶后覆麦衣子	2370 **	14.5	299 **	7.92 **	18.7	54.6 **
	不覆盖	2070	0.0	312	6.675	0.0	5.7
1993	秋覆麦衣子	2250	2.7	303	7.425	1.2	53.4
	不覆盖	2190	0.0	299	7.335	0.0	53.1

\*, \*\* 分别表示达到 0.05 和 0.01 差异显著标点。

地膜覆盖以春小麦三叶期以后覆盖优于三叶期以前和全生长期覆盖。三叶期前覆膜既增加了耗水量,又提高了土壤水的利用率,但增产率不如三叶后覆膜高。三叶后覆膜增产 20% 左右,水利用效率提高 18.9%~26.4%,三叶前覆膜仅增产 7.4%,水分利用效率提高 3.3%,与对照差异不显著。

春小麦行间覆盖麦衣子,增产虽不如覆盖地膜高,但成本低,简便易行。不过覆盖时期不当也会引起不良后果。因为在早春过早行间覆盖麦衣子会降低土壤温度,影响幼苗生长发育,尤以热量不足地区十分重要,以春小麦幼苗三叶期以后覆盖为宜。

### 3.6 深耕对春小麦产量及水分利用的效应

3.6.1 深耕蓄水效果 加深耕层是一项蓄水的有效措施,试验表明,在春小麦收获后,立即

深翻至 25cm 和 35cm, 耕后耙平。自 8 月 6 日至 10 月 13 日测定(表 17), 72d 后 0~200cm 土层含水量, 深耕 25~35cm 较浅耕 15cm 增加 14~24cm。耕深 25cm 和 35cm 差异不显著。随时间向后推移, 土壤中所蓄水分在逐渐消失, 到翌年播种时(历时 233d)则减少到 9~14mm, 土面蒸发损失 5~10mm。可见深耕蓄水还需与抑制土面蒸发的保护措施相结合, 所蓄降水得到有效利用。

表 10 深耕配合施肥对春小麦产量及水分利用的影响

年份	处理组合	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 (%)	差异显著性		WUE [kg/(mm·hm <sup>2</sup> )]	提高 (%)	差异显著性		ET (mm)	土壤水利用率(%)
				0.05	0.01			0.05	0.01		
1988 ~	A2 B2	1623	11.2	a	A	6.375	14.2	a	A	225	63.4
	A1 B2	1455	0.0	b	A	5.58	0.0	b	B	252	62.4
1990	A2 B1	1125	8.2	c	B	4.635	10.8	c	C	245	59.7
	A1 B1	1039.5	0.0	c	B	4.185	0.0	d	C	249	60.3
1993	A3 B2	2235	25.2	—	A	7.38	20.0	—	A	303	54.6
	A2 B2	2130	19.3	—	A	7.20	17.1	—	A	299	54.4
	A1 B2	1785	0.0	—	B	6.15	0.0	—	B	298	54.3
	A3 B1	1770	1.7	—	B	5.91	3.1	—	B	296	54.0
	A2 B1	1710	-0.2	—	B	5.88	0.0	—	B	291	53.4
	A1 B1	1740	0.0	—	B	5.73	0.0	—	B	290	53.7

3.6.2. 深耕对春小麦产量及水分利用的效应 从表 10 可以看出, 1988~1990 年试验, 当每公顷施 N10.5kg 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>13.8Kg 及农家肥 15 000kg 时(B1), 深耕 25cm(A2)较浅耕 15cm(A1)增产 8.2%, 差异不显著; 而当施肥水平提高到施 N90kg 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>40.5kg 及农家肥 30 000kg 时(B2), 深耕与浅耕的产量差异达 5%显著标点, 增产率 11.2%。1993 年试验, 当 1hm<sup>2</sup> 施 N 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 各 45kg 时(B1), 深耕 25cm(A2)或 35cm(A3), 产量与浅耕 15cm(A1)没有差异; 而当施肥水平提高到 1hm<sup>2</sup> 施 N 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 各 135kg 时(B2), 增产率随耕层加深而提高, 耕深 25cm 较浅耕 15cm 增产 19.3%, 耕深 35cm 增产 25.2%, 差异均达 %显著标点。上述结果证明, 深耕获得增产是有条件的, 必须与相应的施肥量配合或在肥沃的耕地上进行深耕, 才会获得显著增产。

从表 10 还可看出, 不论深耕或浅耕, 施肥量多少, 作物的耗水量和土壤水的利用率差异都很小, 但水分利用效率都有明显的不同。在低肥条件下, 深耕与浅耕的水分利用效率差异不显著, 随施肥水平提高, 水分利用效率的差异显著。深耕 25cm(A2)较浅耕 15cm(A1)水分利用效率提高 14.2~17.1%, 差异达 1%显著标点。深耕 35cm 较深耕 25cm 水分利用效率虽有所提高, 但差异不显著。可见, 深耕对春小麦耗水和土壤水分的利用没有明显的影响, 对水分利用效率的影响与增产的原理一致。

## 4 结果讨论

研究结果表明, 山塬旱地, 土壤肥力瘠薄, 有机质含量低, 要实现每公顷 3 000kg 的产量目标, 水分利用效率提高到 9.0kg/(mm·hm<sup>2</sup>)以上, 最主要的技术途径是增施化肥和有机肥料。在瘠薄耕地上, 单施化肥施 N 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 各 30~45kg/hm<sup>2</sup>, 即可增产春小麦 720~953kg, 增产率可达 50%至一倍以上。施有机肥 90 000kg/hm<sup>2</sup>, 较不施可增产 420~675kg, 增产率为 22.5%~41.3%。加深耕层与适当的施肥量配合也是提高春小麦产量的一个重要途径, 可增产 150~450kg/hm<sup>2</sup>, 增产率为 11.2%~25.2%。除此之外, 还需把降雨量最大限度地保蓄在土壤中为作物有效利用, 否则, 即使有足够的肥料, 也难以实现这一目标。因此, 首先必须改变坡耕地地形, 修成各种类型的梯田, 就地拦蓄降水, 同时必须采取有效的覆盖保墒栽培技术, 最大限度的抑制土面蒸发, 使降水为作物生产所用。

春小麦的化肥施用量,以每公顷 N 和  $P_2O_5$  180~225kg 为最高施肥量,氮、磷配合比例以 6:9 或 3:9 为宜,随地力水平提高,氮、磷配合比例可适当调整,增加氮肥施用量。

有机肥的主要作用,除了可供作物必要的较全面的营养物质外,它还可以改良土壤结构,尤其可以提高土壤的保水性能,增强作物抗旱能力,提高春小麦的水分利用效率。因此,可以广泛的开辟肥源或实行秸秆还田,以增加土壤有机质含量。

深耕是蓄水的有效措施,可以接纳较多的降水储蓄在土壤深层,但如果不与保墒技术结合,虽然蒸发损失较慢,仍会在漫长的休闲期被蒸发损失,对春小麦增产无益。同时必须与适当较多的施肥量配合,才会获得显著增产。配合化肥量以每公顷氮和  $P_2O_5$  6:6 或 6:9kg 为宜。

抑制土面蒸发是进一步提高产量的必须措施,只有在作物休闲期和生长期实行全部覆盖才能最大限度地保蓄降水。据试验,在麦收后(8月8日)立即用麦秸秆覆盖地面(不耕地)到秋末(10月24日)测定,秸秆覆盖可保蓄同期降水量 76%。在作物生长期覆盖以春小麦三叶期以后行间覆盖较好。秸秆覆盖虽有一定的蓄水保水效果,但影响土温回升,保水效果较差。成本低廉蓄水保水效果好的覆盖材料,有待进一步研究:

(上接第 80 页)

(2) 肥力能显著提高旱地胡麻生产力,在目前生产条件下,  $hm^2$  施 225kg (纯 N :  $P_2O_5$  = 2 : 1) 胡麻产量最高,施肥水平在 0~150kg 范围内,随着施肥量的增加,胡麻的增产作用显著。150~225kg 增产作用减缓。

(3) 宁南地胡麻生育期耗水量为 279.1mm,其中降雨占 56%,土壤供水占 44%。宁南旱地胡麻耗水量目前仅达到需水量的 78.4%,生育期水分亏缺 74.3mm。播种—纵形水分盈余 26.6mm,现蕾—终花亏缺 72.7mm,终花—成熟亏缺 28mm。现蕾—终花水分严重亏缺是造成本地区胡麻产量低下的主要原因之一。胡麻生育时段平均日耗水 2.57mm,最大耗水强度出现在现蕾—终花,日耗水 4.74mm。

#### 参考文献

- 1 中国科学院黄土高原综合考察队农林牧课题组编:黄土高原地区 287 县(市、旗)基本情况数据集(1985 年), 1988
- 2 穆兴民等·黄土区旱地春小麦农田水分生态特征与改善途径。中科院、水利部西北水土保持研究所集刊, 1990,(3),55~56
- 3 贾恒义等。上黄试区土地类型的土壤组合与不同利用方式的土壤养分变化。中科院、水利部西北水土保持研究所集刊,1990,(3),P66。
- 4 天津市南郊区西泥沽公社农科站、天津市南郊区科学技术委员会。怎样种胡麻。天津科学技术出版社,1981, 35