

覆盖补水施肥对旱地小麦产量的影响

聂安全¹, 赵海祯¹, 齐宏立¹, 籍增顺², 刘建华²

(1 山西省农业科学院棉花研究所, 山西 运城 044000

2 山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 山西 太原 030006)

摘要: 在覆盖补水条件下, 设置了不同覆盖方式、不同补水时期、不同追肥时期和不同施肥量等试验。结果表明, 地膜穴播公顷穗数、穗粒数、千粒重三者均衡协调, 产量较高, 较对照增产 41.3%, 比膜侧条播增产 21.1%。在覆盖基础上, 底墒较差时, 越冬前补水较对照增产 30.5%; 底墒较好时, 拔节期补水较对照增产 15% 以上。覆盖补水后, 改为拔节、越冬和孕穗 3 个时期追肥, 以拔节期追肥的产量最高, 比对照增产 14.3%; 越冬追肥增产 9.0%。产量随施肥量的增加而增加, 在不同施氮和钾水平中, 产量均随施磷量的增加而增加。旱地麦田应采用底施+拔节期追肥技术, 且应增加肥料投入, 特别是磷肥用量。

关键词: 旱地; 小麦; 覆盖; 补水

中图分类号: S512.104 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2001)01-0092-07

小麦是我国北方旱地农区重要的栽培作物之一, 多年来, 受干旱的威胁, 产量低而不稳, 形成了产量的低水平小波动与高水平大波动。寻求旱地小麦高产稳产的关键技术, 一直是农业科技工作者关注的热点^[1,2]。经多年研究, 我们认为在应用好传统蓄水保水技术的基础上, 实行关键期补水追肥是解决问题的关键。为此, 我们于 1997~2000 年对旱地小麦地膜覆盖、补水、追肥等措施进行了试验研究, 取得了明显效果。

1 材料和方法

1.1 试验条件

试验在万荣县城关镇张户坡村进行, 海拔 600 m 左右, 年降水 450~550 mm, 60% 以上分布在 7、8、9 三个月。土壤为碳酸盐褐土, 肥力中等, 前茬为小麦。

1.2 试验设计

1.2.1 不同覆盖方式试验 设 3 个处理: ①地膜穴播(大覆盖)。膜宽 1.4 m, 膜间行距 30 cm, 种 7 行小麦, 穴距 11.6 cm, 行距 22 cm。②膜侧条播(小覆盖)。膜宽 40 cm, 垄高 10 cm, 平均行距 34 cm。③露地条播(对照), 平均行距 20 cm。3 个处理皆在补水追肥基础上进行。

1.2.2 不同补水时期试验 设越冬、拔节、越冬+拔节 3 个补水时期和不补水 4 个处理。补水量 450 m³/hm², 补水方式为渗灌。1998~1999 年分别在地膜穴播、膜侧条播、露地条播 3 种方式下进行, 1999~2000 年在地膜穴播覆盖方式下进行。

收稿日期: 2000-05-20

基金项目: 山西省科委科技攻关项目(963136)

作者简介: 聂安全(1958-), 男, 副研究员, 主要从事旱地农业研究工作。

1.2.3 不同追肥时期试验 在地膜穴播和补水基础上, 设越冬、拔节、孕穗 3 个追肥时期和不追肥(对照) 4 个处理。施肥量为纯氮 150 kg/hm² 一次施入(对照); 2/3 纯氮作底肥+1/3 纯氮结合补水追施。N:P:K 为 1:1:0.8。

1.2.4 不同施肥量试验 设置 N:P:K 为 1:1:0.8 的不同施肥量: ①N₇₅P₇₅K₆₀(ck), ②N₁₅₀P₁₅₀K₁₂₀, ③N₂₂₅P₂₂₅K₁₈₀, ④N₃₀₀P₃₀₀K₂₄₀, ⑤N₁₅₀P₂₂₅K₁₂₀, ⑥N₁₅₀P₃₀₀K₁₂₀ 6 个处理。各处理 2/3 作底肥, 1/3 在拔节期结合补水追施, 磷钾肥全部作底肥一次施入。在地膜穴播和补水条件下进行。试验小区面积 33.3 m², 3 次重复, 随机区组排列。于 9 月 25 日播种, 供试品种为晋麦 47 号。

1.3 地埋渗灌管道方法

在 50 拖拉机的犁铧部位安装一个自制的集深松、开沟、入管、埋土为一体的渗灌埋管机, 其渗灌的塑料管埋入土深度选择为 30 cm。在渗灌管长 70 m 处, 焊接一横向输水管道, 每隔 80 cm 埋一条渗水管, 需要补水时, 开启地头进水阀门即可自动渗灌。

1.4 调查和测试项目

①地温观测和按生育期进行土壤水分动态测定; ②测定土壤容重; ③收获后考种。

1.5 降水情况

以 1988~1997 年 10 年平均降水为标准进行比较, 1998~1999 年降水较多, 其他 2 个年度属于旱年型, 仅降水 301.6~358.8 mm; 1998~1999 和 1999~2000 年度底墒较好, 但是冬前分蘖(10~11 月)和越冬期差异较大, 其次是拔节、抽穗期(3~4 月)差异也较大(见表 1)。

表 1 不同年度降雨分布 mm

年 度	月份(月)							
	1~12	6~8	9	10~11	12~2	3	4	5
1988~1997	453.1	174.6	60.3	60.9	24.5	21.9	37.0	32.3
1997~1998	301.6	21.8	79.0	28.5	0	26.6	32.0	132.4
1998~1999	516.2	371.2	26.7	4.1	0	22.9	20.5	81.9
1999~2000	358.8	51.3	100.9	62.7	16.1	3.2	33.3	13.4

2 结果与分析

2.1 增产效应

2.1.1 不同覆盖方式的增产效应 3 个处理不同年际间均以地膜穴播的产量较高, 3 年平均 3 375 kg/hm², 较对照增产 987 kg/hm², 增产率 41.3%。膜侧条播较对照增产 16.7%, 地膜穴播又比膜侧条播增产 21.1%(表 2)。地膜穴播增产原因主要是由于公顷穗数、穗粒数、千粒重三者均衡协调; 而膜侧条播虽然穗粒数、千粒重略优于地膜穴播, 但公顷穗数少; 露地条播虽公顷穗数不少, 但穗粒数、千粒重降低。统计分析, 3 年 3 种不同覆盖方式产量差异达极显著水平。

2.1.2 不同补水时期的增产效应 在覆盖基础上, 不同时期补水皆表现明显增产效应。但是, 不同年际之间由于底墒差异, 不同时期补水增产效应也表现不同(表 3)。1997~1998 年度, 底墒较差, 越冬前补水增产幅度最大, 较对照增产 30.5%, 也较拔节补水增产 16.6%;

1998~1999 年度底墒较好, 年降雨较多, 拔节期补水增产效应显著, 在 3 个补水时期, 虽然越冬+拔节期 2 次补水产量最高, 但是, 2 次补水与拔节 1 次补水的产量差异不显著。1999~2000 年度, 虽年降雨较小, 但在播种前后降雨较多, 所以, 越冬前补水没有拔节期补水产量高; 越冬+拔节 2 次补水虽然产量最高, 达到 4 677 kg/hm², 比对照增产 26.6%, 但是和拔节期 1

表 2 不同覆盖方式产量比较

年度	处 理	穗数(万/ hm ²)	穗粒数(个)	千粒重(g)	产量(kg/ hm ²)	较 ck 增产±(%)
1997~1998	地膜穴播	226.5	23.2	42.4	2 223.0	39.4
	膜侧条播	204.0	22.7	42.0	1 948.5	22.2
	露地条播(ck)	271.5	14.8	39.7	1 594.5	—
1998~1999	地膜穴播	394.5	27.4	29.5	3 193.5	43.0
	膜侧条播	321.0	28.8	26.5	2 455.5	9.9
	露地条播(ck)	355.5	23.8	26.3	2 233.5	—
1999~2000	地膜穴播	472.5	31.2	31.8	4 707.0	41.2
	膜侧条播	382.5	31.6	32.7	3 955.5	18.6
	露地条播(ck)	459.0	25.9	28.0	3 334.5	—
1997~2000	地膜穴播	364.5	27.3	34.6	3 375.0	41.3
	膜侧条播	303.0	27.7	33.7	2 787.0	16.7
	露地条播(ck)	361.5	21.5	31.3	2 388.0	—

表 3 不同补水时期产量比较

年度	处 理	穗数(万/ hm ²)	穗粒数(个)	千粒重(g)	产量(kg/ hm ²)	较 ck 增产±(%)
1997~1998	越冬补水	300.0	22.3	42.1	2 817.0	30.5
	拔节补水	282.0	21.1	40.5	2 415.0	11.6
	不补水(ck)	267.0	20.7	40.1	2 164.5	—
1998~1999	越冬补水	400.5	28.7	31.5	3 618.0	13.3
	拔节补水	395.3	29.0	30.8	3 529.5	10.5
	越冬+拔节补水	426.9	29.2	33.4	3 772.5	18.1
	不补水(ck)	395.1	27.3	29.5	3 193.5	—
1999~2000	越冬补水	451.5	29.9	31.4	4 246.5	15.0
	拔节补水	453.8	30.1	32.7	4 440.0	20.2
	越冬+拔节补水	471.9	30.6	32.1	4 677.0	26.6
	不补水(ck)	440.1	28.1	39.5	3 693.0	—

表 4 不同追肥时期产量结果

年度	处 理	穗数(万/ hm ²)	穗粒数(个)	千粒重(g)	产量(kg/ hm ²)	较 ck 增产±(%)
1998~1999	底施(ck)	409.1	27.3	32.5	3 633.0	—
	越冬追施	407.1	28.8	32.6	3 816.0	5.04
	拔节追施	394.5	31.8	32.8	4 116.0	13.40
	孕穗追施	403.7	27.4	31.6	3 525.0	-3.06
1999~2000	底施(ck)	435.0	31.2	34.0	4 620.0	—
	越冬追施	438.0	31.2	36.7	5 047.5	9.00
	拔节追施	450.0	31.7	37.2	5 292.0	14.30
	孕穗追施	438.0	30.2	34.0	4 494.0	-2.90

次补水 4 440 kg/hm² 比较, 两者没有显著性差异。分析拔节期补水增产的产量构成因素, 1997~1998 年度主要是公顷穗数增加较多, 其次为千粒重增加; 1998~1999 年度和 1999~2000 年度, 拔节期补水比对照增产的主要原因是穗粒数和千粒重增加的结果。3 年的补水试验表明, 在播种前后降雨较少, 即底墒差的情况下越冬 1 次补水增产效应显著, 而且增产幅度

大;在播种前后降雨较多,即底墒较好情况下,越冬补水就没有拔节补水增产效应显著,而且拔节期 1 次补水也较 2 次和 3 次补水的经济效益佳。

2.1.3 不同追肥时期的增产效应 在覆盖补水前提下,将一次性施肥分别改为拔节、越冬和孕穗 3 个时期追肥。2 年试验结果(表 4)以拔节期追肥的产量最高,分别达到 4 120.5 和 5 292.0 kg/hm², 比对照增产 13.4%和 14.3%;越冬期追肥分别增产 5.04%和 9.0%;孕穗期追肥还不如一次底施,分别减产 3.06%和 2.90%。拔节期追肥可增加穗粒数和千粒重(1998~1999 年度)或者是单位面积穗数和千粒重(1999~2000 年度)。旱地麦田高产的产量因素中关键是提高单位面积的成穗数。同样的施肥量,单位产量由 3 000 kg/hm² 上升到 4 500 kg/hm²,其潜力在于单位穗数由 390 万~405 万/hm² 增加到 435 万~450 万/hm²。提高成穗数的关键在于保证底墒促进冬前分蘖和在小麦生长需肥临界期和两极分化、促进成穗的关键时期追肥。

2.1.4 不同化肥施用量的增产效应 N, P, K 不同施用量的 6 个水平比较(表 5),以 N₃₀₀P₃₀₀K₂₄₀ 产量最高,为 5 812.5 kg/hm², 较对照增产 20.0%;其次为 N₁₅₀P₃₀₀K₁₂₀和 N₁₅₀P₂₂₅K₁₂₀, 产量分别为 5 577 和 5 541.0 kg/hm², 再次为 N₂₂₅P₂₂₅K₁₈₀和 N₁₅₀P₁₅₀K₁₂₀, 分别为 5 509.5 kg/hm² 和 5 278.5 kg/hm²。说明产量是随施肥量的增加而增加,在不同施氮水平(纯 N 75~300)和不同施钾水平(K₂O 60~240)的施量中,产量又是随着施磷量的增加(P₂O₅ 75~300)而增加。因此,旱地麦田在覆盖补水基础上,应采用底施+拔节追肥技术,而且应增加肥料投入,特别是磷肥用量。

表 5 不同 N、P、K 量产量比较

处 理	穗数(万/hm ²)	穗粒数(个)	千粒重(g)	产量(kg/hm ²)	比 ck 增产(%)
N ₃₀₀ P ₃₀₀ K ₂₄₀	489.0	31.7	37.5	5 812.5	20.0
N ₁₅₀ P ₃₀₀ K ₁₂₀	484.5	31.1	36.5	5 577.0	15.3
N ₁₅₀ P ₂₂₅ K ₁₂₀	480.0	31.5	36.7	5 541.0	14.6
N ₂₂₅ P ₂₂₅ K ₁₈₀	484.5	31.5	36.1	5 509.5	13.8
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	487.5	30.5	35.5	5 278.5	9.0
N ₇₅ P ₇₅ K ₆₀	474.0	30.4	36.6	4 842.0	—

2.2 覆盖补水对土壤温度和水分的影

2.2.1 增温效应 1997~1998 年度 10 月份平均 5 和 10 cm 土层温度,分别比露地条播(对照)增高 1.6~1.8℃和 0.6~1.9℃;11 月份分别增高 1.6~1.7℃和 0.7~1.8℃。

1998~1999 年度 5~10 cm 土层温度,地膜穴播从冬前分蘖期到成熟期 250 d,比对照共增温 136.9~357℃,平均日增温 0.5~1.42℃,也比膜侧条播平均日增温 0.7℃。1999~2000 年度 5~20 cm 土层温度,从出苗到小麦成熟 243 d,地膜穴播比对照平均日增温 2.4℃,共增温 592.9℃,膜侧条播比对照平均日增温 1.45℃,共增温 253.4℃。

不同年际间增温效应基本上是一致的,增温有利于促进小麦冬前分蘖和幼穗分化进程,也有利于促进春季提早返青和分蘖成穗。

2.2.2 保墒效应 地膜穴播土壤含水量高于膜侧条播和露地条播(表 6)。1997~1998 年度,0~20 和 20~40 cm 分别高 0.8,1.8 和 0.8,1.3 个百分点;1998~1999 年度,0~40 和 40~100 cm 分别高 0.3,1.2 和 0.6,0.7 个百分点;1999~2000 年度,0~40 和 40~100 cm 分别高 0.7,1.6 和 0.1,0 个百分点。

表 6 覆盖和覆盖补土壤水分动态变化

%

年 度	土 层 (cm)	地膜 穴播	膜侧 条播	露地 条播	越冬 补水	拔节 补水	越冬 + 拔节 补水	不补水	备注
1997~1998	0~20	10.9	10.1	9.1	11.9	12.1		8.9	2次平均
	20~40	8.3	7.5	7	7.7	8.2		5.9	
1998~1999	0~40	10.9	10.6	9.7	11.8	12.5	13.1	10.9	2次平均
	40~100	9.4	8.8	8.7	10.4	10.6	10.9	9.4	
1999~2000	0~40	11.6	10.9	9.8	13.3			11.5	5次平均
	40~100	9.9	9.9	8.9	10.9			9.5	

越冬期补土壤含水量始终高于对照。0~40 cm 分别高 2.8(1997~1998 年度), 0.9 (1998~1999 年度)和 1.8(1999~2000 年度)个百分点;40~100 cm 分别高 1.0(1998~1999 年度)和 1.4(1999~2000 年度)个百分点。在越冬补水的基础上再在拔节期增加 1 次补水可明显增加 0~40 cm 土层的含水量(表 6)。所以,覆盖+补水能够减缓干旱无雨的逆境胁迫,可获得较高的产量。

2.2.3 土壤水分利用率 地膜穴播水分利用率为 13.26 kg/mm, 分别较膜侧条播和对照增加 1.905 和 3.855 kg/mm;拔节补水水分利用率为 12.69 kg/mm, 越冬补水为 12.48 kg/mm、越冬+拔节 2 次补水水分利用率 12.56 kg/mm, 补水较对照提高 14.0%(表 7)。考虑不同年际,底墒较差时,越冬期补水;底墒较好时,拔节期补水。

表 7 不同处理水分生产效率

处 理	产 量 (kg/hm ²)	土壤贮水量(mm)		生育期降 水(mm)	生育期 补 水 (mm)	总耗水量 (mm)	水分生产 率(kg/mm)
		播前	收获期				
地膜穴播	4 162.5	359.2	246.2	170.4	30	313.4	13.25
膜侧条播	3 601.5	359.2	243.0	170.4	30	316.6	11.36
露地条播	3 132.0	359.2	226.2	170.4	30	333.4	9.39
越冬补水	3 932.3	359.2	242.5	170.4	30	314.7	12.48
拔节补水	3 984.8	359.2	245.5	170.4	30	314.1	12.68
越冬+拔节	3 954.8	359.2	253.2	170.4	30	336.3	12.55
ck	3 443.3	359.2	217.4	170.4	0	312.2	11.02
越冬追肥	5 047.5	415.7	233.7	165.3	60	407.5	12.39
拔节追肥	5 292.0	415.7	236.2	165.3	60	405.0	13.07
孕穗追肥	4 494.0	415.7	238.6	165.3	60	402.6	11.16
ck	4 621.5	415.7	238.6	165.3	60	402.6	11.48
N ₇₅ P ₇₅ K ₆₀	4 842.0	415.7	233.7	165.3	60	407.5	11.88
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	5 278.5	415.7	233.7	165.3	60	407.5	12.96
N ₂₂₅ P ₂₂₅ K ₁₈₀	5 509.5	415.7	231.2	165.3	60	410.0	13.44
N ₃₀₀ P ₃₀₀ K ₂₄₀	5 812.5	415.7	231.2	165.3	60	410.0	14.18
N ₁₅₀ P ₂₂₅ K ₁₂₀	5 541.0	415.7	231.2	165.3	60	410.0	13.52
N ₁₅₀ P ₃₀₀ K ₁₂₀	5 577.0	415.7	228.8	165.3	60	412.4	13.53

覆盖补水与追肥结合,拔节追肥水分利用最高,1 mm 水可生产 13.07 kg/hm², 比越冬、孕穗追肥的水分利用率(1 mm 水增加 0.68 和 1.91 kg/hm²)提高 5.5%和 17.1%;比不追肥提高 13.9%;而孕穗追肥较对照减产,水分利用率也降低 2.8%。

在 6 个施肥量中,以 N₃₀₀P₃₀₀K₂₄₀的水分利用率最高,1 mm 水可生产 14.18 kg/hm², 其次

为 $N_{150}P_{300}K_{120}$ 和 $N_{150}P_{150}K_{120}$ 2 个施肥水平, 分别为 13.53 和 13.52 kg/mm; 最后为 $N_{225}P_{225}K_{180}$ 和 $N_{150}P_{150}K_{120}$ 2 个施肥水平, 分别为 13.44 和 12.96 kg/mm, 前两者较后两者分别提高 4.8%, 4.9% 和 5.5%, 9.4%; 比对照 11.88 kg/mm 提高 19.3%。

2.2.4 土壤物理性状 覆盖、补水和追肥改善了土壤物理性状, 使土壤容重降低, 孔隙度提高。地膜穴播和膜侧条播的容重分别比对照, 0~5 cm 降低 0.06 和 0.04 g/cm³, 5~10 cm 降低 0.06 和 0.05 g/cm³, 10~20 cm 降低 0.09 和 0.08 g/cm³; 而孔隙度各层次分别提高 2.28 和 1.54, 2.45 和 1.82, 3.43 和 3.05 个百分点。不同补水时期中, 以越冬+拔节 2 次补水的土壤容重最低, 孔隙度最大, 次为拔节 1 次补水和越冬 1 次补水。

3 结论

3.1 覆盖方式

覆盖比不覆盖增产 16.7%~41.3%。地膜穴播较膜侧条播和常规条播(不覆盖)具有明显增温保墒作用, 可协调穗、粒、重三者的关系。膜侧条播, 虽然小麦个体发育健壮, 但基本苗少, 总茎数少, 亩穗数偏低, 增产效应小。

地膜穴播采用甘肃半精量播种覆膜穴播机, 膜宽 1.4 m, 膜距 30 cm, 一膜 7 行小麦, 穴距 11.6 cm, 行距 22 cm, 每穴 3~5 粒种子, 49.5 万穴/hm²。

3.2 补水时期与补水方式

覆盖补水比不补水增产 14.1%~19.6%。播种前降雨(7, 8, 9 月份)150 mm 以上, 拔节期(4 月初)补水 450 m³/hm²; 播种前降雨<100 mm, 则在越冬期补水 450 m³/hm²。

3.3 追肥时期与施肥量

覆盖补水追肥(2/3 氮肥底施, 1/3 拔节追肥)比一次底施增产 13.4%~14.3%; N, P, K 用量由常规 $N_{75}P_{75}K_{60}$ 基础上增加到 $N_{300}P_{300}K_{240}$, 可增产 9%~20%。在覆盖、补水基础上, 改常规一次性底施为底肥+追肥 2 次施用, 以拔节期追施的效益最佳。等量肥料($N_{150}P_{150}K_{120}$)分 2 次施用较 1 次底施, 其效益和肥料利用率提高 14.3%。在覆盖、补水基础上, 每公顷由常规施肥量 $N_{75}P_{75}K_{60}$ 增加到 $N_{300}P_{300}K_{240}$, 则产量可达 5 812.5 kg/hm², 增产 20.1%, 尤其是磷肥和钾肥增加后更有其显著增产效应。

参考文献:

- [1] 李振吾, 籍增顺. 旱地农业可持续发展策略与技术途径[M]. 北京: 中国科学出版社, 1998.
- [2] 李守谦. 穴播地膜小麦栽培技术[M]. 北京: 科学技术出版社, 1998.

Effect of Film Mulching, Additional Manuring and Irrigation on Wheat Yield in Dryland Field

NIE An-quan¹, ZHAO Hai-zhen¹, QI Hong-li¹, JI Zeng-shun², LIU Jian-hua²

(1. Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China;

2. Agricultural Resources Comprehensive Survey Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Experiments of different mulching types, irrigating times and additional manuring rate were made during 1997 ~ 2000. The results showed that wheat yield of bunch planting on plastic film was increased by 41.3% and 21.1% more than row planting beside plastic film the traditional planting and respectively. Under the mulching, wheat yield of irrigating field before winter can be increased by 30.5% more than that of traditional management when rainfall is small before planting wheat. Wheat yield of irrigating field during elongation stage can be increased by 15% more than that of traditional management when it is rainy before planting wheat. Combining base fertilizer with additional manuring can increase wheat yield, additional manuring during elongation stage can be increased by 14.3% more than single base fertilizer. By the way, adding phosphate fertilizer is very useful to enhance wheat yield.

Key words: Dry land; Wheat; Mulching; Irrigation