

旱作带田一膜两用的水热效应及增产效益研究*

仇化民 王宁珍 马妮娜

(甘肃省西峰农业气象试验站,甘肃,745000)

摘 要

西北黄土高原,光照丰富,雨热同期。实施旱作带田一膜两用技术,可增温 2—5℃,节水 30—40mm 以上,调水 70% 左右。热量利用率高达 0.987,降水利用效率 15.15kg/(mm·hm²),气候生产力利用指数 0.49。增产效益明显,变作物一年一作为一年两作,总产可达 8250—9000kg/hm²,比单作增产 45% 以上。

关键词:旱作带田,一膜两用,水热效应,增产效益。

1 材料与方 法

试验设在西峰农业气象试验站的旱作塬地试验田。该地属温和半湿润气候区,年平均气温 8—9℃,≥0℃积温 3400—3500℃,年降水量 500—600mm,太阳辐射 5500—6000MJ/(m²·a)。试验年度 1991 年是一个冬、春雨雪多,夏、秋连旱的年份;1992 年是一个冬、春、夏持续少雨,秋雨正常的干旱年;1993 年风调雨顺,年景较好。试验采用随机区组设计,4 因素 4 重复。第 1 因素为带田(s₁,s₂,s₃,s₄)与单作(ck s₅,s₆,s₇);第 2 因素为适播(s₁,s₂,s₃,s₅,s₇)与晚播(s₄,s₆);第 3 因素为麦田覆膜(s₁,s₄)与不覆膜(s₂,s₃,s₅,s₆);第 4 因素为垅种(地膜玉米)沟播(小麦)s₂与垅播(小麦)沟种(地膜玉米)s₃。种植方式为小麦(长武 131)套种玉米(中单 2 号)。适播小麦于 9 月中旬条播;晚播回茬小麦于 10 月上、中旬条播。玉米均于次年 4 月中旬点播或撮苗种植。地膜为厚度 0.008mm 的聚氯乙烯塑料薄膜。带田和单种在小麦播前亩施有机肥 3000—4000kg、硫酸铵 35—45kg、过磷酸钙 40—50kg。小麦返青和玉米 7—8 叶时,分别追施尿素 120—150kg/hm²。作物从播种至收获,每旬逢 8 日和日降水量≥15mm 时,进行土壤水分测定。每 10cm 一层,测至 100cm 深,重复 2—3 次。对作物进行发育期、株高、密度、生物量等观测和产量分析。

2 结果与分析

2.1 地膜带田的节水调水效应

依据简化后的土壤水分平衡方程^[1]计算 s₁,s₄ 地膜带田和 s₅,s₆,s₇ 单种作物生育期 1m 土层厚的蒸散量得知,地膜带田的作物蒸散量明显小于单种田。其差值小麦为 33.6—52.2mm;玉米为 27.9mm。其中,s₁ 小麦带从停止生长时覆膜至翌年返青揭膜的越冬期,比 s₅ 小麦单种田含水量多 30.3mm。小麦返青揭膜覆于玉米带至春播,期间降水总量 67.2

* 初稿时间:1994 年 7 月 25 日;修改稿时间:1995 年 6 月 10 日。

mm。 s_1 玉米带的降水只有一部分从地膜两侧渗入本带,大部分流入麦带,而 s_7 单作玉米田接纳了全部降水。但玉米播种时, s_7 比 s_1 土壤含水量仅多 6.5mm。由此计算,此期 s_1 与 s_7 可节水保墒 30—40mm 以上。

根据旱作地膜带田的结构和其相应的水分平衡模式^[2]:

$$d_g l_g + d_T l_T + d_r (n_1/n_2) l_g = K_a ET \quad (1)$$

式中 d_g, l_g 为作物生育期降水量 l_g 所形成的土壤含水量; d_T, l_T 为作物播种前降水量 l_T 的土壤含水量; $d_r (n_1/n_2) l_g$ 是带田区间调集的土壤含水量。 n_1, n_2 是带田覆膜和不覆膜的面积, d_g, d_T, d_r 为收墒系数, K_a 为作物系数, ET 是作物生育期潜在蒸散量。

按式(1)计算分析,旱作带田一带覆膜后,区间集水调水效应相当明显。1991年5月18日测得 s_1 麦带和玉米带 1m 深土壤含水量分别为 177.4mm 和 219.9mm,5月21—24,27—29日西峰总降水量 61.7mm。5月29日测得其相应类别的土壤总含水量分别为 243.6mm 和 239.6mm。 s_1 麦带土壤含水量增加了 66.2mm,而玉米带仅增加了 19.7mm,即玉米带给相邻的麦带调水 23.2mm。应用旱作地膜带田集水调水方程:

$$\sum_1^n S_c = C_R \cdot F_m \sum_1^n R \quad (2)$$

式中 S_c 为带田调水(集水)量; F_m 为调水收墒系数; R 为生育期降水量; C_R 为集水比。取 $F_m = 0.36$, $C_R = 1.0$ 计算,1991—1993年小麦、玉米带通过带幅给麦带调水分别为 78.5mm、46.9mm、32.9mm。

表 1 6月2—22日 s_2, s_3, s_7 玉米地段蒸散量(mm)

时间	2/6	2/6—22/6	22/6	2/6—22/6	
	1m 土层含水量	降水量	1m 土层含水量	蒸散量	日耗水量
s_2	197.3	55.4	181.2	71.5	3.58
s_3	207.0	55.4	169.4	93.0	4.65
s_7	185.2	55.4	227.7	12.9	0.65

小麦、玉米带田,国内外一般都采用垅种玉米、沟种小麦的种植型式(s_2)。本课题 1991—1993年设计的垅播小麦沟种地膜玉米 s_3 ,其相互调水作用更优于 s_2 。还有降水,上表层垅种麦带可微量调水于沟种玉米带上层,以利玉米幼苗生长,中、下层玉米带调水于麦带。1992年5月30日—6月1日,西峰降水 31.7mm,6月2日测得 s_2, s_3 玉米带、 s_7 玉米对照田 1m 土层总含水量分别上升到 197.3mm、207.0mm 和 185.2mm。时隔 20天(期间降水量 55.4mm),到 6月22日, s_3 玉米带土壤含水量急剧下降到 169.4mm,耗水量 93.0mm,日耗水达 4.65mm,而 s_2 玉米带土壤含水量缓慢下降, s_7 单种玉米土壤含水量稳定少变(表 1)。在同一气候生态条件下,作物发育、群体结构基本相同的条件下,形成不同玉米地段耗水量的差异,其主要原因是此期小麦正处开花灌浆期,需水量较多,它不但吸收本带的土壤水分,并且通过本身根系扎得深、分布广的优势吸收利用相邻玉米带中、下层的土壤水分,使玉米带的水分急剧下降^[1]。这种相互调水作用,使两种作物对水分的供需更趋于平衡,对两种作物的生长发育都有利。

2.2 地膜带田的热效应

表 2 s_4 与 s_6 小麦发育期比较(日/月)

发育期	播种	出苗	三叶	分蘖	停止生长	返青	拔节	抽穗	开花	成熟
s_4	12/10	19/10	29/10	8/11		25/2	19/4	16/5	24/5	7/7
s_6	12/10	22/10	8/11		3/12	15/3	26/4	22/5	31/3	10/7
差值(d)		3	9			18	7	6	7	3

表 2 是 1991—1992 年度晚播回茬小麦覆膜带田 s_4 和 s_6 (ck) 的发育期比较。从表中可看出, 同期播种覆膜比不覆膜的出苗早 3d, 三叶期早 9d。 s_4 冬前进入分蘖普期, 而 s_6 冬前未分蘖, 并于 12 月 3 日停止生长进入越冬休眠期。地膜小麦在越冬期, 地温比裸露对照田 0cm 高 2—6℃, 5—10cm 高 1—6℃, 麦苗叶色葱绿, 随着温度的变化时长时停, 继续分蘖, 亩基数增加了 22.7%—80.8%; 而对照田停止生长, 因风蚀低温冻害, 死苗率为 4.3%—23.1%。早春覆膜麦田温度回升早, s_4 于 2 月 25 日明显返青, 迅速生长。而 s_6 于 3 月 15 日才开始返青生长, 推迟 18d。 s_4 返青揭膜后, 其拔节、抽穗、开花等发育期仍比 s_6 提前 6—7d。对于晚熟冬麦区来说, 小麦返青提前, 在适宜的生态环境下, 可延长小穗、小花分化期和灌浆期, 增加穗粒数和穗粒重。

2.3 地膜带田的气候生产力

2.3.1 水分利用效率

表 3 农业气候生产力

试验序号	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7
降水量(mm)	557.2	557.2	557.2	537.3	262.8	261.2	400.8
$\geq 0^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$)	3390.4	3390.4	3390.4	3073.8	2071.3	1703.4	2590.0
太阳辐射量 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	4044.4	4044.4	4044.4	3667.6	2708.9	2332.1	3052.2
经济产量(kg/hm^2)	8427.0	7558.5	8338.5	8641.5	3190.5	2262.7	5974.5
水分利用效率($\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$)	15.15	13.50	15.00	16.05	12.15	8.70	14.85
热量利用率	0.987	0.987	0.987	0.919	0.603	0.496	0.754
光能利用率(%)	1.49	1.35	1.48	1.70	0.77	0.71	1.38
气候生产力利用指数	0.49	0.44	0.48	0.50	0.19	0.13	0.35

水分利用效率是指作物生育期 1mm 降水 (R) 在单位面积上生产的粮食重量 (G)。即

$$P_R = G/R \quad (3)$$

从表 3 可看出, s_1 水分利用效率为 $15.15\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$, 比单种小麦 $12.15\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 高 24.7%; 比单作玉米 $14.85\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 高 2.0%。 s_4 水分利用效率最高, 为 $16.05\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$, 比单种回茬小麦 s_6 高 84.4%; 比正茬单种小麦 s_5 高 32.1%。就气候年份而言, 干旱少雨年(1992 年), 地膜带田的增产幅度最大, 产量可成倍增加; 气候正常年份(1993 年)产量最高, 水分生产效率也高。

2.3.2 热量利用率

热量资源利用率可用下式表示^[3]:

$$P_T = T_g / \Sigma T (\geq 0^\circ\text{C}) \quad (4)$$

式中 P_T 为热量利用率; $\Sigma T (\geq 0^\circ\text{C})$ 为作物生长季 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温; T_g 为某种植型式作物全生育 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温总和。应用式(4)计算,西峰地区一年一作小麦、一年一作玉米和小麦-玉米地膜带田的热量利用率分别为 0.603, 0.754 和 0.987(表 3)。带田的热量利用率比单种小麦提高了 63.7%, 比单种玉米提高了 30.9%。对于一年一熟热量有余, 一年两熟热量不足的西北黄土高原旱作田来说, 采用地膜带田种植型式, 基本完全利用了 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的作物生长季, 使有限的热量资源得到充分的利用, 变作物一年一熟为一年两熟。

2.3.3 光能利用率

旱作地膜带田因作物生育期和植株高度的差异及覆膜的效应, 改变了下垫面光的性质。加之水热条件的协调配合, 使作物叶面积系数大, 干物质增加快。由干物质增长拟合生长方程:

$$W_1 = 2.94 / (1 + e^{2.92 - 0.068t}) \quad (5)$$

$$W_5 = 2.50 / (1 + e^{3.789 - 0.076t}) \quad (6)$$

式中 W 为小麦某一日的干物重($g/\text{茎}$), t 为距离返青后的天数(d)。由(5)、(6)可知, 两曲线斜率差异较大。 s_1 叶面积系数大, 净光合生产力强, 干物质增加快, 曲线上升陡峭, 且时间比 s_5 提前 4—6d。其光能利用率 s_1 为 1.49%, s_5 为 0.77%, s_7 为 1.38%。

2.3.4 气候生产力利用指数

气候生产力利用指数 (F) 是气候生产潜力 (y) 与作物经济产量 (G) 的比值, 即:

$$F = G/y \quad (7)$$

其比值愈大, 气候资源利用得愈好; 比值愈小, 气候资源利用得愈差。根据孙惠南建立的气候生产潜力估算方法^[4], 试验区全年的作物气候生产潜力为每亩 1100—1200kg, 而本区冬小麦平均亩产仅 150—170kg, 玉米亩产 380—420kg, 其利用指数仅为 0.13—0.15 和 0.33—0.37, 开发利用率很低。实施旱作地膜带田, 挖掘开发了气候生产潜力, 平均亩产可达 550—600kg, 气候生产力指数提高到 0.49(表 3), 比小麦、玉米单作提高了 40.0%—157.9%, 比当地小麦大田生产提高了 2.5 倍, 比玉米提高了 40.0%。

3 经济效益评估

试验示范结果表明, 旱作地膜带田是一项高投入、高产出、高效益的农业栽培技术。3 年平均亩产 503.9—576.1kg(表 3), 比单作小麦亩产 212.7kg 和单作地膜玉米亩产 398.3kg 增收 327.3kg 和 141.7kg。增产 153.9% 和 35.6%。依据农业部规定的“农业科技成果经济效益计算方法”计算, 旱作地膜带田的产投比为 4.10, 比单作小麦产投比 3.64 和地膜玉米产投比 3.56, 分别提高了 12.6% 和 15.2%。其亩投入量比单作小麦多 94.90 元, 比地膜玉米多 54.10 元; 亩产出量比单作小麦和地膜玉米分别多 434.01 元和 297.19 元; 亩纯收入比单作小麦多 339.10 元, 比单作地膜玉米多 243.09 元, 分别增长了 232.74% 和 169.14%。经济效益相当显著, 是旱作地区粮食再上一个新台阶的重要途径。

4 结 语

旱作一膜两用地膜带田,是集增温保墒、集水调水、边行优势等气候效应和作物空间成层性、生长时间演潜性、不同品种性状差异性等于一体的高投入高产出高效益的综合丰产栽培技术。和一般带田不同之处是具有明显的增温、集水、节水、调水性能,其中晚播回茬小麦覆膜和垅播沟盖旱作地膜带田的水热效应尤为显著,是未来发展立体高效旱作农业的一项重要栽培措施,是传统农业向现代化农业转化的一条重要途径。

参数文献

- [1] 仇化民,王宁珍,马妮娜.旱作小麦-玉米地膜带田节水调水效应的研究.干旱地区农业研究,1994,12(4):27—29.
- [2] 董宏儒等.旱作农田沟垅覆盖集水试验总结.干旱气象论文集,1991.1—4.
- [3] 董宏儒,邓振镛.带田农业气候资源的利用.北京:气象出版社,1988.145—146.
- [4] 欧阳海等.农业气候学.北京:气象出版社,1990.184—186.

BENEFIT OF PLASTIC SHEET MULCHING STRIPE LAND WITH RAINFED WATERHEAT EFFECT AND INCREASE PRODUCTION

Qiu Huamin Wang Ningzheng MA nina

(Xifeng Agrometeorological Station of Gansu Province, Xifeng, Gansu, 745000)

Abstract

Loess Plateau of northwest, illumination is abundant. Rain and heat is in a period. Microclimate of farmland have the obvious effect while a technology of plastic sheet mulching strip land with rainfed was carried out. The ground temperature increase 2—5℃, water saving 30—40mm. It is reached 70% or so the regulation of water with each other. Heat use efficiency is 0.99, precipitation is 15.15kg/(mm·hm²) the climate produce potential exponent is 0.49. The increase produce have the obvious effect changing one into two cultivation a year. Total output attained 8250—9000kg/hm², increased yield over 45% comparison with the monocultivation.

Key Words: rainfed stripe land, plastic sheet mulching, water—heat effect, increase yield benefit.