

# 甘肃省旱地农业技术创新与实践

郭贤仕, 柳燕兰, 候慧芝, 郭天文

(甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃兰州 730070)

[摘要] 甘肃省地理跨度大, 气候类型多种多样, 旱地农业类型齐全, 在长期的生产实践和科研活动中, 把有效的传统抗旱办法与农田微集雨保墒工程、旱农耕作栽培技术、农业机械有机结合, 创造了很多有区域特色的旱地农业技术。本文对甘肃省传统的砂田种植技术和旱地地膜小麦穴播技术、集雨农业技术体系进行简单回顾, 对现阶段正在应用的主体创新旱农技术——全膜双垄沟播玉米、膜上覆土小麦种植技术体系的基本特点、抗旱增产机理及应用情况进行较详细的介绍。

[关键词] 甘肃省; 旱农技术创新; 全膜双垄沟播玉米; 膜上覆土小麦

[中图分类号] S282 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)03-0065-05

## 1 前言

甘肃省 70% 以上的耕地是旱地, 旱地农业在甘肃农业中占有重要地位, 是农业生产的主要形式。甘肃省地理跨度大, 气候类型多种多样, 包括陇南南部河谷亚热带区、陇东半湿润旱塬区、陇中半干旱黄土高原丘陵沟壑区、高寒湿润偏旱区、荒漠和半荒漠干旱区等, 旱地农业类型齐全。干旱缺水是制约甘肃省旱地农业发展的主要不利因素, 农业生产一直处于小旱小灾、大旱大灾、年年遭灾、年年抗旱的被动局面。以甘肃省小麦生产为例, 陇中、陇东旱地小麦平均产量多在 2250 kg/hm<sup>2</sup> 以下, 只有全国平均产量的 40% 左右, 并且年际差异大, 如 2006 年陇东的华池县冬小麦平均产量只有 474.9 kg/hm<sup>2</sup>。在长期的生产实践中, 甘肃地区人民群众创造了许多发展旱作农业的经验, 如各种覆盖保墒、垄作坑种、深翻、多耕、耱耙、镇压、集雨等技术措施<sup>[1]</sup>。甘肃省农业科技工作者把一些行之有效的传统抗旱办法和现代旱农耕作栽培理念、农田微集水保墒工程、农业机械、现代农资有机结合, 围绕蓄住天上水、保住土壤水、用好地表水的思路, 创立了用水、保水、蓄水、拦水、截水五大技术体系, 总结出了“梯田、水

窖、地膜、调整”的发展路子, 形成了雨水拦蓄入渗、覆盖抑蒸、雨水富集叠加的旱作农业技术路线, 初步实现了由被动抗旱向主动抗旱、由单一措施抗旱向综合措施抗旱、由传统抗旱向科学抗旱的转变, 农艺与农机措施相结合, 生物与工程措施相配套, 提高了旱作农业的可控性<sup>[1-5]</sup>。在旱地农业方面不断地提出了很多在全国有影响的抗旱增产技术和种植模式, 并在农业生产实践中得到广泛应用, 有力促进了甘肃省及同类型地区旱地农业发展。有着几百年历史的旱地砂<sup>[2]</sup>, 20 世纪 90 年代提出的旱农地膜小麦穴播技术、集雨农业技术体系, 近年提出的全膜双垄沟播玉米、膜上覆土小麦等, 都是在甘肃省出现的旱农创新性技术。本文对甘肃省过去的一些传统旱农技术进行回顾, 对现阶段的旱农创新技术基本原理及其在生产上的应用进行介绍。

## 2 甘肃省重大旱农技术创新回顾

### 2.1 砂田

传统砂田主要起源地为甘肃省中部地区兰州一带, 从明朝中期开始, 距今大约有四五百年的历史。在自然降水为 200~300 mm 的区域, 在耕地表面覆盖 10~15 cm 粗砂砾或卵石夹粗砂, 种植小麦、西

[收稿日期] 2011-11-10

[基金项目] 农业部行业专项(200903007~X)

[作者简介] 郭贤仕(1964—), 男, 湖北黄陂人, 研究员, 从事旱地农业研究; E-mail: xshguo@sina.com

瓜、蔬菜等作物<sup>[2]</sup>。砂田是广大劳动人民在长期适应干旱少雨及盐碱不毛之地的耕作实践中创造出来的独特抗旱耕作形式,砂田除覆盖抑蒸保墒、有利雨水下渗外,还具有明显的改良和调节农田土壤和光热等作用。1980年,全国砂田面积约 $1 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,主要集中在甘肃省中部地区,以及与青海、新疆和宁夏的部分地区,其中,甘肃省兰州市当时曾达到 $5.57 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

近年来,随着瓜果蔬菜无公害生产的兴起和与设施农业技术的结合,创造了多种高产高效的砂田种植模式,如砂田枣树、砂田枸杞、砂田苹果、各种高效砂田蔬菜等,甘肃砂田又呈现不断扩大的发展趋势。宁夏中卫、海原砂田西瓜发展迅速,近年种植面积达到 $6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上<sup>[3]</sup>。

## 2.2 旱地地膜小麦穴播技术

旱地地膜小麦穴播种植模式的增温、抑蒸效果显著,光、热、水等田间环境因素的改善有利于小麦生长发育和产量形成。旱地地膜小麦穴播技术是在多年试验研究的基础上,从1995年开始推广,1999年达到最高种植面积 $2.04 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,当时被农业部列为“九五”十项重大推广技术之一,该技术通过地膜覆盖能有效抑制土壤水分无效蒸发,增加地温,促进作物生长发育,增产幅度一般可达到20%~30%。

## 2.3 集雨农业技术体系

集雨农业技术体系是从20世纪80年代后期,甘肃省农业科技界系统总结了以往旱农研究的成效性和局限性,提出“主动抗旱,以雨水治旱”的新思路。典型半干旱地区自然降水资源存在时间、空间分配局限性,降水高峰期与夏季作物需水关键期错位,有限的自然降水利用效率很低。通过小型集水工程,收集、储存自然或人工集水面的降水,使雨水富集叠加,在作物需水关键期进行少量补灌,显著提高作物产量。此方法于20世纪90年代在作物、大棚蔬菜、药材种植、养殖上得到应用,推动了半干旱地区农业种植结构调整,使农民增产增收,促进了旱区农业经济发展。

# 3 现阶段旱农创新技术与实践

## 3.1 全膜双垄沟播玉米

### 3.1.1 种植技术体系的基本特点

全膜双垄沟播玉米是把耕作与栽培技术相结合,农机、农艺、农资相结合,集地膜覆盖抑蒸增温、

垄面集雨、垄沟雨水富集为一体的抗旱保墒新技术。通过耕作在田间起大小双垄(小垄宽0.4 m、垄高0.15~0.20 m,大垄宽0.7 m、垄高0.1~0.15 m,大小双垄共宽1.10 m),使大小垄相接处形成播种沟,然后采用宽120 cm的薄膜全地面覆盖,最后在沟内播种。同普通的地膜覆盖相比,在覆盖方式上由半膜覆盖变为全膜覆盖,在种植方式上由平铺穴播变为垄沟穴播,既能起到保墒增温作用,又能形成自然的集流面,使5 mm以下的无效降水富集在种植沟内都被作物有效吸收。这一技术保水效果显著,在干旱年份的春播时,一般露地含水量仅为6%~8%,而按全膜技术要求已在秋季覆膜的耕地含水量为18%~22%,能将水分的利用率提高到70%~80%<sup>[4,5]</sup>。

### 3.1.2 试验示范的增产效果

2006—2008年,甘肃省农业技术推广总站 in 甘肃省中东部9个具有代表性的旱作农业县区进行全膜双垄沟播玉米增产效果试验研究,其中,靖远县若笠乡、会宁县四方乡和榆中县莲塔乡代表半干旱偏旱区,多年平均年降雨量250~350 mm;通渭县碧玉乡、静宁县余湾乡和庆城县太白乡代表半干旱区,多年平均年降雨量为350~500 mm;泾川县太平乡、秦州区平南乡和广河县水泉乡代表半湿润偏旱区,多年平均年降雨量为500~600 mm。

研究表明,9个试验点全膜双垄沟播玉米的产量都显著高于传统的半膜覆盖,平均增产2102.5 kg/hm<sup>2</sup>,平均增产率31.3%。全膜双垄沟播玉米在不同降水区域产量和增产量差异较大,降水量较大的区域产量和增产量都较高,增产率随降水量提高而递减,但增产率差异不大,半干旱偏旱区、半干旱区、半湿润偏旱区增产率分别为35.5%、30.4%、28.0%<sup>[6]</sup>。

表1 2006—2008年甘肃省中东部全膜双垄沟播玉米增产效果

Table 1 Yield increasing effect of whole plastic-film mulching on double ridge and planting corn in catchment furrows in the middle and east of Gansu province during 2006—2008

地点	全膜双垄沟 /(kg/hm <sup>2</sup> )	半膜覆盖 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
靖远县	6 393.0	4 582.5	1 810.5	39.5
会宁县	7 108.5	5 123.0	1 985.5	38.8
榆中县	7 464.0	5 822.5	1 641.5	28.2
通渭县	8 590.5	6 468.8	2 121.7	32.8
静宁县	9 087.0	6 930.5	2 156.5	31.1

续表

地点	全膜双垄沟 /(kg/hm <sup>2</sup> )	半膜覆盖 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
庆城县	9 360.0	7 352.5	2 007.5	27.3
泾川县	10 177.6	8 028.0	2 149.6	26.8
秦州区	10 921.5	8 458.5	2 463.0	29.1
广河县	11 831.9	9 245.0	2 586.9	28.0
总平均	8 992.7	6 890.1	2 102.5	31.3

### 3.1.3 生产应用情况

从2003—2005年,全膜双垄沟播技术在甘肃省不同的生态区域进行了试验示范,种植玉米比相同条件下的半膜平覆增产多在30%以上。2006年和2007年,这项技术在甘肃中东部小范围推广时,经受了大旱的考验。2008年,推广面积迅速达到 $1.93 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ;2009年新覆膜面积达 $4.613 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,加上2008年一膜两用,使全省全膜双垄沟播面积达到 $5 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ;2010年在全省51个旱作农业县区推广 $6.987 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,全膜双垄沟播玉米平均产量 $8 970 \text{ kg/hm}^2$ ,较半膜增产 $2 075 \text{ kg/hm}^2$ ,增产30.1%;2011年全膜双垄沟播种植面积达到 $6.66 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 以上。

全膜双垄沟播玉米技术延伸:一膜二用,上一年使用后不揭膜,下一年度免耕继续种植作物;覆盖膜时间变化,在覆盖时间上由播种时覆膜变为秋覆膜、顶凌覆膜或雨后抢墒覆膜等;针对不对作物特点使用不同颜色的地膜,如种植马铃薯使用黑色地膜;双垄沟起垄覆膜机械已研究成功,并在生产中大面积使用。

## 3.2 膜上覆土小麦

### 3.2.1 种植技术体系及基本特点

1995年前种植的地膜小麦,是常规播种小麦后再覆盖地膜,要在膜上打孔放苗,小麦需从孔里长出,遇到刮风容易造成麦苗与孔洞错位,导致出苗率低。后来发明了小麦穴播机,但麦苗与孔洞错位的问题依然较严重。为了解决麦苗与孔洞之间的错位,用土在麦苗周围进行固定,使错位的问题得到解决,但是更加费工费时,后来索性在地膜上铺一层土,不仅把地膜固定住了,也省工省时。在甘肃省甘谷降水 $450 \sim 500 \text{ mm}$ 地区,旱地小麦平均产量达 $4 500 \text{ kg/hm}^2$ ,增产多在 $1 500 \text{ kg}$ 以上,增产率超过40%<sup>[7,8]</sup>。

这一新技术的创新点在于全膜覆盖,减少蒸发,集雨保墒,同时膜上覆土,可使地膜更好完整保存,以便留膜免耕、多茬种植,可以一茬种小麦,二茬留

膜复种小麦或油菜,三茬留膜复种马铃薯、夏大豆、油菜、蔬菜等,工序简单,节约成本,劳动强度减轻。

全膜覆土穴播小麦适宜在地势平缓、土层深厚、肥力中上的梯田地种植,在年降水量 $300 \sim 600 \text{ mm}$ 的干旱半干旱区增产效果最为明显。

### 3.2.2 试验示范增产效果

2009—2011年,在甘肃省中东部20个县进行了旱地全膜覆土穴播冬小麦试验示范增产效果研究。研究表明,各个试验示范点全膜覆土穴播冬小麦增产效果显著,增产量在 $570.0 \sim 3 195.0 \text{ kg/hm}^2$ 之间,增产率在 $14.46\% \sim 100.89\%$ 之间,20个试验县平均增产量为 $1 708.1 \text{ kg/hm}^2$ ,平均增产率 $54.95\%$ 。其中,多年平均年降水量为 $400 \sim 450 \text{ mm}$ 的6个县3年平均增产量和增产率分别为 $1 296.1 \text{ kg/hm}^2$ 、 $61.94\%$ ,多年平均年降水量为 $450 \sim 550 \text{ mm}$ 的14个县3年平均增产量和增产率分别为 $1 827.5 \text{ kg/hm}^2$ 、 $52.37\%$ 。

表2 2009—2011年甘肃省中东部全膜覆土穴播冬小麦试验增产效果

Table 2 Yield increasing effect of soil over film-mulched and bunch-seeded winter wheat in the middle and east of Gansu province during 2009—2011

地点	全膜覆土 /(kg/hm <sup>2</sup> )	露地 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
安定区	4 344.5	2 732.6	1 612.1	67.69
崇信县	6 339.0	3 692.3	2 646.8	72.23
甘谷县	3 949.5	2 279.0	1 670.6	75.16
华池县	4 632.0	3 589.5	1 042.5	29.04
环县	3 104.3	2 237.3	867.0	42.02
静宁县	5 785.5	2 880.0	2 905.5	100.89
崆峒区	5 898.0	4 131.0	1 767.0	46.19
礼县	5 152.5	4 582.5	570.0	14.46
临洮	7 128.0	3 933.0	3 195.0	81.20
陇西县	2 445.0	1 425.0	1 020.0	71.58
麦积区	5 689.5	4 255.5	1 434.0	33.70
灵台县	6 831.0	5 297.3	1 533.8	28.45
秦安县	5 779.5	3 401.3	2 378.3	69.92
清水县	6 569.1	4 154.1	2 415.0	64.64
庆城县	4 988.3	3 285.2	1 703.1	59.22
通渭县	4 108.1	2 797.1	1 311.0	53.24
西峰区	4 773.0	3 997.5	775.5	19.40
张家川	6 866.6	5 387.0	1 479.5	28.66
镇原县	4 764.3	3 091.2	1 673.0	69.03
庄浪县	5 216.0	3 053.6	2 162.6	72.24
平均	5 218.2	3 510.0	1 708.1	54.95

2010—2011年,在甘肃省中部4个县区8个试验点,进行了旱地全膜覆土穴播春小麦试验示范。

研究表明,各个试验示范点全膜覆土穴播春小麦增产效果显著,增产量在 889.5 ~ 1958.3 kg/hm<sup>2</sup> 之间,增产率在 41.2 % ~ 125.5 % 之间,8 个试验点平均增产量为 1 302.2 kg/hm<sup>2</sup>,平均增产率 89.9 %。春小麦平均增产量小于冬小麦,但春小麦增产幅度大于冬小麦,并且春小麦年际增产幅度变化较大,2010 年、2011 年春小麦多点平均增产幅度分别为 66.1 %、164.5 %。

表 3 2010—2011 年甘肃省中部全膜覆土穴播春小麦试验增产效果

Table 3 Yield increasing effect of soil over film-mulched and bunch-seeded spring wheat in the middle of Gansu province during 2010—2011

地点	全膜覆土 /(kg/hm <sup>2</sup> )	露地 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
榆中县	3 768.0	1 809.8	1 958.3	108.3
七里河区	4 519.5	3 200.0	1 317.0	41.2
安定区	2 753.8	1 709.8	1 044.0	125.5
临洮县	1 939.5	1 050.0	889.5	84.7
平均	3 245.2	1 942.4	1 302.2	89.9

### 3.2.3 生产应用情况

该项技术于 2006—2010 年在甘肃省中东部 10 个旱作农业县区累计示范推广 2.664 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 小麦平均产量 4 405.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较露地小麦增产 1459.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率 49.5 %, 共增产粮食 3.888 1 × 10<sup>7</sup> kg, 较露地条播小麦平均节约生产成本 1 500 元/hm<sup>2</sup>, 新增纯收益 5 880 元/hm<sup>2</sup>。其中, 2010 年甘肃省示范推广全膜覆土穴播小麦 1.13 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 平均产量达 4 587 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照的露地条播小麦增产 1 570.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增幅达 52.1 %。2011 年全膜覆土穴播小麦面积 2.006 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 干旱严重的中部春小麦增产率多在 100 % 以上。

栽培作物由冬小麦延伸到春小麦、青稞、莜麦、大豆、油菜、谷子、胡麻等 10 多种作物。甘肃省适宜该项技术的旱作面积可达 3.333 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>, 这些耕地采取该技术按增产 1 500 kg/hm<sup>2</sup> 计算, 年可增产粮食 5 × 10<sup>8</sup> kg。

### 3.2.4 相关农业机械研制与应用情况

人工覆膜覆土劳动强度大, 今年我省已成功研发出覆膜覆土一体机, 可实现覆膜覆土一次完成, 极大地减轻了劳动强度, 为我省大面积推广全膜覆土穴播技术创造了有利条件。

## 4 结语

甘肃省地理跨度大, 气候类型多种多样, 旱地农业类型齐全。在长期的生产实践中, 为适应甘肃省干旱半干旱农业生产环境, 甘肃省把传统抗旱办法与现代农田微集雨保墒工程、旱农耕作栽培技术、农业机械和农村社会经济发展需要有机结合, 在近 10 多年的时间里, 不断创新性地提出一些在区域甚至全国有影响的有效抗旱增产技术体系, 促进了我国旱地农业发展。

旱地农业在我国农业生产中占有重要地位, 旱地农业技术创新及其应用对促进我国旱地农业发展有重要意义。旱地农业技术创新是一个艰难的过程, 但有效的旱农增产新技术要在生产中充分发挥作用比技术创新本身更困难。甘肃省在 20 世纪 90 年代提出的旱农地膜小麦穴播技术、集雨农业技术体系都是增产效果很好的创新性抗旱增产技术, 只在 20 世纪 90 年代中后期在甘肃省及周边少数区域进行了示范推广, 但并没有在区域大面积、长时间发挥效益。旱农新技术的推广应用是一个系统工程, 需要各级政府强力支持、农技部门推广、科研和农机部门配套支持。

1) 政府强力支持可促进农业新技术的推广应用。由于农业受自然和市场的双重约束, 本质上是一种弱质产业, 所以世界各国对农业都采取扶持政策。现在推广应用的全膜双垄沟播玉米, 之所以能在甘肃省年推广面积达 6.667 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 以上, 是甘肃省政府及各级地方政府的强力主导的结果, 省政府在政策上强力宣导, 加强农业、财政、科技、水利、金融等部门的协作配合, 形成扶持旱作农业技术推广和农业产业开发的良好机制。对农户进行地膜、农业机械财政补贴, 仅 2011 年甘肃省财政就筹集了 2.4 亿元专项资金, 对农民种植全膜双垄沟播玉米进行地膜补贴。虽然全膜双垄沟播玉米增产率在 30 % 以上, 仅依靠农业科研与推广部门, 很难达到现在的应用规模。

2) 各级农技部门积极参与是旱农新技术推广的技术保证。建立、健全农业科技推广体系, 省、地、县、乡、村农业技术推广部门在旱农技术的推广中把技术关, 使农民较好领悟新技术, 在实施的过程中技术不走样, 充分发挥新技术的增产增效功能。

3) 科研和农机部门配套支持也很重要。旱农技术的创新是一个漫长的过程, 要使旱农新技术不

断完善,需要科技主管部门不断支持。现在农业新技术多需要农业机械的配套使用,只有完善的农业机械配套,才能更好推动旱农新技术的推广应用。

4)农民应用新技术的意愿降低,是当前新技术推广的难题。过去,只要是增产增收的新技术,农民比较容易接受,现在即使是增产增收的农业技术,农民接受的意愿也不高。全膜覆土穴播小麦在甘肃省中东部应用增产率多在50%以上,在2011年干旱年份增产率甚至达到100%以上,从投入产出来看,一般也是增效的,但农民接受的意愿不高。在当前的经济社会发展形式下,农村青壮年农民多外出打工,农村劳动力缺乏,新技术应用要求更多的劳动投入,同时农村留守人员对新技术的理解与应用能力下降,使农业新技术推广应用面临困境。如何研究出不增加劳动投入,或者是更好地与小型农业机械结合的新技术,是今后旱农技术创新过程中必须优先考虑的。

#### 参考文献

- [1] 李福. 甘肃省发展旱作农业的实践及建议[J]. 甘肃农业科技, 2010(6):36 - 38.
- [2] 陈年来,刘东顺,王晓巍,等. 甘肃砂田的研究与发展[J]. 中国瓜菜,2008(2):29 - 31.
- [3] 吴建义,郑新瑞. 砂田地膜塑料大棚覆盖白兰瓜优质丰产栽培技术[J]. 中国西瓜甜瓜,1995(4):18 - 19.
- [4] 李来祥,杨祁峰,刘广才,等. 旱地全膜双垄沟播技术在甘肃省旱作农业中的应用[J]. 现代农业科技,2009(17):55 - 57.
- [5] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等. 甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用进展[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1):114 - 117.
- [6] 刘广才,杨祁峰,李来祥,等. 旱地玉米全膜双垄沟播技术增产效果研究[J]. 农业现代化研究,2009,30(6):739 - 743.
- [7] 党翼,郭天文,李尚中,等. 不同冬小麦品种全膜覆土穴播栽培比较试验[J]. 甘肃科技,2011(14):153 - 154.
- [8] 侯慧芝,吕军峰,张绪成,等. 陇中半干旱区全膜覆土穴播小麦的土壤水分及产量效应[J]. 作物杂志,2010(1):21 - 24.

## The innovation and practice of dryland farming technology in Gansu Province

Guo Xianshi, Liu Yanlan, Hou Huizhi, Guo Tianwen

(Dryland Agricultural Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences; Gansu Key Laboratory of High Efficient Utilization of Water Resources in Dry Farming Region, Lanzhou, 730070)

**[Abstract]** With a large span in Geography and multiple climatic types, Gansu Province has complete types of dryland farming. Combining with traditional drought-resistance experience, micro field rain-collecting engineering, drought-resistance cultivation and farm machinery, Gansu has created many regional characteristics dryland farming technology in their long history of dryland farming practice and agricultural research activities. The traditional Gansu gravel mulching field, dryland wheat film bunch planting, and rain-collecting agriculture was reviewed in this article. The basic features, mechanism of crop drought-resistance and yield increase, and application situation of the whole plastic-film mulching on double ridges and planting maize in catchment furrows, and soil over film-mulched and bunch-seeded wheat was introduced.

**[Key word]** Gansu Province; innovation of dryland farming technologies; the whole plastic-film mulching on double ridges and planting maize in catchment furrows; soil over film-mulched and bunch-seeded wheat.