

# 黄土高原旱作区沟垄覆膜栽培技术的发展现状

叶新宇

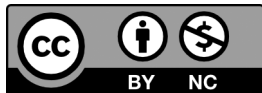
华中农业大学资源与环境学院，武汉

**摘要** | 提高作物单位面积产量和水分利用效率是黄土高原旱地农业长期以来致力改善和解决的关键性问题。地膜覆盖技术自20世纪80年代引入我国农业生产后，先后经历了多次更新换代。目前，依托于沟垄地膜覆盖的耕作栽培方式逐渐发展成为黄土高原雨养农业区的主要耕作技术，其在继承传统农业耕作技术与经验的基础上，通过与保护性耕作技术相结合，极大拓展了其应用和推广的空间，有效解决了作物卡脖子旱问题，为该区粮食的稳产、高产提供了强有力的支撑。笔者概述了黄土高原旱作区沟垄覆膜栽培技术的发展现状，并从水分、温度、光照等方面阐述了该技术获得高产的原因。最后对沟垄覆膜栽培技术的负面效应进行了分析，旨在不断地完善沟垄覆盖体系，为今后旱区农事技术创新提供参考。

**关键词** | 沟垄覆膜；黄土高原；水分利用率；产量

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



旱地农业发展的可持续性已成为全球性课题。黄土高原旱地农业在过去几十年有了长足的发展和 innovation，该区发展的一系列旱地农业技术已能够使作物生

作者简介：叶新宇，华中农业大学资源与环境学院，硕士。

文章引用：叶新宇. 黄土高原旱作区沟垄覆膜栽培技术的发展现状 [J]. 农业科学进展, 2021, 3 (3): 100-107.

<https://doi.org/10.35534/aas.0303013c>

产现状逐步从被动受旱发展为积极避旱、主动抗旱。在旱地农业生产体系中,如何利用有限的水资源并通过农艺手段提高作物本身的水分利用效率和单位面积作物产量是亟待解决的核心问题。据此,过去几十年在黄土高原旱地农业生产中,一些结合传统保护性耕作和抑蒸保墒的农业技术经历了从初期的探索发展阶段到至今相对成熟的技术体系。近十年来,以沟垄覆膜体系为核心的旱作栽培技术在西北雨养农业区有了长足发展。该技术主要利用垄面产流、沟内汇流,并依靠增温、抑蒸保墒等生理生态效应提高水分利用效率,在水分缺乏的黄土高原旱作区,已作为一项重要的抗旱措施在玉米、小麦、马铃薯等大田作物及其他经济作物中广泛应用。目前,沟垄覆膜栽培区域已涵盖黄土丘陵沟壑区、旱塬区及残塬区,包括甘肃中东部、陕西渭北旱塬、宁夏南部、内蒙鄂尔多斯高原和山西中西部地区。

## 1 沟垄覆膜栽培技术研究现状

黄土高原旱作区为我国典型的雨养农业区,年降雨量 300 ~ 550 mm,降雨时空分布不均并与作物关键生育期严重错位,且阶段性干旱频发,已成为制约该区农业发展的主要因素。因此,从解决水资源短缺问题着手,高效积蓄自然降雨,充分利用有限降水量,提高作物对降水的利用效率是旱作农业发展的根本出发点。当前,如何提高有限降雨的利用效率,保障粮食生产安全和实现农业生态系统可持续发展是长期以来的理论和实践难题,而解决问题的关键则是研发和推广高效、经济的新型旱作栽培技术。

### 1.1 沟垄覆膜栽培技术理论研究

沟垄微集雨结构结合地膜覆盖共同构成了田间沟垄覆膜栽培体系,垄面产流、沟内汇流是沟垄覆膜栽培技术的集雨机理,产、汇流面积比是降雨就地富集叠加利用技术的主要参数。沟垄覆膜栽培技术理论包括地表覆盖抑制蒸发理论、降水与田间径流理论、农田水分动态平衡理论。地表覆盖抑制蒸发理论指旱作农田土壤水分主要以蒸发的形式大量损失,通过在田面覆盖地膜、秸秆、砂石等材料建立隔离层,中断土壤气态水与大气间交换通道,从而降低蒸发损耗,

提升土壤保水能力,实现高效用水。降水与田间径流理论指通过改变田间微地形,降低坡度,减缓地表径流推进速度,增加过流时间,从而提高降水入渗量。农田水分动态平衡理论是指农田水分在土壤—植物—大气连续体系统中的动态性小循环。通过人工手段进行田间降雨拦蓄,或依靠覆盖形成隔离层减少土壤水分蒸发的方式均能显著提升土壤含水量。但在旱地农业中,土壤蓄水上限仅为田间持水量,当土壤含水量超过田间持水量时,将出现重力水下渗流失现象。为此,解决旱作覆盖农田土壤水分深层流失问题,对提高作物水生产力、完善沟垄覆膜栽培技术具有重要意义。

## 1.2 沟垄覆膜带型研究

在全球气候趋于暖干化、极端气候事件频发的背景下,沟垄带型优化是农田沟垄覆膜栽培技术开发和完善的首要问题。虽然诸多学者已对不同作物的最适沟垄带型进行了大量研究,但受降水量、降水时差、作物类型等因素影响,模式化的高产沟垄带型普适性不强。目前,沟垄覆膜栽培技术研究主要集中在作物水分利用效率和产量方面,而对沟垄带型变化引起水分、产量、品质综合效应的研究鲜有报道。同时,受气候条件、土壤质量、耕作方式等因素影响,垄沟集雨效果、产量效应对田间沟垄带型变化的响应能力存在差异。沟垄带型变化会引起垄沟对降雨的富集叠加利用能力出现差异,进而影响田间土壤水分微环境,而这种差异最终将表现在作物产量和水分利用上。然而,受耕作方式、种植密度、机械化程度等因素影响,至今尚未推广出密植作物成熟的高产沟垄带型,但大量的试验性研究工作正在积极的开展。此外,生产实践表明,一种高产沟垄带型不可能。

## 1.3 配套农机具研究

随着传统农业向现代农业过渡,农业机械能够积极促进旱农耕作思想的解放及早农生产力的提升,同时,农业机械化水平事关农民增收及农业可持续发展。因此,深入研究旱作栽培技术及其配套机具,意义深远。近年来,在国家购机补贴政策推动下,旱作农业机械化水平越来越高,沟垄覆膜栽培技术日趋完善,且与之相配套的农机具也得以全面发展。然而,黄土高原旱作区特殊的地形地

貌及农业分布格局对农业机械化的发展指明了道路，即以发展中小型、半机械化农机具为中心，并向全自动化、智能化及精良化方向逐步推进。就田间农事流程而言，沟垄覆膜栽培技术关键流程依次为：整地施肥→开沟筑垄→覆膜播种→中期追肥→后期收获→残膜回收，与之相配套的农机具依次有：整地机械、开沟起垄机械、覆膜机、播种机、收割机和残膜回收机。集深翻、灭茬、旋耕、耙地和施肥作业于一体，一方面能避免频繁作业破坏土壤结构，另一方面能缩减农事流程，提高工作效率，同时，最新研发的整地起垄覆膜一体机，可实现整地、起垄、施肥、喷药、覆膜联合作业。

## 2 沟垄覆膜栽培技术效应

### 2.1 集水保墒效应

黄土高原旱作区降水稀少，年降雨量 300 ~ 550 mm，蒸发强度高，无补灌条件，作物生长季水分靠“土壤水库”蓄集降水。而充沛的降水集中在 7-9 月，降水量约占全年降水的 60%，与作物关键生长季严重错位。但沟垄覆膜栽培技术能从时空上解决水分供需错位的矛盾。一方面，波浪形沟垄模式能将垄面径流最大限时间上，地膜覆盖能抑制土壤水分大量蒸发，相间排列的沟、垄能发挥集雨蓄流作用，二者结合能将不同时期的降雨最大限度蓄积在土壤中，实现降水资源的高效利用。以全膜双垄沟播技术为例，秋覆膜能将休闲期的降雨保蓄在土壤中，达到秋雨春用，实现降雨在时间上的就地调节，为旱作区作物创造良好的播前土壤水环境。同时，保蓄的水分还可以供给作物后期生长，防止出现水分亏缺引起作物早衰。为此，刘晓伟等通过试验指出，全膜双垄沟播秋覆膜能保蓄玉米苗期—拔节期土壤水分，提升拔节—成熟期深层土壤水分供给耕作层根系吸收，这与薛俊武、韩娟等的研究结果一致。空间上，垄面集雨、沟内汇流的模式改变了降水在田间的分布形式。有研究指出，沟垄地膜覆盖栽培能将小于 3 mm 的无效降水，经沟垄富集叠加后变为有效降水供给作物生长。其中，对小于 10 mm 的降水利用效果尤为显著。此外，地膜覆盖能不同程度提高 1 ~ 20 cm 土层的含水量，沟播能增强 0 ~ 160 cm 土层的集水能力。

## 2.2 保温增温效应

沟垄覆膜栽培模式在地膜与地表间构建的狭小温室具有温室效应。阳光透过地膜使土壤获得辐射热，不仅能促使土层升温，还能将产生的热量储存在土壤中，用于水分蒸发驱动作物体内的养分传送。但蒸发的水汽接触膜面后，部分会凝结成水珠帷幕，该帷幕能减少土壤热量的辐射散失，使膜下土温在较长时间内保持稳定。因此，沟垄覆膜栽培技术能有效地解决黄土高原旱作区土壤积温不足、升温降温快的难题。据调查，地膜覆盖较裸地栽培能使玉米全生育期积温增加 200 ~ 300℃，其中 90% 的有效积温集中在幼苗期。然而，北方旱作区春播时节昼夜温差大、霜冻频发，农作物出苗率不高。在实践中发现，地膜覆盖的农作物在中后期经常因地温过高而出现早衰现象，这是由于地膜对地表温度的调控不敏感，难以适时满足作物生育期内对土壤温度的要求。另据研究发现，秸秆覆盖能降低土壤表层高温，使作物避开高温胁迫。因此，将秸秆覆盖与沟垄覆膜技术相结合，可实现高低温互调，增强作物对旱区环境的适应能力。

## 2.3 促进光合提高

光效研究指出，作物 95% 以上的干物质是由光合作用提供。光环境、水分、温度、二氧化碳浓度、作物群体冠层结构等条件能影响作物光合能力的发挥，从而间接地影响作物生长发育及产量形成。沟垄覆膜栽培技术能通过优化土壤水环境、改善作物群体结构和增大作物冠层受光面积来提高作物光合能力，究其原因主要有：1) 交替排列的沟垄能增大作物受光面积，提高光能利用效率。2) 沟垄种植模式形成高低错落的作物冠层结构，一方面能减少作物间的相互郁闭遮阴，改善光照的空间分布，从而增强群体光合能力；另一方面又能改善田间通风环境，加快作物冠层空气流通，从而保证二氧化碳的充足供应。3) 地膜能提高阳光反射率，促使作物叶面积、叶绿素含量增加，有助于提高作物群体光合能力。

## 2.4 提高土壤质量

土壤物理质量的优劣取决于土壤结构。传统的耕作措施对土壤产生频繁扰动，不利于土壤结构体形成，即该栽培技术下的土壤质量不高。但沟垄覆膜栽

培技术能减少降水对土壤的直接拍打、淋洗及冲刷，并避免除草、中耕等农事活动对土壤造成的直接碾压和践踏，使土壤疏松，不易板结。此外，在地膜与地表间形成的水气循环系统中，水汽的涨缩运动能使土壤孔隙变大、透水通气性增强。实践表明，地膜覆盖能使土壤固相下降 3% ~ 4%，而对沟垄地膜覆盖技术下土壤呼吸变化的对比研究，及其影响因素的综合研究较少。沟垄覆膜栽培技术的增温保温效应，能增强微生物活性，促使微生物频繁活动，加快土壤呼吸速率。然而，土壤呼吸与温度、水分密切相关，水分与温度的综合影响更能反映土壤呼吸的实际情况。当水分为非限制因子时，土壤呼吸速率随温度的升高呈指数函数增加。当水分为限制因子时，增温对土壤呼吸速率的促进作用会被水分亏缺导致的负效应抵消。

### 3 技术环节复杂，生产成本增加

沟垄覆膜栽培技术改平覆膜为沟垄覆膜，其田间技术环节较传统栽培方式复杂。以全膜双垄沟为例，该技术田间工作流程依次为平田整地→施用基肥→开沟起垄→覆膜→播种→中后期追肥→收获→回收残膜，较传统平作，多出开沟起垄这一环节。然而，开沟起垄这一技术环节的质量对沟垄覆膜栽培技术发展发挥增温提墒、增产效应至关重要。因此，该技术要求垄距垄宽一致、垄沟笔直、垄面结实平整、膜面平展、膜上渗水孔均匀、膜侧接缝紧密，这无疑增加了该技术环节的复杂性和工作量。但在机械化程度较低的山区，农户仍依靠步犁开沟起垄，劳动强度高，工作效率低。为此，农户将选择超薄地膜，以降低生产成本。但地膜过薄容易破裂，不仅起不到抑蒸保墒、增温提墒作用，反而会增加劳动量。鉴于此，今后应扩大农机补贴范围，继续加强沟垄覆膜栽培技术的完善、配套农具的研发及指导工作，以期为西北旱作农业高产带提供技术支撑和理论指导。

### 4 结语

沟垄覆膜栽培技术的迅速发展和成功应用，使黄土高原旱作农业实现了由被动抗旱向积极避旱、主动抗旱的重要转变，并有力地扭转了旱作农业靠天吃



饭的被动局面，同时也加快了北方旱作农业高产带的建设步伐。随着农业生产的不断推进，沟垄覆膜栽培技术在继承的基础上不失创新，逐步发展出了秸秆覆盖、休耕、免耕、轮作、套作与沟垄覆膜相结合的新型旱作栽培技术，使该技术展现出产量与生态的双重优越性。然而，现阶段沟垄覆膜栽培技术在实际生产中暴露的问题仍没有彻底解决。例如，持续覆膜导致土壤水分、养分过度消耗；干旱的年份陷入无雨可集的困境；农田残膜降低土壤质量；人工条件下选及促进黄土高原旱作农业可持续发展意义深远。

## 参考文献

- [1] 王耀林. 花生、玉米、棉花、西瓜地膜覆盖高产早熟栽培技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 1988: 66-69.
- [2] 李少昆, 杨祁峰, 王永宏, 等. 北方旱作玉米田间种植手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 1-4.
- [3] 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): 114-118.

## Development status of furrow and ridge film mulching cultivation technique in upland area of loess Plateau

Ye Xinyu

*College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan*

**Abstract:** Increasing crop yield per unit area and water use efficiency (WUE)

has been a key problem of dryland agriculture on the Loess Plateau. Since the film mulching technology was introduced into China's agricultural production in the 1980s, it has undergone several updates. At present, on groove ridge tillage of plastic film mulching cultivation mode gradually develop into a rainfed agricultural region on the loess plateau of farming technology, its traditions in farming technology and experience, on the basis of combined with conservation tillage technology, greatly expand the application and promotion of space, effectively solve the problem of the time the crops drought, It provides strong support for stable and high yield of grain in this area. This paper summarizes the development of furrow and ridge film mulching technique in upland area of loess Plateau, and explains the reasons for high yield of furrow and ridge film mulching technique from aspects of moisture, temperature and light. At last, the negative effects of furrow and ridge mulching were analyzed in order to continuously improve the furrow and ridge mulching system and provide reference for future agricultural technology innovation in arid areas.

**Key words:** Furrow mulching; Loess Plateau; Water utilization rate; Production