

# The Sustainable Development of Rain-Fed Agriculture in Arid Northwest China

Yingchun Wang<sup>1</sup>, Haiqi Liu<sup>2</sup>, Luping Chen<sup>1</sup>, Zixuan Song<sup>1</sup>, Ligang Wang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agricultural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing

<sup>2</sup>Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing

Email: wangligang@caas.cn

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2016; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2016; published: Jul. 27<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Rain-fed agriculture of northwest region is the main direction of agricultural development. The sustainable development of rain-fed agriculture is very significant for indemnity of food security and ecological security in China, as the northwest region has the vast geographic space and unique ecological type. In the background and demand of the sustainable development and efficient use of water resources in China, the development of rain-fed agricultural is becoming an important issue currently. This paper elaborates the significance and characteristics of the rain-fed agriculture development, and development current situation and trends; the facing situations and challenges have been put forward; the appropriate technical measures and proposed countermeasures for rain-fed agriculture sustainable development have been analyzed. It would be the foundation for the policy decision in the future.

## Keywords

Northwest Arid, Rain-Fed Agriculture, Water Resources, Sustainable Development

---

# 西北旱区雨养农业可持续发展研究

王迎春<sup>1</sup>, 刘海启<sup>2</sup>, 程录平<sup>1</sup>, 宋梓璇<sup>1</sup>, 王立刚<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京

<sup>2</sup>农业部规划设计研究院, 北京

\*通讯作者。

文章引用: 王迎春, 刘海启, 程录平, 宋梓璇, 王立刚. 西北旱区雨养农业可持续发展研究[J]. 可持续发展, 2016, 6(3): 237-242. <http://dx.doi.org/10.12677/sd.2016.63030>

Email: wangligang@caas.cn

收稿日期: 2016年7月1日; 录用日期: 2016年7月24日; 发布日期: 2016年7月27日

## 摘要

西北旱区地理空间广袤, 生态环境独特, 农牧业发展相对滞后, 积极发展雨养农业不仅有利于水资源高效利用, 同时对保障区域粮食安全和生态安全具有重要意义。在农业可持续发展的战略思路和水资源可持续利用的现实需求下, 西北雨养农业成为农业发展的主体和方向。本文系统阐述了西北旱区发展雨养农业的重要意义, 雨养农业节水技术发展现状与趋势, 分析了雨养农业发展存在的突出问题, 并提出相应的保障措施, 以期为西北旱区雨养农业可持续发展提供有关理论基础和决策依据。

## 关键词

西北旱区, 雨养农业, 水资源, 可持续发展

## 1. 引言

西北旱区范围包括陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆、山西 6 省区的全部和内蒙古中西部(包括锡林郭勒盟及其以西盟市)(如图 1) [1]。这一区域属于干旱区或半干旱区, 大部分降水在 400 mm 以下(秦岭以南地区除外), 自东向西降水由 400 mm 左右减少到 50 mm 以下, 多数地区在 50~200 mm 之间。国土面积为 396 万平方公里, 占全国的 41%; 耕地面积 3.4 亿亩, 占全国的 19%, 其中旱作耕地占耕地面积的一半, 约 1.7 亿亩, 旱作耕地基本上都是雨养农业。2013 年该地区粮食总产量为 6906 万吨, 占全国粮食产量的 11.5%; 谷物(稻谷、小麦和玉米)单位产量为 333.8 公斤/亩, 低于全国平均单产 15 个百分点[2]。同时, 该区域生产了全国 11.5% 的粮食、58.4% 的棉花、9.6% 的油料和 12.5% 的大豆[2]。由此可见, 该地区的农业生产的地位重要, 但土地生产能力有待提高, 雨养农业还有相当发展空间。在西北旱区农业生产的环境因子中, 光照是长项(年日照时数 2000~2800), 热量适中, 肥力可控, 惟有水是制约该地区农业发展的限制性因子。因此, 根据西北旱区的生态特征和资源禀赋条件, 大力发展雨养农业, 加强旱区农业基础设施建设[3], 充分利用好降水, 高效利用地表水和地下水等, 水旱并重, 确保粮食生产能力, 促进农业可持续发展。

## 2. 雨养农业可持续发展的重要意义

### 2.1. 保护和提升粮食产能, 保障粮食安全

随着我国西北地区人口的持续增长以及人民生活水平的不断提高, 该地区对农产品的需求也越来越大, 农产品供给与资源环境的关系愈加紧张, 农业作为基础产业如何保障可持续? 到 2030 至 2040 年我国人口增长到峰值的时候, 西北旱区是否可以成为具有全国意义的大规模的农畜产品生产基地? 能否为我国“一带一路”重要战略及“中国人饭碗中盛中国粮”的号召做出贡献? 这些问题俨然已经成为当前要回答的重要课题。

### 2.2. 改善水资源短缺现状, 恢复生态

我国农业用水一直面临着供给上升空间有限, 需求不断增长的困境, 尤以西北表现突出。一方面,

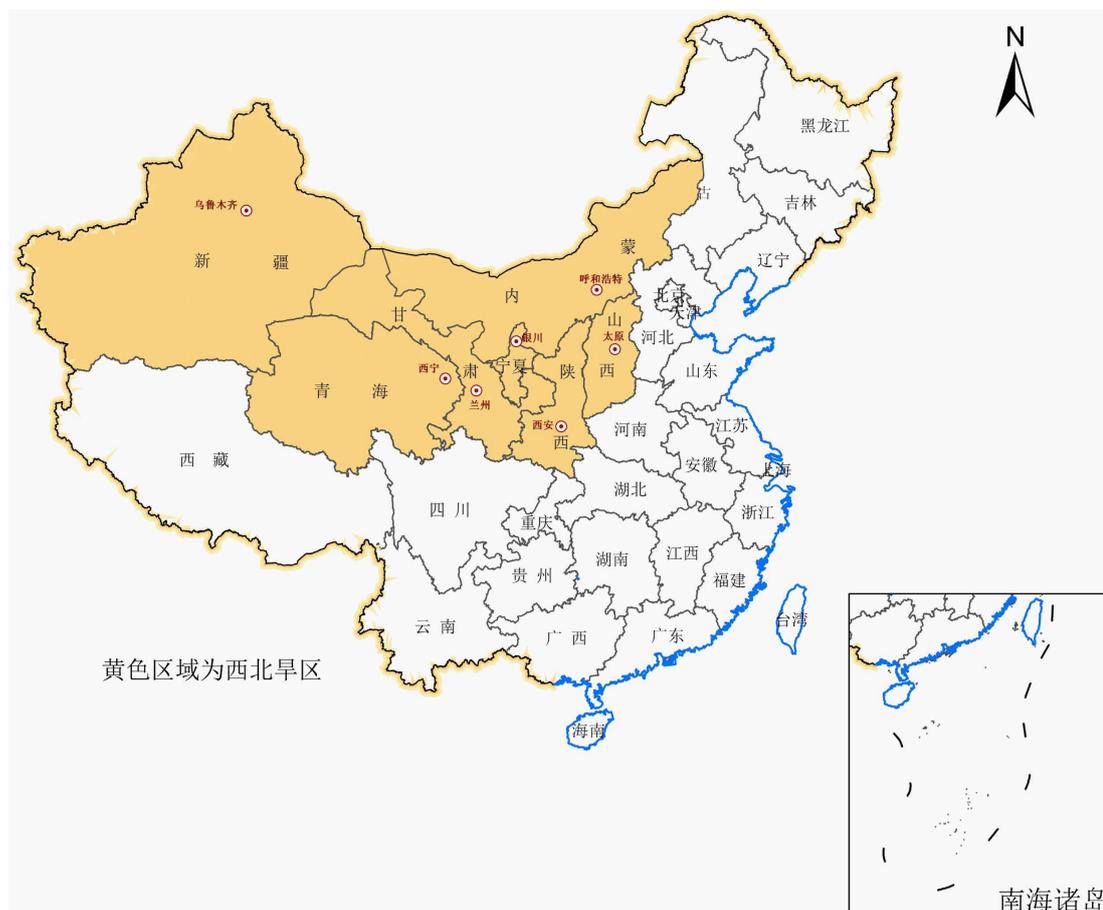


Figure 1. The scope of administrative area of arid northwest

图 1. 西北旱区行政区域范围

亩均水资源量少，仅为世界平均水平的 67%。另一方面，水土资源不匹配，时空分布不均；技术落后、设施跟不上，使西北旱区自然降水利用率只有 40%~50%，水资源的可利用程度不高，进一步加剧水资源的紧缺程度。新疆、甘肃等地湖泊缩小、草场退化、荒漠化加剧等生态问题突出。通过发展雨养农业，合理调整种植结构，改善基础设施，可以有效提高天然降水和灌溉水利用率，从而提高生态用水的比例，为生态恢复和流域水生态的改善提供条件。

### 2.3. 促进农业产业结构调整，解决贫困

我国西北旱作地区人均耕地较多、光热资源充沛、物种多样，因此农业结构调整回旋余地大。但是，长期以来，由于水资源缺乏，科技与基础设施投入不足，单产水平较低，导致生产结构单一，农业整体效益差，农牧民缺少增收致富的有效途径。通过大力发展雨养农业，合理配置各方面的农业资源条件，建立起农牧结合、粮经并举的节水种植结构，可以有效减轻旱灾威胁，形成一批有较强竞争力优势的农产品产业带，增加农民收入，走“节水致富”的良性发展道路。

## 3. 西北雨养农业发展现状与面临的突出问题

### 3.1. 发展现状

2015 年农业部发布《西北旱区农牧业可持续发展规划(2016-2020 年)》[4]。对于西北干旱地区而言，

大力发展雨养农业则是从本地实际出发的最有效的途径。近年来,西北各个地区也采取积极有效的雨养抗旱节水措施,如垄沟种植、集雨池窖、地膜(秸秆)覆盖、深耕深松、膜下滴灌等,这些旱作节水技术大大推进了雨养农业的发展,并取得了显著成效[5]-[8],有力的支撑了我国粮食产量“十一连增”的农业生产。2012年,宁夏粮食总产375万吨,人均占有粮食581公斤,高于全国平均水平。甘肃粮食总产1109.7万吨,比上年增长9.4%,实现“十连丰”,连续2年达到1000万吨以上[2]。

## 3.2. 面临的突出问题

### 3.2.1. 雨养农业产量低而不稳,受旱灾影响最大

西北地区旱灾发生具有几率高(中早年占50%以上)、持续时间长(春夏连旱的概率在40%以上)的特点,严重制约农作物丰产稳产。据统计,2000~2013年14年间陕西省春玉米平均单产最低3510 kg/hm<sup>2</sup>,最高只有4856 kg/hm<sup>2</sup>,且变异系数高达9.5%,高于同期全国玉米单产变异系数1.35个百分点[2],产量低、不稳产成为西北地区粮食生产的最主要问题。降水量不足固然易导致干旱,但现阶段西北地区旱情发生的最根本原因,是雨水时空分布的不均匀性,以及年际间的差异较大,而落后的旱作农业技术,并不能有效弥补降水变化的不足,从而导致粮食生产受灾几率增大。

### 3.2.2. 雨养农业区产业结构不合理,生产潜力没有充分体现

西北旱区农牧业发展多注重单一产业开发,种、养业结合不够,种、养、加发展不协调,种、养、加、沼发展模式还没有得到推广应用。西北特色产业的规模化开发少,专业生产不够,难以形成规模效应。此外,据研究,西北干旱半干旱区小麦生产潜力在3000~4500 kg/hm<sup>2</sup>,玉米产量在7500 kg/hm<sup>2</sup>以上[9]。但从统计数据上分析,干旱与半干旱地区农业生产潜力的开发还不到50%。

### 3.2.3. 雨养农业区生态系统脆弱,生态平衡受到威胁

在气候变化背景下雨养农业生产易受气候变化影响,而且抵御这种影响的能力较弱,最终导致农业生产力低下[10]。另外,由于在开发利用地下水资源时缺乏科学发展观,没有兼顾科学规律,最终引发如水土流失、土地盐渍化等一系列生态环境问题,严重阻碍了可持续稳定发展。

## 4. 西北雨养农业发展的主攻方向

西北旱区雨养农业发展的主攻方向有以下几点:应天时,提高天然降水利用率;调整农业种植结构,水资源与种植制度协调;充分利用天然降水扩大玉米、马铃薯等夏季作物种植面积,增加耐旱牧草的种植比例。上工程,主要体现在工程节水方面,发展集雨补灌技术,拦截地表径流,利用窑窖和土园井等蓄积水源,坐水点种、膜下沟灌、点浇穴灌等微量灌溉措施。在渠灌区,重点发展渠道防渗,在适宜地区推广膜下滴灌、水肥一体化等节水控灌技术。强技术,主要体现在农艺节水方面,采用膜侧沟播栽培技术、全膜覆土穴播种植技术、深翻耕技术、全膜双垄沟播技术、压砂栽培技术等栽培技术并配套施用长效、缓释肥料及抗旱、抗逆制剂能够有效的提高水分利用效率。而对于水资源短缺的其他西北地区,免耕、休耕等保护性耕作是重要的农业节水技术。

## 5. 西北旱区雨养农业技术发展趋势

### 5.1. 集雨工程措施

集雨节水灌溉工程是指在缺水地区利用小蓄水工程(如水窖、旱井、小蓄水池等)将当地降雨收集起来,并采用先进的节水灌溉方法(喷灌、滴灌、微喷灌等)灌溉农作物而建立起来的工程。一般是指蓄水库容不大于10,000立方米,灌溉面积小于35 hm<sup>2</sup>的微型水利工程。

隔坡梯田聚水增墒技术是根据充分拦蓄和利用地表径流的要求, 在一个坡面上每隔一段距离每一台梯田的上方留出一定面积的坡面使产生的暴雨径流拦蓄在下方的水平田面上, 形成田坡相隔的梯田, 这是一种山丘区雨水叠加利用技术, 特别适合在地广人稀、年降水 200~400 mm 的山丘坡地推广。该技术累积利用天然降水资源的自然优势可以将抗旱及水土保持两方面需求很好地结合, 是能够解决干旱缺水与水土流失矛盾的一种非常有效的径流调控措施[11] [12]。隔坡梯田技术不仅可以聚集雨水泥沙, 水土保持效益明显, 并且可以改良土壤性能, 该项措施下土壤含水量、土壤养分和作物产量均增加[13]。

## 5.2. 农艺节水措施

由于西北干旱地区降水因素的不确定性, 作物种植常采用抗旱播种的方法, 如开沟等雨播种、用吸水剂拌种、用氯化钙-赤霉素合剂等抗旱剂处理种子、机械坐水种、育苗移栽、耙耱镇压提墒、点式注水灌溉等技术。

旱地玉米全膜双垄沟播技术是非常有效的提升玉米抗旱能力的栽培措施, 其核心是在农田地表起大小双垄, 在双垄之间形成集雨沟槽, 然后全地面覆盖地膜并在沟内播种的种植技术。该技术将垄面集流、覆膜抑蒸、垄沟播种技术集合于一体, 大幅度提高了降水利用率、农田土壤水分的保蓄率及水分利用效率, 使玉米等作物大幅增产。2004 年该项技术起在甘肃及青海、宁夏、内蒙和陕西等北方旱作区大面积推广应用, 至 2009 年仅甘肃省应用面积达到 60 多万  $\text{hm}^2$  [14]。

全膜覆土穴播技术是全地面平铺地膜加膜上覆土加穴播加免耕多茬种植的综合节水技术, 其集成了膜面播种、膜抑蒸、雨水富集等技术为一体, 不仅可以保蓄降雨, 还能利用播种穴集流, 从而充分接纳小麦生长期间的降雨。据甘肃试验测定, 该技术使农田降水利用率最高达到 74.1%, 平均达到 71.0% [15]。

水肥一体化技术是将水溶性肥料与灌溉系统相结合的技术, 特指将水溶性肥料加入滴灌系统, 在滴灌的同时将肥料输送到作物根部, 适时、适量满足作物水肥需求, 具有节水、节肥、减排等优点, 在新疆等地率先应用和推广, 取得很好的效果, 2015 年全国新增推广面积 5000 万亩以上, 发展潜力巨大。

## 5.3. 综合节水模式

由于西北旱区水土资源矛盾极其突出, 加上不合理的开发利用, 该区需通过结构调整, 粮草兼顾、为牧而种等结构调整措施, 使种养业和种植业内部的产业布局、作物布局符合自然禀赋。

针对西北主要作物, 将抗旱节水的“蓄、集、保、节、用”各高效技术集成配套, 进而形成综合抗旱节水技术体系, 并协同提高产量及作物的水分利用效率。在这方面的研究和技术开发, 西北各省正在大力推进, 预计未来 3~5 年内将能推出一系列成套的技术模式, 使农作物有增产增效 20% 以上的潜力。

其中甘肃半干旱雨养农业区以农户为单元的旱作循环生态农业模式就十分值得借鉴。该模式主要包括集蓄水设施、高效种植业、舍饲养殖业、新型清洁能源 4 个主要环节[16] [17], 各环节相对独立且与其它环节紧密联系。其中集蓄水设施是该模式的基础环节, 也是半干旱地区雨养农业区别于地表水灌溉农业区最明显的特征。

## 6. 对策建议

### 6.1. 科学配置种养业、合理布局之种植业内部

改变目前的种植结构, 继续实施“压夏扩秋”, “粮草兼顾”; 并在缺水较严重的低海拔平原地区, 进一步降低复种指数; 减少耗水量大且经济效益低的粮食作物种植面积, 扩大牧草和马铃薯的种植范围, 增加耗水少且经济效益比较高的经济作物种植面积。

## 6.2. 因地制宜选择和推广雨养农业技术模式

水利部颁布了节水灌溉技术标准, 节水灌溉工程和旱作农业节水技术应当严格遵照执行; 对基层干部、技术人员和农民进行节水技术培训。支持科研机构及下属在西北旱区各实验站雨养农业的科技创新, 支持西北旱区雨养农业技术模式示范、推广和应用。

## 6.3. 加强雨养农业的宏观指导

制定西北地区雨养农业发展规划, 根据西北旱区的生态特征和资源禀赋条件, 充分发挥政府指导作用, 做到科研成果与实际农作相结合。用政策支持雨养农业试点工作, 结合具体适宜技术, 制定补贴和以奖代补政策, 充分利用天然降水, 提高天然降水利用率。积极适应水价改革, 建立雨养农业区水价调节方案。逐步恢复生态, 确保生态安全。

## 基金项目

公益性行业(农业)科研专项“北方旱作农业滴灌节水关键技术研究示范”(201203012-4-5); 全国农业资源区划办公室委托课题“西北旱区雨养农业发展研究”。

## 参考文献 (References)

- [1] 全国农业区划办公室. 中国农业资源报告[M]. 北京: 人口出版社, 1998: 198-199.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2014.
- [3] 农业部、国家发改委、科技部、财政部、国土资源部、环保部、水利部和国家林业局关于印发《促进西北旱区农牧业可持续发展的指导意见》的通知[EB/OL].  
[http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tz/201507/t20150713\\_4743275.htm](http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tz/201507/t20150713_4743275.htm), 2015-07-13.
- [4] 农业部关于印发《西北旱区农牧业可持续发展规划(2016-2020年)》的通知[EB/OL].  
[http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tz/201602/t20160204\\_5008798.htm](http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tz/201602/t20160204_5008798.htm), 2016-02-04
- [5] 张婷等. 垄沟种植模式对玉米生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(1): 27-40.
- [6] 程爱民. 地膜覆盖对玉米农艺性状及产量的影响[J]. 种业导刊, 2015(8): 13-14.
- [7] 盛国成. 正宁县大力推广深耕深松、地膜覆盖给农民带来了明显的实惠[J]. 农业科技与信息, 2002(2): 13.
- [8] 古丽努尔·再那尔. 玉米膜下滴灌高产栽培技术[J]. 中国农业信息, 2015(13): 103.
- [9] 上官周平, 邵明安. 西北地区粮食生产潜力与开发策略[J]. 科技导报, 1990(9): 1-3.
- [10] 王静, 韩永翔, 尉元明. 甘肃省雨养农业区气候变暖背景下秋粮生产脆弱性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(1): 15-19.
- [11] 焦菊英, 王万忠. 黄土高原水平梯田质量及水土保持效果的分析[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 59-63.
- [12] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997: 331-333.
- [13] 李清河, 李昌哲. 宁南山区隔坡梯田灌溉试验效益分析[J]. 中国农业生态学报, 2011, 9(2): 41-43.
- [14] 刘广才, 杨祁峰, 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.
- [15] 李福, 刘广才, 等. 旱地小麦全膜覆土穴播技术的土壤水分效应[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(4): 74-78.
- [16] 国家环境保护局. 中国生态农业适用模式与技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [17] 王俊, 徐进章. 半干旱地区发展集水型生态农业模式研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 207-209.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>