

·学科进展·

# 解决我国西北水资源匮乏发展旱地农业的思考

李生秀

(西北农业大学,陕西杨陵 712100)

**[摘要]** 西北地区光热资源丰富,耕地多,人口少,发展旱地农业有较大潜力。但降水少而变率大,水资源缺乏,因此农业生产有较大的风险性和不稳定性。充分利用天然降水是发展西北旱地农业的出路所在,采取收集降水,增强土壤水库蓄水,防止水分无效蒸发,提高蓄水效率,提高降水和灌水利用效率是西北旱地农业持续发展的根本途径。

**[关键词]** 西北旱地,水资源,天然降水的充分利用

保证旱地农业的可持续发展是全世界农业发展的趋势,也是我国农业发展的需求<sup>[1]</sup>。

我国西北地区处于半湿润易旱、半干旱及干旱地带,光热丰富,耕地充足,人口少,有着较大的生产潜力和农业持续发展优势。但由于降水少且分布不均,降水季节与作物生长季节不完全同步,农业生产有着较大的风险性和不稳定性;植物生长差,植被覆盖率低,加之雨季多暴雨,导致严重的风蚀和水蚀,以致土地退化,土壤瘠薄,生态环境脆弱,有限的水分更难充分发挥作用。这虽是世界旱地的共同特征<sup>[2]</sup>,但我国西北地区更为严重突出。从充分利用降水着手,提高土壤肥力,改善生态条件,是西北旱地农业持续发展的出路所在。

## 1 收集降水

“集水”是从空间借水,把空间分散的降水集中起来用于农业生产的一种方式。这是水资源严重匮乏的干旱地区解决水问题的唯一出路,也是半干旱或半湿润易旱地区发展农、林业等生产的一条重要途径。

西北地区天然降雨虽少,但降水的潜在资源量很大。仅甘肃陇东、陇中和宁夏南部一带,年降水量就可达  $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,相当于黄河的年径流总量。如果将其 1/10 收集起来,每公顷灌水  $3\,000 \text{ m}^3$ ,可使  $2 \times 10^6$  公顷土地变为稳产、高产农田<sup>[3]</sup>。有这样巨大潜力的世界旱农地区莫不把集水作为一条重

要的,甚至是唯一的途径。印度、叙利亚、埃及、非洲及美国西部均重视集水的理论和实践研究<sup>[4]</sup>。集水可分为土壤集水和库、窖集水。土壤集水是以土壤为“水库”,把雨水汇集到某一田块的土壤之中,供给当季或下季作物之用。这一方式主要用于田间或田内,我国采用的隔坡梯田、区田、带田、埝地等均属之。为了收集降水,不少国家对集水面采取了特殊处理,印度沙漠地区把集水面用塑料薄膜覆盖或沥青涂封,美国把耕地分成条带,碾实一些条带成集水面,使降雨滴水不渗<sup>[4,5]</sup>,形成径流,汇集到种植区供作物利用。这一措施和覆盖耕作结合起来效果更好。旱农地区,蒸发量大,如果不采取特殊措施,仅靠土壤“水库”集水,往往难以收到预期效果。而利用库、窖集水,水分损失少,能按照作物需要适时灌溉,解决作物需水和降水时间错位的矛盾,充分发挥水分的增产效果。因而库窖集水在世界干旱地区得到了广泛应用。

## 2 强化降水就地入渗

西北旱地,尤其黄土高原地区,土壤持水容量大,2 m 深的土层可容纳 500 mm 左右的降水。如降水能全部就地入渗,蓄于土壤之中,则可获得相当高的产量。降水未能全部入渗的原因并不在于土壤难以容纳降水,而在于暴雨时,降水速率超过了土壤的入渗速率,形成了径流损失。要使降水全部就地入渗,一是提高土壤的入渗速率,使其大于或等于降水

本文于 1998 年 9 月 29 日收到。

速率,则径流无法形成,水土无法流失;二是使降水在地表“积”而不流,经过一段时间逐渐渗入土壤。提高入渗速率的根本途径是改良土壤结构,如加入有机物料(施用有机肥,秸秆),应用化学改良剂和结构剂(如石膏),增强土壤结构的稳定性。防止径流的主要途径是改变地面结构,如在坡地上修建水平梯田,用耕作、栽培措施形成积水区或阻水区,使径流无法产生。

这里要特别强调的是,降水就地入渗是补充灌溉的基础。西北各地集水灌溉的经验证明,在作物生长关键时期每亩补充灌溉 10—20 m<sup>3</sup>,甚至 6—7 m<sup>3</sup>,可以得到突出的增产效果。补充灌溉之所以有如此突出的效果就在于有一定的土壤贮水作保证。降水 400 mm 的半干旱地区,如果降水全部入渗蓄积在土壤内,每亩就有 267 m<sup>3</sup> 的水渗入土壤。正由于土壤有一定贮水,补充灌溉才能发挥“补充”的突出效果。否则,灌溉这样少的水量是没有任何“补充”作用的。

### 3 减少蒸发损失,提高土壤蓄水效率

入渗在旱地土壤内的水分通过蒸发损失极其严重。西北地区广泛采用夏季休闲,休闲期间可降水 300 mm,即使没有径流,全部渗入土壤,休闲期末土壤所保留的水分也只有 45—60 mm,即休闲效率只有 15%—20%;种植作物的田块,作物蒸腾量一般只占耗水量的 30%—50%,其余 50%—70% 的水分通过蒸发而损失<sup>[6]</sup>。有人估计,西北旱地天然降水在下垫面的分布大致是:20%—30% 形成初级生产力,10%—15% 流失,65%—70% 无效蒸发<sup>[3]</sup>。蒸发量大于降水量是旱地的气候特征,采用有效的措施减少蒸发,就能使更多的水分用于农产品形成,充分发挥水分的作用。

覆盖耕作可以减少雨滴对地面的打击和对土壤结构的破坏,防止土粒碎散后对表层透水空隙的密封,以增加土壤水分的入渗;也可阻止土-气界面的水分交换,防止或减少土壤水分向空气逸散,减少或防止蒸发。由于这些原因,近年覆盖耕作倍受人们关注。美国采用免耕和覆盖措施,使休闲效率由过去的 15%—25% 提高到 40%—45%,每公顷覆盖 4 400—6 600 kg 秸秆,休闲效率提高 1/3 左右<sup>[7]</sup>。我国试验证明,每公顷覆盖 6 000 kg 秸秆,可使 0—200 cm 土层的蓄水量提高 41 mm,增产小麦 18%。最近发展起来的塑料薄膜覆盖,保水效果更为突出,不少地区已大面积推广。甘肃省的经验表

明,覆膜后土壤的蓄水效率可以提高到 70%,小麦平均增产 100 kg 左右。因地制宜地采用不同覆盖物质,保蓄土壤水分是发展旱地农业生产的一条重要出路。

### 4 提高作物对水分的利用效率

提高作物对水分的利用效率是旱地水分管理自始至终应当贯彻的原则。水分利用效率是指单位面积上通过蒸发和蒸腾消耗单位水量(mm)所获得的产量(kg/a·mm)。目前,西北旱地每亩每 mm 降水一般只能生产 0.2—0.5 kg 粮食,而最高者可达 1.0 kg 以上,有着巨大的利用潜力。要提高作物对水分的利用效率,首先要强化其对土壤水分的吸收。吸收是利用的前提,只有被作物吸收才能发挥水分的生产作用;吸收也是减少损失的途径,作物吸收得越多,则通过其他途径损失越少,水分在生产中起的作用越大;作物充分吸收水分还能增加土壤纳水库容,加大入渗速率,接纳更多降水。其次,要强化作物对水分的转化效率,使蒸腾的水分形成更多的经济产物。同一土壤水分条件下,不同作物或同一作物的不同品种不但吸收利用土壤水分的能力差异很大,而且即使吸收同样水分,形成的经济产物也迥然不同。形成单位重量水稻所消耗的水分比小麦、玉米多一倍,而生产单位重量玉米消耗的水分又远高于高粱、谷子。不论从提高水分吸收效率或提高水分转化效率考虑,作物是关键。选择作物的要求:(1)能充分利用土壤水分,并能高效地转化水分为经济产品的作物和品种,如根系发达,吸水能力强,能穿过紧实的障碍土层获得更多水分,并且转化水分效率高的作物;(2)能适应干旱胁迫,在干旱胁迫时能够生存,水分供应改善时,又能充分吸收利用,获得较高产量的作物。(3)能适应降水规律,干旱胁迫时正处在缺水影响不大,甚至适当缺水尚能改善生理功能的生育阶段,而干旱后复水,若干生理功能(如光照速率,渗透调节能力,细胞持水能力,能量代谢和生物合成等)超过了一直充分供水的作物等,是提高水分利用效率的基础。旱农地区,降水变率大,农业生产有极大的风险性和不稳定性,利用作物的多样性,科学地选择和搭配不同适应性的作用,可以保证不同降水年份都有一定的产量和收入,对防止农业的风险性有重要作用。

采用良好的耕作、栽培管理制度,保证作物健壮生长,是充分利用土壤水分、增强水分转化效益的条件。作物吸收、利用水分的能力虽受遗传特性控制,

但环境条件对其有极大影响。良好的耕作栽培制度可为作物生长发育创造有利条件,使其固有的特性能够充分发挥。因此,对于同一作物或同一品种则要通过耕作栽培等措施,创造适于作物生长发育的外部条件,以改变内部同化过程,提高其生产能力。在这方面,合理施肥更有着特别重要的作用。西北地区既有水分胁迫,又有养分胁迫。由于侵蚀和人为活动影响,西北的旱地多是薄地,影响水分利用效益不高的主要因素是养分不足。合理施肥,科学地补充土壤营养物质是提高水分利用效率的一条最有力的途径<sup>[6]</sup>,它能促进作物根系发育,扩大作物觅取水分和养分的空间;提高根系生理活性,增强作物摄取和转运土壤水分和养分能力;提高作物蒸腾量,减少蒸发量,降低水分的无效损失;调节作物生理过程,提高光合强度,促进光合产物向经济产品的转运。

## 5 根据作物生育特点,提高补充灌溉效益

要提高灌水利用效率,除改善输水系统,防止渠道渗漏,推广喷灌、滴灌,低压管道输水灌溉和高效微灌等先进技术外,要特别重视高效补充灌溉。即根据作物的生育特点,在关键时期灌少量水,获取最大的经济效益。西北地区水资源不足,不能采用充分灌溉,而要采用补充灌溉。补充灌溉虽不如充分灌溉作物产量高,但水分利用率远高于后者,只要应用合理可以起到非常突出的增产作用。要高效进行补充灌溉就要和作物的需水规律,作物对水分亏缺的忍受程度,作物受旱后灌水的恢复程度和补偿效应联系起来。在这一方面,特别重要的是水分和养

分配合。李玉山等人试验表明,在合适的养分供应条件下,将小麦的灌水量由 144 m<sup>3</sup> 降到 80 m<sup>3</sup>,比充分灌水量减少约 45%,产量与充分灌水量相差不大,而水分利用效率提高了 58.7%<sup>[8]</sup>。我们的试验表明,在玉米生长关键时期补充灌水 15 mm(每亩约灌 10 m<sup>3</sup>),不施肥时,每立方水增产玉米籽粒 1.64 kg;合理施用氮、磷肥后,每立方水增产 7.04 kg,比前者高出 3 倍以上<sup>[9]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] Li Shengxiu, Xiao Ling. Distribution and management of drylands in the People's Republic of China. *Advances in Soil Science*, 1992, **18**: 148—302.
- [2] Oram P. What are the world resources and constraints for dryland agriculture? In Department of Agriculture (ed): *Proceedings of the International Congress for Dryland Farming*. Adelaide, South Australia, 1980, 17—78.
- [3] 赵松岭. 集水农业引论. 陕西科学技术出版社, 1996. 1—3.
- [4] 美国科学院编. 干旱地区集水保水技术(唐登银等译). 北京: 农业出版社, 1979. 1—20.
- [5] 李生秀, 魏其克, 陈彦明等. 印度的旱地农业. *干旱地区农业研究* 1990, **8**(2): 82—96.
- [6] Li Shengxiu, Li Shiqing, Gao Yaun et al. The effect of fertilization on raising dryland water use efficiency. *Proceedings of the international symposium on sustainable farming systems for dryland agriculture in northwest China* Xi'an, The World Book Publishing Corporation, 235—248.
- [7] Unger P W. Straw-mulch rate on soil water storage and sorghum yield. *Soil Science Society of America Journal*, 1978, **42**: 485—491.
- [8] 李玉山, 张孝中, 郭民航. 黄土高原南部作物水肥产量效应的田间研究. *土壤学报*, 1990, **27**(1): 1—7.
- [9] 李世清, 李生秀. 水肥配合对玉米产量和肥料效果的影响. *干旱地区农业研究*, 1994, **12**(1): 47—53.

## CONSIDERATION ON SOLVING SHORTAGE OF WATER RESOURCES FOR DEVELOPMENT OF AGRICULTURE ON DRYLANDS IN NORTHWEST CHINA

Li Shengxiu

(Northwest Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** In northwest China, light and heat resources are abundant, with much more land for cultivation and much less population than other areas in China. For this reason, there is a greater potential for developing agriculture. However, due to scarce precipitation and lack of water resources the agricultural production is critical and unstable to a certain extent. Full use of precipitation by taking effective measures for harvesting water, increasing water storage in soil profile, raising water storage efficiency and water use efficiency of both precipitation and irrigation are fundamental for sustainable development of agriculture in the areas.

**Key words** northwest China, water resources, full use of precipitation