

雨水利用与水土保持和农业持续发展

黄占斌 山 仑 张岁岐 吴普特

(中国科学院水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要 雨水资源是西北黄土高原旱作区农田生产的主要水源。该区域年均雨水(443mm)总量 2 757 亿 m^3 , 是当前年地表水和地下水用量的 9.2 倍。因降水时空分布不均,“易失多变”,水土流失和干旱问题严重,降水利用率 40% 左右,作物水分利用效率仅 3.0~4.5 $kg/(hm^2 \cdot mm)$ 。人工收集与调配利用雨水,是水土保持和农业生产的一个结合点,是节水农业的一项工程。雨水收集可减轻水土流失,在作物受旱缺水时补充灌溉增产明显,可使降雨叠加增效。人工收集利用雨水在西北历史悠久,有坝、塘、池、井、窖和隔坡梯田等形式,但未形成体系,缺乏统一规划。在技术上,集流、贮水和高效率高用水三个环节还有许多问题需要研究。

关键词: 黄土高原 水土保持 干旱 雨水集流农业

Action of Rainwater Use on Soil and Water Conservation and Agriculture Sustainable Development

Huang Zhanbin Shan Lun Zhang Suiqi Wu Pute

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, 712100, Yangling, Shaanxi)

Abstract Rainfall is a main water source for dryland farming in northwestern loess plateau. The average total amount of annual precipitation(443mm) is $2.757 \times 10^{11} m^3$, which is about 9.2 times of annual surface water and ground water used at present. Because of the uneven distribution on time and space, and "being easy to lose and changable" of rainfall, soil and water loss and drought are seriously. The precipitation use rate is about 40%, the water use efficiency of crops is only 3.0~4.5 $kg/(hm^2 \cdot mm)$. The collecting and regulating of rainfall by engineering projects is a link point of soil and water conservation and farming production, it is also a way of water-saving agriculture. Not only can it reduce soil and water loss by collecting rainfall, but it can also make rainfall together to produce great effect on raising yield by irrigating at critical growth stage of crop. There is a long history on collecting rainfall in northwestern region, and there are small reservoirs, dams, pools, wells, terraces separated by slopland and other ways, water harvesting cellar is more than 1 million. The problem is these ways have not formed a system, and shortage of a good plan. Many problems on rainwater collecting, storing and high efficient use need to be solved.

Keywords: loess plateau region; soil and water conservation; drought; rainwater collecting agriculture

1 雨水是中国黄土高原地区农业生产的主要水源

目前, 一般认为地球上水资源包括三方面: 地表水、地下水和天然雨水。中国西北黄土高原地区地表水和地下水贫乏, 雨水资源是其农业生产的主要水源。区域土地面积 62.60 万 km^2 , 多年平均径流量人均 54m^3 , 每公顷平均水量 $2\ 625\text{m}^3$, 分别为全国平均量的 22% 和 10%, 仅为世界平均量的 4.2% 和 8.8%。区域年用水量 300 亿 m^3 , 其中 85% 为农业用水, 但农业有效灌溉面积仅 386.7 万 hm^2 , 集中分布于黄河及其支流沿岸的冲积平原和阶地, 80% 以上的广大中部丘陵山地和残塬区, 地表水和地下水极为贫乏, 地形起伏多变, 发展大型水利工程的前景不大, 农业生产水源主要依赖于 200 ~ 600mm 的天然降雨。据资料, 黄土高原地区多年平均降雨量 443mm, 全区折算雨水总量为 2 757 亿 m^3 , 相当于每年地表水和地下水用量的 9.2 倍。

2 雨水资源的特征与干旱和水土流失

黄土高原地区降雨总量看起来不小, 在实际中, 由于降雨的时空分布不均, “易失多变”, 干旱和水土流失严重。区域降雨利用率只有 40% 左右, 作物水分利用效率仅 $3.0 \sim 4.5 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{mm}$, 大部分旱耕地粮食单产在 1050kg/hm^2 左右, 遇旱减产明显。

黄土高原地区降雨在时空分布上的特征为:

(1) 降水地理分布不均。从西北向东南呈扇形带状递增, 依次呈现为半干旱偏旱区(年降雨 250 ~ 350mm), 半干旱区(350 ~ 450mm) 和半湿润易旱区(450 ~ 600mm)。

(2) 降雨变率大, 季节分配不均, 干旱频繁。区域年际降水变率为 15% ~ 40%, 多雨年为平均降雨年的 1.4 ~ 1.7 倍, 是少水年的 2 ~ 6 倍。在季节分配上, 春季雨量一般占降雨总量的 12% ~ 25%, 夏季占 40% ~ 60%, 秋季占 20% ~ 35%, 冬季占 1% ~ 3%。春季多为夏收作物生长旺盛期, 也是一年一熟区秋作物成苗期, 春旱在区域的频率最大, 对农业生产影响也最严重。据 1985 年资料, 1949 ~ 1985 年黄土高原地区每年旱灾面积 733 万 hm^2 , 最大成灾面积 233.33 万 hm^2 。1994 年陕西省春夏连旱, 减产粮食 27 亿 kg , 为历史罕见。

(3) 降雨集中强度大, 水土流失严重。降水强度有小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨之分。黄土高原夏季多大雨和暴雨, 暴雨期降雨强度大, 水分入渗土壤慢而产生地表径流, 加之区域坡地面积大, 地面覆盖度低, 水力侵蚀不可避免。据资料, 黄土高原 6 月至 8 月暴雨频率 83.8% ~ 95%, 不同地点平均暴雨次数 1.3 ~ 6.1 次。暴雨是造成水土流失的主要原因, 全地区水土流失面积 43 万 km^2 , 严重区 28 万 km^2 , 分别占区域总土地面积的 69% 和 45%。年土壤侵蚀量 $4\ 000 \sim 10\ 000\text{t/km}^2$, 坡耕地随水力年损失土层 0.2 ~ 2cm, 严重地区在 2 ~ 3cm, “三跑田”比比皆是。

3 雨水集流农业——水土保持和农业持续发展的紧密结合

3.1 雨水集流农业的原理与可行性

降雨是西北黄土高原地区农业生产的主要水源, 又是发生土壤侵蚀的主要动力。对此, 采取基本农田建设, 强化就地入渗, 配合耕作保墒和施肥栽培等综合措施, 使降水通过“土壤水库”就地调配, 提高作物对降水的利用效率, 这便是传统的旱作农业(Dryland Farming), 这在

区域农业生产中具有非常重要的地位,但这些措施还是难以摆脱干旱缺水威胁的被动局面。

采取人工收集与高效利用降雨,即雨水集流农业(Rainwater Collecting Agriculture)是一条强化人工控制调节雨水,提高降雨利用率和利用效率的一种积极主动做法。其基本原理是通过把一定面积的降雨,通过集流场聚集到贮水设施内,再采取渗和防蒸发措施防止贮水丢失,在作物缺水季内补充限量灌溉,满足作物需要,以达到抗旱增产目的。其过程主要包括集流收集——雨水贮存——高效利用三个环节。

黄土高原土区发展雨水集流农业,可发挥区域优势,减轻水土流失和干旱威胁,使农业持续发展和水土保持得以统一。其可行性可概括如下:

(1) 人均土地面积大。中部丘陵和残塬区农业人均土地 1hm^2 , 宁南山区人均 1.4hm^2 , 建立雨水集流场有余地;

(2) 坡地面积大,具有天然收集雨水的条件。全地区 55% 的土地为大于 7° 的坡地,地表经用石蜡、钠盐等化学物质封闭土壤孔隙处理,或者用塑料、沥清或混凝土抹盖,可有效防止雨水侵蚀。另一方面,在坡地中上部修建水窑或水池,可对下部农田产生自压,不须提引,即可灌溉下部农田;

(3) 降雨较地表水和地下水分布广泛,处处可收集利用,受地形和地貌限制因素小。

(4) 雨水集流不须附加动力,节能省力。集流雨水,可利用雨水冲力和地心引力使水分汇集,不需附加动力,适宜丘陵山区和能源缺乏区;

(5) 投资小,见效快,户户可引,适宜范围大。修建水窑每眼 500 元左右(50m^3)外,灌溉土地 0.2hm^2 , 每公顷可增产 $750 \sim 1500\text{kg}$ 。

(6) 雨水补充灌溉增产节水效益明显。据我们 1991~1992 年在固原试验,春小麦拔节期补灌 60mm 限量水,单产达 $3\ 795 \sim 3\ 960\text{kg}/\text{hm}^2$, 较对照增产 $42\% \sim 48.8\%$ 。相当于 1m^3 水增产粮食 1.5kg 左右。

3.2 雨水汇集农业的发展、效益与前景

雨水集流农业是一项古老而潜力巨大的农业措施。雨水集流农业最初有人称之为径流农业(Runoff Agriculture),也有人称之为微集水农业(Microwater Collecting Agriculture)。国外以色列、印度、美国、澳大利亚等国也有报道和实践。美国有人通过对耕地周围地表用钠盐处理,防止径流侵蚀,并修建蓄水池,使 500hm^2 的汇流区供 50hm^2 耕地用水,产量增加 $1 \sim 2$ 倍;在美国西南部降水量 300mm 地区,集流场造价为 0.05 美元/ m^3 。以色列在南部 200mm 降水干旱区,修建微径流场发展造林,颇具特色。澳大利亚在起伏不平的坡地上,修集流槽和软埝,地坡比 $1 \sim 3.5$, 间距 90m , 以拦蓄地表径流,拦蓄不了的雨水再流入草皮排水道。印度在 $3\% \sim 6\%$ 的天然坡地下方,径流汇合处或拦水土埂出口处建一个 $2\ 000\text{m}^3$ 水池,作为补充灌溉水源,其次是在降水很少地区,把耕地分为种植区和非种植区两条带相间排列,在坡地上条带按等高线排列。采取这种集水法,丰水年种植区可获 $117 \sim 328\text{mm}$ 直接降水,还可由集水区获得 $23 \sim 100\text{mm}$ 径流水。

雨水集流在中国黄土高原地区历史悠久。区域内现有的小型水库、引洪漫地、水窑和塘池都属此列。据考证,春秋战国时期已有引洪漫地和塘坝,明代出现水窑。据 1985 年统计,黄土高原地区现有水窑 150.83 万眼,总容量 $5\ 866.5\text{m}^2$, 大多每窑 40m^3 , 集中与分布在两条线:一是山西右玉——陕西定边——宁夏同心——甘肃定西——兰州一线为干旱苦水地区;二是山

(下转第 46 页)

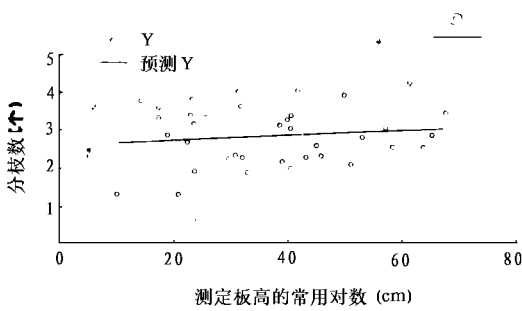


图 5 分枝(Y)与测量板高(X)对数的关系(R= 0.20)

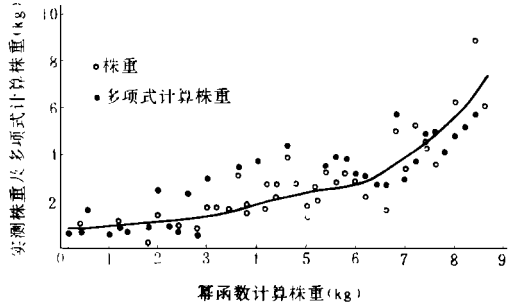


图 6 植株重与预测重的关系

3 进一步改进的方面

- (1) 由提升式草量计原理设计的测定灌木用的测量板尚属首次, 由本试验测定结合来看。对于柠条灌丛测量板的长、宽尺寸是较合适的, 其它灌木如狼牙刺等需进一步验证确定。
- (2) 测量板的重量在试验中为 4.1kg, 在测定过程中植株较小(从式(2)可看出植株重量应大于 0.34kg) 由于测量板较重, 亦会带来一定的误差。

参 考 文 献

- 1 姜凤岐等. 小叶锦鸡儿灌丛地上生物量的预测模式. 生态学报, 1982(2).
- 2 刘国彬等. 提升式草量计的改进与应用研究: . 试制与应用研究. 水土保持学报, 1995, 9(1). 86
- 3 Earle D F, Mc Gowan A A. Evaluation and Calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. Aust. J. Exp. Anim. Husb. 1979, (19) : 337 ~ 343

(上接第 56 页)

西宁乡——陕西洛川——甘肃西峰—平凉一线, 地下水较深的黄土残塬阶地区。现有涝池 19.84 万座, 总容量 8 341.5 万 m³, 主要分布在黄土阶地和残塬区。

水窑、涝池塘坝在黄土高原大多用于人畜饮水、防洪护沟, 部分地区用于补充灌溉。宁夏固原地区至 1986 年底有水窑 7 万多眼, 配有少量水井、塘坝, 解决了 1.21 万人、33 万头大牲畜和 16.19 万只羊的饮用水; 陕西干旱区 1972~1987 年以修窑为主, 结合打井、开渠, 解决了 554.48 万人、83.18 万头大牲畜饮水, 年节约用水劳动力 66.54 万人, 折合经济效益 2 亿元。陕西省米脂县对岔村在沟中用塘坝蓄水, 1968 年灌地 4.13hm², 每公顷产量 6 600kg, 为坡地产量的 12 倍。

目前, 随着持续干旱威胁与山区经济市场需要, 黄土高原地区雨水集流农业区发展到了一个新的阶段。甘肃和宁夏已形成大规模的窑窖热潮, 有人因此称之为“窑窖农业”(Cellor Water Harvest Agriculture)。除解决人畜饮水外, 在农业上开始逐步用于灌溉。为了把雨水集流农业发展为大规模的区域行为, 还有许多问题需要研究。如在集流场和贮水设施的规划、设计与施工技术, 防渗挖渠材料应用上有待进一步研究; 在高效节水用水技术上, 如区域降雨与作物需水规律的耦合, 作物关键期和适宜的补水量, 小型灌水机具的研制及相应的农技措施等。