

黄土高原半干旱地区集水型生态农业分析*

李凤民 徐进章

(兰州大学干旱农业生态国家重点实验室 兰州 730000)

摘要 简介了黄土高原半干旱地区农业发展现状及面临的问题,阐述了集水型生态农业在黄土高原旱地农业中应用的重要性,指出改善土壤水分是该区农业可持续发展的关键,集水型生态农业将有广阔的发展前景。

关键词 集水技术 生态农业 黄土高原

Rainwater-collecting eco-agriculture in semi-arid region of Loess Plateau. LI Feng-Min, XU Jin-Zhang (State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000), *CJEA*, 2002, 10(1):101~103

Abstract The current status, problems of agricultural development and the importance of rainwater-collecting eco-agriculture in semi-arid region of Loess Plateau are briefly analyzed. The results show that improving the soil moisture is the key to agricultural sustainable development, rainwater-collecting eco-agriculture will have a bright future in semi-arid region of Loess Plateau.

Key words Rainwater-collecting technology, Eco-agriculture, Loess Plateau

1 黄土高原半干旱地区农业发展现状与面临的问题

我国黄土高原半干旱地区是生态脆弱带,降水量少且不稳定,而农业生产几乎完全依赖降水。建国后几十年来,在该区域做了大量的科学考察和研究工作,其生态环境局部有所改善,但整体仍然继续恶化,为全国水土流失重点区域,农业生产水平低下,区域经济发展水平十分落后,对中部、东部生态环境和经济发展产生重要制约作用。造成该局面的原因一是半干旱地区土壤无效蒸发量大,典型半干旱地区休闲期土壤蒸发可占同期降水量的60%~80%,半干旱偏旱地区则达72%~98%,半湿润地区也达到了60%,作物生长季节休闲地和种植作物地的年耗水量基本相同^[1,2],且降水的年变率与季节变率均较大,产量低而不稳。二是土壤水分状况改善程度有限,培肥地力也存在困难。培肥地力是以土壤水分改善和第一性生产力的提高为基础的,有机质是肥力的重要基础和指标,但作为有机质主要来源的初级生产力太低,何以有能力提高土壤有机质含量?而提高第一性生产力首先需要解决水的问题,传统水土保持措施可在一定范围内控制降水的无效径流,但土壤水分状况改善程度仍很有限,培肥地力困难重重。三是缺乏有效生态农业模式及相关技术体系。水土保持农业在特别强调环境效益的同时,也很注重经济效益问题,通过发展粮食生产,种植经济作物,利用人工草地发展畜牧业,走农牧混合型发展道路,提高经济效益。然而,面对黄土高原严酷的环境条件,在农业上发展任何产业都步履维艰。如何改善农业生产条件是关键,如采取远距离调水发展灌溉或半灌溉农业,增施化肥,以肥调水等,但其成效远不能满足发展的需要,在短期内政府不可能对该区有大量投入,而农业的问题归根结底还是农民的生产问题,最终必须靠农民自身来解决,国家给予一定的资金投入是必要的,但不可能长期大量投入,如何利用这些有限的投入使目前黄土高原的恶性循环转化为良性循环,其关键问题还是有无一个或数个以提高农民自身主动投入能力为根本,兼顾生态环境改善和维持的生态农业模式及其相关技术体系。

2 集水技术在旱地农业中的应用

土壤水分的改善是该区农业可持续发展的关键,解决黄土高原的问题就是要建设优良的生态环境,构建新的高效农业生态系统。农业生产条件不外乎光、温、水、肥4大要素,而该区光照充足,温度适中,水肥则是重点考虑的问题。从生态学角度看,土地肥力衰退的根本原因仍是水分不足以及掠夺性开发所致,因此在水

* 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018603)资助

收稿日期:2000-06-19 改回日期:2000-08-01

肥关系上更应突出水的重要性,即强调“……肥力可控,惟水分胁迫是限制生产力的‘短板’……”^[4],但该区大面积远距离调水的可能性很小,支离破碎的地貌特征也不允许通过调水发展灌溉农业,其地表水和地下水又十分贫乏。从该区土壤水分、降水量分布和春小麦需水量分布分析可发现,5月底~6月初土壤水分达到全年最低值,此期是春小麦大量耗水期和生理临界需水期(孕穗期),缓解这一矛盾的有效途径是在土壤水分低谷到来之前供给一定的水分,缓解土壤水分亏缺,如1988~1989年在甘肃省定西县进行了小麦玉米带状种植的补灌试验,5月下旬灌溉 $900\text{m}^3/\text{hm}^2$ 水量,比对照旱地增产7倍,产量达到 $7845\text{kg}/\text{hm}^2$ 。实际上半干旱地区缺水并非绝对没有水,而是降水和作物生长严重错位。在甘肃省河东地区降水资源量年均可达 $500\sim 600$ 亿 m^3 ,相当于约10个刘家峡水库的容量,显然挖掘降水的潜力是巨大的。农业集水技术,即利用人工集水面或天然集水面形成径流,将径流储存在一定的储水设施中以供必要时的有限灌溉,或将径流引向一定的作物种植区,使降水在一定面积内富集叠加,大幅度改善植物种植区的水分状况,通过减少土壤表面蒸发降低作物的耗水系数,充分发挥环境资源和水肥生态因子的协同增效作用,提高农业生产水平^[1]。农业土地利用基本可分为两部分,即集水面区和作物种植区,集水面的目的是产生最大径流和最小入渗,在特殊处理过的集水面上土壤侵蚀极小,即使不对土壤表面进行任何处理,因为径流要充分利用,它所携带的土壤仍不会流失,其中的营养成分也会得到重新利用。作物种植区为水肥富集区,其集约程度高,管理完善,无效径流会更少,可更为有效地控制水土流失,提高水分利用效率。

以典型半干旱地区定西县为例,年降水量 420mm ,春小麦生育期降水占年降水量的 53% ,非生长季降水作为底墒用于春小麦生长占同期降水量的 40% ,故对春小麦总供水量为 $420\text{mm}\cdot 53\% + 420\text{mm}\cdot 47\% = 301\text{mm}$ 。1961~1990年春小麦平均需水量为 357mm ($330\sim 380\text{mm}$),平均水分亏缺 56mm ,合 $555\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。因此每公顷 $450\sim 600\text{m}^3$ 补充供水在不采取特殊节水灌溉措施的情况下可基本满足春小麦需要,实现稳产高产。1991~1997年进行的有限灌溉实验表明^[3,5],春小麦灌水量 $300\sim 750\text{m}^3/\text{hm}^2$,春小麦增产 $645\sim 2700\text{kg}/\text{hm}^2$,增产幅度为 $28\%\sim 174\%$,灌溉水利用效率达 $1.59\sim 6.0\text{kg}/\text{m}^3$,平均为 $4.0\text{kg}/\text{m}^3$,有限灌溉关键时期分别为拔节期、孕穗期、三叶期和播种前等不同时期。玉米灌水 $405\sim 750\text{m}^3/\text{hm}^2$,增产 $1995\sim 4245\text{kg}/\text{hm}^2$,灌溉水利用效率达 $4.93\sim 5.66\text{kg}/\text{m}^3$,平均为 $5.3\text{kg}/\text{m}^3$,有限灌溉关键时期为初花期、大喇叭口期等,玉米增产远高于小麦,其灌溉水利用效率远高于世界先进国家的水分利用效率,表明补充灌溉具有巨大潜力。将集水有限灌溉技术同有效的农业技术相结合,产生了新的高效作物生产系统,经济植物产量和质量大幅度提高,显示出其巨大的发展潜力。

黄土高原典型半干旱地区降水在下垫面分配比例大致为 $20\%\sim 25\%$ 用于第一性生产, $10\%\sim 15\%$ 形成径流、水土流失, $60\%\sim 75\%$ 为无效蒸发^[1],而形成径流和无效蒸发水分实际是集水农业的主要利用对象,可集水量丰富。该地区人均耕地高于全国水平,利用一定的可耕地或荒地修筑集水面或田间微型集水工程是完全可实现的。黄土高原缓坡丘陵地形是大自然赐予的天然集水面,稍加修饰即可用来集水,较大的地势差可为自流灌溉提供可能,同时还可利用道路、场院、庭院等场所进行集水,深厚的黄土母质为降水的集存创造了良好的条件,频率较高的大(暴)雨又可提高降水的富集效率,大范围的低产现状和很低的大气湿度有利于提高有限供水的增产效益和水分利用效率。同时传统水土保持措施已相当完善,为集水农业的发展奠定了良好的基础条件。西北地区农民有数百年的水窖集水经验,再加上现代科学技术、节水灌溉措施的实用化,构筑速度加快,质量提高,为资源优化组合和农产品顺利走向市场创造了条件。半干旱和半湿润易旱地区以修筑梯田和小流域综合治理为代表的长期农田基本建设也取得巨大成效,仅甘肃省就已修成130多万 hm^2 梯田,而梯田修筑地区正是集水农业的适合发展地区,为发展集水农业创造了良好的基础条件。

3 发展集水型生态农业

集水农业背景下人们对水肥热条件的控制能力增强,可以根据需要创造出多种不同的水肥热组合,这就为引入各种价值较高的经济植物创造了条件。黄土高原半干旱地区昼夜温差大,光照条件好,有利于光合产物的积累,是较大幅度提高产品质量和产量的有利条件,因此发展高价值经济植物,提高整个农业生产过程的经济效益,由传统水土保持型农业变为集水农业,为整个农业和农村发展注入新的活力。黄土高原半干旱区畜牧业一直有较强的优势,随着人口的增加,粮食生产和畜牧业生产争地的矛盾日益突出,由于集水型生态农业可大幅度提高粮食单产,种植面积即可相应减少,大力引种栽培高价值经济植物,可较大幅度提高经济效益,为退耕还牧、调整和优化产业结构创造良好条件,在市场经济的推动下农民可以自发地优化产业结构。该区优化产业结构的方向除发展特种农业(主要是特种种植业和养殖业)外,更重要是发展圈养草畜

牧业。这里苜蓿人工草地有良好的发展优势,其水热资源利用率、水分利用效率、生产力与农作物(特别是春小麦)相比占有明显优势,苜蓿粗蛋白含量一般在 18% 以上,任何其他旱地作物均无法相比,对提高土壤肥力、实现土地可持续利用有重要作用。据山西省河曲砖窑沟流域试验,紫花苜蓿单产 $5250\text{kg}/\text{hm}^2$,年固 N 能力 $179.7\text{kg}/\text{hm}^2$,约相当每公顷增施 450 余 kg 尿素。同时人工草地环境效益明显,可大幅度减少水土流失,提高降水利用率。据靖边试验,农田年水土流失 $2308\sim 8741\text{t}/\text{hm}^2$,人工林年水土流失 $283\sim 481\text{t}/\text{hm}^2$,而人工苜蓿草地年水土流失 $0\sim 446\text{t}/\text{hm}^2$ 。人工草地还有明显的生长优势,草地可随降水而进行自我调节,何时有水何时长,遇到干旱不死亡,充分利用降水资源,适应该地区低水多变环境的特点,随时生长随时收获。作物则不同,要求在一定时间内形成籽粒基础,然后逐渐加强籽粒的形成过程,即生殖生长过程,其中任何一个环节出问题,全年产量就会受到严重影响,甚至出现年内降水总量不低而作物绝收的局面。在农区发展秸秆畜牧业,在牧区发展草地畜牧业,而该区则可二者兼有(农牧交错带,具备农牧耦合的条件),这就为人工设计高效稳定的生态系统奠定了基础,因此集水型生态农业在该区将有广阔的发展前景。可以预见,集水技术的引进作为旱地农业一个新的生长点,将在经济效益、社会效益和生态效益三方面协调发展,对黄土高原半干旱区整个农业和农村发展起到重要的推动作用^[6]。

4 集水技术对流域水分平衡的影响

黄土高原集水技术的广泛应用与黄河下游断流的关系是很多人关心的一个问题。有人担心农业集水技术的长足发展可能会加剧黄河断流,更有甚者认为黄土高原的综合治理,特别是植被与梯田建设将会减少入黄河水量,加剧黄河断流。笔者认为这可能恰恰相反。应当认识到集水农业在集水期间或者综合治理对泥沙拦蓄效力的发挥时间正是黄河可能发生洪灾的时期(降雨集中的夏秋季),集水和综合治理的效果正好可以减轻洪峰压力,降低对下游的洪涝威胁,而春季正是农业用水高峰期,引黄灌区大量从黄河提水灌溉是造成黄河断流的主要原因,集水农业正是在此时释放水窖存水,集水农业若搞得越好,可大量释放存水,有效减轻引黄灌区对黄河水的提灌压力,从而有利于解决黄河断流问题。如果沿黄经济区在雨季也能大量蓄积天然降水,并提高水的重复利用率,同样可大大缓解对黄河水的压力,在各种集水、蓄水、节水和提高水的重复利用率等措施到位并充分发挥其作用的前提下,将有可能最终解决黄河断流问题,集水技术的应用不仅不会加重黄河断流,相反还可能为最终解决这一问题作出重大贡献。

参 考 文 献

- 1 山 仑,陈国良主编. 黄土高原旱地农业的理论与实践. 北京:科学出版社,1993
- 2 李锋瑞,赵松岭,李凤民. 陇东黄土旱塬作物组合系统农田耗水规律研究. 生态学报,1995,15(4):64~70
- 3 李凤民,王 静,赵松岭. 半干旱黄土高原集水高效农业的发展. 生态学报,1999,19(2):152~157
- 4 赵松岭,李凤民,王 静. 半干旱地区集水农业的可行性. 西北植物学报,1995,15(8):9~12
- 5 赵松岭,王 静,李凤民. 黄土高原半干旱地区水土保持型农业的局限性. 西北植物学报,1995,15(8):13~181
- 6 赵松岭主编. 集水农业引论. 西安:陕西科学技术出版社,1996. 9~236