

宁南半干旱山区雨水资源高效利用技术研究

赵世伟, 刘耀宏, 李壁成, 安韶山
(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 计算了宁南半干旱山区上黄示范区的雨水就地利用和径流资源量: 雨水就地入渗集蓄量 $95.23 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占雨水资源理论潜力 29.65%。雨水径流资源量为 $15.85 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占雨水资源理论潜力的 5.85%, 而目前示范区对降雨径流的集蓄能力仅为径流资源总量的 17.35%, 开发潜力较大。开展了多年的雨水资源就地利用和异地利用技术系统研究, 总结出了适宜本地区提高雨水资源利用效率和经济效益的综合技术。
关键词: 宁南半干旱山区; 雨水资源; 高效利用技术
中图分类号: S 273.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)03-0015-04

Study on the Efficient Technique of Utilization Rainwater
Resources in Semiarid Hilly Area of Southern Ningxia

ZHAO Shi-wei, LIU Yao-hong, LI Bi-cheng, AN Shao-shan
(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and
Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to the actuality of land use and rainwater data, the amount of rainwater infiltration in same spot and runoff were estimated in Shanghuang demonstration, Guyuan, Southern Ningxia semiarid hilly area. They are $95.23 \times 10^4 \text{ m}^3$ and $15.85 \times 10^4 \text{ m}^3$ especially as much 29.65% and 5.85% as the potential of theoretical resources of rainwater. There is more potential of catchment to exert because the capacity of cellor water harvesting is 17.35% of runoff resource in the demonstration recently. On the base of series of experiments on the technique of handy and foreign utilization of rainwater, the integrative technique of efficient use of rainwater was summarized which is feasible in Southern Ningxia semiarid hilly area.

Key words: semiarid hilly area of Southern Ningxia; rainwater resources; efficient technique of rainwater utilization

宁南山区位于西北黄土高原丘陵区沟壑区, 总土地面积 $3.0455 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占宁夏全区面积的 58.8%; 耕地 $90.91 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占宁夏全区耕地的 69.4%, 其中旱地占耕地面积的 93.3%。境内年降水量 277~651 mm, 大部分地区在 400 mm 左右, 其中 60%~70% 的降雨量集中在 7、8、9 三个月, 干旱年份发生频率为 65%, 即平均 3 年两遇, 是典型的半干旱旱作农业区。
干旱、低产、贫困和生态环境恶化等自然-社会经济问题, 严重地影响和制约了当地农业和农村经济的发展。区域内水资源贫乏, 天然地表水资源量(包括浅层地下水)仅为 $8.06 \times 10^8 \text{ m}^3$, 地均水资源量相当于黄河流域平均值的 26%, 全国平均值的 4.6%; 地下水位深, 地表水的几乎完全来源于大气降水。区内地形起伏, 坡地占总土地面积的 80%, 其中 > 15 的坡地占 44%; 大、暴雨集中, > 25 mm 的次降雨量在 7~9 月达到 122 mm, 占年降雨量的 25.5%, 造成严重的水土流失, 土壤侵蚀模数达 $5000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 水土流失引起大量的养分损失, 结构破坏, 土壤肥力下降, 蓄水保

水能力降低, 加之耕作粗放, 致使有限的降水资源利用率不高, 水分利用效率低下, 宁南半干旱区的粮食实际生产力低而不稳, 长期以来, 徘徊在 $930 \sim 1698 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 之间, 仅为降水生产潜力的 14%~23%。
针对上述问题, 以国家“十五”科技攻关上黄示范区为研究单元, 开展了以降水高效集蓄利用为中心、建造大田旱作节水模式和集水型果、菜集约化的高效农业技术体系, 探索出一条宁南半干旱山区协调水肥关系, 提高雨水利用效率和经济效益的有效途径。

1 研究区概况

宁南固原市原州区河川乡上黄村, 位于 $106^{\circ}26' \sim 106^{\circ}30' \text{ E}$, $36^{\circ}59' \sim 36^{\circ}09' \text{ N}$, 总土地面积 7.61 km^2 。海拔高度 $1534 \sim 1824 \text{ m}$, 年平均温度 6.9°C , 年平均降水量为 422 mm。大气降水是当地的主要水资源, 其农业生产具典型的半干旱旱作农业特点。由于干旱和雨水资源利用不足, 旱作产量低而不稳, 长期徘徊在 $1125 \sim 1500 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 之间。因

① 收稿日期: 2004-12-28
基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划课题(2001BA606A-4)
作者简介: 赵世伟(1962-)男, 研究员, 主要从事土壤与水资源管理研究。

此,如何充分进行有限雨水资源的有效拦蓄和高效利用,已经成为进一步提高旱作产量、稳定解决群众温饱、发展农村经济、提高农民收入亟待解决的科学技术问题。这在宁南半干旱山区及其黄土高原西部丘陵区均具有普遍意义。

2 雨水资源及集蓄、高效利用技术

经观测和计算,研究区雨水资源理论潜力为 $321.14 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。雨水资源可实现潜力量为 $308.62 \times 10^4 \text{ m}^3$,占研究区雨水资源理论潜力的 96.07%,即可开发利用的雨水资源总量。而这些雨水资源只有通过各种方式进行有效的集蓄和高效利用才能发挥应有的作用。

2.1 雨水资源集蓄

通过多年的农田基本建设,研究区内梯田面积达到 126.4 hm^2 ,川、河台地、塬地 92.32 hm^2 ,共计 218.72 hm^2 ,这类水平耕地上雨水是可以完全就地入渗集蓄的,加上坡地的就地入渗量,其雨水集蓄量 $95.23 \times 10^4 \text{ m}^3$,占雨水资源理论潜力 29.65%,这部分雨水资源是旱作农田水分持续利用开发的最大值。

降雨径流是研究区内可以集蓄,并根据作物的生长需要进行时空调节的异地利用雨水资源,将其尽可能的收集并储蓄在水库和窑窖中,成为发展山区旱作节水补灌的物质基础。截止 2000 年,研究区内可产生径流的土地类型包括:坡地、天然、人工林草地、道路和居民点,其总面积达到 537.37 hm^2 ,经观测和计算,研究区的径流资源量为 $13.70 \times 10^4 \text{ m}^3$,占总降雨资源量的 4.27%。如果将河川水库接纳的降雨资源量计算在内,研究区可进行时空调配的雨水资源量为 $15.85 \times 10^4 \text{ m}^3$,占总降雨资源量的 5.85%。

目前,上黄试区内修建的蓄水窑窖数量已达 168 个,按平均 40 m^3 的储水容量计算,总容量仅为 $0.672 \times 10^4 \text{ m}^3$,加上水库的集蓄量也只有 $2.75 \times 10^4 \text{ m}^3$,占径流资源总量的 17.35%,说明研究区的径流资源集蓄能力还有很大潜力。

表 1 可集蓄调配的雨水资源量

土地类型	面积/ hm^2	就地储量/ 10^4 m^3	径流资源量/ 10^4 m^3
梯田	126.4	53.34	0
河台塬地	92.32	35.08	0
坡地	12	4.66	0.22
林地	135.4		0.86
人工草地	39.6		0.3
天然草地	235		4.51
居民点	10.87		0.64
乡间道路	25.2		1.98
未利用地	79.3		5.19
河川水库	5.1	2.15	0
合计	7.61	95.23	13.7

2.2 雨水资源高效利用技术

雨水资源的利用方式,可分为就地利用、异地利用和叠加利用 3 种形式。对半干旱山区旱作农田而言,一般包括就地利用和异地利用两种。本文主要涉及这两种雨水资源的高效利用技术。

2.2.1 就地利用技术

在强化降水就地入渗的基础上,提高旱作农田中土壤水分利用效率的途径包括:防止土面水分的无效蒸发,充分利用土壤储水和提高作物自身水分利用效率。基于以上的考虑,开展了地膜覆盖、增加肥料提高地力、冬麦改制和田间微

集水种植等提高雨水资源就地利用率技术措施的田间试验。

表 2 主要粮油作物大田地膜覆盖效应 (kg/hm^2)

作物	地膜覆盖	不覆盖	增产/ $\%$
冬小麦	3400.0	1860.0	99.5
玉米	6000.0	3900.0	53.8
马铃薯	4080.0	2610.0	56.3
胡麻	1530.0	1155.0	32.5

表 2 结果显示,采用地膜覆盖栽培技术,旱地主要作物均表现出明显的增产效果,其中冬麦的增产幅度最大,为 99.5%,玉米和马铃薯分别为 53.8% 和 56.3%,胡麻的增产幅度最小,但也达到 32.5%。

采用覆盖栽培技术,可抑制土壤水分无效蒸发,增加作物对土壤水分和降雨的利用。表 3 的结果表明,冬麦的水分利用量达到 387.4 mm ,较常规种植技术提高 18.11%,其增加的水分利用量,可认为是地膜覆盖所减少的土壤水分无效蒸发量。由于地膜覆盖提高了冬麦的水分利用率和产量,其水分利用效率达到 $8.78 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$,较常规种植提高了 54.85%。

表 3 冬小麦地膜覆盖对水分利用率的影响

	产量 kg/hm^2	耗水量/ mm		水分生产率 $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$	2 m 土壤供水 占总耗水量/ $\%$
		生育期降水	2 m 土壤供水		
覆膜种植	3400.0	141.7	245.7	8.78	63.42
常规种植	1860.0	141.7	186.3	5.67	55.80

宁南半干旱山区土壤贫瘠,缺氮少磷,严重的制约了土壤水分生产力的发挥,增加化肥投入、改进施肥方法,是以肥调水,提高土壤有限水资源利用率、旱作产量和利用效率的重要措施。表 4 结果显示,冬麦、胡麻均随着施肥水平的提高,作物耗水量、产量明显增加,而且水分利用效率显著提高,较对照产量分别增产 71.04% ~ 116.73%、119.76 ~ 221.88%,水分利用效率由冬麦的 $2.73 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 、胡麻的 $1.52 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$,分别提高到 $4.10 \sim 4.55 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 和 $3.18 \sim 4.05 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$,显示出以肥调水、水肥协调、增产和提高水分利用效率的作用。

表 4 不同施肥量对作物水分利用的影响

作物	处理	产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	增产 / $\%$	耗水量 / mm	水分利用效率/ ($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)
		834		306	2.73
冬麦	N ₇₅ P ₇₅	1426.5	71.04	348	4.10
	N ₁₅₀ P ₇₅	1807.5	116.73	397	4.55
胡麻	不施肥	425		279	1.52
	N ₇₅ P ₇₅	934	119.76	294	3.18
	N ₁₅₀ P ₇₅	1368	221.88	338	4.05

利用作物自身水分利用能力差异的生理学原理,扩大水分利用效率较高的作物种植,也是宁南半干旱山区提高土壤水分和天然降水的利用率和利用效率的有效途径。通过对冬麦和春麦进行生物学特性、生态适应性分析,优良品种引选及栽培技术的试验研究,证明了冬麦在本地区具有良好的生态适应性,与春麦相比具有较高的产量性能,实施“冬麦改制”可明显的提高旱作农田的生产力。表 5 的结果(三年平均值)表明:冬麦与春麦相比,产量增加一倍以上,总耗水量增加 110 mm ,水分利用效率提高了 49.21%,达到 $5.63 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 。

表 5 冬、春麦产量与水分利用效率比较					
产量	增产	生育期降水	土壤耗水	总耗水	水分利用效率
$/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) / \%$		$/\text{mm}$	$/\text{mm}$	$/\text{mm}$	$/(\text{kg} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2})$
春麦	871. 5	85. 2	145. 4	230. 6	3. 78
冬麦	1932. 6	121. 76	145. 2	342. 6	5. 64

田间微集水种植是集雨、蓄水、保墒为一体的旱作农田雨水高效利用技术,其垄沟相间排列,垄上覆膜集雨,沟内种植作物,是一种田间条件下的雨水叠加利用方式,近年来在北方旱作区得到广泛的应用。通过进行双行(垄 沟为 25 25 cm)、三行(垄 沟为 30 30 cm)冬麦膜侧种植与常规露地种植对比试验(表 6),结果表明,采用田间微集水种植技术,冬麦产量比常规技术增产 45. 67% ~ 50. 76%,水分利用效率提高了 39. 22% ~ 42. 63%。

表 6 田间微集水种植技术的水分利用和产量效应					
产量	生育期降水	土壤耗水	总耗水量	水分利用效率/	
$/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	mm	mm	mm	$(\text{kg}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2})$	
双行膜侧条播	3175	129	269	398	8. 03
三行膜侧条播	3068	129	262	391	7. 84
露地条播	2106	129	245	374	5. 63

根据土壤水分监测,小麦拔节前,膜侧种植的 0~ 40 cm 土层中,土壤含水量较常规种植土壤含水量高 1. 2 ~ 3. 2 个百分点。其中 3 月一次 4. 8 mm 的降雨后,膜侧种植 0~ 40 cm 土层中的水分集蓄量为 68. 8 mm,而常规种植的仅为 53. 3 mm,增加了 29. 08%,说明了田间微集水种植技术具有将春季的无效降雨有效化的功能。拔节后即使降雨量增加,同样可以将雨水叠加进入种植区,提高土壤水分蓄量供作物利用,如 5 月的一次 35 mm 降雨 3 天后测定,田间微集水种植区 0~ 40 cm 土层中的蓄水量较常规种植区高出 15 mm。表明田间微集水种植技术一方面集雨,另一方面可减少蒸发,从而使更多的雨水保持在土壤中,改善作物的水分环境,这就是该技术抗旱增产的原因所在。

2. 2. 2 异地利用技术

在利用水库、塘坝和水窖充分集蓄降水径流资源的基础上,进行径流资源的时空调节,并根据作物生长和发育关键期水分需求规律,开展降雨径流资源的节水补灌,通过以缓解大气、土壤水分供水不足与作物需水之间的矛盾,是进一步发挥作物生产潜力,提高旱作产量的有效途径。

在多年进行主要作物不同生育期、不同节水补灌试验的基础上,总结出了作物的高效节水补灌技术,结果(表 7)表明,利用库、窖集蓄的径流在冬小麦在拔节- 孕穗的关键时期,补水 600 m³/hm²,单位面积产量可提高 87. 78%,玉米在大喇叭口期补水 450 m³/hm²,单位面积产量可提高 64. 62%,马铃薯在现蕾- 初花期补水 450 m³/hm²,单产可提高 62. 5%;胡麻在纵形- 现蕾期补水 450 m³/hm²,单产可提高 41%。4 种作物的节水补灌效率分别为冬麦 3. 23 kg/m³,玉米 9. 33 kg/m³,马铃薯 3. 33 kg/m³,胡麻 1. 07 kg/m³,通过比较,玉米的节水补灌效率最高,冬麦、马铃薯一般,而胡麻最低。因此,扩大玉米节水补灌规模,可进一步提高降雨径流资源的利用效率。

为了进一步提高降雨径流资源的经济效益,在试区推广的以果树为主体的庭园经济模式的基础上,利用窖、库集蓄的径流资源水对幼园果树行间种植蔬菜或育苗进行节水补灌,对提高降雨径流的经济效益发挥了重要作用。表 8 结果显示,在梨园及幼树行间作辣椒节水补灌 900 m³/hm² 和

450 m³/hm²,与旱作对照相比,不仅提高了辣椒产量和水分利用效率,还分别增加直接经济效益 18 500 元/hm² 和 7 500 元/hm²,使节水补灌效益达到 20. 56 元/m³ 和 16. 67 元/m³。表 9 结果也表明,在梨树幼园行间对套作育苗的杏树苗节水补灌 900 m³/hm²,与旱作对照相比,增加直接经济效益 6 200 元/hm²,节水补灌效益达到 10. 22 元/m³。

表 7 主要粮油作物节水补灌效应					
补灌时期		补灌量 (m ³ · hm ⁻²)	产量/(kg · hm ⁻²)	补灌效益/ (元 · m ⁻³)	
		补灌	不灌		
冬小麦	拔节- 孕穗	600	4150	2210	3. 23
玉米	大喇叭口	450	10700	6500	7. 93
马铃薯	现蕾- 初花	450	3900	2400	3. 33
胡麻	纵形- 现蕾	450	1650	1170	3. 73

表 8 梨园及幼树行间作辣椒的节水补灌效益					
作 物	节水补灌/ (m ³ · hm ⁻²)	总耗水 /mm	作物产量/ (kg · hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg · mm ⁻¹ · hm ⁻²)	经济效益/ (元 · hm ⁻²) / (元 · m ⁻³)
辣椒(灌水)	450	387. 8	37500	96. 7	18750 16. 67
辣椒		327. 8	22500	68. 2	11250
梨园(灌水)	900	587	45000	76. 7	45000 20. 56
梨园	492	26500	53. 9	26500	

表 9 梨树幼园行间育苗的节水补灌效益					
作 物	节水补灌/ (m ³ /hm ⁻²)	总耗水 /mm	树苗产量/ (株 · hm ⁻²)	经济效益/ (元 · hm ⁻²)	补灌 效益/ (元 · m ⁻³)
红梅杏苗(灌水)	900	565	15000	18700	10. 22
红梅杏苗	0	475	9000	9500	

3 讨 论

高效集蓄雨水资源是宁南半干旱山区旱作农业发展的重要物质基础。上黄示范区研究表明,水平耕地上雨水就地入渗集蓄,加上坡地的就地入渗量,其雨水集蓄量 95. 23 × 10⁴ m³,占雨水资源理论潜力 29. 65%,这部分雨水资源是旱作农田水分持续利用开发的最大值。示范区径流模数为 1. 8 × 10⁴ m³/hm²,径流资源总量为 13. 70 × 10⁴ m³,占雨水资源理论潜力的 4. 27%。如果将河川水库接纳的降雨资源量计算在内,径流模数为 2. 08 × 10⁴ m³/hm²,可进行时空调配的雨水资源量为 15. 85 × 10⁴ m³,占雨水资源理论潜力的 5. 85%,而目前示范区对降雨径流的集蓄能力仅为径流资源总量的 17. 35%,说明对径流资源集蓄能力不足,应当进一步加强蓄水窑窖建设,提高对径流资源的集蓄能力,充分发挥其时空调节潜力。

提高雨水资源的就地利用效率,是发展宁南半干旱山区旱作农业对雨水资源高效利用技术的必然要求。上黄示范区的研究表明,通过地膜覆盖技术,旱地主要作物均表现出明显的增产效果,增产幅度为 32. 5% ~ 99. 5%;同时,可减少水分无效蒸发,冬麦有效水分利用增加 18. 11%,水分利用效率提高了 54. 85%。增加化肥用量改善施肥技术,冬麦、胡麻耗水量、产量明显增加,与对照相比分别增产 71. 04% ~ 116. 73%、119. 76% ~ 221. 88%,水分利用效率分别提高到 4. 10 ~ 4. 55 kg/(mm · hm²) 和 3. 18 ~ 4. 05 kg/(mm · hm²),显示出以肥调水的增产和提高水分利用效率的作用。采用田间微集水种植技术,冬麦产量比常规技术增产 45. 67% ~ 50. 76%,水分利用效率提高了 39. 22% ~ 42. 63%。实施“冬麦改制”,可明显的提高旱作农田的生产力,冬麦与春麦相比,产量增加一倍以上,总

耗水量增加 110 mm, 水分利用效率提高了 49.21%, 达到 5.63 kg/(mm·hm²)。

提高降雨径流资源利用的经济效益, 是宁南半干旱山区旱作节水农业和农村经济持续发展的重要保障, 通过最大限度地集蓄降雨径流资源, 并根据经济林、果和作物的生长发育关键期水分需求, 进行雨水资源的时空调节的半干旱山区高效节水补灌则是雨水资源高效利用的基础。研究结果显示, 主要粮油作物在关键期节水补灌 450~600 m³/hm², 增产幅度达到 41%~87.78%, 补灌效益一般为 3.23~3.73 元/m³, 粮油作物补灌效益最高是地膜玉米, 可达 7.93 元/m³。结合以果树为主体的庭园经济模式, 在梨园及幼树行间作辣椒节水补灌 900 m³/hm² 和 450 m³/hm², 不仅提高了辣椒产量和水分利用效率, 还分别增加直接经济效益 18 500 元/hm² 和 7 500 元/hm², 使节水补灌效益达到 20.56 元/m³ 和 16.67 元/m³。在梨树幼园行间对套作育苗的杏树苗节水补灌 900 m³/hm², 增加直接经济效益 6 200 元/hm², 节水补灌参考文献:

[1] 赵世伟, 黄占斌, 苏静, 等. 宁南山区小流域雨水资源潜力与供需分析[J]. 水土保持通报, 2004, 24(6): 94-98.
[2] 黄占斌, 刘学军, 赵世伟, 等. 半干旱地区集雨利用模式及其评价[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 301-304.
[3] 吴普特, 黄占斌, 高建恩, 等. 人工汇集雨水利用技术研究[M]. 郑州: 黄河出版社, 2002.
[4] 山仑. 旱地农业中有限水高效利用的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(1): 8-13.
[5] 杜守玉, 田恩平, 温敏. 宁夏旱作农业[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2004.
[6] 冯浩, 邵明安, 吴普特. 黄土高原小流域雨水资源化潜力计算方法及评价初探[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 140-144.
[7] John Goid, Erik Nissen-Petersen. Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply - Design, Construction and Implementation[M]. London, UK: International Technology Publication, 1999.

(上接第 9 页)

3.3 以发展畜牧业为重点, 对农业结构进行战略性调整, 逐步在宁南山区建立起具有市场竞争力和民族特色的农牧结合的农业产业化布局

畜牧业是宁南山区的传统产业, 也是在区内外市场有一定竞争力的优势产业。但总体而言, 规模小, 品种杂, 饲养管理粗放, 科技含量和比较效益低, 在农业经济结构中的比重和农民增收的贡献率不高。从发达国家农业发展进程来看, 畜牧业的贡献率越来越大, 畜牧业产值在农业总产值一般占到 50% 以上, 有的国家高达 80%, 我国畜牧业产值在农业总产值不足 30%, 而宁南山区固原等县只占到 20% 左右。同时有的地方还存在着尖锐林牧矛盾和草场严重退化问题。因此调整和优化畜牧业生产布局, 适度扩大规模饲养, 建立饲草和养殖基地, 壮大畜牧产业, 发展开放型、效益型的畜牧业, 开拓区内外及国内外市场, 应是宁南山区畜牧业产业化的重要目标。

发展畜牧业, 饲草饲料是基础, 目前要抓住退耕还林还草, 发展生态农业的大好时机, 大力种植玉米、苜蓿等优良饲料饲草, 以舍饲圈养为主, 从根本上改变散养放牧的旧传统习惯。走出一条畜牧业与生态环境协同发展的生态农业之参考文献:

[1] 李壁成, 安韶山. 宁夏南部山区生态环境建设与科技扶贫战略研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 108-110.
[2] 米文宝, 等. 宁夏南部退耕还林还草后续产业发展的初步研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 91-94.
[3] 安韶山, 李壁成. 宁南半干旱退化山区庭园生态农业模式及效益分析[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(6): 153-157.
[4] 国家统计局综合司. 中国区域经济统计年鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 2000.
[5] 固原地区统计局. 回首五十二年(1949-2001)[R]. 2001.

效益达到 10.22 元/m³, 是通粮油作物的节水补灌效益的 3~6 倍, 也比地膜玉米提高 28.88%~159.27%, 大幅度提高了降雨径流资源的经济效益, 一定程度上实现了雨水资源的高效利用。

宁南半干旱山区旱作农业雨水资源的高效利用主要包括旱作农田的高效就地利用和与庭园经济模式相结合的异地高效利用。上黄示范区以兴修梯田和蓄水窑窖, 增强雨水就地入渗和提高径流资源集蓄为基础, 以地膜覆盖减少无效蒸发, 以增施肥料、协调水肥关系, 以冬麦改制、田间微集水的种植耕作制度改革为主体措施, 提高旱作雨水资源利用效率; 以庭园经济与节水补灌相结合为大田雨水资源高效利用模式, 提高雨水资源利用的经济效益的综合技术体系, 实现了山区雨水资源利用效率和经济效益的同步提高, 为山区雨水资源高效集蓄利用提供了技术支撑, 展示了在宁南半干旱山区推广应用的广阔前景。

路。
3.4 以科技为先导, 探索和创建公司+科技人员+农户的农业产业化模式, 推进宁南山区农业产业化进程

鉴于宁南山区交通闭塞, 市场化程度低, 发展农业产业化有相当大的难度, 以此有必要在产业化中增加一个链条。可以利用国家科研院所、高校的科技优势, 培育和吸引企业到宁南山区建立产业化基地, 加强农民科技培训, 积极推进宁南山区农业产业化进程。

3.5 全面推进素质教育, 努力提高农民科学文化水平和致富技能, 着力培养一大批农民科技大军

进行农业结构战略性调整, 需要有良好的群众基础和物质与精神文明作保证, 一方面要加强农村基层组织建设和干部培训, 深入进行“三个代表”教育活动, 树立“穷则思变”、“致富思源、富而思进”的坚定信念, 破出因循守旧和懒汉懦夫世界观。另一方面要大力开展科技培训, 通过实施农业科技项目、现场会、科技下乡等各种形式, 向农民群众传授科学知识与技术。同时还要创造条件, 充分发挥农民技术员的作用, 营造一个人人学科技, 用科技, 依靠科技致富奔小康的社会环境。