

宁南山区旱地苜蓿垄沟集水种植生物群体生长特征及其水分利用效率

李永平¹, 贾志宽², 刘世新¹, 韩青芳², 常克勤¹, 上官周平^{2,3}

(1. 固原市农业科学研究所, 宁夏 固原 756000;

2. 西北农林科技大学干旱半干旱研究中心; 3. 中国科学院水土保持研究所 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 皆对干旱半干旱旱作农业区降水资源严重短期的黄土丘陵地区实行退耕还草后, 以旱地苜蓿草田生物产量实现高效节水增产为目的, 以径流农业原理与生产紧密结合, 通过旱作农田采用垄沟微集水节水增产种植技术, 选择不同垄沟比种植带型, 构件垄沟相间的垄面产流区和沟内带状微集水种植区, 使牧草作物在全年生长期对有限降雨量实行时间与空间的有效富集, 其产生水分叠加效应, 对其草田宏观水分生态循环及其提高抗旱调控能力相应水分参数进行了系统研究。提高草田水分生态系统目标性调控能力, 并总结出与之配套垄沟集雨种植带型, 从而大幅度的提高了旱地苜蓿对水分的满足率和水分生产效率。

关键词: 旱作农田; 退耕还草; 草田水分; 水分满足; 节水增产

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0199-03

Growth Characteristics and Water Use Efficiency of Biotic Colony Under Catchment and Furrow Planting Technique of *Medicago Sativa* in Southern Ningxia Mountain Region

LI Yong-ping¹, JIA Zhì-kuan², LIU Shì-xīn¹,

HAN Qīng-fang¹, CHANG Kē-qín¹, SHANGGUAN Zhōu-píng^{2,3}

(1. Institute of Agricultural Sciences of Guyuan City, Guyuan, Ningxia 756000, China; 2. Research Center of Agriculture in the Arid and Semiarid Areas, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry;

3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Macroscopical water ecology cycling and the water parameters of increasing drought resistance of *Medicago sativa* were studied in arid and semi-arid agriculture regions. After conversion from farmland to grassland in arid and semi-arid agriculture regions of hilly loess regions, the authors aimed to achieve highly effective saving water and enhance yield of *Medicago sativa*, combined the theory of catchment agriculture with production, then through micro-rainwater catchment and furrow planting technique in rainfed cropland, selected the type of different ratio of ridge and ditch, shaped runoff region of alternating ditch with ridge and zonal region of micro-rainwater catchment, and made high effective rainwater harvesting of time and space of pasture in all-year growth periods under limited rainfall condition, then produced the potentiation of water. The ability of water ecology system of grassland were increased and the matching type of catchment and furrow planting were summarized, therefore distinctly increased water satisfied degree and water use efficiency of *Medicago sativa*.

Key words: rainfed cropland; conversion from farmland to grasslands; grassland moisture; water satisfied; water saving and production increase

宁南山区为典型的黄土丘陵沟壑区, 属于半干旱易旱区, 多年平均降雨量为 360 mm, 年均降雨量 324.6 mm, 主要集中在 7~9 月份, 其中 4~6 月份作物生长关键季节降雨量为 70.1~146.7 mm, 占年总降雨量的 24.3%~42.2%, 春旱发生频率很高。≥10℃积温 2 300~2 900℃, 无霜期 124~140 d, 海拔 1 830 m, 年平均气温 7.0℃。风多风大, 生态环境与生产条件差, 植被覆盖度低, 耕地以丘陵坡耕地占 60% 以上。针对黄土高原丘陵沟壑区旱作农田实行大面积退耕还草工程后, 生产中普遍存在着产草量低, 特别表现突出的是占居相当种植比例的缓坡地和旱台地苜蓿产草量

不能稳定提高。本研究于 2003~2004 年在宁南海原县贾塘乡国家旱农试验区进行, 通过探索研究旱地牧草作物——苜蓿微集水节水增产种植技术, 以改善牧草作物水分供需状况和农田生态用水环境, 提高降水生产效率。

1 试验设计与方法

1.1 试验设计

试验于宁夏海原县贾塘基点旱川台地进行。农田集水种植带型设 4 种处理, 即集水带型处理为 DX₁: 垄+沟比为 60:90(沟内种植 6 行)、DX₂: 60:60(沟种植 4 行)、

* 收稿日期: 2006-05-10

基金项目: 农业部“948”项目(20012372); 农业部农业结构调整重大技术研究专题项目; 宁夏科技攻关项目(2001-19-07)和中国科学院西部之光人才培养计划项目

作者简介: 李永平(1955-), 男, 研究员, 宁夏固原人, 长期从事旱作节水农业与降水资源转化利用研究。

DX₃:40: 40(沟种植 2 行) 和 不起垄露地平作(CK) , 平均行距分别为 25 cm、30 cm、40 cm 和 15 cm。每组采用随机区组排列, 3 次重复。小区面积依带型比处理区面积不一致, 为 4. 5 m× 5 m、与 均为 4. 8 m× 5 m、为 4 m× 5 m。试验结合生产实际, 依不同微集水种植带型, 采用人工模拟方法起垄覆膜后, 以垄面覆膜、沟内集水(种植区) , 形成沟垄相间的带状草田集水节水种植体系。采用 1ML- 1/60 型起垄覆膜, 建立苜蓿集水节水试验区。

1.2 试验材料及实施条件

供试作物紫花苜蓿品种为固原原陶庄科研基点引进苜蓿品种。前作为小麦茬, 试验地肥力均匀, 试验田整治好后苜蓿试验一次基施磷酸二铵 225 kg/ hm² + 普通颗粒磷肥(P₂O₅ 12%) 750 kg/ hm²。苜蓿播种量 15 kg/ hm²。集水种植带与 CK 区留苗密度一致, 地膜采用 8 μm 厚膜, 田间管理措施与大田等同。于 2003 年 4 月 30 日播种, 播种前测定 0 ~ 2 m 土层基础贮水量为 270. 5 mm。

2 结果分析

2.1 集水带型对苜蓿地上生物量的影响

两年定位试验, 通过农田微集水技术对有限降水资源存量的再次分配, 大幅度增加了苜蓿种植带土壤水分的积存贮藏蓄作用, 特别在春季使本来很少的 > 7 mm 的降雨或者 < 5 mm 的无效降雨以人工产流形式进行叠加富集, 变无效降雨为有效降雨, 能够显著的改善土壤水分供应, 从而促进苜蓿群体与个体生长进程(表 1)。

DX₁、DX₂、DX₃和 CK 区苜蓿株高和单株生长速度在田间形成明显的对比(表 1) , 其中以处理 DX₃> DX₂> DX₁> CK, 第一茬收割期 DX₃ 株高 65. 4~ 78. 1 cm, 平均为 70. 0 cm; DX₂ 株高 47. 3~ 72. 9 cm, 平均 61. 2 cm, DX₁ 株高45. 7 ~ 61. 3 cm, 平均 51. 4 cm, 大于 CK 39. 0 cm。株高分别较 CK 增长 79. 49%、56. 92% 和 31. 79%。

从 6 月 17 日~ 9 月 5 日苜蓿生长期间, 每处理小区按集流带型, 从边行和中行一次性选择具有代表性植株进行标记, 分期测定 10 株取其平均值, 测定植株总生长量和日增量。植株生物量生长动态测定结果表明, 其植株总平均生长量 DX₃ 为 277. 86 g/10 株、DX₂ 为 226. 29 g/10 株、DX₃ 为 163. 86 g/10 株、CK 为 96. 1 g/10 株, 集水种植区较 CK 提高 70. 05%~ 137. 11%。集水处理区沟侧边行植株日增量 > 中间行, 植株日增量过程呈“S”型生长曲线。当日增生长量达到最大值时, DX₃ 为 3. 37 g/d> DX₂ 3. 10 g/d> DX₁ 2. 17 g/d> 和 CK 区 1. 32 g/d。植株日增量分别较 CK 区净增加 2. 05 g/d、1. 78 g/d、0. 85 g/d, 日生长量较 CK 提高 155. 30%; 134. 85%; 64. 39%(图 1、图 2)。

2.2 集水种植对返青率和群体主要性状的影响

苜蓿集水植株由于集流产流蓄墒效应增强, 改善了土壤水分状况, 从而促进群体生长速度大幅度提高。苜蓿返青期调查, 微集水种植的植株返青高度一般在 2. 5~ 3. 6 cm, 较 CK 区 1. 4~ 2. 2 cm 提高 63. 64%~ 78. 57%, 提前返青 4~ 6 d。DX₁、DX₂、和 DX₃ 越冬率分别为 82. 5%、79. 5% 和 85. 5%, 而露地(CK) 传统生产方式越冬率仅 63. 6%。

苜蓿集水种植后露地平作(CK) 植株分枝能力显著低于 DX2 和 DX3, 微集水种植带型 DX₃、DX₂ 和 DX₁ 侧枝分枝数分别为 12. 4 枝/株、10. 8 枝/株、和 8. 8 枝/株, 分别比 CK 提高 33. 34%、48. 15% 和 8. 64%。茎叶比以 DX₃ 最高, 1: 1. 47~ 1: 1. 50, 集水种植区牧草鲜干比为 3. 3~ 3. 6, 高于露地平作(CK)。

表 1 旱地集水种植不同带型苜蓿生长量测定 (2003 年, 海原)							
处理	株 高/ cm			植株生长量动态/(g· 10 株)			
	范 围	平 均		06~ 17	07~ 03	08~ 15	09~ 05
DX ₁	边际行	47. 9~ 69. 5	58. 6	11. 01	43. 22	154. 72	202. 72
	中间行	43. 4~ 53. 1		44. 2	7. 24	21. 72	92. 90
	均 值	45. 7~ 61. 3	51. 4	9. 13	32. 47	123. 81	163. 86
	边行增量 g/ d			0. 41	1. 89	2. 65	2. 40
	中行增量 g/ d			0. 26	0. 91	1. 69	1. 61
	平均增量 g/ d			0. 34	1. 45	2. 17	2. 01
DX ₂	边际行	53. 8~ 77. 4	64. 6	17. 83	45. 11	188. 00	253. 92
	中间行	40. 7~ 68. 4	57. 8	13. 38	34. 73	152. 10	198. 65
	均 值			15. 61	39. 92	170. 05	226. 29
	边行增量 g/ d			0. 66	1. 71	3. 40	3. 30
	中行增量 g/ d			0. 50	1. 33	2. 79	2. 33
	平均增量 g/ d			0. 58	1. 52	3. 10	2. 82
DX ₃	中间行	65. 4~ 78. 1	70. 0	20. 30	49. 35	205. 86	277. 86
	平均增量 g/ d			0. 54	1. 82	3. 73	3. 60
CK	中间行	30. 9~ 41. 9	39. 9	6. 20	15. 73	71. 50	96. 10
	平均增量 g/ d			0. 23	0. 60	1. 32	1. 23

表 2 苜蓿集水种植对群体生长量及其主要性状的影响					
测定项目	群体生长量/(kg· hm ^{- 2} · d ^{- 1})		分枝数/ 枝	茎叶比	鲜干比
	第一茬	第二茬			
DX ₁	180. 45	85. 2	8. 8	1/ 1. 35~ 1/ 1. 47	3. 3~ 3. 5
DX ₂	200. 55	100. 35	10. 8	1/ 1. 42~ 1/ 1. 45	3. 4~ 3. 6
DX ₃	171. 15	84. 9	12. 4	1/ 1. 47~ 1/ 1. 50	3. 5~ 3. 6
平播(CK)	120. 00	61. 65	8. 1	1/ 1. 41~ 1/ 1. 44	3. 3~ 3. 4

从单株记植株高和生长速度看, 虽然三种集水带型以 DX₃ 居第一位, 但从田间群体生长量比较, 在干旱地区旱地苜蓿在生长期共收割两茬以 DX₂ 产量最高。原因是在干旱区降雨量少, DX₁ (60: 90) 垄沟比 0. 67: 1, 而 DX₂ (60: 60) 与 DX₃ (40: 40), 其垄沟比均为 1: 1, 降雨产流入渗速度和水分入渗范围优于 DX₁, 在干旱季节表现最为明显, 从而使集水植株区苜蓿植株群体生长量以 DX₂> DX₁> DX₃> CK 区(表 2)。集水种植三种处理第一茬田间群体生物鲜草生长量分别较露地(CK) 种植方式净增加 80. 55 kg/(hm²· d)、60. 45 kg/(hm²· d) 和 51. 15 kg/(hm²· d), 生长量提高 42. 63%~ 67. 13%。第二茬田间群体生物鲜草生长量分别较露地(CK) 种植方式净增加 61. 65 kg/(hm²· d)、38. 7 kg/(hm²· d) 和 23. 25 kg/(hm²· d), 群体生长量较露地(CK) 提高 37. 71%~ 62. 77%。

2.3 苜蓿集水种植的生物产量和水分生产效率

从两年试验结果看, 旱地苜蓿采取集流节水种植技术, 第一年与生产中的露地种植比较, 由于土壤水分条件得到优化, 苜蓿地上部生物量和根系生长速度加快, 为苜蓿以后的生长奠定了良好基础。加之在生长期垄面的产流集水作用, 最大程度的改善种植区了土壤水分供应状况, 从而使集水种植技术集中体现了作物增产效果, 提高了水分利用效率(WUE)(表 3、表 4)。苜蓿当年采用微集水种植, 无论宽带型还是窄带型, 均比传统露地播种方式增产。其中 DX₂ 处理区生物产量最高。DX₂、DX₃ 和 DX₁、CK 处理生物鲜草折合干草产量分别为 3 348. 3 kg/ hm²、3 140. 9 kg/ hm²、3 154. 5 kg/ hm², 分别较 CK 增产 26. 33%、19. 01% 和 18. 50%。WUE 达到 14. 25~ 15. 15 kg/(mm· hm²), 水分转化效率较 CK 提高 15. 85%~ 32. 93%。

根据两年在半干旱易旱区的宁南国家旱农基点和半干旱区的彭阳县不同生态类型区和立地类型区, 对苜蓿作物采用

微集水种植技术进行多种带型试验, 结果表明, 在降雨量 350 ~ 400 mm 旱作区, 旱地苜蓿采用微集水种植技术一般选择垄沟比为 1: 1 的 DX₂ (垄 60+ 沟 60) 其节水增产效果较好。配套以 1ML- 1/60 型起垄覆膜机进行大面积田间作业。

表 3 当年播种苜蓿不同集水带型产量与水分生产效率(WUE)

项目	基础贮水量/mm	生长期降雨量/mm	刈割期贮水量/mm	耗水量/mm	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)	增产/%	WUE	
								(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)	提高/%
DX ₁	279.8	272.6	340.1	212.3	11307.3	3140.9	18.50	14.85	20.73
DX ₂	279.8	272.6	322.9	229.5	12388.8	3348.3	26.33	14.55	18.29
DX ₃	279.8	272.6	330.2	222.2	11671.5	3154.4	19.01	14.25	15.85
CK	279.8	272.6	336.3	216.1	9541.8	2650.5	-	12.3	-

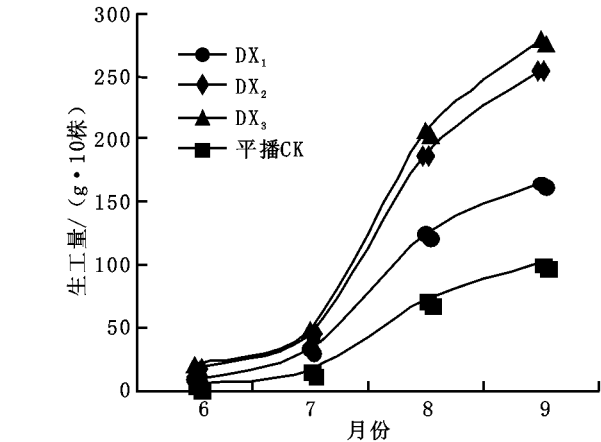


图 1 苜蓿不同集水种植方式植株生长量

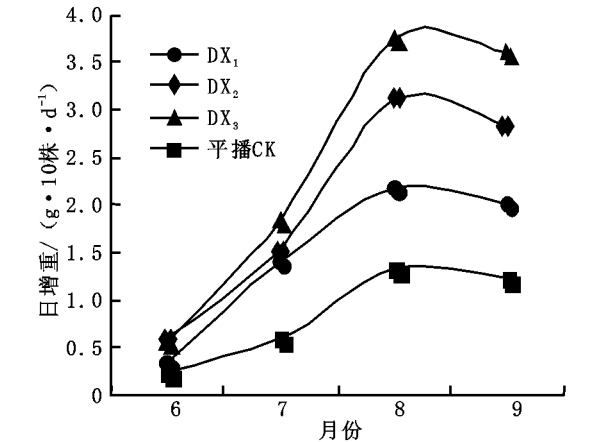


图 2 苜蓿不同集水种植方式植株平均日增重过程

表 4 旱地苜蓿集雨节水生长第二年增产能力

带型	第 1 茬			第 2 茬			全 年		
	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)	增 产/%	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)	增 产/%	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)	增 产/%
DX ₁	11349	3334.5	35.61	6221.1	1777.5	20.96	17569.5	5115.5	30.13
DX ₂	12037.5	3540	43.83	7321.2	2033.7	38.39	19359	5574.2	41.80
DX ₃	10890	3111.5	26.40	6196.2	1721.1	17.18	17086.5	4832.6	22.93
CK	8122.5	2461.5	-	4987.8	1469.9	-	13110	3931.1	-

2.4 蓄水保墒效果

对集水种植带和露地种植区不同时期 0~2 m 土壤保墒效果定位测定结果表明, 当年采用微集水种植的苜蓿田, 从 10 月初至第二年 3 月底期间的非生产季节, 土壤贮水保墒量基础值较露地传统种植 (CK) 区形成差异。4 月上旬苜蓿返青前差异最明显(表 5、图 3~4)。0~2 m 土层内贮水量一般在 317.4~341.8 mm, 较露地传统种植 (CK) 区同层贮水量 292.6 mm 多贮水分 24.8~49.2 mm, 平均 35.6 mm。当年 9 月 7 日苜蓿收割后, 其集水种植区同层贮水量一般在

202.8~228.7 mm, 较露地种植 (CK) 区贮水量 196.1 mm 同层平均多贮水 21.4 mm。据全年生长期集雨贮水效果测定, 由于产流集水效应, 牧草微集水种植 DX₁、DX₂ 处理 (宽带型) 平均较露地种植 (CK) 处理多集蓄雨水 100 mm 以上, 微集水种植 DX₃ 处理 (窄带型) 平均较露地种植 (CK) 处理多集蓄雨水 78~80 mm。这对干旱半干旱地区的水分资源开发来说, 无疑非常宝贵, 相当于挖掘一眼土窖年集蓄 50~70 m³ 的雨水对作物进行农田补充灌溉的效益。

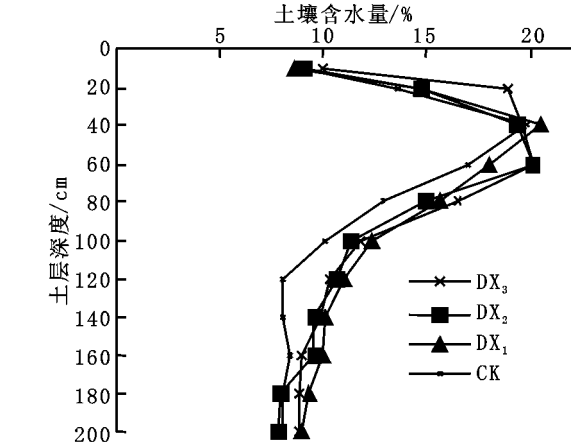


图 3 苜蓿返青前不同带型土壤水分动态

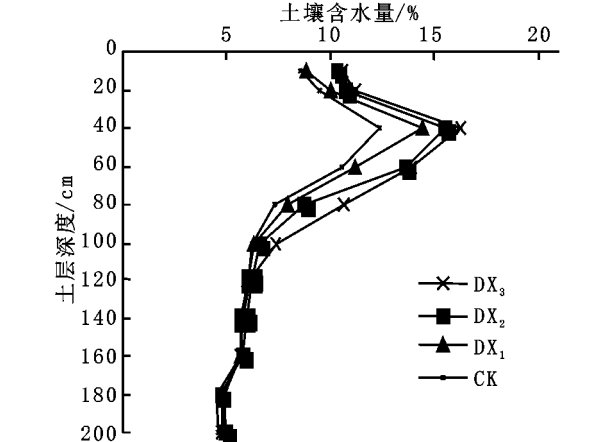


图 4 苜蓿第二年最后一茬收割时不同带型土壤水分动态
(下转第 204 页)

3.4 河流生态环境影响

施工区废水主要来自砂石料筛分冲洗、混凝土拌合、混凝土工程浇注、基坑废水排放等施工环节,另外还有车辆维修和清洗废水。在监理工作中,要注意防止这几个方面的工程施工废水污染水体,保证主坝上下游水域的水环境功能不因水利工程建设施工而改变,其水质不低于Ⅲ类水体标准^[6];定期深入施工现场监督检查废水处理设施运行情况,督促施工单位及时清除沉淀物,保证其有效使用;严格按照设计要求和有关管理规定进行监督,对不达标的废水不经处理直接排放的施工单位,及时通知其整改并报告业主;按施工区环境管理规定的要求,加强对营区生活污水及垃圾处理的监管,生活污水要集中排放到污水处理池,建防渗公厕并定期清理消毒,生活垃圾集中处理。

3.5 移民安置区环境影响

协助业主合理选择移民区,为安置移民发展高效生态农业和旅游业等适合产业,发展只需低强度耕作措施的种植业(草、茶、经济果)和养殖业等;监督检查施工单位对移民规划实施中的环境保护工程项目是否落实,以及各项目施工过程中环境保护措施落实情况;监督检查移民区的自来水、化粪池、固体废弃物收集和处理等的建设及环境影响,防止产生新的水土流失;注意可能出现的因某些方面安置不当及移民生活

参考文献:

[1] 岳建华,周海燕.试论水利水电工程的环境监理[J].人民黄河,2004,26(10):33-34.

[2] 彭盛华,翁立达.水利水电工程环境管理与监测计划探讨[J].水利学报,2001,(10):46-50.

[3] 周虹.对淮河流域水土保持生态建设的几点认识与思考[J].中国水土保持,2003,24(2):8-10.

[4] 彭辉,叶建军,周明涛.水利水电工程建设中存在的环境问题[J].水土保持研究,2005,12(2):154-156.

[5] 王青宁,王晗生,周景斌.生态环境建设的问题研究[J].水土保持研究,2005,12(2):182-187.

[6] 周祖光.海南省水资源现状与开发利用[J].水利经济,2004,22(4):35-155.

(上接第 201 页)

3 结 论

(1) 旱地苜蓿采用集水节水种植技术,能够推进苜蓿群体与个体生长进程,可使苜蓿集水种植区植株高度较 CK 同期提高 31.79%~79.49%。单株总生长量较 CK 提高 70.05%~137.11%,日增量分别较 CK 提高 64.39%~155.30%。

表 5 旱地苜蓿不同集水种植带比土层
贮水量差异 (0~200 cm)

项 目	第一年收割期 10 月 1 日		第二年 4 月 7 日返青期		第二年 9 月 7 日收割期	
	贮水量/mm	±/mm	贮水量/mm	±/mm	贮水量/mm	±/mm
DX ₁	360.1	23.3	325.5	32.9	202.8	6.7
DX ₂	322.9	-13.4	317.4	24.8	220.9	24.8
DX ₃	330.2	-6.1	341.8	49.2	228.7	32.6
平均值	337.7	1.3	328.2	35.6	217.5	21.4
平播(CK)	336.3		292.6		196.1	

注:“+”和“-”分别表示土层贮水量较 CK 区增减值,表中“+”未标记。

(2) 苜蓿集水种植能够很好的改善田间土壤水分调控能力,使田间出苗快、苗齐,越冬率高,返青早,并改变植株器

参考文献:

[1] 李军,王龙昌,孙小文,等.宁南半干旱偏旱区农田沟垄径流集蓄保墒效果与增产效应研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):89-93.

[2] 李永平,李顺昌.宁南山区旱作草田——紫花苜蓿产草量与贮水降水生产效率的测定[J].宁夏农林科技,1990,(6):7-9.

[3] 韩清芳,李向拓,王俊鹏,等.微集水种植技术的农田水分调控效果模拟研究[J].农业工程学报,2004,20(2):78-83.

[4] 胡芬,陈尚模.寿阳试验区玉米地农田水分平衡及其覆盖调控试验[J].农业工程学报,2000,16(4):146-148.

环境改变而产生的一些社会问题,尤其是可能会产生一些生态环境影响问题。如毁林开荒、水土流失、废水废物污染等。

4 环境监理操作程序

大隆水利枢纽工程环境监理的具体操作程序:环境监理工程师对施工单位进行监督检查,发现有污染和破坏生态环境的或存在污染和破坏生态环境隐患的,立即向施工单位下达限期整改令,经环境监理工程师核实整改达标合格后才行正常继续施工,并倡议施工单位创建环境友好企业,否则向施工单位下达停止施工令(图 2)

5 结 语

水利工程是人类改造自然,利用自然的重要活动,但水利工程建设通常会对区域生态与环境产生广泛而深远的影响。通过实施大隆水利枢纽工程施工期环境监理工作,创建环境友好施工场地,使该工程在造福当地群众的同时,也大大减免了工程施工对生态环境带来的负面影响;在维护了周围生态平衡和保护生态环境的同时,也给各施工单位带来了经济利益和增强了竞争力;在取得了经济、社会和生态协调统一发展的同时,也给大隆水利枢纽工程注入强大的活力,给我们工程建设人写上了骄傲的一页。