

雨水集蓄利用的环境效应及研究展望

李 勇, 王 超, 朱 亮, 戴连栋

(河海大学水文资源及环境学院, 南京 210098)

摘 要: 由于地表水污染和地下水超采问题的突现, 越来越显示出雨水资源开发利用的重要性。在研究当前国内外雨水利用的基础上, 重点分析了农业雨水集蓄和城市雨水集蓄产生的环境效应。同时根据雨水开发利用中存在的问题, 提出了今后研究方向。

关键词: 雨水集蓄利用; 环境效应; 展望

中图分类号: S273.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)04-0018-04

Environmental Effect and Prospect of Rainwater Utilization

LI Yong, WANG Chao, ZHU Liang, DA Lian-dong

(College of Environment Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu Province, China)

Abstract: Developing rainwater resource becomes rather important due to polluted surface water and over-pumping groundwater. Based on the current development of rainwater abroad and at home, the environmental effects of rainwater utilization on agriculture and urban are analyzed. According to existent problems about rainwater development and utilization, the measures and future study contents on rainwater utilization are presented.

Key words: rainwater utilization; environmental effect; prospect

1 引言

雨水资源不仅在干旱缺水地区特别重要, 在多雨地区(特别是喀斯特地貌的地区)和海岛也被广泛应用^[1,2]。雨水集蓄利用就是将降雨产生的径流收集贮存起来, 为人类开展的各种社会生产活动所利用。一般来说, 按供水目的不同, 雨水集蓄利用可以分为农业雨水集蓄利用和城市雨水集蓄利用。在以色列、土耳其、澳大利亚、古巴、伊朗、印度、日本和美国等国家, 雨水集流技术已经流传了数千年^[1,3~6]。德国是欧洲极力主张广泛进行雨水利用的国家之一, 自1989年制定了屋面雨水利用设施标准(DIN 1989)以来, 德国城市雨水利用技术已进入标准化、产业化阶段, 并逐步向集成化、综合化方向发展^[7]。

我国的干旱地区, 甚至长江以南的湿润地区, 雨水集蓄利用历史悠久, 尤其是在农业方面发展迅速。如我国甘肃省实施的“121雨水集流工程”, 宁南山区实施的“窑窖农业”, 内蒙古自治区进行的“112集雨节水灌溉工程”都取得了许多经验和较大经济效益^[3,5,6]。城市雨水集蓄利用在我国北京、上海等地区也得到了初步应用。

随着社会经济的迅速发展和城市化进程的加快, 雨水资源在21世纪将具有不可替代的作用, 雨水资源利用势在必行。因此研究雨水集蓄利用产生的环境效应问题是雨水资源开发利用的当务之急。

2 雨水集蓄利用环境效应

2.1 农业雨水集蓄环境效应

农业集水就是把对农业无效部分的天然降水通过工程设施富集起来, 实施时空调节, 有限供水, 补偿农田水分亏缺, 实现农业生产力的稳定提高^[8~11], 改善农田生态系统。根据水利部农村水利司统计资料^[12]显示, 近年来我国农业雨水集蓄工程发展迅速, 各地区因地制宜开展了各种形式的雨水集蓄利用活动(见表1)。农业上主要是利用自然坡面、公路等集流面收集雨水, 汇入修建的水窖、水池或小塘坝贮存, 然后利用水泵进行抽水灌溉, 这不仅解决了限制农业生产的“瓶颈因子”^[8], 增加了粮食产量, 还产生了较好环境效益。

2.1.1 雨水集蓄利用有利于水土保持 在干旱、半干旱地区由于地形复杂, 沟壑多, 土层薄, 保水保肥能力差, 降雨产生的径流很快下泻, 冲刷土壤, 雨后又容易干旱, 农作物产量低而不稳^[13~17]。雨水集蓄工程能有效增加土壤水分储量和抵御干旱能力, 防止水土流失, 减少泥沙对河流的危害。如山西运城地区属山区, 地势起伏大, 产流时间短, 汇流速度快, 水土流失比较严重。通过雨水集蓄工程建设, 现有集雨工程3.8万处, 每处蓄水按40 m³计算, 共可拦蓄地表径流152万m³, 年拦泥沙量达6.3万^[18,25]。同时集雨微灌工程又改善了作物和林木的生长条件^[16,17], 增加了林草覆盖率, 从而达到了涵养水源, 调节气候, 改善生态环境的目的。

* 收稿日期: 2002-06-25

基金项目: 河海大学科技创新基金资助项目(项目编号: 2001400643), 集雨水窖水质变化规律及保护技术研究。

作者简介: 李勇, 男, (1974-), 在职博士, 讲师, 主要从事水环境保护的教学和科研工作。

表 1 我国部分省雨水集蓄工程发展现状统计表

省别	年降雨量 /mm	工程数量 /万处	蓄水量 /亿m ³	总雨水集蓄面积 /万m ²	灌溉面积 /万hm ²	年增加农产值 /亿元
河北	400~ 740	9. 6974	1. 2299	23735	4. 39	0. 78
山西	500	21. 628	0. 1349	400	2. 68	0. 98
内蒙古	337	12. 08	0. 1436	16. 5	5. 42	0. 24
河南	780	34. 212	2. 116	11969	4. 66	1. 9
四川	800~ 1000	161	12. 544	19238	30	2. 7
贵州	1191	30. 04	2. 05	9500	10. 53	1. 6
陕西	400~ 1000	10. 188	0. 581	8922	3. 58	2. 207
甘肃	430~ 5	91	0. 35		14	
青海	320~ 480	3. 6179	0. 0118	1323. 4	0. 008	0. 0015
宁夏	327	37. 538	0. 31	500	1. 41	1. 272

注: 资料来自水利部农村水利司。

目前, 有人认为雨水利用是黄河断流的主要原因之一, 但研究表明^[6, 13, 21, 22]雨水集蓄利用对河川径流影响是微弱的、局部的、小范围的。以黄河流域 2010 年为例, 西北及华北地区雨水利用减少其径流约 2. 2 亿 m³ (见表 2), 仅占黄河流域年径流量的 3. 3%^[21], 可见其影响是非常小的, 不会对河川径流造成影响。即使对径流量较大的影响, 无论如何也达不到 200 亿 m³, 而黄河每年要拿出 200 亿 m³ 的水去冲

沙^[21]。雨水资源的开发与水土保持由于拦截了部分地表径流, 减少甚至消除了地表径流的冲刷作用, 如果真能减少 200 亿 m³ 径流的话, 那么黄河基本上没有太多的泥沙, 完全没有必要在水资源分配时, 拿出 200 亿 m³ 水去冲沙^[21]。可见, 雨水集蓄利用不仅不影响黄河径流, 而且有利于水土保持, 减少黄河水体含沙量。

表 2 西北及华北地区雨水利用与黄河径流 (2010 年)^[21]

集雨工程面积 /万hm ²	需集蓄雨水 /亿m ³	人畜用雨水 /亿m ³	雨水利用减少的径流量 /亿m ³	黄河流域年径流量 /亿m ³
300	17. 0	1. 6	2. 2	66. 7

2. 1. 2 雨水集蓄利用有利于生态环境建设 集雨节灌工程促进了一些地方退耕还林、还草, 使许多过去的荒山荒坡披上了绿装, 山区的植被逐步得到了恢复, 流域的总生物量大大增加。建在田间地头、房前屋后、山腰谷底大大小小的水窖、水池和引水、拦水的沟渠, 起到了很好的改善生态环境的作用。甘肃榆中县中联川乡中联川村^[23~ 25]由于地少人多, 难以退耕还牧。该村在集约经营水窖灌溉的小片土地后, 已经足以满足温饱, 无需再开辟陡坡上的荒地, 减少了水土流失; 也有了燃料, 无需再铲草皮, 砍伐树木和灌木, 停止了生态的破坏。广西地区在集雨工程建设的带动下, 目前全区水柜集雨工程共新增配套造林种竹面积 2. 02 万 hm², 封山育林面积近 2 万 hm², 森林覆盖率从 1995 年 34. 4% 提高到现在的 41. 3%^[26]。

以色列林业部的内格夫沙漠于 1999 年开始的“Savannization Project”, 通过微型集水区集雨技术建造一个包括植物、微生物、水、土、营养物质相互作用的良性生态系统, 增加生物多样性及生物量, 促使荒漠 (desert) 生态景观向稀疏草原 (savanna) 景观转变, 抑制和逆转荒漠化。试验结果表明: 在微型集水区建立后, 不仅植物数量增加了, 而且物种数目也增加了, 认为用微型集雨技术可以在干旱环境中产生小规模绿洲^[17]。

2. 2 城市雨水集蓄环境效应

城市的雨水集蓄主要是利用城市路面及一些建筑物表面作为集流面, 通过建一些地下水库或水池等蓄水设施就可以贮存大量的雨水, 具有巨大的经济效益。例如北京市 2010 年建筑占地面积为 300 km² (不包括道路所占面积)^[13, 27, 28], 取不透水表面径流系数和集水效率分别为 0. 85 和 0. 9, 按照北京 1999 年降雨量为 389 mm (建国以来最干旱的一年)

计算, 仍有约 0. 8 亿 m³ 雨水可以利用。上海每年通过市区排水泵排入河道的雨水量约 5. 59 亿 m³, 目前已启动“雨水再利用研究”。可见城市雨水资源具有很大的开发利用潜力, 可以大大缓解城市水资源的不足。城市雨水利用还具有节约水资源、控制径流污染和改善城市生态等多重环境效应。

2. 2. 1 雨水集蓄利用有利于控制城区雨洪 城市暴雨径流主要因城区大部分土地被建筑物、广场、道路和停车场所覆盖, 地面渗透性差所造成。我国城市建设迅速发展, 大量建筑物使城市不透水地面面积迅速增长, 综合径流系数也不断增大^[28]。如果不采取措施而单纯考虑将雨水径流快速排出, 不仅所需雨水管道、雨水泵站等设施的容量、输送能力必将随之增大, 增加了城市河道的行洪压力, 而且严重浪费了大量的雨水资源。此外, 人们认识到城区雨水的快速排出增加了接纳水体洪涝危害, 河岸侵蚀和污染物冲击负荷, 还造成合流制系统中污水处理厂运行的困难及一部分雨污水合流外溢而污染水体。1998 年北京市中德合作项目“城区雨洪控制与利用”工程启动, 旨在把雨洪滞蓄系统和景观工程有机结合起来, 在示范区居民的屋顶、庭院的绿地和道路上, 建立雨水收集、传输、处理与利用系统。工程建成后, 可有效地控制利用北京城区 30% 的雨洪水^[29]。南京江宁县河海大学校区就利用大型实验室屋面和路面建有许多“地下水库”, 贮存了大量雨水资源, 解决了绿化浇灌、路面清洗等水源问题, 同时减轻了排水系统压力和路面积水问题。在德国, 雨水屋顶花园利用系统就是削减城市雨洪径流量的重要途径之一。该系统在屋顶铺盖土壤, 种植植物, 配套防水和排水设施, 可使屋面系统径流系数减少到 0. 3, 有效地削减了雨洪水量, 同时美化了城市, 改善了城市环境^[7]。

2. 2. 2 城市雨水集蓄有利于控制非点源污染 由于大气沉

降雨、生活垃圾、汽车漏油等问题,造成了降雨径流的水质污染。根据一些研究表明^[15],雨水主要污染因子是COD和SS。特别是初期径流水质较差,据统计^[31,32]北京市屋面和地面初期径流的COD可达3 000 mg/L左右,SS可达4 500 mg/L左右。但随着降雨历时的延长,COD和SS会迅速下降,一般降雨20~50 min后,COD可维持在150 mg/L左右,SS维持在100 g/L左右^[32]。图1所示为北京市1999年几场降雨径流COD和SS负荷量分析结果^[32]。

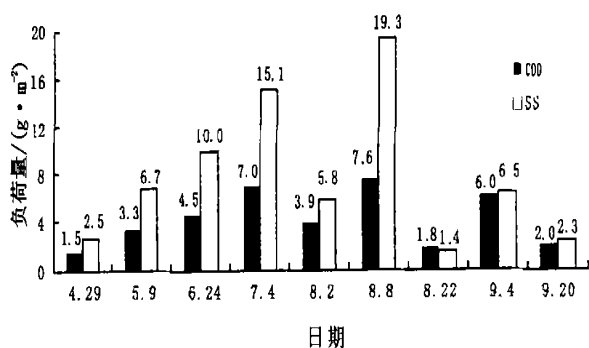


图1 北京城区路面径流的COD/SS负荷量

由此可见,降雨径流(特别是初期径流)携带了大量有机污染物质和悬浮物,而这部分污染物质都是通过分点源形式污染城市河道,目前还没有有效手段进行控制。因此大量雨水集蓄以后,若能配套简单的处理设施,就可以大大减少降雨径流产生的非点源污染,改善城市河道水质状况。经过初步计算,上海市区按收集30%的降雨规划,每年减少COD和SS排放量分别达9 000 t和6 000 t。在德国屋面集雨系统中就充分利用了碎石、树皮、木屑等过滤材料,在庭院地面上种植植草,形成了一个小型的雨水处理系统^[3],处理后的雨水又回用于洗刷、冲厕等,如图2所示。柏林等城市街道雨水口设有截污挂篮,以拦截雨水径流携带的污染物^[7]。有的城市还利用初期弃流装置^[31],将初期雨水并入城市污水系统进行处理。因此,城市雨水的集蓄有利于对雨水进行集中处理,减少了降雨径流造成的面源污染,减轻了城市河道水体污染。

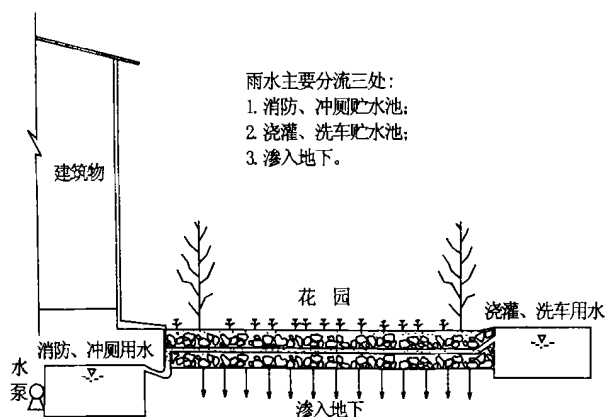


图2 典型小区雨水利用系统半径

2.2.3 集蓄雨水可回灌城市地下水 国内外,利用雨水渗透系统将雨水用于地下水回灌的例子不少。德国许多城市就用

了大量可渗透的铺装材料,如草皮砖、透水砖、低洼绿地、树皮、木屑等^[7],使雨水就地入渗,不但减少地面径流,污染物得到过滤,还补充了地下水,减轻了排水系统的压力。有些小区甚至实现了雨水零排放^[7]。我国上海、北京、苏州、无锡等地区由于过量开采地下水,使得地面沉降,近年来,利用雨水回灌技术,不但补充了地下水,阻缓了地面沉降,而且防止了污水回灌所带来的地下水污染^[33,34]。

3 存在问题及展望

雨水集蓄利用是一门既古老又新颖的技术,弥补了水源的不足,解决了饮水、灌溉、城市清洁、地下水补灌等问题。随着社会发展,雨水集蓄利用技术逐步得到推广,涉及到了水资源开发利用的各个方面,目前发展中仍存在不少亟待解决的问题。

(1) 尚未建立雨水集蓄工程(群)对区域环境的评价制度。雨水集蓄利用虽然具有众多优越性,但毕竟是对正常水文循环的一种人工干预,会造成一定的负面影响。比如说,雨水集蓄会减少河流径流量,减少地面入渗,使合流制污水系统中污染物质浓度增高,增加了污水处理厂运行难度,在国道等重要道路旁边修筑大量水窖会对道路安全造成影响^[23]。

另外,有关专家也指出,象我国黄土高原区的雨水集蓄要谨慎,不要一味地追求经济效益,而是应该尽量满足土壤储水量,使其就地入渗,雨水集蓄工程只能收集降雨产生的超渗径流^[22],这样才能更好地保持水土,利于植被,实现生态系统良性循环。而超渗径流量的充分利用也是有待解决的技术问题。

目前国内外雨水集蓄工程对环境影响评价制度没有具体的明确的制度,特别是对分布越来越广的雨水集蓄工程群对区域或小流域环境的影响没有引起足够的重视。因此需要建立雨水集蓄工程(群)对区域环境影响评价的制度,展开雨水资源开发利用对区域水环境、生态环境和局地气候的影响研究。

(2) 雨水水质问题没有得到很好解决。农业集蓄雨水水质一般来说较好,能满足灌溉标准。但在黄土高原等地区,仍存在含泥沙量过高等问题,使得集雨水窖(窑)容易沉积泥沙,减小了集水容积。另外,据对甘肃中部干旱半干旱地区6个县的水窖水质调查分析,发现均达不到我国通用的(GB 5749-85)生活饮用水卫生标准^[36]。在我国许多饮用雨水的农村地区,一般家庭多采用明矾、漂白粉、熟石灰等进行雨水净化,但某些化学物质可与水中有有机物反应,生成不利于人畜的副产物如三卤甲烷^[36]。

与发达国家相比,我国城市雨水利用最大的难题之一就是雨水水质较差^[15,19]。屋面和道路雨水水质很复杂,随机性大,特别是初期降雨径流的COD和SS浓度一般均超过城市污水^[5]。因此如何进行屋面材料的改进,初期雨水弃流的有效控制,路面环境及雨水管理的立法是雨水集蓄利用中存在的又一问题。不同汇流面产生的径流水质千差万别,最后贮存在水窖(窑)中的水质也千差万别。目前在水窖水质变化规律及保护技术方面的研究还很少。

雨水水质保护和净化技术也有待于进一步加强,力求简单实用才能充分体现开发雨水资源的优越性,才能推广雨水资源的开发利用技术。

(3) 集蓄雨水在利用方面管理不善。有的地区,将集蓄贮存保护好的雨水仍然采用如漫灌等一些粗糙形式进行农业灌溉,造成了严重的水资源浪费。雨水开发利用本身就是一种节水措施,在农业灌溉中应该多采用滴灌、喷灌及精细地

面灌等先进技术^[20]。我国城市雨水利用技术也存在许多问题,没有将屋顶、道路等不同集流面收集的不同水质雨水分开使用,大多是用于灌溉、绿化、冲厕等。一些屋面集蓄的雨水水质往往非常好,可作为工业冷却水、洗车用水甚至人畜饮用水。

因此应制定相应政策法规,不断完善雨水资源管理体制,更加合理有效地利用宝贵的雨水资源。

参考文献:

- [1] 牟海省. 国内外雨水利用的历史、现状与趋势[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 44-52.
- [2] 成自勇, 杨具瑞. 论雨水利用的若干问题和发展趋势[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 29-31.
- [3] 刘昌明, 牟海省. 我国水资源可持续开发中的雨水利用[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 1-7.
- [4] Boers T M, Ben-Asher J. A review of rainwater harvesting[J]. Agric Water Manage, 1982, 5: 145-158.
- [5] 黄占斌. 第八届雨水收集利用国际学术会议概要[J]. 水土保持通报, 1997, 17(4): 43-45.
- [6] 刘小勇, 吴普特. 雨水资源集蓄利用研究综述[EB]. <http://www.irigate.com.cn>
- [7] 李俊奇, 车武. 德国城市雨水利用技术考察分析[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(1): 47-49.
- [8] 丁圣彦, 杨好伟. 集水农业生态工程. 郑州: 河南大学出版社, 2001.
- [9] Evenari M, Shanan L, Tadmor N, et al. Ancient agriculture in the Negev[J]. Science, 1961, 133: 979-996.
- [10] Boers T M, Zondervan K, Ben-Asher J. Micro-catchments water harvesting (MCWH) for arid zone development[J]. Agric Water Manage, 1986, 12: 21-39.
- [11] Pacey A, Callis A. Rainwater harvesting: the collection of rainfall and runoff in rural areas[M]. London: IT publication, 1986.
- [12] 水利部农村水利司编制. 雨水集蓄工程发展设想[Z]. 北京: 2000.
- [13] 朱显谟. 再论黄土高原国土整治“28字方略”[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995, 1(1): 4-11.
- [14] 侯新民, 厚保文. 半干旱山区雨水集蓄节灌工程试验研究[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 72-77.
- [15] 王健, 朱兴平. 半干旱山区雨水集蓄补灌技术研究及效益分析[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 78-82.
- [16] 徐学选. 宁南山区发展窑窖集水农业的依据分析与效益评价[J]. 水土保持通报, 1998, 18(7): 45-48.
- [17] 李小雁, 龚家栋. 半干旱区雨水集流研究进展及其现状[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 31-34.
- [18] 王彩琴, 解安阳, 马瑞峰. 大搞山地集雨灌溉, 发展山区农村经济[J]. 中国水土保持, 2001, (11): 24-25.
- [19] 杜延珍. 集雨节灌在干旱地区水土保持中的作用[J]. 甘肃水利水电技术, 1998, (4): 68-69.
- [20] 吴普特. 集流灌溉农业的发展现状与存在问题[A]. 水土保持与山区可持续发展论文集[C]. 北京: 林业出版社, 1998. 167-170.
- [21] 吴普特. 关于雨水集蓄利用技术研究若干问题的思考[EB]. <http://www.irigate.com.cn>
- [22] 邹蓝, 曹远征. 水窖: 黄土高原发展与生态改善[EB]. <http://www.irigate.com.cn>
- [23] 田媛, 苏德荣. 甘肃干旱山区公路两旁雨水收集系统的研究[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998. 231-236.
- [24] 陈云明, 吴普特, 杨新民, 等. 甘肃省集雨节灌工程的调查与分析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(6): 52-57.
- [25] 侯庆春, 韩蕊莲. 黄土高原植被建设中的若干问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 21-24.
- [26] 寿胜年, 韦海波. 雨水集蓄利用技术在广西实践与认识[J]. 节水灌溉, 2001(5): 43-45.
- [27] Li Xiaoyan, Gong Jiudong, Gao Qianzhao. Rainfall harvesting and sustainable agriculture development in the loess Plateau of China[J]. 中国沙漠, 2000, 20(2): 150-153.
- [28] 汪慧贞, 车武, 胡家俊. 浅议城市雨水渗透[J]. 给水排水, 2000, 27(2): 11-15.
- [29] 北京尝试截留雨水扩大水源[EB]. <http://www.irigate.com.cn>

仅是地表水,也包括灌区内地下水的开发利用,保护荒漠植被,增加植被覆盖度,增加荒漠生物的多样性,保持水土,减少风沙危害,改善绿洲生态条件。

4.2.1 推广节水农业技术 平整土地,兴建水利工程,搞好农田基本建设,实行精量灌溉和高标准节水灌溉等先进技术,降低灌溉定额,用节约的水量保证生态需水,发展生态农业,改善农业生态环境,向节水型农业、节水型社会发展。

4.2.2 开发利用新能源 充分利用新疆独特的自然资源,解决农村能源,也是搞好本区水土保持的重要措施之一。新疆塔里木盆地农村能源全靠植物,城市生活能源亦主要依靠植物。塔里木盆地的生态系统本来就很脆弱,过去红柳是固沙植物,现在大面积的红柳被砍,甚至连红柳根也被挖掉。如果此问题不能解决好,防护林建设的效果就会大大减小。有煤矿的地方应积极开采,并降低成本,以煤作燃料;发展并利用水能、风能、太阳能等,作为新能源,首先解决群众的照光、做饭问题。塔里木盆地油气资源的开采,将对解决此问题产生积极的影响。

4.2.3 盐碱化的治理 这是绿洲农业治水的原则,它不仅可以提高水利用率,降低成本,而且是灌区盐渍化治理的必要手段。新疆现有盐碱耕地约占总耕地的 $1/3$ 。其中南疆的比例占到一半,尤以喀什噶尔河流域、焉耆盆地等区域的盐碱危害最为严重。它在一定程度上阻碍了新疆农牧业的发展。因此,在大力推广节水农业技术的同时,进一步加大土壤盐碱地改良、低产田改造工作的力度,完善灌区排水系统,建

立水盐监测体系。

4.2.4 建立合理的农业生态系统 培育抗旱、抗盐的作物和牧草品种,进行品种搭配,合理安排畜群种类和数量,选择和确定不同区域荒漠绿洲生态系统的优化模式,最大限度地提高水的有效利用率,充分利用干旱区光合作用的功能优势,提高肥料的吸收利用率;大力发展粮、棉、油、畜、果、蚕桑等的商品基地建设,吸收引进先进技术设备,改善加工工艺,提高产品质量。

4.3 加强水土保持监督执法的力度

新疆水土保持工作起步较晚,地县两级还没有专门成立水土保持执法监督机构。而“预防为主”是水土保持法确立的新的水土保持工作方针,特别是在新疆生态环境极其脆弱的地区,应把防止产生新的水土流失、预防沙漠的继续发展放在首位。加强和完善水土保持法规体系和执法体系建设,强化预防监督执法工作力度,逐步走上依法防治的轨道,坚决遏制人为破坏造成的水土流失。

4.4 加强水土保持科学研究和技术推广工作

由于新疆水土保持工作起步较晚,水土保持科研和技术推广工作相比内地省区有较大差距,许多基础技术数据和指标还是处于空白状态。加之新疆干旱内陆独特的自然条件,内地省区的水土保持经验也不能完全适用于新疆。因此,尽快开展水土保持科研工作,建立水土保持科研技术推广机构,积极开展水土流失治理试点示范工作是十分必要而迫切的。

参考文献:

- [1] 毛德华. 干旱区生态农业建设与可持续发展[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000
- [2] 钱云, 郝毓灵. 新疆绿洲[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000
- [3] 焦居仁. 对塔里木河流域水保生态建设的几点浅识[J]. 中国水土保持, 2001, (12): 1- 3
- [4] 刘震. 发挥生态的自我修复能力 加快水土流失防治步伐[J]. 中国水土保持, 2001, (12): 3- 5
- [5] 中华人民共和国国家标准, 水土保持综合治理, 技术规范[S]

(上接第21页)

- [30] 车武, 欧岚, 汪慧贞, 等. 北京城区雨水径流水质及其主要影响因素[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(1): 33- 37
- [31] 曹秀芹, 车武. 城市屋面雨水收集系统方案设计分析[J]. 给水排水, 2002, 28(1): 13- 15
- [32] 车武, 汪慧贞, 任超, 等. 北京城区屋面雨水污染及利用研究[J]. 中国给水排水, 2001, 17(6): 57- 61
- [33] 惠士博, 谢森传, 赵士礼. 北京市平原区汛雨利用回补措施及其水文模拟分析[A]. 中国雨水利用研究文集[C]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998 162- 168
- [34] Tanaka Tadashi, Iida Teruo. Rainwater utilization systems for groundwater recharge used in an urban area in Japan [A]. Proceeding of International Symposium & 2nd Chinese National Conference on Rainwater Utilization [C]. Xuzhou, Jiansu Province, China 1998 200- 204
- [35] 冯浩, 邵明安, 吴普特. 黄土高原小流域雨水资源化潜力计算与评价出探[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 140- 144
- [36] 张小玲, 梁慧光. 雨水集流饮用水的污染及水质改良途径[J]. 甘肃农业大学学报, 1998, 33(4): 350- 355