

西峰区雨水资源化潜力估算

郭 龙¹, 张新民^{1, 2}, 刘久如¹

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省水土保持科学研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 以西峰区的塬面为单元, 结合当地的下垫面类型, 在分析不同雨水利用潜力的基础上, 提出了2种雨水资源化潜力模型相结合的模式, 估算了西峰区建设用地区的雨水可收集利用潜力和园林绿地区土壤蓄水潜力以及西峰区雨水资源总量, 其多年平均值分别为2 464.46万m³、39 098.48万m³、48 864.48万m³。

关键词: 下垫面; 雨水资源化; 潜力; 西峰区

中图分类号: TV213.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)02-0045-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.02.017

随着经济社会的快速发展, 工业化进程加快、城市规模迅速扩大, 人口快速增长、用水量急剧增加、废污水排放量增加, 不透水性下垫面面积所占比例越来越大, 使得区域内水资源短缺问题日益严重, 水资源的供需矛盾日趋尖锐, 地下水超采, 雨洪灾害加剧, 水土流失、水资源浪费及生态环境恶化等水资源问题越发严重。西峰区地处黄土高原沟壑区, 多年平均水资源总量为 2.79 亿 m³, 可利用水资源量约 0.80 亿 m³, 为全国人均水平的 1/9, 甘肃省人均水平的 1/6, 资源型干旱缺水问题非常突出。雨水收集利用是使有限的降水资源再分配, 提高雨水利用效率, 提高干旱半干旱地区生产力和实现区域农业可持续发展的重要途径。雨水资源化潜力分析是进行雨水利用的

前提, 只有通过雨水可利用潜力分析, 才能知道雨水资源的丰缺, 以及年内的分布情况, 也可以为实施雨水利用措施提供依据, 所以, 定量研究西峰区雨水资源化利用潜力对当地经济发展、生态建设、环境保护有重要的意义。

为了保证经济和社会可持续发展, 必须要考虑到雨水资源的资源化潜力和未来对雨水资源可持续利用的需求。另外, 由于城市一次所能容纳的降水量有限, 所以, 在加快城市化进程的同时合理规划, 统筹兼顾区域土壤蓄水潜力和雨水收集潜力两个方面, 可以实现雨水资源化潜力的最大值。赵西宁等以黄土高原地区为例, 并结合 GIS 技术建立了区域雨水资源化潜力定量评价模型^[1]。王建生和郭周亭等分别介绍了水资源可利用量的

收稿日期: 2014-11-27

基金项目: 甘肃省科技重大专项“庆阳黄土高原雨洪保蓄与水资源高效利用技术的研究与集成”(项目编号:1203FK-DA035)

作者简介: 郭 龙 (1988—), 男, 甘肃兰州人, 在读硕士研究生, 主要从事农业水资源利用的研究。联系电话: (0)15294201727。E-mail: guolong_1727@126.com

通讯作者: 张新民 (1965—), 男, 甘肃庆阳人, 正高级工程师, 博士, 硕士生导师, 主要从事农业水资源利用研究。E-mail: xzmzhs@yahoo.com.cn

- 作用[J]. 福建农学报, 1993, 22(5): 254-257.
- [9] 李 岩, 李德全, 潘梅春, 等. 土壤干旱胁迫下苹果叶片膨压维持对光合速率及生长的影响[J]. 果树科学, 1998, 15(4): 289-292.
- [10] 陆爱华, 褚孟媛. 水分胁迫后梅杏桃脯氨酸脱落酸的累积及其与抗旱性的关系[J]. 南京农业大学学报, 1989, 12(3): 29-32.
- [11] 任晓米, 朱 诚, 曾广文, 等. 超干处理种子的某些生理生化特征[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(5): 265-268.
- [12] 王 忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [13] JONES HG, LAKSO A N, SYVERTSEN J P. physiological control of water status in temperature and subtropical fruit trees[J]. Hort. Rev., 2007(7): 301-344.
- [14] 张云贵, 谢永红, 吴学良, 等. PEG 诱导水分胁迫对柑橘幼苗细胞质膜透性及脯氨酸含量的影响[J]. 果树科学, 1995, 12(1): 25-28.
- [15] 姚允聪, 曲泽洲, 李树仁. 土壤干旱与柿叶叶片膜脂及脂质过氧化的关系[J]. 林业科学, 1993, 29(6): 485-491.

(本文责编: 郑立龙)

内涵、影响因素等,并提出了计算水资源可利用量可行的方法^[2-3]。宋进喜等利用 GIS 技术对西安市雨水收集潜力进行估算分析^[4]。朱强和王文龙等分别以不同材料的集雨面做实验来研究各种防渗集流面上,在不同降雨特性(次雨量、雨强)条件下的集流效率,并提出了计算集流效率可行的方法^[5-6]。我们以庆阳市西峰区为研究单元,以雨水资源化潜力为研究对象,通过对 1960—2010 年 51 a 的逐月降雨资料进行分析,并结合当地的土地利用结构类型,利用两种雨水资源化潜力模型相结合的方式,估算了西峰区的建设用地区的雨水可收集利用潜力和园林绿地区土壤蓄水潜力,以及西峰区雨水资源总量。

1 材料与方法

1.1 资料来源

庆阳市西峰区 1960—2010 年近 51 a 降水资料,西峰区气象站提供。

1.2 研究区域概况

西峰区地处甘肃省东部,庆阳市东南部,泾河上游,坐落在俗称“天下黄土第一塬”的董志塬腹地,北靠庆城县,南接宁县,西和镇原县毗邻,东与合水县相望,属陕、甘、宁三省区金三角地带。地理坐标东经 107° 27' 42" ~ 107° 52' 48",北纬 35° 25' 55" ~ 35° 5' 11",平均海拔 1 421.00 m。地形呈扇状,南北长约 47.70 km,东西宽约 34.80 km,塬面较为完整,地势平坦广阔。土壤以黑垆土为主,微碱性,土地肥沃,疏松、保水保肥,垂直渗透性强。西峰区为大陆性半干旱气候,属干旱缺水地区。

1.3 估算方法

1.3.1 雨水资源总量 指 1 个区域内在 1 a 内所有降水之和。由于大气降水是陆地上各种形态水资源总的补给来源,是 1 个流域或封闭地区当地水资源量的最大值^[7]。雨水资源总量的计算公式为:

$$Q=P \times A \times 10^3$$

式中, Q 为雨水资源总量(m^3), P 为年降水量(mm), A 为土地利用类型面积(km^2)。

结合公式及相关数据,可计算出西峰区不同降水保证率所对应的年可利用雨水资源总量。

1.3.2 雨水收集利用潜力 通常情况下,1 个区域的雨水只能部分被收集利用,在计算可收集雨量时需要将径流系数、季节折减系数的影响考虑在内^[8],还应考虑初期弃流量,综合考虑所述因

素的影响,可收集雨水量估算公式如下:

$$Q=P \times A \times \psi \times \alpha \times \beta \times 10^3$$

式中: Q 为可收集利用的雨水量(m^3); P 为一定保证率下的年降水量 (mm); A 为汇水面积 (km^2); ψ 为径流系数; α 为季节折减系数; β 为初期弃流系数。

1.3.3 土壤蓄水潜力 采用余卫东等建立的城市雨水资源化潜力模型^[9],公式如下:

$$T_s=T_1+T_2+T_3 \quad T_e=T_1+T_2+T_3-T_1$$

T_s 表示城市雨水资源化可能潜力; T_e 表示城市雨水资源化现实潜力,是从可能潜力中扣除临界雨水资源后的资源量; T_1 表示不透水下垫面的雨水资源量; T_2 表示园林绿地的雨水资源量; T_3 表示水域的雨水资源量; T_1 表示临界雨水资源量,是指为防止城市出现内涝,当降水量大于临界降水量时不能利用的雨水资源量。

2 结果与分析

2.1 降水量特点

2.1.1 年平均降水量 由图 1 可以看出,1960—2010 年 51 a 间,西峰区降水量年际波动较大,总体有下降的趋势,年降水量一般在 300 ~ 800 mm 波动。通过分析和计算,多年平均降水量为 545.7 mm,年最小降水量为 333.8 mm (1995 年),年最大降水量为 828.2 mm (2003 年),降水年内分配不均匀,年际变化大,具有明显的丰、平、枯水年特征。

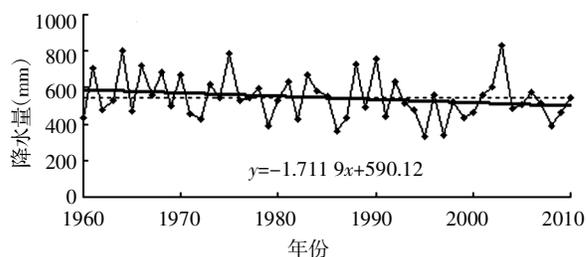


图 1 西峰区年降水量年际变化趋势

2.1.2 典型年降水量及降水特征 采用典型年法^[10-11],通过选配 P-III 型曲线进行曲线拟合,得偏差系数 $C_v=0.25$,变差系数 $C_s=2.4C_v$ 。进而得到相应于降水保证率为 25%(丰水年)、50%(平水年)、75%(枯水年)、95%(特枯年)的 4 个典型年的年降水量分别为 629.0、532.1、447.5、347.9 mm。由此得到的西峰区不同降水保证率对应的典型年各月降水量如表 1 所示。

由表 1 中近 51 a 西峰区月平均降水量来看,5—10 月份降水量最大,占全年的 84.4%,且以

表 1 西峰区不同降水保证率下各月降水量

月份	多年月平均 降水量 (mm)	月降水量 占全年 比列 (%)	典型年各月降水量 (mm)			
			丰水年	平水年	枯水年	特枯年
1	28.0	0.7	8.5	1.9	1.7	0.4
2	52.0	1.3	0.7	2.3	12.8	1.3
3	168.7	3.5	19.4	12.1	18.1	18.8
4	262.6	6.6	43.0	12.6	9.6	28.3
5	394.5	9.9	37.3	68.6	48.6	11.1
6	413.4	10.4	59.0	111.5	34.0	92.1
7	843.0	21.2	44.1	145.3	114.7	82.8
8	738.6	18.6	225.1	77.6	125.5	55.8
9	649.1	16.3	85.3	50.2	35.5	30.3
10	317.5	8.0	92.5	37.5	24.8	20.4
11	111.2	2.8	5.0	8.1	32.5	11.8
12	26.2	0.7	0.0	0.6	1.8	8.2
总计	4 004.8	100	619.9	528.3	459.6	361.3

7、8、9 月份最多，3 个月的降水量占全年的 56.1% 以上；而冬季降水稀少，仅占全年降水量的 2.7%。可见，西峰区的雨水资源主要集中在夏秋两季，也说明每年实施城市雨水资源化措施的关键时期应该在夏季和秋季进行。

2.2 降水资源

由表 2 中可以看出，降水保证率为 25%（丰水年）时，西峰区年降水量为 62 838.24 万 m³，降水保证率为 95%（特枯年）时，西峰区年降水量仍然达到 34 755.84 万 m³。西峰区共 38 万人口，在降水保证率为 95% 条件下，人均拥有的雨水资源量为 914.63 m³，是人均拥有的常规水资源量的 5 倍，足以说明西峰区的年降水量相对比较丰富。

2.3 雨水资源化潜力分析

通常情况下，雨水资源化潜力主要体现在土壤蓄水潜力和雨水收集潜力两方面^[12-13]，前者主要指土壤对雨水的存储量、雨水的下渗量以及地面植被截留量等，后者主要是指不透水面以及水面上可以收集或蓄存的雨水量。依照城市下垫面

性质及其雨水资源利用方式的不同，可将城市土地类型大致分为 3 类：一是不透水类型的下垫面。主要包括城市居民点及工矿企业用地、道路、硬化广场及其他建设用地，对于这类下垫面，当降雨达到一定强度时就会产生地面径流，由于在降雨初期形成的雨水径流中，有机污染物（COD）及固体悬浮物（SS）含量都很高，雨水水质较差，没有利用价值，故还应考量初期弃流^[14]，可用径流系数法来计算该类下垫面的雨水收集潜力。二是园林绿地类型。这类下垫面被绿色植被所覆盖，雨水能直接下渗。这类下垫面上的雨水资源可以直接利用，其可利用量扣除了植被截流，当降雨强度大于入渗强度时才会产生径流，故该类下垫面主要体现土壤蓄水潜力。三是水体下垫面主要包括城市内的河流、湖泊等水域。这类下垫面上的降雨能完全直接转化为水资源。在每次降水过程中，上述 3 种下垫面之间有时可能出现雨水资源交换现象，但是这些雨水资源的交换只是城市内部雨水资源的异地利用，雨水资源可利用总量并没有因此减少。另外，由于城市一次所能容纳的降水量有限，所以超过城市最大降水容纳能力的雨水资源不应该计算在内，此时的降水量可称为临界降水量，这部分不能利用的雨水资源称为临界雨水资源。从雨水资源可能潜力中扣除临界雨水资源后即城市雨水资源化的现实潜力。

我们采用以下两种雨水资源化潜力模型相结合的方法来计算西峰区不同水平年的雨水资源化潜力。用第一种模型对西峰区雨水资源总量进行估算，对西峰区雨水现实潜力的估算将两种模型相结合，将西峰区分为不透水区域、园林绿地区域和城市水体区域 3 种类型。模型一通过考虑径流系数、季节折损系数及弃流系数来计算西峰区不透水面积区的雨水可收集潜力；模型二可以计

表 2 西峰区不同降水保证率下的年降水总量

土地利用类型	面积 (hm ²)	比重 (%)	年降水总量(万 m ³)			
			丰水年	平水年	枯水年	特枯年
耕地	33 688.31	33.72	21 189.95	17 925.55	15 075.52	11 720.16
园地	2 027.64	2.03	1 275.39	1 078.91	907.37	705.42
林地	25 692.70	25.72	16 160.71	13 671.09	11 497.48	8 938.49
牧草地	21 696.53	21.72	13 647.12	11 544.72	9 709.20	7 548.22
居民点及工矿用地	14 474.81	14.49	9 104.66	7 702.05	6 477.48	5 035.79
交通运输用地	524.00	0.52	329.60	278.82	234.49	182.30
水域	287.96	0.29	181.13	153.22	128.86	100.18
未利用土地	1 509.87	1.51	949.71	803.40	675.67	525.28
合计	99 901.82	100	62 838.24	53 157.76	44 706.06	34 755.84

表 3 西峰区不同保证率下的场次降水量

	丰水年		平水年		枯水年		特枯年	
	场次	降水量 (mm)	场次	降水量 (mm)	场次	降水量 (mm)	场次	降水量 (mm)
<10 mm	46	156.4	43	97.4	33	111.9	38	95.2
10~20 mm	6	86.3	8	109.7	5	73.7	6	82.0
20~30 mm	1	24.7	2	45.0	4	101.6	4	90.6
>30 mm	5	352.6	5	276.2	5	173.0	2	93.5
合计	58	620.0	58	528.3	47	460.2	50	361.3

表 6 西峰区不同水平年雨水利用潜力结果分析

保证率	万 m ³				
	丰水年	平水年	枯水年	特枯年	多年平均
雨水收集潜力	3 204.31	3 050.36	2 167.06	1 436.10	2 464.46
土壤蓄水潜力	50 100.57	41 266.67	36 384.47	28 642.19	39 098.48
临界雨水资源量	1 708.32	1 318.70	0	0	756.76
雨水资源可利用量	55 013.20	45 635.73	38 551.53	30 078.29	42 319.69
雨水资源总量	62 838.24	53 157.76	44 706.06	34 755.84	48 864.48

算园林绿地区的土壤蓄水潜力和水域所直接转化的水资源量,再去掉临界雨水资源量,即为西峰区雨水资源化利用现实潜力。

2.3.1 雨水收集利用潜力 由于缺乏实测资料,通过查阅与西北黄土高原沟壑区域集流效率实验性文章相关的文献^[15],以及参考《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB50400-2006),并结合西峰区各汇水面的地表特征,从宏观上对各类用地的径流系数进行了确定,其中居民点及工矿用地径流系数为 0.6,交通运输用地径流系数为 0.9。

计算所采用的西峰区不透水集水面面积具体数值见表 2,降水资料采用西峰区不同保证率年的逐日降水量。由于在径流计算中,<10 mm 的场次降水对雨水的收集利用意义不大^[16-17],因此计算中可以剔除,只考虑 >10 mm 的场次降水量,表 3 为 4 个典型年 >10 mm 的降水量统计表。

根据对西峰区降水规律的分析可知,西峰区降水主要集中在夏秋两季,因此季节折减系数为 5-10 月份降水量占全年总降雨量的比例,相应于降水保证率为 25%(丰水年)、50%(平水年)、75%(枯水年)、95%(特枯年)的 4 个典型年的年降水量分别为 463.6、430.9、347.7、266.1 mm。季节折减系数为 0.85,初期弃流系数 β 为 0.77。

结合公式相关数据,可计算出西峰区不透水区在不同水平年的雨水可收集潜力,见表 4。

表 4 西峰区雨水可收集潜力 万 m³

土地利用类型	丰水年	平水年	枯水年	特枯年
居民点及工矿用地	2 869.96	2 749.48	1 929.91	1 263.45
交通运输用地	155.84	149.30	104.80	68.61
合计	3 025.80	2 898.78	2 034.71	1 332.06

2.3.2 土壤蓄水潜力 结合表 2 和相关数据,可计算出西峰区不同水平年园林绿地区的土壤蓄水潜力、水体所直接转化的雨水资源量和临界雨水资源量,计算结果见表 5。

表 5 西峰区不同水平年的土壤蓄水潜力 万 m³

年份	园林绿地区 雨水资源量	水体雨水 资源量	临界雨水 资源量
1973(丰水年)	50 100.57	178.51	1 708.32
1980(平水年)	41 266.67	151.58	1 318.70
2009(枯水年)	36 384.47	132.35	0
1986(特枯年)	28 642.19	104.04	0

结合表 2、表 4 和表 5,综合分析西峰区不同水平年雨水可收集潜力和土壤蓄水潜力,分析结果见表 6。

3 小结与讨论

1) 根据计算分析得知,西峰区多年平均雨水可收集利用量与土壤蓄水潜力分别为 2 464.46 万 m³, 42 319.69 万 m³, 雨水资源总量多年平均为 48 864.48 万 m³,可见西峰区雨水资源化潜力非常可观,其中园林绿地的土壤蓄水潜力占主要部分,这主要是因为透水面在西峰区下垫面面积中占的比例比较大,随着城市化的进一步发展,建成区面积和不透水面都将增加,雨水资源可收集潜力也将随之增加。

2) 城市一次所能容纳的降水量有限,因此在加快城市化进程发展的同时也要兼顾城市的蓄水能力,以减少不必要的暴雨雨水资源的损失,应合理规划、统筹兼顾土壤蓄水潜力和雨水可收集潜力,以实现西峰区雨水资源化潜力的最大值。

参考文献:

[1] 赵西宁,吴普特,冯浩,等.基于 GIS 的区域雨水

泾川县旱地大豆不同覆膜栽培方式试验初报

刘海鹰, 薛 亮

(甘肃省泾川县农业技术推广中心, 甘肃 泾川 744300)

摘要: 在泾川县南部旱塬区进行了春播大豆不同覆膜栽培方式试验, 结果表明, 4种大豆不同覆膜栽培方式以全膜微垄沟播大豆折合产量最高, 为1 846.88 kg/hm², 较对照露地条播增产106.64%; 全膜双垄沟播大豆折合产量次之, 为1 475.00 kg/hm², 较对照露地条播增产65.03%。且全膜微垄沟播栽培方式集雨、保墒、通风透光效果好, 有利于开花、结荚, 提高了单株荚数、荚粒数, 可作为泾川县旱地大豆最佳覆膜栽培方式推广。

关键词: 大豆; 旱地; 覆膜栽培; 泾川县

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)02-0049-03

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.02.018

大豆是陇东地区的主要作物之一, 近年来随着农业产业结构的调整和全膜覆盖栽培技术的示范推广, 极大地促进了大豆生产^[1~2], 泾川县大豆种植面积由2005年的5 800 hm²增加到2011年的7 200 hm², 随后面积趋于稳定^[3~4], 单产由1 227.0 kg/hm²增加到现在1 591.5 kg/hm²。但由于

传统生产技术的制约及品种老化等问题致使泾川县大豆产量增长缓慢, 亟需制定一套适宜当地大豆生产的栽培技术规范。泾川县农业技术推广中心于2014年在泾川县南部旱塬区进行了春播大豆不同覆膜栽培方式试验, 以期确定泾川县最佳覆膜种植方式, 为提高泾川县旱地大豆生产水平提

收稿日期: 2014-11-07

作者简介: 刘海鹰 (1971—), 男, 甘肃泾川人, 农艺师, 主要从事农作物高产栽培技术研究与推广工作。E-mail: lhy828175@163.com

执笔人: 薛 亮

- 资源化潜力评价模型研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 6-10.
- [2] 王建生, 钟华平, 耿雷华, 等. 水资源可利用量计算[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 549-553.
- [3] 郭周亭. 水资源可利用量估算初步分析[J]. 水文, 2001, 21(5): 23-26.
- [4] 宋进喜, 李怀恩, 王伯铎, 等. 西安市雨水资源化及其利用的探索[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 102-105.
- [5] 朱 强, 武福学, 金彦兆. 甘肃省雨水集蓄利用技术[J]. 水利水电技术, 1994(6): 6-11.
- [6] 王文龙, 穆兴民. 黄土高原雨水人工汇集研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 77-81.
- [7] 高 鹏, 刘 刚, 柳京安, 等. 鲁中南山区小流域雨水资源化潜力的定量评价研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 46-49.
- [8] 隋 涛. 济南市城区雨水利用潜力分析 [D]. 济南: 山东建筑大学, 2008.
- [9] 余卫东, 汤景华, 杨淑萍, 等. 城市雨水资源化潜力研究[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(3): 29-32.
- [10] 孙静愚, 田文君, 乔建明, 等. 基于GIS的平原区雨水资源潜力估算与利用研究—以崂山区为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(9): 76-80.
- [11] 潘学标, 龙步菊, 魏玉蓉. 内蒙古黄土高原区降水规律与集雨利用潜力分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 65-73.
- [12] 王文姝, 于 森, 单宏伟. 蒲河流域雨洪资源潜力分析[J]. 内蒙古水利, 2009(2): 59-60.
- [13] 杨小芳, 刘 钦, 张晓萌. 徐州市城市雨水资源化潜力评价[J]. 现代商贸工业, 2009(14): 67-69.
- [14] 胡茂川, 张兴奇, 陈 刚. 城市屋面雨水利用潜力分析——以南京市河西地区某小区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(4): 489-492.
- [15] 闫江鸿, 赵元忠, 郑 勇. 黄土高原城市产流与降雨关系的研究[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(2): 79-82.
- [16] 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初探[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 140-144.
- [17] 鹿新高, 庞清江, 邓爱丽, 等. 城市雨水资源化潜力及效益分析与利用模式探讨[J]. 水利经济, 2010, 28(1): 1-4.

(本文责编: 陈 珩)