

青海湖环湖地区秋季人工增雨的综合效果分析

常有奎

(青海省海北州气象局, 810200)

提 要

据 2001 年秋季人工增雨资料,结合历年秋季降水资料,从秋雨春用、影响地下水位涵养、青海湖水量盈亏等方面分析了秋季人工增雨的综合效益;并着重分析了秋季降水与环湖地区土壤水分贮量以及第二年春季环湖天然草场土壤墒情、牧草返青时间、生长状况及产量的关系。分析表明:秋季降水越多,环湖区土壤水分贮存量越多,翌年土壤墒情越好、牧草返青越早且牧草产量越高。

关键词: 环湖地区 秋季 人工增雨 效果分析

引 言

众所周知,环青海湖地区由于受生态环境恶化、全球气候变化和人类活动对气候的影响,干旱发生的几率日益频繁,由此所带来的影响是环青海湖各河流流量骤减(甚至断流),地下水位及青海湖水位急剧下降。这种恶性发展的趋势,严重束缚着环湖地区的社会稳定和经济发展。为此,解决水资源的缺乏问题已成为地方经济建设和社会发展的一个亟待解决的问题。

开发空中水资源,实施人工增雨作业,开辟增水新途径,在一定程度上可以缓解目前环湖地区的旱情,由此而带来地下水位抬升、缓解河流断流的现象,继而缓解水资源短缺之状况。

1 天然降水的季节性利用情况

开发空中水资源,实施人工增雨的主要目的是缓解旱情,增加土壤贮水量。在这里有必要对天然降水的季节性利用情况作一说明,以期提高人工增雨作业的有效性。一般来讲,春季(3~5月)由于经过一个漫长冬季,大地非常干燥,特别需要水分供给,而海北州春季降水以固体为主降到地面,由于固体降水本身被土壤吸收利用的可能性就小,同时,雪待融化的过程实际上就是一个不断

蒸发的过程,加之春季蒸发量相对较大,所以春季即使有较多的降水,其真正让土壤贮存水分的机会不多。换言之,春季降雪对缓解春季旱情的效果也不明显,这就是在春季容易发生干旱的主要原因。在整个夏季(6~8月),植物茂长,从植物生理角度来讲,植物本身由于蒸腾强烈,对水分的需求量较大,而夏季较多的降水亦只能满足植物的正常生长,留给地下的水分贮存几乎没有。图 1 给出了刚察、海晏月平均蒸发量变化图。从图 1 可见,3~5月海北各地的蒸发量持续攀升并达到极高值;6~8月开始平缓下降,但绝对值挺高;9月份以后蒸发量开始急剧下降。在秋季(9~11)月,植物开始黄枯,对水分的需求不大,大部分大气降水下渗到地下待大地封冻时贮存起来。因此,从上述季节性的水分需求和地面蒸发情况来看,在秋季实施人

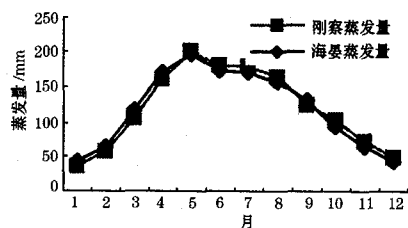


图 1 历年刚察、海晏月平均蒸发量变化图

工增雨作业对大地贮存水分极为有利。

从大气降水的云系来说,尽管夏季降水量大,如图2,但夏季降水绝大多数属局地性的强对流云系,对人工增雨而言形不成规模,反过来夏季大气降水对农作物、牧草生长所需之水分条件是基本满足的,再强调人工增雨会造成一定的灾害。春季由于降水过程相对秋季较少,再者在海北州3~4月份降水是以固态水的形式出现,可利用性差。所以在秋季(9~11月)进行人工增雨作业有几个方面的优势:(1)系统性的降水云系容易出现,而且范围较大,人工增雨的效果较好;(2)秋季降水极易被大地充分吸收;(3)在大地封冻以前,土壤有足够的水分贮存,为来年春季提供较好的墒情;(4)秋季降水能够延长天然牧草的黄枯时间,延长了牲畜在夏秋草场采食的时间,这对缓解极度紧张的冬春草场压力有很大帮助;(5)土壤存贮的水分较多,有利于地下水位的抬升,能在很大程度上缓解河流断流现象;(6)土壤封冻前,墒情较好,对天然牧草的越冬及来年牧草返青极为有利,同时亦有利于天然草场生态恢复。鉴于上述原因,我们分析认为,在海北州提倡秋季人工增雨作业比在其它季节不论是在增雨效果方面还是对农业生产的积极影响、对生态环境保护及经济发展方面都是非常显著的。

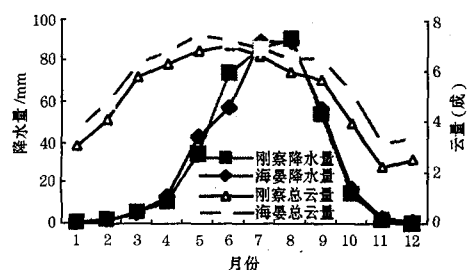


图2 历年刚察、海晏月均总云量、降水量关系图

2 秋雨春用的可能性分析

海北州春季干旱的形成主要有两个方面:一方面大气降水较少,而形成的春旱。另一方面,大地干旱(土壤干旱),在海北州由于冬季时间漫长,在大地封冻以前,如果土壤没有足够的水分贮存,待来年大地复苏、地下水分的供给不足,加之地表蒸发量很大,从而表现为干旱。所以解决春季干旱的途径有两

条:途径之一是在春季进行人工增雨;途径之二是在大地封冻以前使土壤有足够的水分贮存。具体到海北州而言,秋季大气降水很容易被土壤吸收而贮存起来,待来年春季使用。因此,采用途径二的方法,来进行人工增雨作业在海北州比较可行。

为了说明秋季人工增雨对缓解来年春季干旱的作用(即秋雨春用的可能性),我们仅从气象学的角度出发,对有土壤湿度记录以来的历年秋季降水进行了统计分析,并模拟出了相应的模型,以量化秋季降水对来年春季土壤墒情的影响情况。图3、图4分别给出秋季降水和第二年春季0~10cm和10~20cm土壤相对湿度的关系。从图3、图4可以看出,在海北州环湖地区,秋季降水与来年第一次测湿时0~10cm,10~20cm土壤相对湿度有非常好的相关性,也就是说秋季9~11月份降水量越大,第二年春季0~20cm的土壤相对湿度亦越大。表1给出了9月份降水与第二年0~10cm的土壤相对湿度和9~11月份降水量与10~20cm的土壤相对湿度关系的模拟数学统计模式。

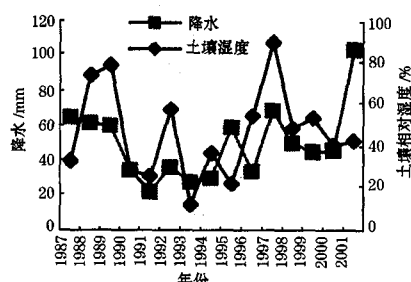


图3 历年9月份降水与第二年第一次测湿时0~10cm土壤相对湿度影响关系图

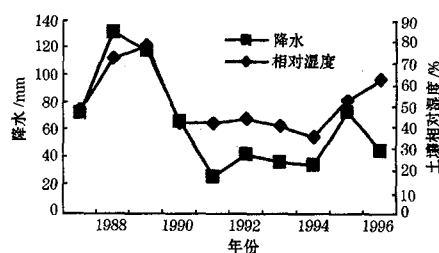


图4 历年9~11月降水与第二年10~20cm土壤相对湿度影响关系图

由表1可说明,当9月份的降水量每增加1mm,来年春季0~10cm层的相对湿度就

会增加0.5%,相当于贮存 $1.60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的水分;当9~11月份降水量每增加1mm,来年春季10~20cm层的土壤相对湿度就会增加0.4%,相当于贮存 $1.47\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的水分。比如,2001年秋季海北州气象局在刚察县进行人工增雨作业,净增雨量6.7mm,那么相应地2002年春季刚察地区0~10cm层的土壤相对湿度要增加3.3%,相当于贮存 $10.5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的有效水分,这与2002年刚察县农田、草原土壤墒情实况极为吻合。

表1 秋季降水对来年春季土壤湿度影响模型

模拟对象	春季0~10cm 土壤湿度	春季10~20cm 土壤湿度
数学模型	$y = 14.88 + 0.48x$	$y = 32.26 + 0.38x$
相关系数	0.6196	0.5818
信度	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
自变量因子	9月份降水	9~11月份降水

当然,实施秋季人工增雨,增加秋季雨水以期达到秋雨春用的目的,其效果不仅仅体现在来年春季干旱的积极影响方面,更重要的是对来年春季牧草返青和来年牧草产量的影响。9月份降水与第二年牧草返青时间、牧草产量及9~11月降水与第二年牧草产量有非常好的相关性和可预见性(见图5,图6)。我们利用同样的方法模拟出表2的相关模型。

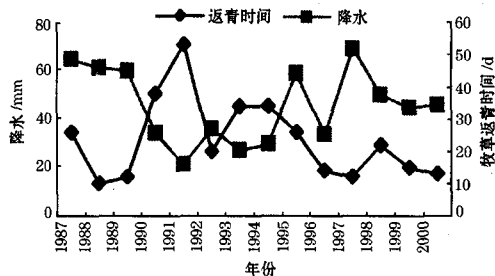


图5 历年9月份降水与第二年牧草返青时间

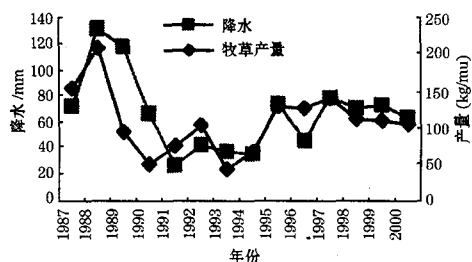


图6 历年9月份降水与第二年牧草产量关系图

表2 秋季降水对牧草返青和牧草产量的影响模型

模拟对象	第二年牧草返青 时间(d)	第二年牧草产量 (kg/hm ²)
数学模型	$y = 48.11 - 0.54x$	$y = 13.94 + 2.08x$
相关系数	-0.6606	0.7374
信度	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
因子	9月份降水量	9月份降水量

由表2分析得,当9月份的降水量每增加1mm,第二年春季牧草返青时间将提前0.5天;当9月份降水量每增加1mm,第二年牧草产量干重增加 $31.5\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。由此我们分析2001年刚察县进行人工增雨作业效果为净增水量增加6.7mm,2002年刚察县天然牧草返青提前4天;预计2002年刚察县天然牧草将增加 $210\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,预计在作业区内可净增牧草干重18万吨,可供16.4万只羊一年的采食,直接经济效益达1148万元。

从以上有关量化指标上不难看出秋雨春用的一种必然性的存在。现在反过来再系统地分析一下2001年秋季在刚察县境内成功地进行人工增雨作业的情况。2001年9月15日~10月15日,在刚察县境内的沙柳河、泉吉乡和三角城羊场布设三门高炮,共实施6次人工增雨作业。6次作业共增雨量6.7mm(含自然雨),作业影响范围 $1.1 \times 10^4\text{km}^2$,增雨量 $0.74 \times 10^8\text{m}^3$,其效果是显著的。据水文部门提供的沙柳河在9月18日~10月15日期间的流量情况来看,沙柳河在人工增雨期间净增流量 $5.18\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,相对增流量增加48.8%。由此足以证明海北州秋季人工增雨作业效果非常明显。

3 秋季降水对地下水分涵养的影响

3.1 土壤水分贮存量与大气降水

土壤水分的收入项主要包括降水、地下水、地表径流汇入和灌溉水等。旱地地表径流汇入和灌溉水为零,当地下水位低于2m时,地下水借助土壤毛细管作用上升到作物根系层的水分可以忽略。因此,旱地土壤水分的收入主要是大气降水。由大气降水留在土壤中的水分才是影响土壤水分状况的量。从表3可以看出旬降水量能够滞留在0~50cm厚土层中。在牧草生长季节,海晏0~50cm厚土层中水分收支基本保持动态平衡,

但是,在牧草返青期,土壤水分相对来说是亏缺的,这就需要入冬前依靠降水进行补偿。

表3 海晏大气降水与土壤水分贮存量变化对照表(1997年)(单位:mm)

旬/月	旬降水量	0~50cm 土壤旬水分收支
上/4	7.4	-11.3
中/4	5.8	-8.3
下/4	50.5	24.5
上/5	2.3	-11.6
中/5	27.1	7.9
下/5	18.2	-8.6
上/6	37.2	11.5
中/6	4.8	-13.7
下/6	36.4	-7.6
上/7	27.5	-0.7
中/7	37.8	22.3
下/7	25.4	-24.3
上/8	61.8	36.1
中/8	36.8	-51.0
下/8	7.7	-26.4
上/9	24.3	20.3
中/9	46.5	7.6
下/9	20.3	2.8
上/10	3.1	-4.6
中/10	2.9	-9.4

据环湖片有关沙丘含水量与降水量关系的研究表明^[1](表4),10月份降水量是7月份的0.31倍,但是流动沙丘与固定沙丘10月份水分含量分别是7月份的水分含量的0.49倍和0.66倍,这说明10月份降水对沙丘水分含量的贡献比7月份大,沙丘含水量在夏季少的原因是夏季气温高、蒸发量大,而秋季蒸发量相对较小,表明秋季降水对土壤水分贮存的影响是相当重要的。

表4 共和盆地6~10月份降水量与沙丘含水量

月	6	7	8	9	10
流动沙丘/%	7.4	8.1	6.9	5.7	4.0
固定沙丘/%	4.7	4.7	3.7	3.3	3.1
降水/mm	49.7	53.7	46.8	32.5	16.7

尽管秋季降水对土壤水分的贡献较大,并且秋季大气中水汽含量较多,但是秋季大气自身的降水能力是很有限的,这就需要人工影响天气,使秋季大气中的水汽尽可能多的转化为降水降落到地面供土壤之需,要解决这些问题,秋季人工增雨是行之有效的途径之一。

3.2 秋季降水对地下水分涵养的影响

地下水埋藏深度与各地的气候条件密切相关。据 A.C. 凯尔契夫斯卡娅研究^[2],地下水埋藏深度与降水量呈反相关,降水量愈大,地下水埋藏深度愈浅,并且土壤水分贮存量与地下水埋藏深度具有一定的同步性,地下水埋藏深度下降,土壤有效水分贮存量也下降,反之土壤水分贮存量则上升。研究表明^[2]在河网较密的平原地区当日降水量或过程降水量在 15mm 以上时,麦田地下水位上升值可达 20cm 甚至更多。

海北州因特定的气候条件,冬春气候干燥寒冷,大气降水不易形成,夏季降水虽多,但大多被植物体所消耗,对地下水补给几乎为零,秋季植物开始黄枯,需水量减少,大气降水大多渗入土壤之中,当土壤水分达到饱和时,水分进一步下渗,形成地下水。因此,就降水对地下水的补给而言,一般情况下秋季降水对地下水的补给远远大于其它季节降水对地下水的补给。

4 秋季降水对青海湖水量盈亏的影响分析

青海湖位于青藏高原东北部,是我国最大的内陆咸水湖,湖海拔高度 3196m,被誉为“高原明珠”。青海湖介于 36°28′~38°25′N、97°53′~103°13′E 之间,湖面总面积 4282km²,最大水深 31.4m。

青海湖的水量补给主要有三个途径:一是自身承接的降水,二是四周水系的径流,三是地下水的渗入。近几年三者年量分别为:15.57×10⁸m³、15×10⁸m³、4×10⁸m³,加上草地的地表入湖水量 0.36×10⁸m³,年总补充量为 34.93×10⁸m³。水分的消耗为湖面蒸发,每年达 39.3×10⁸m³。年均损失 4.37×10⁸m³,水位下降 10.2cm。

青海湖的水量补给是季节性的,总体上依降水量的季节分配而变化。春季(3~5月),地表干燥,草场植被开始返青,降水占全年总量的 15%,除湖面本身承接的部分,无法形成地表径流,而春季因大风多,升温较快,蒸发量大,湖面将继续下降;夏季(6~8月),是降水最为集中时段,占全年降水量的 62%,是湖水获得补充的主要季节,各种渠道均能向湖中注水,湖面因年际间降水量的不

同而增加不同的幅度;秋季(9~11月),降水占全年的22%,此期草场土壤较湿润,降水主要以地下水的形式渗入湖中,若过程降水量较大,可有效增加河道径流,是湖水获得补充的重要季节;冬季(12~2月),降水以固态形式出现,且数量稀少,并以蒸发的形式被消耗,不可能为湖水的补充起实际作用。表5为各季蒸发消耗率和降水对湖水总量的贡献率。

表5 各季蒸发消耗率和降水贡献率

季节	春季	夏季	秋季	冬季
蒸发消耗率	0.33	0.36	0.21	0.10
降水贡献率	0.07	0.62	0.31	0.00

从以上分析可以看出,除夏季降水外,秋季降水的多少,对湖水的补充也能起到积极的作用,实施秋季人工增雨,增加秋季入湖水量,可在很大程度上遏制青海湖水位下降的势头,甚至使水位逐步升高。

青海湖每年水量消耗 $39.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 换算成蒸发量为918mm。降水量为363.6mm, 其余入湖水量折合降水452.1mm, 合计为815.7mm。降水与蒸发的差额为102.3mm, 即在目前情况下,湖水每年被迫下降10cm。依据湖水来源的比例,如果每年通过实施秋季人工增雨,增加45mm的降水,湖面的水位将可以持平。每增加1mm的降水,将使湖面升高2.3mm。

5 小 结

(1)环湖地区秋季开展人工增雨作业潜

力很大,效果明显。

(2)秋季降水量对来年春季土壤墒情贡献率高,据统计,秋季9月份,每增加1mm降水量,来年春季0~10cm层的土壤相对湿度增加0.5%,相当于贮存 $1.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的水;秋季9~11月份,每增加1mm降水量,来年春季10~20cm层的土壤相对湿度就会增加0.4%,相当于贮存 $1.47 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的水分。

(3)从土壤贮存水分的角度来分析,秋季降水量使土壤0~50cm层的水分有效增加。据沙丘含水量与降水关系研究表明,秋季降水量使沙丘含水量比夏季高0.31倍。

(4)秋季降水对地下水的补给远远大于其它季节降水对地下水分的补给。

(5)青海湖含水量的盈亏与大气降水有密不可分的关系,尤其通过人工影响天气的办法来增大降水对青海湖水量的贮存有着积极的作用。据初步测算,环湖地区实施秋季人工增雨,每增加1mm的降水,将使湖面水位升高约2.3mm。

致谢: 其文完成过程中,海北牧试站许存平、宋理明、魏永林、姜海萍、严应存等同志在整理资料方面给予了帮助,在此深表感谢!

参考文献

- 1 石蒙沂. 共和盆地沙丘水分含量消长趋势评价. 干旱区研究, 1997, (4): 61~64.
- 2 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理. 北京: 气象出版社, 1990: 153~210.

Analysis of Synthesis Profit of Autumn Artificial Precipitation around Qinghai Lake

Chang Youkui

(Haibei Meteorological Office, Xihai, Qinghai Province, 810200)

Abstract

Based on the rainfall data in autumn, an analysis of synthesis profit, such as autumn rainfall utilized in spring, the change of soil moisture, water storage variation in Qinghai Lake and so on, of the artificial precipitation is made. It shows that if the rainfall increased in the autumn, the storage of the soil water was higher next spring, moreover the better the soil moisture, and the earlier the regreening, and the higher herbage yield of the natural grassland.

Key Words: artificial precipitation synthesis profit autumn rainfall