

论空中南水北调——南方及东北植树造林是解决华北水荒的最佳途径

陈坤 (华东政法学院商学院, 上海200042)

摘要 森林不仅对森林所处流域内降水具有较大影响, 而且对流域外特定地区的降水也具有较大影响。该文从实证的角度, 论证了华北干旱与南方、东北内蒙森林大面积减少有关。缓解华北水荒, 在南方、东北内蒙植树造林是一条效益最好的方案。

关键词 森林增雨; 空中南水北调

中图分类号 S732 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)22-09507-03

笔者曾从成本和收益的角度探讨了解决华北水危机的几种可选方案: 南水北调、海水淡化、节水和水资源的制度创新等^[1]。文中提到了通过在南方、东北植树造林来增加华北降水是一种效益最佳方案的思路。该文重点探讨这一方案的理论依据及其可行性。首先, 重点从理论上探讨南方和东北森林的增减对华北降水量的增减具有影响。然后, 从实证的角度进一步证明南方和东北森林面积的增减是华北降水量增减的重要因素之一。最后, 探讨在南方和东北植树造林的成本和收益。结论是在南方增加250.3万 hm^2 郁闭度在0.4以上的成熟林面积, 给华北增加的降水量与南水北调一期工程所调水量基本相当; 其成本虽然较南水北调东线一期工程的略大, 但效益却有天壤之别。

1 森林对森林下风区降水的影响

在陆地水循环过程中, 森林通过其强大的蒸发散功能影响大气中水汽含量, 进而影响森林地区和森林下风区的降水。它主要通过以下3个环节完成:

第1个环节: 森林的蒸发散。森林能够增雨, 主要是通过森林蒸发将水汽输送进入大气。经过近百年科学试验与观察, 证明了森林的蒸发散量大于裸地的蒸发量, 与无林地自由水面的蒸发量较接近^[2-3]。因此, 森林影响森林地区和森林下风区的降水是存在的。

第2个环节: 季风成为将森林蒸发水汽输送到森林下风区上空的动力来源, 通过持续定向的动力将森林蒸发散到大气中的水汽输送到森林下风区上空。我国的季风担任了这一角色。我国是一个季风盛行的地区, 季风在我国降水过程中起到了重要作用。它不仅将海洋蒸发的水汽输送进入大陆, 形成降水, 而且也将大陆蒸发的水汽输送到别处, 形成降水。

第3个环节: 当暖湿的夏季风携带水汽(包含森林蒸发散的水汽)经过森林下风区时, 遇到寒冷的冬季风, 形成锋面雨。我国季风所经之地形成的降水多是锋面雨。这一点竺可桢等的研究均已证明^[4-5]。也就是说, 森林通过蒸发散, 将水汽输送进入大气, 在季风推动下, 对森林下风区的降水影响是客观存在的。

2 华北地区降水来源

华北降水来源于东南西北4个方向。西边是从大西洋和阿拉伯海远道送来的水汽。路途遥远, 又途径西部干旱地

区, 因此, 不能为华北创造大量降水。北冰洋气候寒冷, 空气干燥, 向华北输送的水汽也很少。华北的降水主要来自东南季风、西南季风和东北季风所携带水汽, 季风是华北降水的主要来源。

西南季风到达秦岭、淮河一线, 主要影响华北平原的南部。东南季风覆盖面广, 最远可达辽东半岛。东北季风能覆盖华北全境, 时间长达半年左右。

这3种季风对华北降水影响均较大。相对来说, 东北季风对华北降水的影响比西南季风或东南季风大。由于东南季风和西南季风多是合力对华北降水产生影响, 因此, 这2股季风的合力比东北季风大。

王宏昌等的研究证明了这一点。他们认为, 华北地区暖季从东北输入水汽占33.3%, 从孟加拉湾来的占28.7%, 从东海和南海来的占15.2%; 华北上空的水汽约有1/3是东北风送来的, 还有1/3是西南风送来的, 而东北、西南等地森林减少, 必然影响输送到华北的水汽量^[6-7]。

3 季风途经地区的森林对华北降水的影响

华北地区降水的多寡取决于季风所含水汽的多寡。季风所携带水汽主要由以下几部分所组成: 海洋蒸发的水汽、大陆水面蒸发水汽、大陆裸地蒸发和大陆森林蒸发散。

在4个部分水汽中, 海洋的蒸发量大体上可以假设为1个常数; 大陆水面的蒸发也可以假设为1个常数; 大陆裸地的蒸发也可以假设为1个常数。相对来说, 森林蒸发散量的变化将随着森林面积(主要是指郁闭度在0.4以上森林)的变化而变化, 是1个变数。因此, 在季风所经过地区的森林覆盖率的变化, 将直接影响到季风水汽补充量的变化, 从而将直接影响到森林下风区的降水量的变化。因此, 东南、西南和东北季风途经地区森林的增减将影响到华北地区降水量。

4 南方、东北内蒙森林增减与华北降水量增减的实证分析

为了分析的方便, 该文的南方是指四川、云南、贵州、湖南、湖北、安徽、江西、浙江、福建、广东、广西、海南12个省区; 东北内蒙是指黑龙江、辽宁、吉林、内蒙古4个省区; 华北指河南、河北、山东、山西、北京、天津4省2市。

4.1 1961~1995年华北地区降水量

笔者选取了华北地区44个气象台站, 降水量数据如表1所示。从表1可以看出, 1961~1995年华北地区的降水有2个特点: 华北地区的降水量有过2次大的起伏。第1次是在1965~1968年, 年降水量不足正常年份的10%; 第2次是在1984~1988年, 年降水量同样只及正常年份的10%左右。出现这2次大的干旱年份, 主要与2个因素有关: 一是夏季风变弱; 二是东北内蒙和南

作者简介 陈坤(1966-), 男, 湖南华容人, 博士, 副教授, 从事产业经济学、环境资源经济学方面的研究。

鸣谢 该文得到了左学金研究员、郑玉歆研究员、王宏昌研究员的指点。在此致谢!

收稿日期 2008-05-27

方森林覆盖大面积减少。

表1 东北内蒙、南方有林面积、森林覆盖率与华北降水量统计结果

| 年份 | 东北有林面积 百万hm ² | 东北内蒙森 林覆盖率 % | 南方有林面积 百万hm ² | 南方森林 覆盖率 % | 华北地区年 降水量 mm |
|------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------|-----------------|
| 1962 | 37.942 0 | 20.0 | 55.646 4 | 22.24 | 626.0 |
| 1963 | | | | | 759.0 |
| 1964 | | | | | 856.0 |
| 1965 | | | | | 46.0 |
| 1966 | | | | | 48.0 |
| 1967 | 31.168 5 | 16.5 | 53.806 4 | 21.50 | 47.0 |
| 1968 | | | | | 108.0 |
| 1969 | | | | | 345.0 |
| 1970 | | | | | 338.0 |
| 1971 | | | | | 358.0 |
| 1972 | | | | | 496.0 |
| 1973 | | | | | 700.0 |
| 1974 | | | | | 607.0 |
| 1975 | | | | | 625.0 |
| 1976 | 37.250 0 | 19.7 | 61.240 0 | 24.47 | 612.0 |
| 1977 | | | | | 653.0 |
| 1978 | | | | | 573.0 |
| 1979 | | | | | 640.3 |
| 1980 | | | | | 579.0 |
| 1981 | 35.113 4 | 18.6 | 58.746 2 | 23.48 | 484.0 |
| 1982 | | | | | 610.0 |
| 1983 | | | | | 565.0 |
| 1984 | 58.000 0 | | | | |
| 1985 | 30.224 0 | 16.0 | 52.555 1 | 21.00 | 50.0 |
| 1986 | | | | | 51.0 |
| 1987 | | | | | 144.0 |
| 1988 | 289.000 0 | | | | |
| 1989 | 32.490 8 | 17.2 | 57.860 7 | 23.12 | 351.0 |
| 1990 | | | | | 393.0 |
| 1991 | | | | | 594.0 |
| 1992 | | | | | 499.6 |
| 1993 | | | | | 596.0 |
| 1994 | 34.379 8 | 18.2 | 64.567 7 | 25.80 | 617.0 |

4.2 东北内蒙及南方森林覆被变化与华北降水相关关系分析 1950~1994年我国南方12个省区、东北内蒙森林覆盖情况如表2所示。根据对数回归方程计算得出:

$$Y = A \times X_1^{7.8} \times X_2^{8.6} \quad r = 0.82$$

$$(0.000)(0.000)(0.000)$$

式中: Y 表示华北地区降雨量; X_1 表示南方12个省区有林面积; X_2 表示东北内蒙有林面积; $A = e^{-55}$ 。

从技术上看, 方程相关系数达到0.82, 表示用南方有林地面积和东北内蒙有林地面积来解释华北降雨量, 可靠程度达到了82%。并且由皮尔逊系数检验可知, 回归参数均小于0.005, 说明回归方程具有很高的拟合度。

该方程表明: 华北地区的降雨量高度依赖于南方和东北内蒙2个区域的森林状况, 其中东北内蒙的影响程度略大于南方12个省区。从该方程也可以看出, 如果南方12个省区及东北内蒙3个省区地的森林覆盖率为0, 那么华北降雨量也将趋向于0, 这样将会出现高度干旱状态, 生态环境极度恶化。

南方12个省区有林地面积远远大于东北内蒙, 但对华北降水影响却不如东北内蒙, 这主要是由森林质量不同所致。不同地区成过熟林面积、蓄积状况如表2所示。

表2 成过熟林面积、蓄积状况统计结果

| 地区 | 项目 | 第2次森 林清查 | 第3次森 林清查 | 第4次森 林清查 |
|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| 全国 | 成过熟林面积 | 218 770 | 141 863 | 134 874 |
| | 成过熟林蓄积 | 38 459 304 | 26 216 294 | 27 924 947 |
| 南方12 个省区 | 成过熟林面积 | 68 692 | 47 361 | 43 346 |
| 东北、内蒙 | 成过熟林蓄积 | 14 616 318 | 10 071 895 | 9 292 622 |
| | 成过熟林面积 | 118 700 | 63 772 | 58 402 |
| | 成过熟林蓄积 | 16 482 469 | 9 496 486 | 8 744 801 |

从表2可知, 东北内蒙的成过熟林面积远远大于南方12个省区。并且, 南方的成过熟林面积主要集中在西南高山峡谷中, 是西南季风所经之地, 而西南季风对华北降水的影响要略低于东北季风。再加上东北内蒙森林离华北地区比南方12个省区近, 对华北地区的影响更加明显。因此, 东北内蒙森林的增雨功能较南方要强。但是随着南方森林的不断成熟及森林质量的提高, 南方森林对华北地区降水的影响将不断增强。

同时也可以看出, 第3次森林清查与第2次森林清查相比, 南方成过熟林面积, 东北内蒙成过熟林面积、蓄积均有较大幅度下降。

森林质量的不断下降, 可以解释在1961~1994年, 我国森林覆盖率总体上呈现出一种增长的趋势, 而华北地区的降水量总体上却呈现出一种下降趋势的现象。尤其是南方12个省区表现得较为明显。南方森林覆盖率较20世纪60年代略有上升, 但华北降水量却呈下降趋势。这是南方森林质量大幅下降及森林增雨功能减弱的结果。

森林质量的下降主要体现在成过熟林面积大幅下降, 中幼龄林面积上升, 林龄结构不合理, 生态功能减退等方面。同时, 经济林面积增加, 天然林、防护林面积下降, 森林比例向不合理方向发展。

一般来说, 森林的气候效应与林种、林分、季节、温度、降水量等方面密切相关。在同一地区, 林种相同条件下, 森林的气候效应主要由林龄所决定。树龄决定叶面积指数。叶面积指数与树龄呈正比。成过熟林的叶面积比中幼龄林叶面积大1倍以上。成过熟林的蒸发散量远远大于中幼龄林。因此, 随着成过熟林面积的减少, 森林的蒸发散量也将减少。森林的气候效应将逐步减弱。这就是说, 南方森林覆盖率虽然有所提高(如从1976年的24.47%提高到1994年的25.8%), 但是森林的增雨功能并未得到有效的提高。

由此可以得出2个结论:

(1) 我国南方12个省区、东北内蒙森林大面积破坏时, 对华北地区的干旱造成了直接的影响。一方面, 随着南方、东北内蒙有林面积的增减, 华北地区的降水量出现明显的增减。在森林和降水统计数字完整的20世纪80年代末至90年代中期, 这种相关关系最为明显。另一方面, 华北地区2次大的干旱年份: 1965~1968年和1984~1988年(降水量只及往年的10%左右) 都与南方、东北内蒙森林大面积破坏有直接关系。这一段时间不仅森林存量资源减少大, 而且, 森林资源增量也比往年少。

(2) 森林的增雨功能具有滞后性。树木的成长有一个过程, 随着树木不断成长, 其增雨功能也就越明显。当华北地

区降水量恢复到正常年份时,随着森林覆盖率进一步提高,降水量增加将趋缓。

4.3 南方、东北内蒙森林覆被变化对华北降水量的影响分析 研究表明,如果南方有林面积提高1%,那么,华北降水将增加7.8%;北方有林面积提高1%,华北降水将增加8.6%。

由于南方雨热条件好,树木生长快,宜林荒地多,因此,在南方植树的成本要比北方少,潜力比北方大。因此,笔者认为应该主要考虑在南方进行植树造林来增加华北的降水。如果将南方森林覆盖率提高1%,即南方12个省区增加250.3万 hm^2 郁闭度在0.4以上的成熟林面积,华北地区的降水量将增加50多 mm ,折算成水量为30多亿 m^3 。

5 森林增雨的经济学分析

5.1 森林的收益分析 森林所带来的收益有2个部分:一是森林给森林所处流域外(该文主要指华北地区)所带来的收益,主要是指生态(降水)收益——给华北地区增雨而产生的收益,与南水北调、海水淡化、节水的功效一致。上文已作了分析。二是森林给森林所处流域内所带来的收益。这些收益体现在以下几个方面。

(1) 森林的生态功能所产生的收益。森林的生态功能主要表现在产氧量、保持土壤功能、吸收二氧化硫量、滞尘量、蓄水量、调温等几个方面。天津园林局贺振、徐金祥研究了瑞典、前苏联、日本以及国内的大量测算方法,汇总成“园林效益测算公式”。用该公式测试森林的产氧量、吸收二氧化硫量、滞尘量、蓄水量、调温等几个方面的价值为每公顷森林能产生538 854元的价值^[8]。

(2) 以森林为依托的旅游收益。调查显示,2006年,全国以森林为依托的森林旅游产业达800亿元,经营森林面积1 513万 hm^2 ^[9],因此每公顷森林带来的效益是5 287.5元。而且,随着森林面积的扩大,收益将进一步扩大。

(3) 保护生物多样性功能所产生的收益。通过实际市场收益资本化方法可以计算森林保护生物多样性所产生的收益。2006年我国经营森林面积为1 513万 hm^2 ,在当年,我国国营森林通过多种经营实现产值2 420亿元(木材、旅游除外)^[10],每公顷产值为15 994.7元。因此,每公顷森林给所处流域内所带来的收益为:

$$E = \sum_{i=1}^3 E_i = 538\ 854 + 5\ 287.5 + 15\ 994.7 = 560\ 136.2$$

(元/ hm^2)

5.2 植树的成本分析 根据广东、广西造林的经验,荒山造林成本主要由3大块所构成^[11]:一是土地成本,一般在1 350~1 800元/ hm^2 。二是造林成本,包括育苗、炼山、林地清理、挖穴、种植、供水、肥料、规划、管理等,在16 650~19 200

元/ hm^2 。三是基础设施成本,包括林区公路、供水设施等,在7 200元/ hm^2 。这3项的总成本为:

$$C = \sum_{i=1}^3 C_i = 25\ 200 \sim 28\ 200 \text{ 元}/\text{hm}^2$$

在不计算森林对森林所处流域外的增雨功能时,仅计算森林对森林所处流域内所带来的投资收益比超过了1 20。

6 结论

根据上文的初步估算:当南方森林覆盖率提高1%,即增加郁闭度在0.4以上的成熟林面积250.3万 hm^2 时,华北地区降水量增加30多亿 m^3 。

南方森林覆盖率提高1%,需要投资人民币668亿元。但森林给造林地区带来的收益将达到13 360亿元。除去成本,净收益将超过1 200亿元。

经比较,南水北调东线一期工程的投资为74亿元,调水量为37亿 m^3 。因此,粗略估计,南方森林覆盖率提高1%给华北增加的降水量与南水北调一期工程的调水量相当;其成本虽较南水北调东线一期工程的大,但效益却有天壤之别。南方植树除了给北方增雨外,还将给造林地区带来净生态正效益。而南水北调虽然同样给华北地区增加了供水,但给水量调出区带来净生态负效益。一增一减,南方植树所带来的效益将远远大于南水北调所产生的效益。

当然也要看到,因为降水的利用效率比调水的利用效率低,在没有很好的集水条件和很好的水土保持等生态条件下,降下的水要不被白白地流掉而浪费,要不被大量蒸发而无法利用,需要改善降水区的生态条件而提高降水地区的土壤、植被的持水能力;也需要在当地植树造林,改善当地的生态环境,为提高降水利用效率打下基础;同时,也需要修建一些集水工程,以提高降水的利用效率。

因此可以初步认为,通过在南方或东北植树造林来增加华北地区的降水是解决华北水危机的最优方案。

参考文献

- [1] 陈坤. 解决华北水危机可选方案成本探讨[J]. 社会科学,2004(12):6-13.
- [2] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1992.
- [3] 刘世荣. 中国森林生态系统水文生态功能[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
- [4] 竺可桢. 东南季风与中国之雨量[J]. 地理学报,1934(1):4-30,200.
- [5] 张家诚. 水分循环与气候背景[J]. 水科学进展,1999,10(3):66-71.
- [6] 王宏昌. 西北干旱问题[J]. 开发研究,1993(2):43-46.
- [7] 王宏昌. 中国西部气候—生态演替:历史与展望[M]. 北京:经济管理出版社,2001:86.
- [8] 王茂林. 新中国城市经济50年[M]. 北京:经济管理出版社,2000.
- [9] 郁文艳. 我国森林旅游去年综合产值近800亿元[N]. 中国绿色时报,2007-01-11.
- [10] 高保生. 中国成林产品生产大国去年林业总产值突破1万亿[N]. 人民日报,2007-9-16.
- [11] 根据南方木材交易中心提供的数据计算EB/CL.(2007-05-16)[2008-05-12] <http://www.wzdagon.net/NewsView.asp?id=109>. 2007-5-16

- [5] BENZIEI F,SIANJ J. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power":The FRAP assay[J]. Anal Biochem,1996,239:70-76.
- [6] 韩立强,杨国宇,王艳玲,等. 肌肽对DPPH自由基清除效果的研究[J]. 河南农业大学学报,2006,40(2):164-167.

(上接第9486页)

药,2005,16(8):756-758.

- [4] 伍晓春,陆豫,张振辉. 虎杖总蒽醌的超声波法提取[J]. 南昌大学学报,2005,29(3):282-285.