

中国干旱半干旱地区防护林气候效应的分析

胡海波¹, 王汉杰², 鲁小珍¹, 邱志军¹

(1. 南京林业大学, 江苏 南京 210037; 2. 空军第七研究所, 北京 100085)

摘要:对中国干旱半干旱地区近几十年来防护林的气候效应进行了系统总结, 指出防护林具有改善小气候的功能, 可降低风速、增加空气湿度、调节气温, 从而改善农作物生长环境、提高人们的生存质量; 与小气候相比, 防护林对区域性气候影响较小, 但可显著降低风速和沙尘暴发生频率。笔者还对防护林气候效应研究中存在的问题进行了分析, 提出了自己的观点, 强调在该地区应因地制宜、适度地营造各种形式的防护林, 集约经营, 提高林分质量, 以充分发挥其防护、经济和社会效益。

关键词:干旱半干旱地区; 防护林; 气候效应; 环境

中图分类号: S718

文献标识码: A

文章编号: 1000-2006(2001)03-0077-06

A Study on Effects of Protective Forest on Climate in Arid and Semi-arid Areas of China

HU Hai-bo¹, WANG Han-jie², LU Xiao-zhen¹, QIU Zhi-jun¹

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Meteorological Institute of Air Force China, P. O. Box 2861(7), Beijing 100085, China)

Abstract: The paper systematically summarized the effect of protective forest on climate in the arid and semi-arid areas of China in the past decades. The results are as follows: since protective forest can reduce wind velocity, increase air humidity, and regulate air temperature, So that the growth environment of crops and the habitat quality of local people are improved. Compared with micro-climate, the regional climate was slightly influenced by protective forest. But it obviously reduced wind velocity and frequency of dust-storm. The paper also analysed some problems on climate research and raised some own views. It was emphasized that we should properly plant all kinds of protective forest by terms of corresponding sites, adopt intensive management, and improve stand quality, so as to make use of its protective, economic and social benefits.

Key words: Arid and semi-arid area; Protective forest; Climate effect; Environment

保护生态环境, 建设秀美山川, 是中国西部大开发的基础和关键。中国政府明确提出, 在生态脆弱地区, 实施天然林资源保护工程, 绿化荒山荒坡, 在坡耕地有计划、有步骤地退耕还林还草, 是改善西部地区生态环境的治本之策。然而, 森林植被的生态效应如何、怎样恢复植被, 这是首先要探讨的问题。

收稿日期: 2000-09-28

修订日期: 2001-02-02

基金项目: 国家 973 基础研究项目(G1999043400)

作者简介: 胡海波(1964-), 男, 江苏宝应人, 南京林业大学森林资源与环境学院副教授, 博士, 主要从事水土保持和防护林的教学、科研工作。

1 中国干旱半干旱地区的自然概况

中国干旱半干旱地区基本处在北纬 $34^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 之间,主要位于“三北”地区^[1,2],占国土面积的 52%,地域辽阔,光热资源丰富。全年太阳辐射总量为 $544.3\times 10^3\text{ J/cm}^2$,年日照 $2\,600\sim 3\,400\text{ h}$ 。年平均气温 $-2.2\sim 12.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,由南向北递减,无霜期 $100\sim 180\text{ d}$ 。该区气候干旱,降水少且分布不均,西北部地处欧亚大陆腹地,降水量在 250 mm 以下,属于干旱地区;其东南部降水量 $250\sim 500\text{ mm}$,属半干旱地区。由于水分严重不足,绝大部分地区为草原、干草原、荒漠草原和荒漠,只有少数旱生乔灌木及耐旱、耐寒的牧草生长。

该地区森林资源贫乏,是中国主要的无林或少林地区。北部平原和西北部干旱荒漠地区,森林覆盖率不足 1%,植物群落简单,树种单一。天然林面积小,集中分布于高山阴坡和河流沿岸;人工林则分布于人口比较集中、水分条件较好的地方,主要形式是农田林网、片林和“四旁”绿化,树种有杨、柳、椿、楸、槐、泡桐、苦楝及油松、樟子松等用材树种和红枣、核桃、苹果、梨、杏、柿、桃等经济树种。灌木比重高,主要分布于干旱荒漠、半干旱及黄土高原等地区,在防风固沙、保持水土等方面发挥着极其重要的作用。

干旱半干旱地区是中国多灾地区之一,影响农林业生产的主要自然灾害有干旱、风沙、寒潮、冰雹等。由于水源不足、供水困难,灌溉的绿洲只占少数,大多数地方因缺水呈现荒漠和半荒漠景观,每年荒漠化面积高达 $2\,460\text{ km}^2$,经济损失达 540 亿元。干旱、风沙是引起荒漠化的直接因素,而荒漠化的扩大和蔓延又进一步恶化了生态环境,导致沙尘暴等自然灾害频繁发生,因此迫切需要建立生态防护体系。

2 防护林的气候效应

2.1 防护林对小气候的影响

2.1.1 降低风速

干旱、半干旱地区的防护林,由于明显地改变了下垫面性质,无论林网还是林粮间作,都使风速廓线发生很大变化,因而具有良好的防风效能,一般可使风速平均降低 $20\%\sim 30\%$ (表 1),为农作物生长创造较好的环境条件。

防护林降低风速的作用与风速大小、测定高度和林带结构有关,风速越大降低得越多。据甘肃民勤治沙站测定^[4],以杨树为主的 $2\sim 4\text{ m}$ 窄林带网格,当风速小于 10 m/s 时,林带背风面 10 H (H 为林带高)范围内风速平均降低 20.8% ;当风速不低于 10 m/s 时,该范围内风速降低 47.4% 。另外,测定高度也影响防风效果,在新疆和田农田林网内^[4], 4 m 高度处风速降低 $26.8\%\sim 39.2\%$, 2 m 高度处为 $30.4\%\sim 52.8\%$,而 0.5 m 高处风速降低达 $16.7\%\sim 69.2\%$,因而高度越低风速下降越多。当然,风速减少幅度也和林带的疏透度有直接关系。

研究表明^[5,6],森林植被可以有效地降低风速,从而起到固定流沙的作用。若以流沙区(无植被区)风速为 100%,则覆盖度为 $10\%\sim 20\%$ 的植被区,风速减弱 36.7% ;覆盖率为 $30\%\sim 50\%$ 的植被区,风速则为 $51.6\%\sim 55.0\%$,几乎减了一半。若以流沙区输沙量为 100%,覆盖率为 $10\%\sim 20\%$ 的植被区,输沙量为 $21.8\%\sim 31.3\%$,呈半固定状态;而覆盖率为 $30\%\sim 50\%$ 的植被区仅为 0.98% ,基本呈稳定状态。

沙尘暴的发生与植被盖度有很大关系。森林覆盖率高,风速减小,沙尘暴就轻、危害就小,例如万方数据—

表 1 农田防护林对风速的影响

Table 1 Effects of protective forest for farmland on wind velocity

地 点	防护林形式	风速降低	备 注
黑龙江富裕	农田林网	21.0%	10 年生小黑杨,通风结构,平均高 11.1 m,平均胸径 10.5 cm
吉林乾安	农田林网	23.7%	杨树、榆树混交林,透风系数 0.5,带宽 15 m,平均高 11.5 m
甘肃民勤	农田林网	30%~50%	
陕西淳化	林粮间作	23.8%~39.2%	
内蒙达拉特	林粮间作	22.0%	
新疆和田	农田林网	30.4%~52.8%	绿洲边缘与绿洲内林网中风速对比。测定高度为 2 m

1995年5月5日发生在甘肃河西走廊的沙尘暴,平均风速11~17 m/s,最大瞬时风速34 m/s。林网植被盖度在30%以上的地域,风沙尘暴发生后没有造成沙割和风蚀,只有降尘,表土侵蚀深度仅0.1 cm;而无林网地区,农作物受害严重,沙土层平均侵蚀深4~6 cm,严重地区高达25 cm。

中国北方干旱半干旱地区是冷空气侵入的门户,寒潮爆发时可连续数日刮大风,尤其是春季气旋频繁过境,大风尤多,导致表土被蚀、沙丘流动或活化、引起沙尘暴,袭击城市、村庄、交通干线等,给人们的生产、生活造成很大影响。由于防护林使地面粗糙度增加,风速降低,从而大大减轻了风沙危害。

2.1.2 调节气温

防护林对气温的影响表现出季节变化规律^[7,8]。一般说来,林网在春秋季节有增温作用,平均增幅0.8~3.2℃;夏季具有降温作用,平均降幅1.0~5.3℃,而且林网内气温白天低、夜晚高。但是,新疆和田绿洲林网内的日平均温度无论春季还是夏季都比绿洲边缘低,且离地面越近差异越大,如在春季绿洲内离地面4.0、2.0和1.0 m处的温差分别为0.8、1.3和1.8℃,这可能与绿洲内水分较多有关。防护林这种调节温度的作用,可改善小气候条件,为农作物生长创造良好的环境。

2.1.3 影响空气湿度和蒸发

由于湍流交换作用减弱、风速减小,林网内空气相对湿度较旷野处提高5%~10%,蒸发量平均降低14%左右,这对于以旱作农业为主的干旱半干旱地区具有特别重要的意义^[3,4,9]。据在甘肃河西走廊的研究,林木初叶期,林网内空气相对湿度可提高3%~14%,全叶期提高9%~24%。在生长季节中,一般可使网内空气湿度提高7%左右,田间蒸发量减少5%~28%。在甘肃兴电灌区果园防护林内,4~10月可提高相对湿度3%~6%,从而减轻干热风的危害,减轻果树严重抽条干枯和落花落果,给果树生长发育创造了良好的环境条件。

在极端干旱的新疆和田地区,防护林提高空气湿度的作用更明显。在林网作用下,绿洲不同部位空气湿度都有很大提高,其规律是:夏季高于春季,绿洲内部高于边缘,近地面下层高于上层,如在夏季2.0 m高度处绿洲外围相对湿度为35.0%、边缘为44.6%、内部为47.8%;离地面4.0、2.0和0.5 m处日平均相对湿度分别为43.3%、47.8%和62.8%。此外,以农田林网为骨架的绿洲生态系统明显不同于荒漠生态系统,从绿洲边缘到内部,春季水面蒸发减少38.5%~48.0%,夏季减少52.7%~57.5%,说明在防护林旺盛生长期其改善环境的能力更强。

2.2 防护林对区域性气候的影响

2.2.1 防风效应

由于风的变化引起其它一系列气候因子的变化,因此该地区防护林区域性气候效应主要取决于其防风作用。研究表明^[10],在中国东北西部地区,整个生长季有林网地区(覆盖率15.8%)与无林网地区相比,日平均风速明显降低,5、7、9月日均绝对防风效益分别为2.2、1.5和1.5 m/s,相对效益分别为36.4%、38.7%和47.2%。此外,风速的日变化也有类似的规律,且风速越大时其防护效益越明显,最大可使风速降低56.4%。

通过历史对比法,也能说明防护林的区域气候效应。甘肃张掖市从1971~1995年防护林面积大幅度增加,其调节气候的作用也十分明显(表2)^[11]。防护林面积越多,风速降低越明显,1991~1995年间比1971~1975年年间平均风速降低38.0%,这显然是防护林体系发挥作用的结果。

表2 甘肃张掖防护林体系区域气候效应

Table 2 Effects of protective forest on regional climate in Zhangye prefecture of Gansu province

年 限	防护林		风 速		年均气温		年均降水		大风日数	
	面积/hm ²	比较%	均值/m·s ⁻¹	比较%	均值/℃	比较%	均值/mm	比较%	均值/d	比较%
1971~1975	31.10	100	2.66	100	7.06	100	131.76	100	26.2	100
1976~1980	32.02	103.0	2.06	77.4	7.06	100	142.0	107.8	11.6	43.6
1981~1985	34.02	109.4	1.86	69.9	6.86	97.17	126.4	96.0	13.2	49.6
1986~1990	43.96	141.4	1.56	58.7	7.48	105.95	134.0	101.8	10.4	39.1
1991~1995	52.33	168.3	1.65	62.0	7.50	106.23	135.2	102.7	5.3	19.9

注:比较是指各时段的价值与第一时段相比的百分数

虽然有人认为,防护林面积对年平均风速影响不明显,但那是在风害不严重地区得到的结论,而中国北方干旱半干旱地区风害严重,若原来的防护林又很少,则大面积的防护林就会显著降低年平均风速。

2.2.2 对气温的影响

防护林对气温的影响比较复杂,受很多因子如天气类型、林带结构、风速大小、乱流交换强弱和下垫面状况等的影响。研究表明,在生长季(5~9月)有林地区有增温效应,日均温增加 $0.1\sim 0.6^{\circ}\text{C}$,增幅 $0.5\%\sim 4.6\%$;但在冷气团控制条件下,由于冷气团在林区积留而降温,日均降低 0.2°C ,夜间低于对照地,白天高于对照地。对年均气温而言,防护林的增温作用不明显(表2),略有升高,张掖市1991~1995年的年均温比1971~1975年仅高 0.44°C 。总之,防护林对区域性气温影响不大,这可能与气温易受大气环流及全球气候变化影响有关。

2.2.3 对水分的影响

中国北方旱地水分匮乏,农业生产大多靠灌溉,如果防护林能增加降水,则意义重大。但研究表明,防护林不能明显提高降水量,随着防护林面积的增加,年降水呈现出随机波动的现象(表2)。进一步研究表明^[10],在生长季(5~9月)中,就区域气候而言,有林和无林地区的空气相对湿度差异不大,这与对降水量的影响是一致的。

在干旱半干旱地区,春季干旱多风,由于林网的防风作用减少了近地面气层的乱流交换作用,土壤蒸发减少,使土壤中有限的水分得以较好地保持在土壤上层,这对于该区农林业非常重要。据观测^[10],在5~6月有林网区可比无林区减少蒸发 18.2% ,但在雨量较多的季节,林网减少蒸发的作用降低,仅为 $5.9\%\sim 9.6\%$ 。

2.2.4 对大风和沙尘暴的影响

由于防护林能显著降低风速,因而大风日数也明显减少。张掖市1991~1995年的大风日数均值是 5.3d ,仅为1971~1975年的 19.9% ,减低 80.1% ;新疆和田的防护林研究也得到相同结论。大风日数减少使沙尘暴日数迅速递减,张掖市1991~1995年平均沙尘暴日数仅为1971~1975年的 14.8% ,减少 85.2% 。因此,要从根本上减少沙尘暴危害、改善环境,就必须有一定规模的防护林体系^[12]。

3 防护林气候效应研究中存在的问题

3.1 小气候研究不够系统

目前,中国干旱半干旱地区防护林改善小气候的研究,多是针对某条防护林带(也有林农复合系统)进行的,一般都有灌溉条件,且测定时间较短。实际上,该地区水资源匮乏,能够进行灌溉的面积不多,因此测定结果受农业灌溉影响较大,并缺乏极端状态的天气状况,所以研究内容多是零散性的微观研究,其结果不够系统、有一定的局限性。

3.2 区域性气候研究方法有待完善

对于区域性气候研究,目前一般采用横向对比法和历史对比法。

横向对比法是在同一时间、同一天气系统内测定有林和无林地区的气候状况,这种方法理论上可行,但要真正找一块无林而其它条件又与有林地相同的地方是很难的,况且防护林对区域性天气的影响范围即生态边界层的厚度也不清楚,因而研究结果有一定局限性。

历史对比法是通过某一地区防护林面积及区域性气候的变化,分析防护林对区域性气候的影响,这里实际上有两个约束条件:全球气候没有变化;该地区除防护林面积增长外,其它方面特别是水利条件保持不变。假设全球气候在短期内(30~40a)不变,该地区没有灌溉条件(水利状况不变),应用这种方法是可行的。然而,这两个条件都在变化,尤其是水利状况,随着绿洲社会经济条件的变化必然得到改善,从而对生态环境产生很大影响。因此,用这两种方法研究防护林的区域气候效应,都存在一定问题,但研究结果反应的趋势是正确的,可以加深人们对森林防护功能的认识。

3.3 有害风速的界限不明确

诚然,中国北方干旱半干旱地区干旱多风,应建立生态防护体系。但各种防护林防御风速界限的确定,对于具体的防护对象,如何界定有害风与有益风及为达到防护要求,防护林的设计应达到的技术标准等,例如,防风固沙林防御风的范围应该不小于起沙风速,绿洲内部农田林网防御风的范围应不小于对被保护作物有害风速的风,然而风速多大时对当地主要农作物、果园有害等这些理论和生产上急待解决的问题,目前还没有定论。

4 讨 论

4.1 林和草的关系

多年来,人们一直很强调防护林改善环境的作用,然而在年降水量小于500 mm的气候条件下,除高山及河流、湖泊附近水分较多,天然林可以生长外,大部分地区没有灌溉条件,乔木生长十分困难,如果不顾客观条件大量营造耗水量大的阔叶乔木树种,不仅不易成活、成林、成材,而且难以发挥应有的生态、经济和社会效益^[13];而耐旱灌木和草本植物分布广,更能适应该地区的立地条件,宜乔乔则乔、宜灌则灌、宜草则草,并将乔灌木结合起来,形成复合群体。在北方东部区形成以乔木为主的乔灌木植被群落,在中部干草原区形成以禾草为主的草灌乔植被群落,在西部干旱区则以旱生灌木为主。实际上,灌木和草只要运用得当,也能起到改善小气候、防风固沙的作用。

4.2 关于林木栽培密度

综上所述,防护林具有改善小气候和区域性气候的功能,但这并不意味着人们可以随意营造高密度林分。在北方灌区,水分较多,能基本满足林分蒸腾耗水的需求,短时间匮乏不会对其生存构成威胁;然而,在无灌溉条件的广大旱区,水分是林木生存的限制性乃至决定性因子^[14],即使极耐旱的荒漠梭梭林,也会因连年干旱、体内水分不足,引起生理过程和代谢功能失调而死亡^[15]。另据报道^[16],樟子松是中国北方优良的用材和防护树种,造林面积迅速扩大,但由于初植密度大,20年生以后沙土水分含量和地下水位下降,林木生长受到严重影响,甚至死亡。因此,在该地区造林和经营过程中,要根据水分平衡原则,确定合理的林分密度。

4.3 关于最佳森林覆盖率

国内外关于最佳森林覆盖率的探讨颇多^[17-18],一般以满足人们对森林的各种需求(如涵养水源、保持水土、防风固沙等)所需的面积求得,没有考虑对林木生长起限制作用的水分因素,更没有将其生态功能与灌木和草本植物的结合起来,由此确定的最佳森林覆盖率显然存在一定问题。另外,人们对森林的需求是不断变化的,最佳森林覆盖率是一个动态概念,受自然条件、社会经济状况和人们环境意识的影响,因而用“最佳”一词欠妥,应用“合理”比较好。

5 结 语

在中国干旱和半干旱地区,防护林具有改善小气候和区域性大气候的功能,可改善农作物生长环境、提高人们生存质量、促进社会经济的可持续发展。与小气候相比,防护林对区域性气候影响较小,但可显著降低风速和沙尘暴发生频率。在该地区造林,应注意水量平衡,控制合理的林分密度和森林覆盖率。在西部大开发中,不仅要造林种草,更要保护好现有植被、防止环境进一步恶化;加强科学研究,制订出科学、合理的技术标准,如合理的植被覆盖率、防护林的形式、树种选择、林带结构、配置、密度等,营造高效复合生态体系,集约经营,提高林分质量,以充分发挥其生态功能。

参 考 文 献

[1] 朱俊凤. “三北”防护林地区自然资源与综合农业区划[M]. 北京:中国林业出版社,1985. 18—39.

- [2] 戚桂珍. 三北地区抗旱造林技术综述[J]. 防护林科技, 1994, (3): 35-36.
- [3] 常兆丰. 河西走廊沙区防护林研究综述[J]. 防护林科技, 1997, (4): 16-19.
- [4] 刘珏华, 文 华, 狄心志, 等. 新疆和田地区农田防护林效益的研究[J]. 防护林科技, 1994, (4): 9-13.
- [5] 代力民, 王宪礼. 三北防护林生态效益评价要素分析[J]. 世界林业研究, 2000, 13(2): 47-50.
- [6] 高建玉. 河西走廊风沙尘暴的成因及其防治[J]. 甘肃林业科技, 1995, (2): 68-71.
- [7] 张庆良, 徐文铎, 林长清. 乾安县农田生态经济效益的研究[A]. 见: 向开馥. 东北西部内蒙古东部防护林研究(一)[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1989. 296-305.
- [8] 朱 健, 冯敏杰, 陈存根, 等. 椒粮间作及其效益的初步研究[J]. 防护林科技, 1997, (2): 15-17.
- [9] 包 翔, 常金宝. 干旱半干旱地区农林复合生态系统农田小气候变化研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1999, 21(2): 39-43.
- [10] 向开馥, 周葆果, 赵雨森, 等. 农田防护林体系区域性气候效益研究[A]. 见: 向开馥. 东北西部内蒙古东部防护林研究(一)[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1989. 221-232.
- [11] 刘发明, 赵登耀. 张掖市农田防护林生态效益研究[J]. 甘肃林业科技, 1997, (2): 54-58.
- [12] 姜风岐, 朱敏君. 宁蒙特大沙尘暴科学考察报告[J]. 应用生态学报, 1993, 4(4): 343-352.
- [13] 王 贤, 周心澄, 丁国栋. 对我国荒漠化防治现状的一些认识与建议[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(5): 100-103.
- [14] 董学军, 陈仲新, 阿拉腾宝, 等. 毛乌素沙地沙地柏(*Sabina vulgaris*)的水分生态初步研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(4): 311-319.
- [15] 张希林. 浅析阿拉善荒漠梭梭林的退化原因和保护利用[J]. 内蒙古林业科技, 1999, (2): 1-3.
- [16] 曹德慧, 姜风岐. 从水量平衡角度探讨樟子松人工林的合理密度[J]. 防护林科技, 1995, (1): 4-7.
- [17] 郭忠什. 最佳森林覆盖率的初步研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(3): 23-27.
- [18] 郭忠什. 水土保持林有效覆盖率及其确定方法的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(3): 67-71.

(责任编辑 郑瑛琰)