

〔苏〕 E. H. 罗曼诺娃 著

基本气候要素的 小气候变化

科学出版社

基本气候要素的小气候变化

〔苏〕E. H. 罗曼诺娃 著

王炳忠 译

张家诚 校

科 学 出 版 社

1 9 8 1

内 容 简 介

本书所研究的是有关小气候方面的问题。书中综合了作者多年来从事小气候科学考察研究的结果,介绍了为获取小气候情报资料的多种计算方法(坡地的降水再分配,各种地形条件下的蒸发力和蒸发,岗峦起伏地形区的土壤湿润状况等)以及小气候制图法。

在这些工作的基础上,得出了苏联境内基本气候要素的小气候变化数值,给出了在各种有限的地域范围内不同的气象指标的空间变异性。

本书可供气象、气候、农业气象、农业以及建筑工作者参考。

Е. Н. Романова

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛИМАТА

Гидрометеиздат Ленинград 1977

基本气候要素的小气候变化

〔苏〕Е. Н. 罗曼诺娃 著

王炳忠 译

张家诚 校

责任编辑 郑秀灵

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年7月第一版 开本: 787×1092 1/32

1981年7月第一次印刷 印张: 9 1/4

印数: 0001—3,000 字数: 207,000

统一书号: 13031·1601

本社书号: 2197·13—15

定价: 1.45 元

译、校者的话

随着科学技术的迅速发展,生产建设的日益扩大,气候学也正在发生很大的变化,概括起来说,就是向高、大、低、小、专五个方向发展。高,指的是平流层和平流层以上的高层气候;大,就是半球的甚至全球的气候;低,就是近地层以至贴地层气候;小,就是小气候和微气候;专,就是各种专项气候(如辐射气候、光气候等)以及各种应用气候。这五个方面既反映了当代人类活动对气候的新的和更高的要求,也反映了气候学是一个综合性整体,需要向这五个方向发展,才能更全面而深入地揭露其规律性。

高、大与低、小相比,无疑低、小占了更加重要的地位。尽管火箭、卫星、飞机、无线电通讯等极需要高层大气状况,但是,人类的根据地仍然是在大陆地面上,工业、农业、交通运输等国民经济各部门不但是在地面上,而且绝大部分处于一定的地理环境之中。所以它们要求了解小气候的规律性,而不只是笼统的大气候。

更为迫切的问题是,人类并不因为技术的日益发展而减少其对气候的依赖性。相反,由于技术的发展,扩大了人类与气候的相互作用。特别是由于人口的迅速增加,对粮食和能源的要求增加了,城市、工矿、道路等的建设扩大了。于是更需要合理地利用自然资源和避免自然灾害。这就要求对气候有进一步的认识。

事实证明,在同样的大气候条件下,小气候的变化却是十分复杂的。工业、农业等都分布于具体的地理环境之中,它们

迫切要求知道城市内部或农场范围的气候条件，才能够充分利用这些条件，或避免造成不良的影响。所以开展小气候工作是气候服务的一个重要环节。

小气候既是气候应用于生产建设的一个重要过渡环节，同时它又从两个方面促进了大气候的发展。第一个方面通过小气候研究可以进一步弄清下垫面与气候的关系，进一步解释大气候的形成原理。另一方面，只有弄清小气候，才能排除气候资料中的各种小气候干扰的影响，更加正确地反映出大气候的各种特征。同时，小气候工作又是县站预报、农业气象等各项应用气候学的重要依据。因此，我们可以从小气候与气象学各分支的有机联系中，进一步发现它对大部分气象工作的促进作用。

小气候工作的主要依据仍然是稠密的观测网。但是，稠密的观测网需要很大的人力、物力，不可能在大范围内常年地进行。于是就出现了如何把小范围短时的观测资料推广到大范围的问题。其中主要的环节就是充分利用小气候与地形、植被等的关系和根据不同尺度的地形图、植被图、地貌图、土壤图等所提供的间接资料。经研究证明，这样的方法所得到的小气候特征与直接观测的结果基本上是一致的。

我国自汉代以来，农业生产上就以精耕细作作为其重要特点。我国的农民和学者很早就注意到地形和地势所造成的小气候差异性。北宋科学家沈括在解释唐代白居易的游大林寺诗时曾写道：“‘人间四月芳菲尽，山寺桃花始盛开’为此地势高下之不同也”。我国广大农民也能够根据当地各处物候的不同，判断其小气候差异。这些事实不仅说明在我国早就有了对小气候的一定认识，而且在群众中有着丰富的小气候经验，为我国今后小气候工作提供了一个十分有利的条件。

建国后，由于社会主义革命和社会主义建设的要求，在我

国进行了大量小气候工作，其中包括各地的气候普查和各种气候考察工作。前者对许多灾害性小气候研究是十分有效的。

目前在国外，小气候工作也得到了迅速的发展，不少国家在系统研究的基础上，拟定了切实可行的小气候考察方法，积累了丰富的的小气候资料，摸清了一些小气候规律。所有这些均在气候服务工作中发挥了重要作用。

本书是最近苏联小气候工作中一部有代表性的著作。本书较系统地介绍了苏联在小气候研究中所取得的主要成果，其中对我们参考意义最大的是书中所涉及的一些在苏联已经取得一定成效的方法。例如，各种小气候指标的求取方法、小气候制图法、如何在资料不足的情况下研究小气候的方法以及适于小气候学目的的气象站地势的客观分类法等。我们说这些方法有参考意义，并不是说它们可以不分任何条件地适用于我国的各个地区，而是说，这些方法的合理因素可以在发展我们自己的方法时借鉴。同时也应当指出，本书也与苏联其它的自然科学著作一样，作者自觉或不自觉地美化着自己国家的一切，所以在阅读本书时，应当注意这一点。

洋为中用，古为今用是我国吸收国外的和古代的科学财富的重要方针。本书中谈到了生物地理群落的概念和从生态学的角度如何开展小气候工作，就值得我们注意。我们的祖先虽然在物候学中作出了突出的贡献，但是我们在运用物候与气候的关系时却尚未形成完整的理论和定形的方法，这是我们需要解决的。随着我国四个现代化步伐的加速，极需要总结我国自己的小气候学。我国的小气候学不但应该概括我国已有的丰富的小气候材料，而且还要有自己的理论。只要具有一定的理论水平，小气候虽小而不失于琐碎，其规律性虽细而有明显系统。

现代科学技术的发展是日新月异的，这不仅对小气候工作的发展提出了迫切的要求，而且也提供了具体实施的新的技术手段。卫星、雷达、激光、遥感等都是现代技术提供的有前途的研究气候和小气候的工具。这一方面的材料在本书中没有介绍，但也是值得我们在工作中考虑的。特别是卫星观测系统，它具有很高的分辨能力，正在发挥越来越大的作用，对中、小气候研究的潜在影响是十分值得重视的。

本书也还有其它一些缺点，例如，在有些地方失之繁琐，有些地方的论据仍嫌不足，这些也需提请读者注意。

本书中译本的全部插图，均按原版复制。

由于本书的译、校人员的水平有限，一定会存在着文字译、校方面的缺欠，甚至发生错误也在所难免，敬希读者指正。

序

发展国民经济,开拓新的地区,加速和扩大发展新垦区的工农业以及执行全国范围的土壤改良措施等类问题,都要求细致地考虑国家的气候资源。

在现阶段,实现大规模地发展苏联经济的措施,需要有关我国气候资源方面准确而详尽的情报。在拟定和执行这些措施的过程中,水文气象服务的作用是很大的。但是,如无详尽的小气候研究,要提供这样的情报几乎是不可能的。地球物理观象总台和其他一些单位所进行的研究表明,在一些大气候背景比较均匀的经济区域内,往往具有很大的小气候差异。因此,借助小气候学可以在很大的程度上校正任何区域内的气候资源。小气候学正是研究有限的地域范围内自然界中存在着的各种类型的下垫面不均匀性(地形、土壤类型、植被、水域、人类建筑)对各气象要素变化的影响的。

在四十年代末,根据 С. А. Сапожникова 的创议,地球物理观象总台设置了小气候室。1950 年出版了她的专著《小气候和地方气候》^[171]。书中收集并整理了当时所有的关于小气候的资料。在最近的 15—20 年内小气候学获得了突飞猛进的发展。И. А. Гольцберг 主编的《丘陵地形的小气候及其对农作物的影响》^[120] 这部集体专著,可以算是这方面的巨著之一。1967 年又出版了还是由她主编的《苏联小气候》^[119] 以及一系列地球物理观象总台的小气候方面的论文集。在上述这些著作中,得出了各气象要素小气候变化的定量评价,拟定了丘陵地形和不同土壤类型情况下各种尺度的

小气候制图法。水域和植被对毗邻地区的影响则反映得不够充分。本书作者直接参与了所有上述工作。

在研究小气候的过程中，方法问题起着很大的作用。当解决某一小气候任务时，主要的困难常常是缺少适当的方法。近地面层物理方面的专家们所拟定的方法，对于下垫面条件不均匀的情况很难应用。普通的气候研究方法远远不能经常运用到小气候学上来。

科学考察的观测结果，对于确定小气候变化的量值和查明小气候形成的规律性方面无疑是可靠的。在一个相当长的时期内（1951—1965年），它是小气候研究中的基本方法。但是，由于这些观测是间或性的，并且也不可能包括所有小气候学所要求的要素，因而在解决一些问题的过程中，不得不采用小气候资料的地理概括法。探索因果关系也已经不只限于分析实验资料，而不得不借助于计算资料。

制定出来的关于考虑降水在坡地和坡脚的再分配和关于计算不同地形条件下的蒸发力和蒸发的基本方法，曾解决了确定苏联境内复杂地形条件下的土壤湿度这一大难题，建立了土壤水分收支的逻辑模型，得到了不同地点的土壤贮水量的数值。将计算的结果同台站和科学考察的观测结果相比表明，它们之间有着很好的一致性。

丘陵地形条件下风的规律的研究是在综合了大量的考察观测和气候资料的基础上进行的。

小气候指标的空间内插方法也需要在小气候制图方面进行专门的方法性研究。

自然地理条件的多样性，诸如下垫面的不均匀性，不同的环流条件，国土的辽阔等与小气候的多样性是结合在一起的。为了将多种多样的小气候系统化，选定基本的小气候要素是适宜的。湿润状况和风当然是基本的、主导的小气候要素，辐

射和热量也无疑要算上。上述每种要素都应从不同的方面进行细致的研究,尤其重要的是对这些主导要素进行综合考虑。

在本书第七章中给出了北方地区的这种综合考虑的例子,所用的原始资料是很少的。

当前,必须加强自然科学各分支学者之间的协作。著名的地理学家 А. А. Григорьев 院士^[60]指出,所有地学过程都是相互联系的,并可看作为一个综合体。稍后,В. Н. Сукачев 院士^[49]引出了一个更加广泛的概念——生物地理群落(биогеоценоз)。

生物地理群落各成分的统一性,相互联系和相互制约,使有限的气象资料得以补充和使之更加详尽成为可能。这些间接的方法是相当可靠的,在一些情况下,甚至可借以校正不够精确的气象资料。对北方地区之所以能够进行详细地小气候和中气候鉴定,正是在极其有限的考察和正规观测资料以及现代的绘图法的基础上,对该地区已查明的小气候规律进行内插的结果。在此过程中,也采用了建立在生物地理群落各成分的统一和相互联系基础上的间接方法。

从气象的和气候的观点来看,北方地区是很值得注意的。这里发现了对于中纬地区来说是不同寻常的、质地新颖的小气候规律性。因此,所完成的研究工作也具有方法论方面的意义。

在同样的原则基础上,也可得到其他一些了解尚少、气象站网稀疏地区,例如,修建贝加尔—黑龙江铁道干线地区的气候和小气候资源的详尽评述。

由于在小气候研究中需要利用正规的气象情报资料,本书作者会同 Л. Г. Васильева 一起拟定了气象站地势的客观编码分类法。借助这种分类法,可利用电子计算机算出小气候的时间结构,完成各种小尺度和中尺度过程的数值模拟。

给出水分收支(降水的再分配,蒸发力和蒸发以及各个地点的土壤贮水量)的小气候变化的量值,因地制宜地提出土壤改良措施建议,从应用气候学的角度来说,首先对于农业生产具有很大的意义。

对在地形影响下风状况的改变感到关切的则是城市建设者,国民经济许多部门的设计者,特别是贝加尔—黑龙江铁道干线的建设者们。

根据不同地点的湿润状况以及免受盛行风和有害风的防护程度,对苏联全境进行分类将有助于各计划部门最准确地考虑国家的气候资源,而这恰是小气候学的根本任务。

目 录

译、校者的话	iii
序	vii
第一章 暖季丘陵地形区域降水的再分配	1
第一节 坡地不均匀湿润的基本原因	1
第二节 考虑坡地和坡脚降水再分配的方法	6
第三节 形成坡地径流的降水量与总降水量之间比例关系的 计算	13
第四节 坡地水分再分配的数值	16
第二章 不同湿润度地带内坡地的蒸发力	27
第一节 确定蒸发力的方法和适宜于丘陵地区计算方法的选 择	28
第二节 坡地辐射平衡的计算	31
第三节 暖季不同坡向和坡度的坡地的蒸发力	33
第四节 各季的坡地蒸发力	42
第三章 各湿润度地带内坡地的蒸发	54
第一节 不同地形条件下计算蒸发的特点	54
第二节 平坦地段湿润度的地带性特点	56
第三节 从实验资料中得到的各种地形条件下的湿润度系 数	58
第四节 坡地的湿润指标	64
第五节 暖季期间和各季节内坡地的蒸发	74
第四章 苏联境内丘陵地形条件下土壤的湿润状况	97
第一节 土壤的水-物理性质	98
第二节 丘陵地形条件下土壤的湿润状况	101
第三节 不同部位的有效贮水量	110

第四节	丘陵地形条件下贮水量计算的区域性实施, 以爱沙尼亚为例	123
第五节	土壤改良措施的因地制宜性	129
第六节	根据不同部位湿润状况的评价对苏联全境的分类...	135
第五章	岗峦起伏地区风的状况	140
第一节	丘陵地形条件下风状况变化的基本规律	141
第二节	岗峦起伏地区风速的变化	143
第三节	坡风及其对小气候形成的影响	147
第四节	山麓地带风状况的一些特点	153
第五节	根据对盛行风和有害风的蔽风性对苏联全境..... 分类	165
第六章	小气候制图法	180
第一节	大比例尺小气候图的绘制	181
第二节	在形态测量底图上绘制小气候图	185
第三节	不同尺度的小气候图的绘制	205
第七章	在气象情报资料有限的情况下中、小气候的研究(以北方地区为例)	218
第一节	小气候考察研究的结果	221
第二节	斑点状冻原和丘状冻原的小气候	222
第三节	向阳岸坡的小气候	233
第四节	多边形沼泽的小气候	238
第五节	区域的综合小气候特征	242
第六节	北方地区的中气候区域	245
第八章	以小气候学为目的的气象站位置的客观分类...	249
第一节	获得小气候情报资料的方法	249
第二节	气象站位置的编码分类	250
第三节	气象站位置的编码	265
第四节	气象站位置的基本类型	267
结语		272
参考文献		275

第一章 暖季丘陵地形区域 降水的再分配

第一节 坡地不均匀湿润的基本原因

无论是冬季还是夏季,降水的再分配是决定丘陵地形区域各个不同地段土壤湿润程度不同的原因之一。

冬季,在低地由于要从高处往这里吹雪,这里就发生雪的堆积。迎风坡的雪很少,背风坡的雪被要厚得多。根据 М. Я. Глебова 的研究,在苏联欧洲部分的大部分地区和西西伯利亚,当吹暴风雪时风向多为南和西南,北风很少。与此相关,在背风的北坡,通常雪被很厚,而在迎风的南坡,雪被的厚度要小得多,甚至发生融雪。根据 В. И. Корзун^[98],雪被的多年平均厚度,北坡要比南坡大 30%。在不同的气候条件下,风吹雪的程度是不同的:在解冻天气极少出现的地区,风吹雪的现象严重,而解冻天气频繁的地区,会形成坚硬的冰壳,风只能吹走新落下的雪。

即使在同一面坡地上雪被的厚度也是有变化的:迎风坡,自坡脚向坡顶雪被厚度渐次减少,而在背风坡,雪被最厚的部位在坡地的上部。

当然,土壤吸收冬季降水的融水的程度,要看雪的融化过程以及土壤解冻过程的配合情况。在较陡的南坡,这里的雪被通常就不很厚,再加上由于入射的直接辐射量要多些,融雪进行得很快,渗入土壤中的水分要比较平缓的坡地以及其他坡向的坡地少得多。春季融雪期间,在阴天频繁出现的情况

下，坡向对融雪过程的影响就不显著了。坡地土壤的冻结状况与雪被的厚度有关：雪被薄的地方，土壤冻结严重。雪被下的土壤很少解冻与直接入射的辐射量有关。南坡的土壤，通常在雪被消失后几天就解冻了；而在北坡，由于融雪过程缓慢，土壤解冻早于雪被的消失。南北坡向雪被消失和土壤解冻的不同决定了土壤吸收融水程度的不同。根据 С. И. Тайчинов 和 М. М. Файзуллин^[192] 的资料，南坡土壤所吸收的水分永远少于北坡。

这样一来，在土壤解冻早的北坡所吸收的融水占 70—100%，而在雪被消失早于土壤解冻的南坡，只有 30—80%。

土壤吸收冬季降水的程度还与气候条件有关。А. В. Процеров 研究了苏联欧洲部分土壤蓄积冬季降水的问题。他根据秋末和春初土壤水分之差来确定土壤吸收冬季降水的量值。最大蓄积值出现在苏联欧洲部分的东南部（伏尔加河流域）以及乌克兰的西南部，约占冬季降水的 40%。在黑钙土带和前高加索黑钙土带，蓄积值下降到 23—35%。在灰壤带南部只渗入了 10—15% 的降水，而在西北和北部地区则完全不吸收冬季降水。А. В. Процеров 得出结论：决定土壤吸收冬季降水的基本因素是秋季土壤的水分饱和程度。秋末，东南部地区 1 米土层的含水量平均只有田间持水量的 50%。因此，虽然这里的土壤冻结很深，没有回暖和春季融雪快，浸润程度还是要比其他地区的大；而西北和北部地区，由于这里秋季的土壤湿度已达 100%，冬季降水对浸润土壤来说不具任何意义。

春季土壤的湿润状况取决于秋季的土壤贮水量、冬季降水的再分配和春季融雪的特点。春季土壤的湿润情况会使各个地形要素的土壤湿度呈现丘陵地区所特有的关系。

夏季降水对土壤湿度的影响也是因地而异、很不均衡的。

在有限的地域范围内,降水对于整个面积来说是均衡的,但范围一扩大就会出现所谓的再分配问题。坡顶和分水岭,渗入的水分只有来自雨水;它的一部分进入土壤,另一部分则沿坡流失。在坡地上部,雨水也是部分渗入,部分流失。在坡地下部,由于有了迳流水的来源显然要比坡顶和坡地上部充足,并且越向下部附加的水量也越大,在坡脚和谷地达到最大值。可见,岗峦起伏地区夏季降水再分配是不同地形土壤水分不同的原因之一。并且当平缓地段没有迳流时在坡地上也可发生雨水迳流。

许多研究者都从事过坡地暴雨迳流研究。其理论基础是 A. H. Бефани^[25] 提出的。根据该理论,坡地表面迳流 $I_{\text{表面}}$ 可以下式表达:

$$I_{\text{表面}} = P - B \quad (1)$$

式中, P 是降水; B 为总渗入量,其中包括物理上不均匀的渗入量,即 $B = B_T + B_r + B_0$ 。这里 B_T 为暴雨期间的渗入量,也就是在水流中土壤所吸收的和地表上雨滴达到时渗入土壤的水量; B_r 为暴雨终止后迳流减退期间的渗入量,也就是水流和水洼情况下渗入的水量; B_0 为迳流终止后的渗入量,主要是存于凹陷处的水的渗入量。 B_T 和 B_0 的量值为土壤性质和地表结构所决定,而 B_r 则取决于坡的长度、坡地的陡度和它的流体力学特征。

$P - B_T - B_0$ 所表示的数值就是由于降水强度大于土壤的渗水强度以及由于小地形的滞留特性而在地表形成的水层。这就是所谓的积极水分形成层。消极水分形成层则用汇聚于洼处而尚未形成迳流的水来表征。这样一来,整个迳流期的坡地表面迳流平衡方程,可以通过水分形成层来表示

$$I_{\text{表面}} = S_T - B_r \quad (2)$$

式中, S_T 是 T 时段内总的水分形成层。

这个公式表明，坡地迳流比水分形成层少 B_r 。 B_r 表征水分形成结束后的渗入量，并与坡地的面积以及坡地迳流的其他要素有关。

根据 Бефани 的分类，存在三种暴雨迳流：1) 完全迳流：迳流波所通过的路程大于或等于整个坡地的长度；2) 不完全完成迳流：迳流波所通过的路程小于整个坡地的长度；3) 未完成迳流：它只构成水分形成的不大的一部分。

完全迳流实际上只在陡坡和土壤湿润的情况下才有可能。对于秋雨丰沛和土壤水分饱和的情况，它是很典型的。夏季，它对远东地区有特征意义。在俄罗斯中部高地，由夏季暴雨所引起的完全迳流也是相当常见的现象；而对于苏联南部地区，完全迳流则是罕见的，只有成灾暴雨出现时才能观测到。

不完全完成迳流乃是夏季迳流中最常见的一种。在过湿地带，它与完全迳流交替出现；在湿润地带以大量迳流为特征，而在干旱地带，只有在下大暴雨时才能观测到它。

未完成迳流广布于草原地带，特别是干草原地带。在过湿地带，只有在形成弱迳流的条件下，即降雨强度不大以及土壤干燥的情况下，它当然也可能出现。

Бефани 的坡地迳流理论尚未达到能够计算所提供的指标这样的程度，但是它可以给出量级数值，借以弄清坡地迳流的物理实质和正确地总结归纳各种地点坡地迳流的零散经验材料。

正如作者^[155,156]和其他一些研究者^[129,137,143,189,190,197]所指出的，夏季降水迳流可能出现在降水强度高于土壤的渗水强度的情况下。土壤的渗水强度依土壤的类型及其湿度而定。

М. Ф. Срибный^[187, 188] 拟定了土壤和底土按渗水强度的