

本书出版受华夏英才基金支持

农业小气候学

AGRO-MICROCLIMATOLOGY

黄寿波 编著

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业小气候学 / 黄寿波编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2000. 1

ISBN 7-308-02621-3

I. 农... II. 黄... III. 农业—小气候
IV. S162.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 85851 号

责任编辑 涂 红
出 版 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江印刷集团公司
经 销 浙江省新华书店
开 本 889mm×1194mm 1/16
印 张 14.75
字 数 378 千
版 次 2001 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-308-02621-3/S·011
印 数 0001—1000
定 价 30.00 元

内容简介

本书是作者在长期从事农业气象学与农业小气候学的教学、研究工作基础上,参阅国内外有关学术著作与论文编著的一本农业小气候学著作。全书除绪论外共分十二章,绪论概述了小气候学与农业小气候学的概念、任务及研究现状。第一章至第三章是小气候学的物理学基础,主要论述小气候形成的物理过程,包括农业用地的辐射平衡和热量平衡、土壤中的热量交换、湍流热量交换和潜热交换的计算方法及变化规律。第四章至第十章是各种类型包括地形、水域、农田、大田作物、果桑茶园、农林系统、畜舍和蚕室的小气候形成原理、时空分布特点、影响因子和变化规律。最后两章着重介绍改善小气候的各种农业技术措施、工程设施和农田防护林的小气候效应。

本书可供高等农林院校农、林类各专业师生阅读,也可供从事气象、气候、农业气象、林业气象、地理、水文以及农林牧专业技术人员参考。

序

减灾保产,以及如何有效地利用自然资源,发展农业生产,为“一优两高”农业服务,一直是人类尤其是从事农业生产的人们非常关心的问题。小气候不但是人类和各种生物最贴身的生态环境,也是一种自然资源。人类和各种生物的生长、发育、吸收营养(觅食)、繁殖、甚至死亡,以及人类的许多生产活动,无不受气候尤其是小气候的影响。由于农业生产大多处于自然环境中,因而农作物或饲养的动物,也经常遭受炎热、酷寒、干旱、水涝等不利气候条件的影响,如何缓解或避免这些不利的影响,设想改变大气候环境,那是难以做到的,但是改变小气候环境,却大有可为。

浙江大学黄寿波教授,长期从事农业气象学的教学和科研工作。近20年来,还积极进行地形小气候、水域小气候、果园小气候、茶园小气候、农林系统小气候、防护林小气候、塑料薄膜覆盖小气候等内容的试验研究工作,积累了丰富的资料。这些研究项目,不但是近三四十年来世界上农业小气候研究的热门课题,也是我国近年来在农业生产上频繁出现的和研究的实际问题。作者在自己积累的丰富资料基础上,参考了大量国内外有关农业小气候的文献,编著一书,定名为《农业小气候学》。这部著作,其内容既不重复国外出版的《近地面层气候》(盖尔格著),也不同于国内出版的《山地气候》(傅抱璞著)和《小气候和农田小气候》(翁笃鸣等编著)等著作。该书在简要介绍小气候形成的物理学原因后,着重介绍各种类型小气候特征和人类活动对农业小气候的影响,因此具有明显的特色。特别是书中在讨论作者从事的科研领域的内容方面,更有自己的独特见解,使内容更加充实和生动活泼,理论密切联系实际,因而不但在科研上有重要参考价值,在教学上也是难得的、生动的教材,使学生便于领悟和掌握解决问题的关键。

《农业小气候学》一书的出版,一方面为农业生产提供了许多利用、选择或建立良好的小气候环境(例如选择有利的地形小气候,建立防风障、防风林、塑料棚、温室等)的途径和方法,另一方面还系统地介绍了小气候环境中物理过程的基本原理,使学习者在农业生产过程中遇到有关问题(例如灾害)时,有所遵循以及如何采用适当的措施,以防御不良的气候条件,或事先采取相应措施,来利用有利的小气候条件。尤其值得一提的是,这本书中所举的各种防御不利和利用有利的小气候条件的实例,有许多是黄寿波教授多年的科研实践成果,而且密切结合中国尤其是长江流域和浙江省的实际情况,因而读起来生动,而且实施有效。我相信,这本书的印刷出版,将为我国农业的减灾保产、发挥自然资源潜力以及在教学方面作出巨大贡献。本书作者邮稿索序,我拜读之余,茅塞顿开,深为钦佩。敬祝我国第一部《农业小气候学》诞生问世,并顺向作者致以敬意。

江爱良

北京中关村,2000年春

编著者的话

农业生产的对象——作物(牲畜)的正常生育需要一定的生态条件,当周围环境适合作物生育要求时,则生育迅速,枝叶繁茂,株间郁闭度大;当超过一定限度后,则导致田间通风透光和温湿条件急剧恶化,抑制植物生长,引起病虫害的发生和流行,以致造成作物群落的衰退、死亡。这种表现,在自然界中完全依赖于土壤(soil)—植物(plant)—大气(atmosphere),即 SPA 系统内部的适应过程。但在农田或畜舍中,作物(牲畜)群体结构是受人为控制的,人们可以通过采用人工措施,对农田 SPA 系统的某些环节加以影响,改造作物的生育环境,达到高产、稳产、优质和低耗的目的。

人类在地球大气中生存,随时随地都受到大气环境的影响。但是,人类最直接最经常地所受大气环境的影响,却是小气候的影响。农作物生长在贴地气层和土壤上层内,作物所受气候的影响,完全不同于气象站观测到的大范围气候。小气候学就是研究小气候现象形成、分布及其与人类活动和动、植物生存相互影响的学科。因此,了解和研究小气候,特别是与农业有关的小气候形成的规律性,对于充分利用有利的小气候资源,避免和克服不利的小气候条件,合理布局农业生产和多种经营,提高农作物单位面积产量和品质,都有重大的实践意义。近几十年来,小气候学在农业生产领域中得到迅速发展,如地形小气候、保护地小气候、防护林小气候和农田小气候等,在农业现代化建设中起到了积极作用。

《农业小气候学》也可作为高等农林院校师生的教学参考书,学生学习后可加深农业基础理论、扩大知识面、开阔视野、增长知识和直接为农业生产服务。

本书共分三个部分。第一部分(第一章至第三章)简单介绍了小气候学的理论基础,主要讨论农业用地的辐射平衡及热量平衡过程的基本理论知识和实用计算方法,土壤中的热量交换、湍流热交换和蒸发耗热的计算方法及变化规律。第二部分(第四章至第十章)介绍了几种主要类型小气候特征及形成规律。第三部分(第十一章至第十二章)介绍改善小气候的措施及方法。

本书承蒙我国著名小气候学专家、中国科学院自然资源综合考察委员会研究员、原中国农学会农业气象分会第一、二届副理事长、中国林学会林业气象专业委员会第一届主任委员江爱良先生亲笔赋序,为之增色。

本书编写过程中,得到原浙江农业大学农业气象教研室全体教师的指导和帮助,他们参与提纲讨论和审阅部分稿件,并提出了许多修改意见。江苏省农业科学院高亮之研究员、中国科学院谢贤群研究员对本书的出版给予热情的关心。本书的出版还得到中国华夏基金会的支持,在此一并致以衷心的感谢。

本书引用了国内外学者很多资料,凡引用的资料均已注明原作者姓名和论文发表年分。未注明出处的是暂无法查到资料来源。由于编者水平有限,错误和不当之处在所难免,敬请批评指正。

黄寿波

2000年3月于杭州浙大华家池畔

目 录

绪论	1
第一节 小气候的概念及特点	1
第二节 农业小气候学的概念及任务	3
第三节 小气候学与农业小气候学的发展	4
第一章 农业用地的辐射状况及热量平衡	8
第一节 农业用地的反射特性	8
第二节 农业用地的有效辐射	10
第三节 农业用地的辐射平衡	11
第四节 农业用地的热量平衡	13
第二章 土壤中的热量交换	15
第一节 土壤的热力特性	15
第二节 土壤热力特性的确定方法	17
第三节 土壤中热量交换的计算方法	18
第四节 土壤中热量交换的日变化和年变化	20
第三章 湍流热交换和蒸发耗热	22
第一节 湍流热交换和蒸发耗热的概念及特点	22
第二节 湍流交换系数以及热通量和水汽通量的确定方法	24
第三节 湍流交换系数以及湍流热通量和蒸发耗热量的变化	26
第四章 农业地形小气候	29
第一节 海拔高度对(小)气候的影响	29
第二节 坡地方位小气候	36
第三节 地貌形态小气候	40
第四节 外围地形对邻近地段(小)气候的影响	42
第五节 特殊地形小气候	46
第五章 水域小气候	54
第一节 水体的辐射平衡与热量平衡	54
第二节 水域上的小气候状况	56
第三节 有限水域岸边小气候	59
第四节 水域小气候与农业生产	63

第六章 农田小气候的一般特征	66
第一节 农田中的辐射平衡状况	66
第二节 农田中的热量平衡状况	69
第三节 农田中的温度状况	70
第四节 农田中的蒸发和湿度	72
第五节 农田中风的状况	74
第六节 农田中 CO ₂ 状况	76
第七章 大田作物小气候	79
第一节 水稻田小气候	79
第二节 麦田小气候	82
第三节 玉米田小气候	84
第四节 棉田小气候	88
第五节 大豆地小气候	90
第八章 果桑茶园小气候	95
第一节 柑桔园小气候	95
第二节 苹果园小气候	105
第三节 桑园小气候	110
第四节 茶园小气候	113
第九章 农林系统小气候	126
第一节 研究概况及进展	126
第二节 农林系统热量平衡	128
第三节 不同农林模式小气候	132
第四节 农林系统内土温变化特征	139
第五节 不同密度农林模式小气候	143
第六节 农林系统对劳动效率的影响	148
第七节 农林系统的效益	152
第十章 畜舍和蚕室小气候	155
第一节 畜舍小气候	155
第二节 蚕室小气候	161
第十一章 农业技术措施小气候	165
第一节 耕作措施小气候	165
第二节 种植措施小气候	172
第三节 灌溉措施小气候	177

第十二章 农业设施和农田防护林小气候.....	190
第一节 温室小气候.....	190
第二节 冷床和温床小气候.....	200
第三节 覆盖地小气候.....	203
第四节 风障地小气候.....	207
第五节 农田防护林小气候.....	211
参考文献.....	221

绪 论

人类生存在地球大气中,农作物生长在贴地气层和土壤上层内,生物受到地球大气的影响,不是大气候的影响,而是小气候的影响。

第一节 小气候的概念及特点

一、小气候的概念

通常把某一地区较长时期综合的天气状况称为气候(climate),而把在较大地区范围内所具有的一般气候特点或带有共性的气候状况叫大气候(macroclimate)。但是,任何一个地区内,由于其下垫面性质(如地形、水文、土壤、植被等)的不同,从而在小范围内形成一种与大气候不同气候特点的气候,通称小气候(microclimate)。

小气候是指在局地内,因下垫面条件影响而形成的与大气候不同的贴地气层和土壤上层的气候。这种气候主要表现在个别气象要素、个别天气现象的差异上,如温度、空气湿度、风、降水以及某些天气现象(如霜、雾)的分布,但不影响整个天气过程。于是,在不同下垫面上就形成各种小气候,如地形小气候、水域小气候、作物小气候、果园小气候、温室小气候、畜舍小气候等。

小气候学是研究小气候现象形成、分布及其与人类活动和动、植物生存相互影响的学科。是气候学的一个重要分支。小气候学的理论基础是微气象学(或称近地面层物理学)和土壤物理。小气候学与地理学、土壤学、生物学、农学等学科关系密切,它又是农业气象学、农业气候学、应用气候学的基础学科之一。近代,小气候学在各生产领域中得到迅速发展,如保护地小气候、农田小气候、森林小气候、山地小气候和城市小气候等。

二、小气候特点

与大气候比较,小气候具有范围较小、差别很大和稳定性强的特点。

(一) 范围较小

从空间尺度来说,小气候现象的铅直和水平尺度是很小的。一般认为,它的铅直尺度大致包括整个贴地气层,在 100m 以内,或更高一些,但主要还是局限在 2m 以下的薄层内,这一层正是人类活动和动植物生存的主要空间。水平方向的尺度可以从几毫米到几十千米或更大一些。

关于小气候的水平及铅直尺度,目前还没有一个既定标准,各国学者还有不同看法,表 1 是日本学者吉野正敏提出的划分方法。他根据气候尺度将气候划分为微气候、小气候、中气候、大气候四类,但多数学者将微气候和小气候统称小气候。

表 1 气候尺度

(吉野正敏,1982 年)

气候尺度	地域水平范围(m)	垂直范围(m)	气候现象举例
微气候	$10^{-2} \sim 10^2$	$10^{-2} \sim 2 \times 10^5$	农田气候、室内气候
小气候	$10^1 \sim 10^4$	$10^{-1} \sim 10^3$	霜道、斜面的逆温带
中气候	$10^3 \sim 2 \times 10^5$	$10^0 \sim 6 \times 10^3$	城市气候、盆地气候
大气候	$(2 \sim 4) \times 10^5 \sim 10^7$	$10^0 \sim 2 \times 10^5$	气候带、季风带

我国学者陈万隆(1994 年)根据奥兰斯基(I. Orlanski)和吉野正敏对气候尺度的划分,对中、小气候的空间尺度归纳成表 2,并列举了相应尺度的特征气候。但是,他认为这种划分是粗略的和相对的。

有些学者,根据下垫面构造特性的不同及其影响的铅直范围,将小气候划分为微气候(microclimate)和局地气候(local climate),并把尺度介于大气候和局地气候之间的气候称为中气候(mesoclimate)。这样细分气候尺度,虽然在表面上有一定的数量标准,但实际应用起来有很多困难,而且有较多主观任意性。为此,本人同意傅抱璞教授(1994 年)意见,本着宜粗不宜细的原则,在本书中把微气候、局地气候,以至部分中气候统称小气候,并统用英文“microclimate”一词来表示。

表 2 中、小气候尺度的划分

(陈万隆,1994 年)

名称	尺度分类	尺 度		特 征 气 候
		水平范围	垂直范围	
中气候	中尺度(A)	20km~200km	20m~6km	起伏地形气候,坡风,草原气候,森林气候,湖泊气候
	中尺度(B)	2km~20km	10m~1km	城市气候,水库气候,山谷风,坡地暖带气候,沼泽地气候
小气候	小尺度(A)	200m~2km	1m~500m	城市内公园小气候,街区小气候,小地形气候,河陆风
	小尺度(B)	20m~200m	10cm~20m	植被冠层小气候,温室小气候
微气候	小尺度(C)	1cm~20m	<5m	覆盖层小气候,塑料大棚小气候,土壤层小气候

(二) 差别很大

从产生的小气候现象来看,由于小气候考虑尺度很小,局地差异不易被大规模空气运动所混和,所以在铅直方向或水平方向上的气象要素相差都很大。例如,在沙漠地区,贴地气层 2mm 内,温差可达十几度或更大。冬季,南、北房间的室内小气候,温度可相差 2℃ 或以上。

(三) 稳定性强

小气候规律具有相对稳定性。由于小气候尺度小,所产生的小气候差异不易被混和,因此各处小气候现象比较稳定,几乎是天天具有相同的规律性。但不同季节和天气类型略有差异。

三、小气候学与其他学科的关系

研究小气候的学科叫小气候学。

小气候是通过大气和土壤中的各种物理过程形成的,因此研究这些物理过程的大气物理学和土壤物理学是小气候学的物理基础。

大气候与小气候关系密切,两者的关系是共性与个性、一般与特殊、宏观与微观的关系,大气候是小气候的背景,小气候是在大气候各种具体条件下的具体表现。因此,气候学与小气候学是兄弟学科。

地形、水文、土壤、植被等是小气候形成的自然地理因子。所以,小气候学与自然地理学、地形学、水文学、土壤学与植物学都有密切的关系。

第二节 农业小气候学的概念及任务

一、农业小气候学的概念

农业小气候学是研究与农业(牧业、林业、渔业)生产有关系的近地空气层及土壤上层(或水体、畜舍地面)气候的科学,是小气候学的重要分支。也可以说,小气候学在农业中的应用,称为农业小气候学。

农业小气候学有坚实的物理基础,是与农业生产实践紧密结合的新兴学科。一般认为,它的研究内容包括农田小气候、作物地小气候、保护地小气候、农业技术措施小气候、园林小气候、森林小气候、鱼塘小气候、牧场小气候、畜舍小气候、蚕室小气候、农业工程设施小气候、农业地形小气候、有限水域岸边小气候等。这些都是农、林、牧、渔业生产的实际环境,在农业生产中有极其广泛的应用。

二、农业小气候学的任务

农业小气候学的主要任务是用理论与实践相结合的方法,研究农业用地的小气候形成的物理过程及其变化规律,确定小气候要素的数量指标,以便人们更合理地利用局地气候的有利方面,避免其不利方面,并找出按照人们需要人工改造小气候的有效措施,为农业现代化建设、为生产优质、高产、高效益的农产品服务。

三、农业小气候在农业现代化建设中的应用

研究农业小气候对发展农业生产具有重要的实际意义。首先,农作物生长在贴地气层和土壤上层,作物所受的气候完全不同于大气候。例如在山的阳坡和阴坡,在开阔的高地和洼地,灌溉地和非灌溉地,由于小气候条件不同,农作物生长发育及产量品质相差很大。即使在同一块农田,由于耕作方式、播种密度、作物种类、生长状况等不同,小气候也会产生较大差别。因此,了解和研究农田中小气候形成的规律性,对于充分利用有利的小气候资源,避免不利的小气候条件,合理布局农业生产,提高农作物(牲畜)产量和品质具有重大的实践意义。

其次,采取各种农业技术措施和保护措施,在改造农田小气候、实行科学种田方面,也有重要意义。例如,我国东北、华北、西北地区营造防护林防风防砂,改善小气候,对保证农业丰收起到积极作用。全国各地开展群众性的防霜工作,北方群众利用高粱、玉米秆建造防风屏障、南方

群众利用有利的地形小气候防御橡胶和柑桔树冻害,城市郊区建立大面积的塑料大(中、小)棚,种植蔬菜和珍贵苗木,都属于改善农田小气候的措施,对保证农产品优质、高产和调节季节起到良好作用。

此外,研究小气候对发展畜牧业、林业、淡水养殖业、珍贵动物(如甲鱼、牛蛙等)饲养业;对城市建设、水利、工业、交通运输业及环境保护方面等都具有实际意义。

下面举几个例子,说明农业小气候在农业现代化建设中具有重要作用。

(一) 发展热带和亚热带作物

我国华南除海南、台南外属亚热带气候,一般不能生长热带作物;在长江沿岸由于冬季低温,一般不能种植柑桔。但现在利用局部有利地形小气候、水域小气候和人工改造措施小气候,在华南成功地种植了橡胶、咖啡、芒果等热带植物,在长江三峡和太湖南岸成功地种植了柑桔等亚热带植物。

(二) 提高复种指数,增加作物产量

我国华北地区一般一年一熟或两年三熟,但采取间作、套作后,可增至一年二熟或更多。我国长江南岸杭嘉湖地区,一年三熟季节紧张,但采用作物套作和薄膜育秧后,可使生长季延长,复种指数提高,作物总产量增加。

(三) 避免和减轻气象灾害

营造农田防护林、建立风障、选择避风向阳的坡地和大水体周围种植喜温作物,可避免或减轻作物冻害、旱害和风害。

(四) 提高农产品自然品质

根据作物的生物学特性,选择合适的地段和良好的小气候,可提高农产品的自然品质。例如,在一定海拔高度的山坡或大水体周围种植茶树,由于这些地段云、雾多,空气湿度大,散射光丰富,因而茶叶自然品质好,有“高山出好茶”的说法。

(五) 调控作物采收期

利用温室、塑料大棚栽培蔬菜、花卉,在茶园、葡萄园、桃园上搭盖塑料棚,可使园内的茶树提早发芽、采摘,葡萄和桃提早成熟、采收,供应市场。在北方,冬季也能吃到黄瓜、西红柿,这是利用温室小气候的结果。

(六) 增加农产品供应期

近年,正在兴起农产品贮藏、运输小气候的研究,随着研究的深入,鲜活农产品如鲜菜、鲜果、鲜花等,贮藏时间会延长,损耗率减小,从而使某些产品的供应期延长,达到周年供应,满足人们需要。

第三节 小气候学与农业小气候学的发展

一、小气候学发展概况

对小气候的了解,是从长期生产实践中积累起来的。中国早在1400年前《齐民要术》一书中,就记载熏烟防霜。后来又采用建造风障、阳畦、防护林、灌溉等方法防止不利的小气候影响。在发明近代气象仪器之后,许多国家还对雪被小气候、防护林小气候、城市小气候、地形小气候等进行了研究。但小气候学作为一门科学是1927年由德国学者R·盖格尔提出的。20世纪初期以后,国外的有关小气候学术著作,陆续传入中国,对我国小气候学研究有着重大影响。

(一)《小范围内的土壤与气候》

1911年德国学者克雷斯(G. Kraus)出版了《小范围内的土壤与气候》一书,该书注意到了土壤条件对局地小气候的影响。

(二)《近地面层气候》

1927年德国学者盖格尔(R. Geiger)完成了世界上最早的一本小气候学专著,该书包含了有关低层大气的小气候资料,对各类小气候作了概括。

(三)《小地区的气候》

1915年弗兰克林(T. B. Franklin)出版了《小地区的气候》一书,该书提供了自然形成的和遮蔽地的小气候资料。

(四)《近地面大气物理学》

1949年原苏联学者拉依哈特曼(Л. А. Лаухатман)等出版了《近地面大气物理学》一书,该书比较注意近地面层大气的物理过程和变化的定量指标分析。

(五)《小气候与局地气候》

1950年原苏联学者萨波日尼科娃(С. А. Сапожникова)出版了综合性的小气候学专著,总结了前苏联有关小气候与局地气候的研究成果。

(六)《微气象学》

1953年萨顿(O. G. Sutton)出版了《微气象学》一书,该书简要地论述了近地层大气物理变化的各个方面,既有理论探讨,也有实际应用材料。

(七)《植被与大气》

1975年英国学者孟泰斯(J. L. Monteith)出版了《植被与大气》一书,该书总结了有关植被层的气象环境——群落微气象环境的研究成果。

(八)《小气候——生物环境》

1982年美国学者罗森堡(Norman J. Rosenberg)出版了《小气候——生物环境》一书,详细论述了小气候与生物,特别是小气候与植物之间的相互关系。

上述8本专著,对提高我国小气候学研究的理论水平,促进农业小气候研究成果在农业生产中的应用与开发起到了良好的作用。

二、农业小气候学的研究概况及特点

国外对农业小气候学的研究是从19世纪末开始的,到20世纪30年代以后,一些国家陆续出版了小气候学的专著。20世纪80年代以后,由于观测仪器的改进和国民经济建设的需要,农业小气候学的发展比较迅速,取得了不少令人满意的成果,具体表现在:

(一)研究内容相当广泛

包括小气候基本理论,小气候仪器,农田(果园)小气候,林业小气候,农业地形小气候,农业工程设施小气候,以及畜牧业、饲养业小气候等。

(二)观测仪器和研究方法有了较大改进

在野外实地测定小气候时,除了应用常规的小气候观测仪器外,还广泛应用了遥感、遥测技术,例如用红外遥感测定叶片的气孔和蒸腾,用红外温度测定水分亏缺等。在研究方法上,除了进行常用的野外观测外,目前已经较多地应用模拟实验和计算机模拟,很多国家还应用计算机处理野外观测到的小气候资料。

(三)研究深度有一定提高

20 世纪上、中叶的研究以揭露小气候规律为主,多数停留在定性描述阶段。80 年代以后,各国学者比较注重理论分析和定量分析,还注意了人类活动对小气候的影响以及人工改造小气候的方法及利用。

三、我国农业小气候学研究概况及内容

(一) 小气候学及农业小气候研究概况

我国对小气候的研究起步较晚,大约 50 年代中期开始,有的高校开设了小气候课程,并开始进行小气候研究。例如 1956 年,南京大学气象系与华北农业科学研究所合作,对西北地区黄土高原进行了小气候考察,并于 1959 年出版了我国第一本小气候专著《西北黄土高原的小气候》。1954~1957 年中国科学院华北农业科学研究所和华南进行了系统的防护林带气象效应考察,并出版了《防护林小气候》一书。与此同时,很多单位在全国各地进行农田小气候、森林小气候、防护林小气候和城市小气候等观测,发表了一系列考察报告和论文。

60 年代中期以后,由于受“文化大革命”影响,我国小气候研究几乎停顿了 10 年。70 年代末期又进入恢复阶段。1978 年后,我国不仅进行了大规模的野外气候及小气候考察,例如西藏高原、亚热带丘陵山区、秦岭山区(小)气候考察,而且对小气候理论、小气候资料处理方法、小气候资源开发利用做了大量工作。一些高校开设了“农田小气候”、“农业应用小气候”等课程。出版部门出版了一批学术著作,代表性的学术专著有:《小气候与农田小气候》(翁笃鸣等编著,1981 年),《山地气候》(傅抱璞著,1983 年),《小气候考察理论基础及应用》(潘守文编,1989 年),《我国农业小气候学研究进展》(中国农业气象研究会农业小气候专业委员会编,1993 年),《小气候学》(傅抱璞等编著,1994 年),《山地气候资源与开发利用》(傅抱璞等著,1996 年)。

(二) 我国农业小气候研究的主要课题

农业小气候研究在我国也已有近 50 年历史。近年来,逐渐地形成了该学科的理论、研究方法和研究内容。

一个学科的发展,是根据生产的需要而发展起来的,农业小气候学科的发展也不例外。在 50 年代,我国农业生产有较大发展,农田的耕作、灌溉和种植方式有很大改革,该学科进行小气候效应研究。60 年代,农业推行多熟制,相应地进行间作套作地农田小气候观测分析。70 年代农业部门大力推广地膜覆盖和喷灌,因此进行覆盖地和灌溉地小气候研究。80 年代农业部门提倡多种经营,因此对果、桑、茶及地形小气候进行研究。90 年代提倡农业适度规模经营,种植、养殖大户出现,农产品商品化,相应地进行塑料大棚、贮藏运输小气候研究。

50 年来,我国农业小气候研究的主要内容有以下几方面:

1. 农业技术措施小气候研究

主要包括耕作措施(耕、耙、压、培土等)、灌溉措施、覆盖措施、密植措施等小气候效应研究。

2. 保护地小气候研究

包括农田防护林、风障及果树风障围护措施小气候等。

3. 农业地形和水域小气候研究

对农业地形的各种组成要素如高度、坡度、坡向、外围地形、群体结构等对小气候的影响,对有限水域及其附近地区的小气候进行了研究。

4. 温室小气候研究

对玻璃温室及各种塑料棚(大、中、小棚)小气候进行了研究。

5. 养殖业设施小气候研究

包括对畜舍、禽舍、蚕室及特种水产业(养殖场)等进行了小气候测定及分析。

6. 贮藏运输业小气候研究

对水果、蔬菜的贮藏措施及果、菜、花、鱼、蜂运输过程中的小气候进行过观测及分析。

7. 植物冠层小气候研究

对某些大田作物、果树、茶树等冠层的小气候要素分布规律进行了实地观测和模拟试验研究。

第一章 农业用地的辐射状况及热量平衡

太阳辐射是近地层最主要的能源,表示地表辐射收支可用下式表示:

$$\begin{aligned} B &= (S + D)(1 - A) - F \\ &= Q(1 - A) - F \end{aligned} \tag{1-1}$$

式中: B 为辐射平衡(又称辐射收支、辐射差额、净辐射), S 为直接太阳辐射, D 为散射太阳辐射, Q 为太阳总辐射, A 为反射率, F 为有效辐射。从这个方程式中可以看出,只要式中右边有一项发生变化,就会导致辐射平衡的改变,从而引起小气候的变化。

第一节 农业用地的反射特性

凡能藉辐射作用吸热和放热,从而调节邻近气层和土层温度状况的表面称活动面或作用面。由于这些面都处于空气层下面,所以又称下垫面。由于到达地面的总辐射不是全部被地面吸收,其中一部分由于它的反射作用而返回大气。所谓反射率是指各种下垫面对太阳辐射反射的能力。在小气候中,局地之间反射率的差异是形成小气候的重要原因。

一、颜色对反射率的影响

各种下垫面对太阳辐射可见光部分具有选择反射作用,例如白色表面具有最强的反射能力,而黑色表面几乎完全不反射,绿色植物最能反射黄绿光。各种表面的平均反射率如表 1-1。

表 1-1 各种表面的反射率(%) (翁笃鸣等,1981 年)

表 面	反射率(%)	表 面	反射率(%)
潮湿黑钙土	5	冬小麦	16 ~ 23
干燥黑钙土	12	水稻田	12
干燥沙土	19	棉花	20 ~ 22
黄 沙	35	绿色高草	18 ~ 20
白 沙	34 ~ 40	黄熟作物	25 ~ 28
灰 沙	18 ~ 23	旧 雪	70
淡色灰壤	31	新 雪	90

由表 1-1 可见,不同表面的反射率可以从 5% 变化到 90%。就土壤表面的反射率而言,是土色愈浅,土粒愈细,反射率愈大。一般浅色土壤的反射率要比深色土壤大 1 倍以上。因此,改变下垫面颜色,就可改变辐射收支,从而调节与改造小气候。

二、土壤湿度对反射率的影响

据南京大学气象系研究,土壤反射率 A 与土壤湿度 W 有下列实验关系:

$$A = A_{\infty} + (A_0 - A_{\infty})e^{-CW} \quad (1-2)$$

式中： A_0 为土壤完全干燥时的反射率， A_{∞} 为土壤充分湿润时的反射率， W 为 0～20cm 一层的土壤湿度， C 为依赖于土壤特性的常数。对南京的轻粘土来说， $A_0 = 45\%$ ， $A_{\infty} = 14\%$ ， $C = 0.156$ 。据(1-2) 式计算绘制土壤反射率与土壤湿度关系图可见，当土壤湿度开始增大时，反射率迅速降低，但当土壤湿度达到一定程度(约 20%) 再继续增大时，反射率就几乎保持不变。

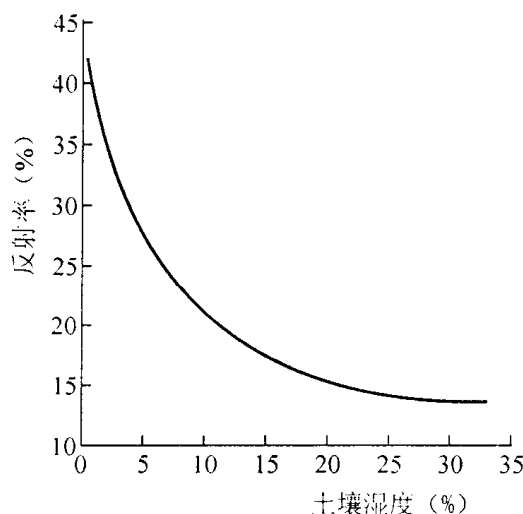


图 1-1 地面反射率与土壤湿度的关系
(傅抱璞)

三、粗糙度对反射率的影响

自然表面总是起伏不平的，从宏观看像丘陵起伏。微观看，看起来的平坦地面，也会有微小的起伏。地面的粗糙程度会影响反射率大小。例如不同方式作业的土壤的反射率如表 1-2，可见，随着表面粗糙度的增加，反射率很快减少。

表 1-2 各种表面的反射率 (A·A·斯克伏尔佐夫)

表 面	平坦地面	灰尘覆盖 的表面	细土粒覆 盖的表面	粗土粒覆 盖的表面	新耕地
反射率(%)	30～31	28	25	20	17

四、太阳高度对反射率的影响

太阳高度角的变化，影响太阳辐射光谱的组成和太阳光线入射角的变化。当太阳高度角比较低时，太阳辐射光谱中长波部分所占比重较大，而地表对长波辐射的反射能力较强。其次，太阳高度角低，意味着入射角大(与法线方向的夹角)，而任何表面对于入射角大的光线的反射能力较强。因此，任何表面其反射率总是随着太阳高度角增大而减小，特别是太阳高度角低时变化最快(表 1-3)。