



高等农林职业技术师范院校试用教材

农业气象

齐文虎 主编



河南科学技术出版社

高等农林职业技术师范院校试用教材

农 业 气 象

齐文虎 主编

河南科学技术出版社

豫新登字 02 号

高等农林职业技术师范院校试用教材

农业气象

齐文虎 主编

责任编辑 樊 丽

河南科学技术出版社出版发行

(郑州市农业路 73 号)

河南省滑县印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 12.125 印张 300 千字

1994 年 4 月第 1 版 1994 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—7000 册

ISBN7—5349—1611—9/S·411

定价:6.80 元

主 编 齐文虎

副 主 编 杨樵生 赵钧武 蔡德存

毛军需 梁致光

编写人员 毛福明 丁勇新 郭幼操

张秀娟 郭仁卿 刘凤兰

杨秀琴 董俊来 李永健

绘 图 韩友刚

前 言

自从国务院颁布《大力发展职业技术教育的决定》后,全国各地职业技术教育蓬勃发展,这对提高我国农业劳动大军的业务和政治素质一定会起到积极和良好的作用,将会在社会上取得明显的社会效益。为此,国家教委对我国职教事业的发展十分重视,强调指出:要大力发展我国职业教育,普通院校也要渗透职教因素,在1991年底已制定出了职技高师专业目录,1992年职技高师工作任务的重点之一就是教材建设,这就使农业职业技术教育名副其实地成为我国相对独立、不可缺少的高等院校的组成部分。为了适应我国高等农业职业技术师范院校迅速发展的需要,培养适应我国社会主义建设和农业职业技术教育德、智、体全面发展,能胜任中等农业职业技术教育的专门人才。为此,我们必须编写出新的《农业气象》教材,以适应我国农业职技高师发展的需要。《农业气象》是农、林、果、蔬菜等专业的一门必修专业基础课,同时也是一门重要的技术基础课。该书共分七章,重点介绍了农业气象要素与农业的关系,农业天气的发生和演变及农业天气的灾害和防御措施,农业气候资源的分析和利用及农业小气候的控制和利用等。

根据农业职业技术高等师范教育特点和农业职业技术高等师范的培养目标和规格,本教材注重了应用理论教学和实践性教学环节的结合,为农业服务的目的比较明确,并结合全国各地气候特点和不同专业的要求,选材较宽,适用面宽,注意了应用性和社会

效益性,而且语言比较通俗流畅,基本符合农林职业技术高等师范各专业对该课程的要求。所以,该书适合四年制本科和三年制农业专科职业技术学院有关专业作教材使用,同时由于该书的应用性、实践性、针对性及灵活性比较明显,同样也可作为三年制农业专科学校有关专业作教材使用,也可作为广大农林工作者和职业高级中学种植专业老师的参考书。

本教材虽是根据高等农业职业技术师范院校各专业的需要而写的,但由于各地农业气象条件及农、林业生产情况不同,各专业对农业气象课所要求的内容和深广度、侧重面不同;再加上该课程教学时数有限,因此,各校在使用本教材时,应根据本地区本专业的需要允许有所选择和侧重。各省(区)的气候和农业气候特点,本教材没有编写,教师可根据各省(区)的实际情况进行适当的补充。

该书由河南职业技术师范学院、河北农业技术师范学院、广西农业大学及有关农业师范专科学校、农业专科学校共同编写。在编写过程中,首先根据该课程在农业职业技术师范院校的地位和作用,经各院校农业气象教师代表的讨论,由齐文虎同志执笔拟定了编写纪要,各编委根据纪要的指导思想和编写要求进行编写,初稿完成后,各编委进行了认真的审阅,经集体充分酝酿讨论,进行了审稿定稿;最后经北京农业大学农业气象系张理、龚绍先等先生审阅,对此书提出了许多极其宝贵的意见,在此一并谨致谢忱。

该书由齐文虎同志任主编,杨樵生、赵钧武、蔡德存、毛军需、梁致光同志为副主编。由于编者水平有限,资料来源不足,涉猎不广不深,如有错误,敬请广大读者批评指正,以便今后进一步完善。

编 者

一九九二年六月

目 录

绪论	(1)
一、农业气象学的定义和任务	(1)
二、农业气象的研究方法	(2)
三、本课程的学习方法	(4)
第一章 大气	(6)
第一节 近地气层的成分.....	(6)
第二节 大气的结构	(12)
第二章 太阳辐射与农业	(17)
第一节 日地关系	(17)
第二节 达到大气上界的太阳辐射	(23)
第三节 太阳辐射在大气中的消弱	(31)
第四节 达到地面的太阳辐射	(38)
第五节 地面辐射差额	(48)
第六节 太阳辐射与植物	(52)
第三章 农业环境温度	(60)
第一节 土壤温度和水体温度	(60)
第二节 空气温度	(70)
第三节 温度与农业	(75)
第四章 大气中的水分与农业	(86)
第一节 空气湿度	(86)
第二节 蒸发与蒸散	(91)

第三节	水气的凝结与降水	(98)
第四节	水分与农业	(104)
第五章	农业天气	(115)
第一节	气压和风	(115)
第二节	主要天气系统及其天气特征	(131)
第三节	我国几种主要的农业天气	(149)
第六章	农业气候	(159)
第一节	气候概述	(159)
第二节	山地农业气候	(177)
第三节	农业气候资源分析和利用	(189)
第四节	农业气候区划	(205)
第七章	农业小气候	(224)
第一节	小气候的形成	(224)
第二节	常见小气候	(231)
第三节	保护地小气候特点及调节	(256)
实习一	太阳辐射的观测	(282)
实习二	空气温度和土壤温度的观测	(293)
实习三	积温的求算	(301)
实习四	空气湿度的观测	(310)
实习五	降水与水面蒸发的观测	(317)
实习六	风和气压的观测	(323)
实习七	农业气候资料的整理	(333)
实习八	农业气候资源的分析和评价	(344)
实习九	农田小气候观测	(354)
附表		(370)
主要参考文献		(377)

绪 论

一、农业气象学的定义和任务

农业气象学是研究气象条件与农业相互关系及有关规律的一门学科。它一方面研究与农业有关的气象条件,如研究对农业有意义的、受农业生产对象(植物和微生物等)与过程影响、调节的气象条件的发生、变化和分布的规律;另一方面也研究受气象条件影响和制约的有关农业问题及其解决途径。其最终目的是借助农业气象学理论和技术解决当地农业生产中存在的有关气象问题,调节气象条件与农业生产的相互关系,趋利避害,充分合理地利用当地农业气候资源,保障农业丰产、稳产和优质低耗。

根据当前国内外农业气象工作的开展情况及我国农业现代化的要求,农业气象学的基本任务通常有:

(一)农业气象观测。利用常规与先进仪器(如遥感、激光、显微、示踪等)进行观测及目测等,及时而准确地掌握农业气象条件的变化规律与特点以及农业生产对象与过程对有关条件的反应,并将有关数据存贮、输送、整理与初步加工,得出结论,以供用户之需。

(二)进行农业气候资源的分析及其合理利用的研究,这是一项战略性的任务,要充分了解当地的农业气候资源及其利用程度,为农业种植的区域化和专业化,改革种植制度,荒地的开发利用,

引进优良品种,制定农业生产规化及农业技术改革等,提供可靠的农业气候依据。

我国的山区约占全国领土面积的 70%,开展山地农业气候资源开发、利用的研究,是我国发展国民经济的重要组成部分,因此,开展山地农业气候研究,就更显得重要了。

(三)研究作物生长发育、产量形成与气象条件的关系,从而找出农业气象指标、规律、机制,建立准确、有效的数学模式,开展作物生育期预报、产量预报和年量预报。

(四)进行农业气象灾害规律及其防御方法的研究和应用。我国地大,地形复杂,各种农业气候灾害时有发生,往往导致减产,甚至绝收。研究受害机制,确定受害指标,分析灾害性气候规律,发布灾害预报,采取有效的防御措施和手段,也是农业气象的主要任务之一。

(五)在大范围内人工控制天气和改造气候工作尚未实现之前,利用、调节、改造农业小气候的应用研究,是农业气象工作者十分重要的工作。因而通过对各种农业小气候规律的认识,便能寻找出农作物生产过程中最优的小气候环境,从而为利用、调节和改造农业小气候提供依据,最终达到高产、稳产、高效益。这是农业气象的主要目的和任务。

总的来说,农业气象是一门应用学科,为国民经济服务,为农业的腾飞是它的宗旨,经济效益与社会效益是衡量农业气象的主要尺寸,农业气象工作者的任务是极光荣而又艰巨的。

二、农业气象的研究方法

农业气象研究的主要特点是采用平行观测法(又称联合观测

法)。平行观测方法,就是一方面进行农业气象要素和气象要素观测;另一方面还必须在同一地点,同一时间内进行田间农作物生长发育状况,农业气候灾害情况的观测,同时还必须进行田间管理工作的详细记载。这是农业气象研究方法和农学、气象学方法的根本区别。

农作物生育周期长,若按照常规种植法进行研究,要取得不同年型的代表资料与验证试验结果,往往需要好几年,为缩短研究年限,在较短时间内取得研究成果,农业气象研究一般采用以下四种方法:

第一,分期播种法。分期播种法是农业气象研究最常用的方法之一。将试验品种按不同时期播种在同一田块上的方法就是分期播种法。分期播种可以使试验作物的相同发育期处于不相同的气象条件,也可使一种气象条件同时与多个发育期相遇,它比单一播种期创造了较多的对比条件,从而获得较丰富的试验材料、数据,并缩短了研究年限。利用分期播种法可以鉴定农作物生长发育期间的热量指标,同时也可以用来鉴定植物水分供应状况,鉴定霜冻及干旱等灾害性天气对不同发育时期农作物的危害程度。这种方法是农业气象工作者采用的方法之一。

第二,地理播种法。地理播种法是在不同条件的地点,按统一设计方案进行试验的方法。它常利用不同程度和不同海拔高度的播种点,具有不同气象条件的特点,使同一作物品种在同一生育期遇到不同的气象条件。它比在单一地区进行试验增加了对比条件,在短时间(1~2年)内研究出不同气象条件对作物生长发育的综合影响,确定有关农业气象指标。但是,地理播种法还存在着一定的缺点,首先要选择土壤和地形条件相当一致的地理播种点,实际上是较困难的。其次同一品种不可能在不同的气候区域都能生长

良好,因此研究的结果就难以综合分析。

第三,自然与人工控制条件下的对比试验法。农业气象研究除了进行综合试验外,还进行单项对比试验。如浇水试验(浇水与不浇水、浇水期、浇水量和方式等的对比),覆盖小气候效应试验,不同行向、密度、行距、间作套种等对比试验。除自然条件下的对比试验外,有时需采用人工控制气象条件的试验方法。当前主要采用人工控制气候室和气候箱等。但找出的农业气象指标和自然条件下的农业气象指标是有差距的,在应用时应引起注意。

第四,农业气候分析法。常采用统计学中常用的图解分析,求得作物产量与天气、气候之间关系的方法,就是农业气候分析法。如作物产量与逐年天气、气候对比分析法;栽培作物分布区和分布界限的气候分析法等。另外根据研究对象的需求也可以采取其他方法。

三、本课程的学习方法

农业气象是一门边缘学科,要求较广泛的基础与专业知识,如数学、物理和生物学基础,植物生理学、生态学、气象学、土壤物理和微气象学的理论和技术。作为一门应用科学,也需要丰富的农学知识,需要深入农业生产实际,熟悉农业,善于抓住农业生产中的农业气象问题,做出切实有效的服务。

农业气象课,它既是一门专业基础课,但同时也是一门主要的技术基础课,学好农业气象课在农业某些方面具有举足轻重的地位和作用,在社会和经济效益上一定会起到应有的作用。因此在学习本课程中,应随时注意农业气象要素、农业天气的变化和各种大气现象的特点及其对农作物生长发育的影响和农业生产中应该采

取的措施、积累经验、总结教训,进一步增强感性知识。在学习过程中要进一步使理论联系当地实际,进一步对当地农业气候资源开发和利用。对教材中的概念和理论学过后及时复习巩固,深入理解其物理意义,尽可能的联系农业生物及农业生产的实际。同时还应十分注重农业气象仪器的使用及农业气候资料的整理等实际技能的学习和训练,增强对所学知识的理解,加强分析和解决实际问题能力。

第一章 大 气

围绕在地球周围的空气称为地球大气,简称大气。它是地球上一切有机体(嫌气性细菌除外)的生存环境。地球在漫长的进化过程中,自然地形成了大气与生物圈之间的动态平衡。植物生命活动依赖着一定的大气条件,因此,大气状况与农业生产有着十分密切的关系。

第一节 近地气层的成分

大气是一种混合气体,由干洁空气、水气和气溶胶粒子组成。

一、干洁空气

干洁空气是指大气中除了水气和杂质以外的整个混合气体。亦称干洁大气。其主要成分是氮(N_2)、氧(O_2)、氩(Ar)、二氧化碳(CO_2)等,还有微量的氦、氖、氫、氙和臭氧等气体。各种气体的沸点都很低,在自然条件下永无液化的可能,所以干洁空气是永久气体。表 1—1 列出 25km 高度以下干洁空气的主要成分。

表 1-1 干洁空气的成分(在 25km 以下)

成分	按容积含量 (%)	临界温度(℃)(括号中数值 为对应于临界温度的气压)	沸点温度(℃)(在 1013.25hPa 压强下)
氮	78.09	-147.2(33.5)	-195.8
氧	20.95	-118.9(49.7)	-183.1
氩	0.93	-122.0(48.0)	-185.6
二氧化碳	0.032(变动)	31.0(73.0)	-78.2
臭氧	1.0×10^{-6}	-5.0(92.3)	-111.1
氦及其他稀有气体	微量	—	—
干洁空气	100	-140.7(37.2)	-193.0

探测结果表明,在 90km 以下干洁空气成分的比例基本是不变的。这是由于大气的运动及分子扩散,使空气进行充分混合的结果。在 90km 以上,大气的主要成分仍然是氮和氧,但从 80km 开始,由于太阳紫外线作用,氮和氧已有不同程度的离解,在 100km 以上,氧分子已几乎全部离解为氧原子,到 250km 以上,氮也基本离解了。

在干洁空气的所有气体中,对地球生物作用最大的是氮、氧、二氧化碳和臭氧。

(一)氮 氮是大气中最多的气体,占干洁空气总容积的 78.09%。氮是植物的主要营养元素之一,它包含在植物与动物的蛋白质中,是地球上生命体的基本成分。虽然空气中含氮很多,而高等植物却不能利用这些游离氮作为营养。在自然条件下,大气的游离氮可被某些土壤细菌和根瘤菌固定,变成易被吸收的氮化物。另外,还有极少量的氮化物可随大气降水进入土壤中。为了开发利用空气中氮的丰富资源,现已发展空中固氮技术,把空中游离氮变为易被植物吸收的氮化物,为植物提供更多的氮素营养。

(二)氧 氧是大气中次多气体,占干洁空气总容积的20.95%,是地球上维持生命的气体。氧是植物呼吸、有机物质分解、燃烧所必需的,在有机物质同氧气相互作用时,活的有机体细胞中会分解出保证动植物生命活动的能量。在改善土壤通气性时,土壤获得大量氧气,能促使土壤细菌活动和根系生长,有助于改善植物的营养状况。

(三)二氧化碳 二氧化碳是绿色植物进行光合作用的主要原料,它约占干洁空气总容积的0.032%(即320ppm),其浓度因时因地而经常发生变化。大气中二氧化碳主要靠植物呼吸、有机物质燃烧和腐烂分解及火山爆发等过程提供。而绿色植物的光合作用、海水的溶解和微生物的固定,是大气中二氧化碳的主要消耗。在人口稠密的工业地区二氧化碳来源较多,浓度较高,可占空气总容积的0.05%以上。而在农村因绿色植物光合作用的消耗,其浓度较低。另外,二氧化碳的浓度有明显的日变化和年变化。一般白天低,夜间高;夏天小,冬天大。

由于空气的垂直混合作用,二氧化碳可以扩散到20km高度附近,再往上二氧化碳的含量就显著减少了。在近地气层中,二氧化碳随高度的分布,主要决定于近地面二氧化碳被固定和释放情况,其中影响最大的因素是绿色植物光合作用固定和植物呼吸及燃烧释放二氧化碳。在夏季或白天的光合作用旺盛时期,二氧化碳垂直分布特点是近地面低而上层高,称光合型。在冬季或夜间,近地面没有二氧化碳的固定,只有动植物呼吸、矿物质燃烧等释放二氧化碳过程,这时越近地面浓度越高,二氧化碳随高度的升高而减小,这种分布形式称呼吸型。

观测表明,过去的一百年间,由于工业发展和人口急剧增长,使大气中二氧化碳含量增加了10~12%,且增加的速度越来越

快。预计到 2000 年二氧化碳浓度可增长到 400ppm,到 2020 年增加到 500~540ppm。由于二氧化碳能强烈吸收太阳长波辐射和放出长波辐射^①,对地球表面的热量平衡^② 有重要影响,其温室效应可引起气候上发生一系列变化,对人类活动和农业生产有着深远的影响。

目前,大气中二氧化碳的平均浓度约为 0.032%,这一浓度对满足植物光合作用是不够的。很多研究指出,当太阳辐照度^③是全太阳辐照度的三分之一时,大气中二氧化碳的平均浓度,对植物光合作用强度的继续提高已成限制因素。因此,增加农田中二氧化碳浓度,可以明显地提高植物的产量和质量。据研究,植物生长要求最适的二氧化碳浓度为 1000~1500ppm,几乎是大气中平均浓度的 3~5 倍,所以在农田中采用空气中二氧化碳施肥方法,效果是肯定的。但在目前技术水平下,要保持农田较高的二氧化碳浓度,尚有一定的困难。在人工控制条件下,如温室和各种塑料棚内,采用二氧化碳施肥法是切实可行的,而且格外重要。有关温室内二氧化碳施肥问题,已有许多研究,其成果已在实际应用。

(四)臭氧 大气中的臭氧,主要在太阳紫外线作用下,由氧分子离解为氧原子($O_2 \rightarrow O + O$),而后氧原子又和氧分子化合而成($O_2 + O \rightarrow O_3$)。地面的臭氧含量很少,它主要集中在较高的一层大气中。自 5~10km 高度起含量逐渐增加,在 20~30km 处达到最大值,形成明显的臭氧层,此后含量又逐渐减少,到 55~60km 逐渐消失。

臭氧能强烈吸收太阳紫外线,使 40~50km 高度上大气温度

① 长波辐射详见第二章。
② 热量平衡详见第三章。
③ 太阳辐照度详见第二章。