

茶与气象

李 倬 贺龄萱 编著

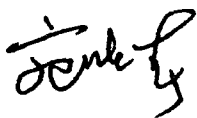
气象出版社

序

我国是茶树的原产地，茶叶是我国主要的经济作物，是山区农民的重要经济来源，也是我国传统的重要出口农产品。

俗话说“高山出好茶”，也就是说山区的土壤、气候等环境很适宜茶树的生长，茶叶的品质形成与生长环境密切相关。气候条件对茶树的品质形成、病虫害发生乃至加工技术因素都有重要影响。《茶与气象》一书出版是一件值得高兴的事，该书分茶树气象、茶园及制茶小气候和茶区气候生态三大部分，集作者多年教学和科研经验，很有参考价值。

李倬教授和贺龄萱教授在安徽农业大学从事气象教学和科研工作 40 余年，积累了丰富的教学科研经验，对茶与气象有深入系统的研究并有很高的学术造诣，该书的出版是他们多年心血的结晶，能为二位先生的专著作序感到非常荣幸。希望此书的出版对茶叶的教学科研和生产起到积极的推动作用。



2005 年元旦于安徽农业大学

茶叶生物化学与生物技术国家重点实验室培育基地

前 言

近一个世纪以来,随着科学的发展和茶叶生产的进步,茶叶气象科学研究日益深化,研究成果日益增多,而这些有关的大量研究报告、报导,多零星分散发表于茶树栽培、生理、生态和茶叶加工等文献、杂志及专业会议文集中。至今尚未见到有关茶叶气象方面的专著问世。编者有鉴于此,在退休之后,不揣谫陋,将数十年来在安徽农业大学教学工作中收集的有关茶叶气候文献资料,结合我们及我们指导的研究生们发表的一些研究结果,编著成本书——《茶与气象》,使较久远的一些文献,不至被湮没,同时,亦可供从事茶叶栽培、育种,茶树生理、生态等方面的教学、科研、生产的工作者及农业气象、农业区划工作者们,在研究、教学和茶叶生产实践中,查阅和参考。

本书除绪论外,主要包括三大部分,即茶树气象、茶园及制茶小气候和茶区气候生态。全书共分11章,其中第一章至第三章为茶树的物候,各主要气象因子与茶树的生长发育、栽培育种等的关系;第四章至第七章为茶园小气候、气象灾害及其防御、气候对茶叶产量及品质的影响、茶树的气候生态等;第八章至第十一章为世界各主要茶区的气候生态特征及气象与茶叶的加工、贮藏与运输。

在计划编写本书时,我们曾就教于王泽农和陈椽两位先生,并得到他们的教导和鼓励。方今出书之时,二老已辞世,思之感慨良深。在收集资料和编写的过程中,曾先后得到安徽农业大学王镇恒教授,中国农业科学院茶叶研究所陈炳环、陈文怀研究员,四川农学院施嘉璠教授,安徽农业大学张汉鹄、杨维时、肖伟祥、林知兴、江光辉、田兴安、詹罗九等各位教授及云南、四川、福建等省一些茶叶专家的帮助,同时,我校的一些领导也予以关怀与鼓励。此外,中国科学院地理科学与资源研究所于强研究员、浙江大学黄寿波教授、安徽农业大学严平研究员,对本书的出版,关怀备至,安徽农业大学副校长宛晓春教授在百忙中为本书写了序,在此谨一并致以衷心感谢。

由于编著者水平所限,书中谬误之处,在所难免,希有关专家,正之谅之。

作者

2005年4月于合肥安徽农业大学

作者简介

李倬，男，安徽农业大学教授。曾任中国气象学会农业气象委员会委员（两届），安徽省气象学会副理事长（六届），中国农学会农业气象研究会理事及作物气象委员会主任。1950年毕业于安徽大学，其后在安徽农学院（后改为安徽农业大学）任教。曾历任教研室主任、系副主任、培训部主任等职。建立了农业气象硕士学位授予点。长期从事茶树、柑橘等亚热带作物、果树的农业气候、小气候的研究工作。曾任《中国农业百科全书·农业气象卷》、《中国的气候与农业》、《中国农业气象学》等书编委会委员并参加编撰工作。此外，参与撰写了《中国柑橘冻害的研究》、《气候变化对中国农业的影响》、《农业气候学》、《作物生态》、《茶与气象》等专著，并发表论文数十篇。

贺龄萱，女，安徽农业大学教授。曾任中国农学会农业气象研究会理事。1956年北京农业大学（现名中国农业大学）农业气象系研究生毕业。1957年赴莫斯科水文气象总局中央气象预报研究所进修两年。回国后先后在北京农业大学、安徽农业大学任教。曾任教研室主任等职，并建立了农业气象硕士授予点。长期从事水库、湖泊等地形、水域小气候及亚热带作物气候的研究工作。曾任《中国农业百科全书·农业气象卷》、《中国农业气象学》等书编委会委员并参加编撰工作。此外，参与合著了《农业气候学》、《作物生态学》、《茶与气象》等专著，并发表论文数十篇。

目 录

概论	(1)
第一节 茶与人类生活	(1)
第二节 气象与茶叶生产	(3)
第三节 中国古代文献中有关茶树气象的记载	(4)
第四节 19 世纪以来茶叶气象研究的进展	(7)
第一章 茶树的植物学特性及物候	(12)
第一节 茶树的植物学特性	(12)
第二节 茶树的物候	(14)
第二章 气象因子对茶树生长发育的影响	(22)
第一节 太阳辐射与茶树的生长发育	(22)
第二节 温度与茶树的生长发育	(28)
第三节 水分与茶树的生长发育	(34)
第三章 气候与茶树栽培、引种、育种及繁育	(41)
第一节 气候与茶树栽培	(41)
第二节 气候与茶树引种、育种及繁育	(46)
第四章 茶园小气候	(55)
第一节 平地(包括洲地)茶园小气候特征	(55)
第二节 山地茶园的小气候特征	(65)
第三节 茶园中遮阴、间种、覆盖等人为措施的小气候效应	(74)
第四节 塑料大棚茶园的小气候	(79)
第五章 茶树的气象灾害及其防御	(84)
第一节 茶树的冻害	(84)
第二节 茶树的霜冻害	(90)
第三节 茶树的旱害	(92)
第四节 茶树的雹害	(98)
第五节 茶树的潮风害	(101)
第六节 气候异常对茶树病虫害消长的影响	(101)
第六章 气候对茶叶产量及品质的影响	(103)
第一节 气候对茶叶产量的影响	(103)
第二节 气候对茶树鲜叶品质的影响	(110)
第七章 茶树的气候生态	(120)
第一节 茶树生态特性的形成	(120)
第二节 茶树气候生态型的气候模式	(124)

第三节	茶树的气候适应性及其在世界上的分布·····	(128)
第四节	气候生态的变化与茶树体内物质代谢的适应·····	(135)
第五节	中国茶树气候生产潜力及茶叶产量的气候模式·····	(138)
第八章	中国各茶区的气候生态特征·····	(144)
第一节	中国茶区的分布概况及茶叶生产简况·····	(144)
第二节	中国茶区的气候生态特征·····	(145)
第九章	亚洲其他主要茶区的气候生态特征·····	(154)
第一节	印度 (INDIA)、孟加拉 (BANGLADESH) ·····	(154)
第二节	斯里兰卡 (SRI LANKA) 茶区的气候生态特征 ·····	(163)
第三节	日本 (JAPAN) 茶区的气候生态特征 ·····	(167)
第四节	东南亚茶区的气候生态特征·····	(171)
第五节	黑海、里海沿岸各茶区的气候生态特征·····	(177)
第十章	非洲、拉丁美洲主要茶区的气候生态特征·····	(182)
第一节	肯尼亚 (KENYA) 茶区的气候生态特征 ·····	(182)
第二节	乌干达 (UGANDA) 茶区的气候生态特征 ·····	(184)
第三节	坦桑尼亚 (TANZANIA) 茶区的气候生态特征 ·····	(185)
第四节	马拉维 (MALAWI) 茶区的气候生态特征 ·····	(187)
第五节	津巴布韦 (ZIMBABWE) 茶区的气候生态特征 ·····	(189)
第六节	南非 (SOUTH AFRICA) 茶区的气候生态特征·····	(190)
第七节	阿根廷 (ARGENTINA) 茶区的气候生态特征 ·····	(191)
第八节	巴西 (BRAZIL) 茶区的气候生态特征 ·····	(193)
第十一章	气象与茶叶的加工、贮藏与运输·····	(195)
第一节	气候、天气与鲜叶的采摘·····	(195)
第二节	气候、小气候与茶叶加工·····	(199)
第三节	天气、气候与茶叶的贮藏、运输·····	(213)
参考文献	·····	(217)

概 论

第一节 茶与人类生活

一、概述

茶是世界上三大天然的饮料植物之一。远在中国西汉时期，汉宣帝神爵三年（公元前59年），王褒写的《僮约》中，就明确地写有“家僮煎茶”“武阳买茶”的记载，这里的“茶”就是指茶。可见当时茶已作为商品，在四川武阳（现在的四川彭山县）已进行了茶叶贸易（庄晚芳 1956）。喝茶已很普遍，（我们暂不考虑西周时“诗经”中豳风“七月”那首诗中的“采茶薪樗，食我农夫”中的“茶”是茶还是指一种苦菜）。汉、魏、六朝时，起初人们以茶作为药用，华佗在《食经》中说，“苦茶久服，益思意”。不过，在当时主要是烹煮茶叶，并佐以姜、葱和其他配菜如橘子等同煮，类似羹汤，一同吃下。如魏张揖的“广雅”说，“荆巴间采叶作饼……欲煮茗饮，先炙令赤色，捣末，以汤浇覆之，用葱、姜、橘子芼之，其饮醒酒，令人不眠”。在南北朝时，佛教发展快，喝茶发展亦快，因为僧尼们坐禅，多以饮茶提精神，去睡魔。所以当时江南名寺古刹附近，都有茶园。南朝的宋元徽年间（公元471~477年）土耳其人即到西北以物易茶。到唐肃宗至德元年（756年），回纥驱马到唐的西部边陲来交换茶叶，开了茶马交易的先河。唐德宗建中年间（公元780以后），吐蕃民族亦开始到四川买茶。公元905年后，发明了蒸青散茶，当时人们多以全叶冲泡，若干日本来唐的佛学高僧，如最澄、空海等及遣唐使们，于唐贞元年间（公元804~806年以后）将饮茶风气及茶籽带回日本，在东瀛各地传播种植。北宋淳化3年（公元992年）南洋印尼遣使来华，两国通商，中国由泉州大量输出茶叶、丝织品和瓷器。南宋时饮茶、斗茶之风，盛行于大江南北，人们一日不可缺茶。蔡襄（公元1012~1067年）为宰相时最盛。日本留学僧人荣西，归国后，不仅亲自种茶，传授茶叶制作技术，并撰写了“吃茶养生记”，大力提倡饮茶养生之道。并逐步发展演变，形成了至今不衰的日本“茶道”。此后，波斯、印度亦渐从中国传入茶叶。15世纪初（1415年起）郑和七次下西洋，茶叶亦随之传播至西亚、印度洋沿岸各地，直到非洲东部一些国家。在欧洲，荷兰人最早运中国茶叶入欧，1516年葡萄牙人来华要求通商，商船队运走了中国茶叶。17世纪初（公元1607~1610年）荷兰商船自爪哇来澳门运载绿茶，并转运欧洲。这是西方人来中国以海船运载茶叶的最早记录。明崇祯十年（公元1637年）英国东印度公司商船来广州，首次将茶叶运回英国。1774年，美国独立战争胜利后，荷兰人、英国人将饮茶风气、嗜茶习惯也传入了美国。清康熙28年（公元1689年）与沙皇俄国签订了“尼布楚条约”后，中国茶叶也就不断经满洲、蒙古输往沙皇俄罗斯。1810年，少数广东、浙江人移民到南美洲，他们也将茶树的种植和制茶方法，带到了巴西的里约热内卢和圣保罗。此后，随着国际交往日益频繁，商贸日兴，特别是中、印、日等东亚、南亚国家有饮茶习惯的人，大量旅居海外，饮茶的风气也随之传播到世界各地。目前，据粗略估计，饮茶的人数约占全世界总人口的55%以上。每年在国

际市场上的贸易量,可达 132 万 t 以上(2000 年资料)。因此,可以说,茶是世界上饮用最多,影响地区最广的天然植物饮料。

二、茶在人类日常生活中的重要性

远在公元 11 世纪,中国长江流域及其以南的人们,就把茶列为日常生活中不可缺少的物品之一。20 世纪 90 年代,在人工拼配的饮料充斥市场的时候,“茶与人类健康”这个问题又重新引发了人们的兴趣。日本、欧、美等国和地区,都先后将“茶——21 世纪的健康饮料”列为 20 世纪 90 年代的重大研究课题,而且获得了一系列有关茶叶对人类健康起到积极作用的研究成果。综合过去有关这方面的报道,在人们日常生活中,饮茶可以在下列几方面起到有益的保健作用:

1. 驱除困倦,兴奋中枢神经

茶汤中溶解的少量咖啡碱,是很好的中枢神经兴奋剂。适当地饮用茶汤,可以消除困倦,提起精神,使大脑处于兴奋状态,思维更加敏捷,感觉更加灵敏,联想更为广泛,因此,一些从事写作的脑力劳动者,往往在夜晚饮茶以促进文思。

2. 帮助消化

茶汤中的咖啡碱可促进胃液的分泌,而且作用较为持久。这样可进一步有助于胃肠中食物的消化吸收。而且茶中某些物质,可以促进食物中脂肪和蛋白质的分解,以利于肠胃的吸收和人体的利用。特别是黑茶类边销砖茶中“发金花”的一些有益的霉菌中,含有大量的脂肪分解酶,它可使食物中的动物性脂肪,迅速地被人体消化吸收利用。因此,以动物肉类、乳类为主食的牧民们,每天都要饮几次以茶砖煮成的奶茶,以助消化,不可或缺。

3. 利尿

成茶中含有的黄嘌呤类、黄烷醇还原生成物等成分,皆有利尿作用。

4. 消暑降温

在炎热的夏天,饮茶(尤其是饮热茶)可以刺激身体发汗,并带走体内热能,从而达到消暑、止渴的效果。

5. 抑菌、抗菌和杀菌

据研究,红茶、绿茶和普洱茶等,具有抑制引起腹泻疾病的各种细菌生长的作用。对于金黄色葡萄球菌、霍乱弧菌和副溶血弧菌,也同样具有抑制性。茶中茶黄素双没食子酸酯等,在一定浓度下,可抑制某些发癣的生长。如果长时间地使它与发癣菌接触,则可以完全杀死病原真菌(张兆朵等 1991;户用真佐子等 1990,1991)。

6. 抗氧化活性,有效清除羟基自由基

茶叶中的茶多酚是一种活性很强的抗氧化剂,在肌体内能清除自由基,阻断 N-亚硝基化合物的形成,抑制脂质过氧化酶活性,从而阻止了脂质过氧化作用(肖伟祥等 1991),茶中的咖啡碱亦可以有效地清除羟基自由基(Shi 等 1991)。肖伟祥等(1991)研究结果表明,茶多酚的抗氧化活性强于维生素 E、维生素 C 和丁基羟基甲苯(BHT)。

7. 防癌抗癌防基因突变

茶叶中的某些儿茶素衍生物,对人体免疫缺损病毒逆转录酶具有较强的抑制作用,同时对 DNA 和 RNA 聚合酶 α 和 β 亦具有强抑制活性的作用(Nakane 等 1990),从而可以防止基因突变。此外,茶中的咖啡碱和甲基黄嘌呤类化合物,亦具有抗癌特性(Shi 等 1991,黄富隆等 1991)。

8. 降血糖、降血脂、消炎和增加碳粒廓清速率的作用

从绿茶中提取的茶多糖,对高血糖、高血脂的小鼠进行试验,可以明显地降低其血糖、血脂,并且还有明显的消炎和增进碳粒廓清速率的作用。这也表明茶多糖能促进单核巨噬细胞系统的吞噬功能,从而能增强肌体自我保护能力(王丁刚等 1991)。

第二节 气象与茶叶生产

茶叶在生产、加工、制作等一系列过程中,与气象(包括气候、天气)条件,都有着直接的或间接的密不可分的关系。本节将从茶树的生长发育与气象,茶叶的采制、加工与气象以及茶叶的贮藏、运输与气象等三个方面,进一步加以阐述。

一、茶树的生长发育与气象

茶树是典型的亚热带常绿植物,而且较为耐阴。它所适宜的生长环境条件,需要有较高的温度、空气湿度和水分,及一定的太阳辐射。它既不能经受较低的低温冻害和水分亏缺,也经受不了高温霪雨和强太阳辐射的长期照射。否则将会相应地导致生理失调和一些病虫害的发生,从而影响产量和品质,甚至影响到茶树植株的生存。因此,在建立茶园之初,首先应考虑新茶园的立地条件,特别是当地的气候、土壤条件是否适宜于茶树的生长,有无长期干旱、低温、冻害、霪雨、水涝等气象灾害,水热条件的配合是否适宜,茶树在该地区是否有较长的生长期和鲜叶采收期等等。如这些条件不太适合,则应考虑采取一些经济的人为措施,改善局地小气候条件,创造一个有利于茶树植株生长并能获得高产优质茶树鲜叶的优良环境。其次,在引进新的茶树品种时,应注意其原产地与当地气候的差异性,特别是一些气象灾害发生的可能性(如茶树越冬冻害、茶树生长期间的长期干旱等)。此外,在茶树种植时,也应考虑当地的气候条件,采取一些与当地气候条件相适应的种植方式,选择适宜的种植密度和种植时间等(中国农业科学院茶叶研究所 1996)。

二、茶叶的采制、加工与气象

在茶叶采摘加工的过程中,除极少数情况外,几乎每道工序都与气候、天气和小气候环境(主要是气温、空气湿度等)的关系密不可分。

1. 鲜叶的采摘与天气、气候

任何茶区采茶制茶的季节长短,都是由该地区的气候条件所决定的。若水热资源丰富,则采茶制茶季节较长,茶叶产量亦高,反之则茶季短,产量亦低。其次,气候条件将直接影响每年春茶开采的具体时期。若早春气温正常偏高,则当年春茶开采期必将较正常年份略微提前。若气温偏低,则将向后推迟。这种开采期早迟随气温变化的规律非常明显,以至可以用一些气候资料建立模式,进行预测。若遇到气候异常年份,这种规律将被打破。如某年早春气温很高,茶芽萌发很早,但在采摘前突然受强低温霜冻侵袭,则已萌发的茶芽嫩梢,将被冻枯,其侧芽又重新萌发,结果春茶的采摘只好延迟到侧芽成长到采摘标准时进行。此外,采摘鲜叶时也应注意当天的天气,通常,茶农尽可能不采雨天的鲜叶,以免降低鲜叶的质量。采摘鲜叶,宜在清晨日出前后,气温较低、空气湿度较大的时候进行。这样可以保持鲜叶和新梢嫩芽的持嫩性。晴天上午9~10时后,气温急剧上升,空气湿度变小,不宜再进行采摘。

2. 茶叶的加工与小气候

成茶的种类多种多样,概括地说,大致可以归纳为绿茶、红茶、青茶、黄茶、黑茶、白茶和花茶。不论哪种茶类,在加工制茶的过程中,都是要将采来的鲜叶先进行萎凋,然后再采取杀青、发酵、揉捻、做青、渥堆、闷黄等加工方式中的一种或多种组合,在人工形成的一些特有的小气候环境下,加上人工的或机械的揉压,使这些嫩梢鲜叶的外形、内含物质及叶中水分的含量等都发生变化,然后使之干燥(仅含水分6%~8%),而成为各具一定的色、香、形、味特色的成品茶。

在制茶过程中,每种茶类的每道工序,都需要在某种特定的小气候环境下进行。如制作红茶时,在进行发酵过程中,必需要有一定的高温、高湿环境条件,就是一个典型的例子。发酵是制红茶的一个很重要的工序,它是在揉捻工序后进行的。发酵时,必须在较高的温度、湿度和充分供应氧气的小气候环境下进行。若气温过高,则往往会将一些酶杀死,气温、湿度过低或密不通风,则酶促作用不能正常进行,这将导致发酵不良,茶叶不能形成特有的色泽,而成为青灰色,其内含物也难以产生质变,不能形成茶红素、茶黄素及其特有的香气。

三、茶叶的贮藏、运输与气象

通常成茶在贮藏过程中,随着时间的推移,极容易吸收空气中的水汽,逐步陈化而降低品质。特别是绿茶更容易产生质变。其变质的根本原因,是成茶内所含的某些生物化学成分,如醛、酮、醇类等芳香物质,叶绿素、维生素C和多酚类化合物等,在空气中常自动被氧化而使成茶产生质变,失去原有的色泽、香气和鲜爽的滋味等。而成茶品质下降变化的快慢和程度,则直接受茶叶贮藏环境中空气湿度、温度、光及茶叶中的含水量等条件的影响,特别是空气湿度。因为成茶极容易吸湿而增加其含水率,使茶叶品质降低。

气温增高可以加速成茶茶叶体内一些生化物质的氧化过程。在常温下,随着气温的增高,茶叶原有的绿色将逐渐褐变,茶多酚的含量逐渐减少,致使茶汤汤色、滋味、香气明显下降。

在日光的直接照射或散射光的长期照射下,可使绿茶中叶绿素 α 及维生素C的含量下降,促进了茶叶中类脂类生化物质的氧化,增加了异味物质,茶叶颜色变褐,香气、滋味显著变差,茶叶加速陈化。

鉴于上述原因,成茶的贮藏,一定要有一个干燥、低温、避免阳光照射的优良小气候环境条件。

世界各地气候差异较大,在以远洋船舶运输茶叶的过程中,宜注意出口港与目的地之间的季节、气候的差异,同时也应考虑未来航线上高温高湿天气发生的可能性,并应尽可能避开雨季。

第三节 中国古代文献中有关茶树气象的记载

中国是世界上利用茶叶、栽培茶树最早的国家。随着茶叶生产的发展,先民们对于茶树的生产经验,包括茶树与天气、气候的关系,由初步的认识,逐步积累成丰富的经验。公元756年陆羽写出了关于茶叶的第一部专著《茶经》。其中包括了有关茶树气候生态及其适宜的小气候环境等的定性的描述。自此以后,在许多学者的著作文献中,陆陆续续也有若干类似的茶树气候方面的文字记载,散缀其中。概括起来,大致可分为如下几方面,即:茶树适

宜的气候、小气候环境；茶树气候生态；茶树与竹树间种遮阴小气候效应及春茶采摘的适宜天气、气候等。现分述于下：

一、茶树生长适宜的气候、小气候环境

公元8世纪，唐代陆羽在他的《茶经》首章《一之源》中指出“茶者南方之嘉木也”，说明茶树产于中国南方。在该书的《八之出》一章中，更进一步阐述了茶树在中国当时具体分布的地区，是在“山南”、“淮南”、“剑南”及其以南的江南、岭南各地。唐时的山南，即秦岭终南山以南及河南北岭（即伏牛山桐柏山一带）以南，剑阁以东，长江两岸各地；淮南指江苏、安徽、淮河以南各地；剑南指剑阁以南的四川各地及云南的东北边境。这些地区都是水热资源丰富、很适宜茶树生长的地区。陆羽在文中还比较了各茶区当时所产茶叶的品质优劣。公元11世纪，宋代文学家宋子安在他撰写的《东溪试茶录》一书中写道：“茶宜高山之阴，而喜日阳之早。”就是说，茶树适宜栽培在高山阴蔽的地方，而喜欢较早地受到阳光的照射。在陆羽的《茶经》中，也曾写到：“阳岩阴林……阴山坡谷者，不堪采缀。”其意指茶树宜植于阳光可照射到的山岩上，并要有树林遮掩着。若茶树种在山的北面坡地或山谷中，则所产的鲜叶品质差。宋子安在《东溪试茶录》中，还总结了福建山区，春季适宜于茶树生长的温度、空气湿度和光照条件。他说：“先春朝齐常雨，霁则雾露昏蒸，昼午犹寒，故茶宜之。”意思是，在早春的时候，早上有虹出现，经常下雨，等到雨止天晴，则云拥雾障，日光昏暗微弱，犹如在蒸气之中，虽然是在白昼的中午，仍然觉得较寒，所以适宜于茶树的生长。他这寥寥数语，却将茶树新梢生长最适宜的气候条件，高度地概括出来了。

二、茶园小气候

公元9世纪末，唐、五代时的韩鄂在他著的《四时纂要》一书中，首先提出改善茶树小气候环境的方法。他在《种茶》一节中写道“此物畏日，可种于桑下竹阴之地”，指出茶树怕很强的阳光直射，可以将它种在桑树下或竹子荫蔽的地方，这样在桑、竹的遮阴下，可以长得更好。公元12世纪初，宋徽宗赵佶1107年在他的著作《大观茶论》中也说“植茶之地，崖必阳，圃必阴”，即茶园必须种在山崖的向阳处，但茶园必须是一些有荫蔽的场所。他还说，“今圃家植木以资茶之阴”。这说明，当时茶园的主人们已经有意识地采取在茶园中种植树木，为茶树遮阴，以避免受到过强的太阳直接辐射。这比其他国家在茶园种植遮阴树，足足早8个世纪。其后，赵汝砺在他所撰的《北苑别录》（1186年）中，更进一步总结并明确了适宜于在茶园种植的遮阴树种。他认为，在茶园中，种植桐树为茶树遮阴很适宜。他说“桐性与茶相宜”，其理由是“茶至冬则畏寒，桐木望秋而先落；茶至夏而畏日，桐木至春而渐茂”。

在茶园地形小气候方面，15世纪，罗廩在他所著的《茶解》中指出，山区茶园中，地形小气候的优劣差异很大。他说：“茶地南向为佳，向阴者遂劣。故一山之中，美恶相悬。”17世纪冒襄也曾研究并比较了长兴罗芥*及洞山各产茶地区，阳光照射和空气中水分等小气候特点，他在所撰的《芥茶汇钞》一书中，提出了他的见解，他说：“洞山之芥，南面阳光，朝旭夕晖，云滃雾浮，所以味迥别也。产茶处，山之夕阳胜于朝阳。庙后山西向，故称佳。

* 苏南人们惯称两山之间稍平旷处为“芥”，长兴的罗芥是罗隐曾隐居过的地方，故名。

总不如洞山南向受阳气特长，是称仙品。”洞山处于太湖之滨，其南向山脊中的茶树，既能获得充分的柔和的阳光和热量，而且有从太湖湖面上送来的雾霭水汽，因而所产的绿茶持嫩性好，内质特优，与其他地方所产的绿茶迥然不同，所以冒襄赞之为“仙品”。此外，明末的熊明遇在所著的《罗芥茶记》中，也谈到罗芥产茶地的光照等小气候条件。

三、茶树的气候生态型

自8世纪以来，中国学者，关注并以文字描述茶树气候生态型的，亦不乏人。陆羽在《茶经》的首篇开头就写道：“茶者南方之嘉木也。一尺二尺，乃至数十尺。其巴山峡川，有两人合抱者，伐而掇之。”这说明茶树生态型的多样化，既有一尺二尺高的灌木，也有数十尺高的乔木。在巴山、峡川一带，当时的茶树，有的树干茎粗，甚至可容两人合抱。若要采摘其鲜叶，必先砍伐它的枝干，方能采到。可见这种茶树的高大。

11世纪末，宋朝沈括在他所撰的《梦溪笔谈》中，谈到福建的建溪茶时，把它与江苏、四川、安徽淮南的茶树相比较，指出“建茶皆乔木，吴、蜀、淮南唯丛茭而已，品自居下”。南方福建、广东、云南一带的茶树，冬季无低温冻害，因而多为乔木或小乔木型，而长江流域中、下游地区，冬季茶树冻害较重，因而都呈灌木型，至今仍然如此。此外，17世纪，黄宗羲在他的《匡庐游录》中，记述了他在游庐山时，见到的高寒山上茶树的生态型。他说“山中……地又苦寒，茶树皆不过尺”。

此外，陆羽在《茶经》第八章中，专门叙述了当时茶叶的产地，及各地茶叶品质之间的差异，这实际上也反映了茶树对各地气候生态的适应程度及其分布情况。

四、气候与茶芽萌发及茶叶品质

宋子安也曾观察研究并记录了当时宋朝皇家茶园，建溪（今福建建瓯）北苑春茶萌发的早迟、与当年初春气候的关系，认为建溪春茶的萌发较邻近其他茶园为早。而北苑壑源的尤早：“岁多暖则先惊蛰十日即芽，岁多寒则后惊蛰五日始发，先芽者，气味俱不佳，唯过惊蛰者最为第一。”即在当地气候条件下，茶树常萌发于惊蛰前后。若遇暖春年份，茶树发芽可提前到2月下旬，若遇春寒，则茶芽将延迟到3月10日左右才萌发。而早先发芽的茶树鲜叶制成的成茶，其茶汤、香气、滋味都不是很好，唯以过了惊蛰发芽的茶树嫩梢鲜叶加工的成茶，品质最好。

五、气候、天气与茶叶采摘

公元8世纪时，在茶叶生产中，茶农们已积累了有关适宜采摘茶叶的农时、气候、天气方面的知识。陆羽在《茶经》中指出：“采茶在二、三、四月之间。”他这里所指的范围很广，可能包括当时的各茶区，各茶区南北气候差异很大，因而采茶的季节跨度亦大。

许次纾在他所撰的《茶疏》中，记录了当时江南一带的采摘春茶适宜的节气。他写道：“清明谷雨，摘茶之候也。清明太早，立夏太迟，谷雨前后，其时适中。”

其次，在采茶时，对天气的要求方面，陆羽在《茶经》的有关章节中提出“其日有雨不采，晴有云不采，晴采之”及“凌露采焉”等。16世纪末，屠隆在《考槃余事》中也强调晴天采茶，他说，采茶时“更需天色晴明采之方妙”。陆羽甚至认为“阴采夜焙非造也”。批评那些阴天采摘鲜叶而夜晚制茶的人，不算是会制茶的。

此外，公元11世纪，黄儒在其所撰的《品茶要录》中，也较详细地谈到了茶叶采制时间的得失。

六、茶叶贮藏与小气候

陆羽的《茶经》中，也有关于利用人为方式改善小气候条件来贮藏茶叶的描述。例如，在谈到贮藏茶叶的器具“箬”的构造时说：“箬，以木制之，以竹编之，以纸糊之。中有隔，上有覆，下有床，旁有门，掩一扇。中置一器，贮火塘煨火，令温温然。江南梅雨时，焚之以火。”在这种以木制四边，用竹编为骨再糊以纸，上有盖，中有隔板，贮放茶叶的器具内，放置有热灰微火的火塘，经常保持着高温低湿的小气候环境，而使内藏的已焙好的茶叶，能保持干燥。当梅雨到来时，空气中湿度较大，此时火塘内，则要用较大的火，升温祛湿。另外，他在谈到贮存茶叶的“纸囊”的制法和作用时说：“纸囊，以剡藤纸白厚者夹缝之，以贮所炙茶，使不泄其香也。”用浙江剡溪产的又白又厚的藤纸双层缝起来的纸囊，贮藏烤好的茶叶，可使茶叶的香气不致散失掉。由此可见，纸囊外面空气中的水汽很难进入囊中，从而使茶叶能够较长期贮藏在较暗而干燥的小气候环境之中。

此外，在 11 世纪蔡襄著的《北苑贡茶录》，17 世纪熊明遇写的《罗芥茶记》中，也都记载着茶叶贮藏的方法，它们也都与小气候有关。

第四节 19 世纪以来茶叶气象研究的进展

19 世纪以来，随着科学的具备，茶叶气象的研究在世界范围内亦有长足的发展。概括起来，主要有以下几个方面：

一、茶树气候生态及其区划

早在公元 1873 年，俄罗斯气候学家伏耶依柯夫（Воеников А И）研究并借鉴了日本茶树种植北限的秋田、新潟一带的气候条件，对比了当时沙皇俄国疆域内一些地方的气候，为俄国在外高加索地区引种茶树和竹子提供了科学理论依据。

1900 年，德国气候学家柯本（Koppen W）在研究世界气候分类时，曾提出多种气候型，并以各气候型中的典型植物命名，如玉米气候型等。他指出：在多年平均最热月气温为 22°C 以上，多年平均最冷月气温为 $2\sim 18^{\circ}\text{C}$ 之间，气候温和但冬季较冷的地区，其气候适宜于山茶属及其他一些亚热带植物的生长。其典型的代表性植物就是茶树。因此，他将这种气候型命名为“茶属气候型”（么枕生 1954）。

美国的乌克斯（Ukers W H）在他所著的《茶叶全书》（All About Tea）中，曾对茶树生长所适宜的气候条件，作了简要的叙述。后来吴英藩（1952）发表了《茶树与气候》一文，较全面地概述了气候与茶树的关系。裴瑞热（Pereira 1955）发表了《茶树栽培中的气候因子》。庄晚芳（1956）研究比较了中国茶区内各地气候等类型，将整个中国茶区分为 5 个区，即华中北区、华中南区、四川盆地区、云贵高原区和华南区。德国学者多姆若泽（Domros 1974）在他所著的《锡兰的农业气候》（The Agroclimate of Ceylon）一书中，对斯里兰卡茶区的气候进行了分析，并在此基础上作出该国茶树气候生产潜力的区划。他确定以年平均气温作为最重要的农业区划指标，把茶区分为 3 种：最适宜的、适宜的和困难的。最适宜区的年平均气温为 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，它位于斯里兰卡中央高地西坡上海拔高度为 1150~1500m 的地段和东坡 1250~1625m 之间；适宜区的指标界定在年平均气温为 25°C ，高地上西坡海拔 400~1150m 和 1500~1900m 的地区，皆属此范围；困难区则在海拔 1900m

以上的高山上,地面常有霜。至于海拔 2200m,从气候学的观点看,它可能是斯里兰卡茶树栽培的高限。而西坡上海拔 300m 以下,皆是茶树栽培的低限。中国农业科学院农业气象研究所闵瑾如及茶叶研究所陈文怀(1982)进行了中国茶树气候区划的研究,他们以极端最低气温的多年平均值和极值作为指标,并辅以年平均气温和活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$),参考年降水量等因素,将中国茶区分为茶树栽培适宜、次适宜、可能种植及不可能种植四个气候区。在适宜气候区中,又根据年活动积温 $6000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,年平均气温 18°C 等条件分为四川盆地、长江流域和华南两个副区。后者适宜大叶种茶树栽培,前者则适宜发展中、小叶种茶树。黄寿波(1982, 1983)研究了浙江、安徽山地的主要垂直气候的气候特征,并初步划分了种茶的垂直热量带。为了充分合理地利用气候资源,若干农业气候工作者对各茶区气候进行了调查研究。汪莘野(1982)对西藏茶树生态适宜性区划作了探讨。李倬(1963)对安徽茶区的农业气候作了研究,指出在热量和越冬条件可以满足的情况下,年干燥度(K)小于 1.0 的地区,基本上适宜栽培茶树;在 K 小于 0.7 的地区,茶树栽培较多;月干燥度为 0.3~0.4 的月份,茶树可为生产成茶提供优质的鲜叶原料。黄寿波(1965)研究了浙江茶区的气候和农业气候。刘和发(1981)从水热资源考虑,认为皖东丘陵区不适宜发展茶叶生产。张坤等(1983)探讨了云南临沧地区茶叶气候资源优势。李浣沧(1981, 1982)、黄寿波(1984)、汪锋(1983)研究了浙江、安徽、福建高山茶区的气候生态。周子康(1985, 1986)探讨了浙江丘陵山地茶树生态气候。许昌燊等(1983)对黄岩的气候和茶叶生产作了探讨。洪盘如(1982)、谢庆梓(1982)分别研究了云南勐海和福建气候与茶叶生产的关系。李报国、曾强吾(1982),彭剑安、胡萌夫等(1982)也分别对湖南桃江、江苏镇江的丘陵地区发展茶叶生产进行气候分析。此外,中国茶区内各省区的学者和茶叶专家在研究各省区的茶叶生产区划时,也都不同程度地分析了该地区的茶树气候资源,并予以充分利用。1981 年李倬进行了安徽茶区气候区划的研究。汪莘野(1982)对海南岛茶区生态条件和胶茶群落及陈文怀(1982)对皖西茶区如何利用当地气候等条件发展茶叶生产问题,进行了考察研究,并提出了建议。在布朗和柯其弥(Brown, Cocheme 1973)合著的《东非高原农业气候的研究》一书中,有专门的章节阐述了该地区的茶与气候。山本正三(1973)在他的专著《茶叶地域的研究》中,也谈到茶区气候问题。在茶芽育种与气候的关系方面,赵学仁(1962)、季玉琴(1963)、黄寿波(1980)、孙继海(1964)等都先后作了研究。李家光(1980)、李孝正(1982)等在茶树引种驯化与气候方面,也进行了探讨。

在茶树气候生态方面,蒋跃林(1996)、李倬(2000)曾对气候与茶树的生态类型及不同生态型茶树在中国栽培界限的气候条件进行了研究,结果指出,乔本型茶树主干高度与当地年极端最低气温的多年平均值(T_n)之间,有极显著的相关性。而 $T_n = -6.5^{\circ}\text{C}$ 可作为小乔木型茶树栽培的北限,而 $T_n \geq -3^{\circ}\text{C}$ 可作为乔木型茶树栽培区。蒋跃林还利用统计方法进一步提出了一种茶树气候生态的气候综合判别模式,利用此模式,能判定何种茶树生态型可更加适应该地区的气候。黄寿波、姚国坤(1989)考虑到茶树对低温的敏感性、活动积温对茶叶产量的影响等因素,选择了四种与温度有关的指标,作为茶树生态区划的依据,并参考了茶树气候区划的结果和地形土壤条件,将中国划分为 5 个栽培适宜性生态区,即乔木型大叶类品种适宜区、小乔木或灌木型品种适宜区、灌木型品种次适宜区、灌木型品种可能栽培区和灌木型品种不能栽培区。

此外,卡尔(Carr 1972)亦曾对茶树的区划群体作了综述。

二、茶树的栽培、生育与气象条件

日本足立(1964)在鹿儿岛的知览试验研究了印度阿萨姆种茶树栽培与气象条件的关系; 籙濂(1958, 1981, 1982)对夏天高温与茶树, 以及气温、地温对茶树生长的影响作了研究和探讨; 原田(1962)在《作物大系》中, 阐述了“气象要素和茶的栽培”。中国庄雪岚等(1963)研究了不同茶季茶树的光饱和点和补偿点, 结果说明盛夏时的光饱和点较大, 而春秋季节则较小。青木、中山等(1975, 1976)对特定波长的光对茶树生育的影响也进行了研究。哈德费尔德(Hadfield 1968)对叶姿平展型(H型)和直立型(E型)茶树对印度东北茶区夏季高温与强光照适应性进行的试验研究, 结论是H型阿萨姆种茶树若要获得最大生长量则需要遮阴。鲍拉(1974~1982)的多年试验也得到同样结果。童启庆(1975)、籙濂(1975)、夏春华等(1978)都曾研究了日照时数对茶树开花的影响。李倬、姚永康、陈平(1990), 李娟(1991)对于太阳辐射各波谱段和光合有效辐射在茶丛叶片上的吸收、反射等进行了研究。望月(2001)利用了茶园中近紫外线的反射辐射减轻了茶黄蓟马的危害。此外, 方培仁(1964)研究了紫外线对茶树生长代谢的影响。黄晓澜、丁瑞兴(1990)对夏季茶园太阳辐射能作了观测研究。

在温度对茶树的影响方面, 赵学仁(1962)、王怀龙等(1981)、闻思流(1982)、邱秀珍(1964)、刘隆祥(1981)、蒋培兴、黄道培(1965)、湛介国(1964)、陈平(1990)、李倬(1987, 1988)等都在不同的地区以不同的角度和茶树品种研究了温度、积温等对茶芽萌发和伸长的影响。在非洲, 韦拉特(Willatt 1969)、卡尔(Carr 1970, 1972), 福德汉姆(Fordham 1970)研究了土温等与茶树新梢伸长的关系; 格林(Green 1971)、赫德和斯奎尔(Herd, Squire 1976)先后在马拉维研究了气温与茶树新梢生长量的关系。斯奎尔还提出影响新梢伸长的温度低限是13℃左右。日本的籙濂、青野、关谷、田中、山下(1979)对积温与各轮茶树新梢的萌发和采摘期及昼夜温差与茶树新梢的伸长等也作了研究。前苏联的米拉泽(1979)、列别杰夫(1961)在格鲁吉亚茶区, 也进行了很多类似的卓有成效的研究。

在茶树需水量、茶园蒸散量和空气湿度、土壤湿度与茶树生育等方面的研究。许允文(1979)、周永兴(1987)、孙继海(1964)、籙濂等(1971)、加德(Gadd 1935), 赖科克(Lycock 1964)、韦拉特(Willatt 1971b, 1973)、达格(Dagg 1970)、赫拉(Harler 1966)都作了很多研究工作。谢梁尼诺夫、布申、米拉泽、戈丘拉什维里和乍尔达斯塔立什维里对于茶园的蒸散量、茶树所需的水分、适宜的水热系数等, 都作了不少有益的研究。

三、茶园小气候

卡尔坦德和伍德赫德(Caltander, Woodhead 1981)在肯尼亚研究了种植园中茶树冠层热量水分等的传输, 其后凯若(Kairu 1955)也在那里对成年茶树冠层上独特的边界层小气候情况进行了较全面的研究。黄寿波(1983)研究了某些茶园小气候的温湿状况。余建英、包根浩(1987)探讨了茶树冠层表面的太阳辐射特征。李倬、柯泳平(1997)研究了茶树单丛和群体中光强、温度、湿度的空间分布。李倬、姚永康、陈平(1990)对茶园的太阳辐射能谱进行了研究。李娟(1991)也作了类似的专门研究工作。

在灌溉茶园的小气候方面, 福德汉姆(Fordham 1973)曾在马拉维茶区旱季降水前后

测定它的小气候并计算了波文比 (Bowen ratio)。观测结果表明,旱季灌溉,可改变作物表面能量平衡,使小气候得到改善。潘根生 (1979) 在余杭茶园的喷灌试验,得到降温增湿的效果。这在许允文的一些研究工作中,也得到了证实。

茶园中覆盖茶株的小气候效应,若干学者做了不少研究,如吴涵芬 (1960)、大石 (1982)、段建真、俞美英 (1989) 以塑膜覆盖茶丛,发挥其生态效应促使茶芽早发;陶汉之 (1981) 以苇帘遮阴,使茶棚降温增湿;王彪 (1980) 对茶园铺草小气候效应进行了探讨;宿力军 (1992) 以遮阳网覆盖茶棚的试验及韩文炎 (1995) 类似的研究报道等。

在茶树与树木间作研究方面,高素华、黄增明 (1989) 曾进行了海南岛胶一茶间作的小气候研究;解子桂 (1995) 对泡桐对茶树遮阴的效果进行的研究;柯泳平 (1996) 对乌桕与茶树间作的小气候效应的研讨;此外,在刘云鹏 (1957) 研究茶园间作对茶树的影响,朱先明、王融初 (1986) 的茶园间种葡萄生态效益的研究中,都有一些茶园小气候的内涵。潘根生、高人俊 (1986) 及青木 (1983)、西条 (1981)、中川 (1972) 有关茶树遮阴影响其生理生化的研究,亦涉及一些小气候方面的内容。

关于塑料大棚茶园的小气候特征,黄寿波、许允文、韩文炎、俞忠伟、陈梅生等 (1995~1997) 对温、湿度曾作了较为全面的研究。班昕、李圣奎 (1997) 探讨了山东塑料大棚茶园内一些冬季保温、保湿措施,以调节其小气候。此外,储长树 (1992),钱妙芬、罗秀陵 (1993) 有关塑料大棚内温、湿度变化规律及通风效应等研究结果,也值得经营塑料大棚茶园者的参考。

四、茶树气象灾害及其防御

茶树气象灾害及其防御方面的研究,主要集中在茶树的低温冷、冻害及旱、热害方面。其他如雹害、潮风害、湿害等亦有所涉及。丹羽 (1971)、小幡 (1984) 在日本曾发表了气象灾害对山区茶叶生产的影响及关于防御干冻害对策的文章。原田、中山、三井 (1959) 作了关于茶树耐寒性的研究。后藤等 (1993) 研究了茶树霜冻害中冰核活性细菌的作用。左纪谷 (1958)、施海根 (1978)、谢庆梓 (1963) 等曾对大别山、庐山茶区和闽北的茶树冻害进行调查。刘祖生 (1957)、黄寿波 (1983) 先后阐述了茶树冻害及其防御的方法。李倬 (1982) 在分析了中国茶区茶树冻害和农业气候特点的基础上,求出了小叶种和大叶种茶树不同等级的冻害指标,并统计出茶区内各地出现茶树冻害概率的大小。程德瑜 (1982) 提出了春季危害积温的概念,以春季低温日 (日平均气温低于 10°C) 逐日平均气温与 10°C 差值的总和与低温持续天数的乘积,作为确定春季低温冷害的标准。此本、小幡 (1975),阿部、奥山等 (1975),渊之上康元、冈野、北田 (1985) 对日本茶树耐寒性试验,塔赫马江 (Тахмазян Н А) 对俄国茶区茶树寒害、胡德松 (Hudson 1996) 对南印度茶树霜害等都开展了大量的研究工作。

旱、热害方面,黎正夏 (1965)、胡海波、姚国坤 (1966)、曹继启 (1978) 率先进行了调查研究。黄寿波 (1981) 对浙江茶树的干热害作了气候分析。潘根生 (1979)、赵晋谦、吴喜云 (1979)、许允文 (1982) 对茶园喷灌、保水、抗旱效应及土壤湿度变化等也都进行了研究。

在东非肯尼亚茶园中常有雹灾。奥赛罗、阿巴嘎 (Othieno, Obaga 1982~1985)、恩加替其 (Ngatich 1995)、桑松 (Sansom 1968) 等曾对该地茶园雹灾进行调查研究,并在东非凯里乔茶园进行防雹的试验研究。另外格鲁吉亚高山物理研究所对当地茶区的冰雹预报及防雹研究工作、谢精明 (1982) 对中国雹灾和灾后茶树的补救措施等研究工作,以及马尼威、汉迪

奎 (Manivel, Handique 1984) 在印度东北茶区类似的研究, 对茶叶生产都很有帮助。

至于茶树的潮风害、湿害等方面, 研究者较少。日本学者青野 (1974)、河合 (1973) 等曾有所报道。

五、气象因子、气候生态对茶叶产量和品质的影响

1960 年裘览耕即阐述了水分与茶叶丰产的关系。布申 (1975) 研究了气温、湿度对俄国茶区茶叶产量的影响。築濑 (1981)、王良和 (1988)、黄寿波 (1986) 研究了气象因子——尤其是气温对绿茶品质的影响。王立 (1982)、庞振潮 (1980, 1983)、姚永康 (1980) 的研究工作, 则侧重于太阳辐射 (光能) 与茶叶产量或对茶叶品质的影响。在气候条件、生态环境与茶叶产量、品质的关系方面, 奥赛罗 (Othieno 1982) 在肯尼亚, 司奎尔 (Squire 1979) 在马拉维, 斯恰克·冯·巴林 (Schaik Van Baring 1981) 在斯里兰卡, 恰克拉波特等 (Chakraborty, Srivastava 1997) 在东北印度, 苏德、普拉萨德等 (Sud 等 1995) 在印度西北茶区, 法鲁克等 (Faruk 1996) 在南印, 萨尼基泽 (Саникидзе 1986) 在格鲁吉亚, 他们从各不同的角度, 进行了研究。钱书云、姚信恩 (1986) 还在闽东建立了茶树鲜叶每一轮产量的气象模式。此外, 鲍拉 (Barua 1982) 曾研究了茶树叶姿和遮阴对茶叶产量的影响。罗焕权 (1989)、龙乙明 (1986) 进行了橡胶树与茶树间作对茶叶品质影响的研究。