YOUCHA YU
QIHOU

油茶与气候

廖玉芳　郭凌曜　蒋元华　彭嘉栋　等 编著



资料及方法

我国油茶种植概况

我国油茶主产区气候

油茶果实品质与气候

油茶主要气象灾害

油茶种植气候适宜性区划

2013年湖南持续高温干旱对油茶影响的调查报告

湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书共分六章，外加一个灾害调查报告。本书介绍了我国油茶主产区的气候概况和气候对油茶种植影响的系列文献成果，分析了湖南气候对油茶产量和品质的影响，给出了湖南油茶气象灾害案例，提供了油茶种植气候适宜性区划、油茶高产气候区划、油茶品质气候区划及气象灾害风险区划指标、方法和结果。

本书兼具系统性和实用性，可为油茶发展提供科学依据，也可作为农业、林业科技工作者及其相关院校师生的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

油茶与气候/廖玉芳等编著．—长沙：湖南大学出版社，2020.12.

ISBN 978-7-5667-2075-7

Ⅰ.①油… Ⅱ.①廖… Ⅲ.①油茶—栽培技术—关系—气候—研究 Ⅳ.①S794.4 ②P46

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2020）第 240970 号

油茶与气候

YOUCHA YU QIHOU

编　　著：廖玉芳　郭凌曜　蒋元华　彭嘉栋 等
策划编辑：卢　宇
责任编辑：廖　鹏
印　　装：长沙超峰印刷有限公司
开　　本：787 mm × 1092 mm　16 开　　**印张**：9.25　**字数**：225 千
版　　次：2020 年 12 月第 1 版　　**印次**：2020 年 12 月第 1 次印刷
审 图 号：GS(2019)1786 号　湘 S(2017)170
书　　号：ISBN 978-7-5667-2075-7
定　　价：68.00 元

出 版 人：李文邦
出版发行：湖南大学出版社
社　　址：湖南·长沙·岳麓山　　**邮　　编**：410082
电　　话：0731-88822559(营销部)，88821315(编辑室)，88821006(出版部)
传　　真：0731-88822264(总编室)
网　　址：http://www.hnupress.com
电子邮箱：lplmyxty@163.com

版权所有，盗版必究
图书凡有印装差错，请与营销部联系

前　言

油茶种植集经济、生态、社会效益于一身，发展油茶产业，对保障国家粮油安全、提高食用植物油自给水平、改善食物消费结构、促进山区农民增收、实施乡村振兴战略等方面具有重要意义。

同所有露天生产的农作物一样，气候是影响油茶产量、品质的重要因素。充分利用气候资源，趋利避害发展油茶产业至关重要。本书系统分析了全国油茶主产区的气候概况，收集整理了油茶与气候的相关研究成果，重点开展了湖南气候对油茶产量、品质的影响研究，从气候资源角度给出了湖南油茶产量、品质、气象灾害风险区划结果。

本书共分六章。第一章简单介绍了编写本书的资料来源及分析方法；第二章介绍了我国油茶的种植概况；第三章分析了我国油茶主产区的气候特性；第四章摘录了油茶品质与气候的相关研究文献，分析给出了湖南油茶品质与气候的关联性；第五章摘录了油茶气象灾害的相关研究文献，给出了湖南主要油茶气象灾害的影响案例；第六章给出了全国油茶种植气候适宜性区划结果，湖南省油茶高产气候区划结果、气象灾害风险区划结果、油茶鲜果含油率气候区划及茶油油酸气候区划。附录为2013年湖南持续高温干旱对油茶影响的调查报告。

《油茶与气候》撰写人员由湖南省气象科学研究所、湖南省气候中心科研人员组成。第一章由廖玉芳同志编写。第二、三章由郭凌曜同志编写。第四章第一、二、三节的第一部分由彭嘉栋同志编写，第一、二、三节的第二部分由廖玉芳同志编写，第四节由蒋元华同志编写。第五章第一节、第二节第一部分及第三节由蒋元华同志编写，第二节第二部分由廖玉芳同志编写。第六章第一节第一部分由郭凌曜同志编写，第二部分由廖玉芳、谢佰承同志编写，第三部分由谢佰承、廖玉芳同志编写；第二节由廖玉芳、杜东升同志编写；第三节由杜东升、廖玉芳同志编写；第四节由廖玉芳、杜东升、蒋元华等同志编写。全书由廖玉芳同志统稿，蒋元华、郭凌曜同志负责校核。

在本书的编著过程中，湖南省林业科学院（国家油茶工程技术研究中心）在油茶测产、灾害调查素材的提供等方面给予了大力支持，湖南省林业科学院、湖南省气候中心的部分技术人员参与了油茶气象灾害调查，黄超同志参与了数据分析工作，毛留喜正研级高工、陈永忠博士等诸多专家对本书给予了指导，陈隆升同志为本书的编写提供了大量帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，油茶生产数据获取有限，书中不可避免地存在错误或不足，敬请读者和专家予以批评指正，我们不胜感谢。

编　者

2020年12月

目　次

1　资料及方法 …… (1)
1.1　资料 …… (1)
1.1.1　气象资料 …… (1)
1.1.2　油茶生产资料 …… (1)
1.2　气候指标 …… (2)
1.2.1　气候指标类型及名称 …… (2)
1.2.2　气候指标统计方法 …… (3)
1.3　油茶产量及品质指标 …… (3)
1.3.1　油茶果实品质指标分析 …… (3)
1.3.2　油茶产量与品质代表性指标 …… (4)
1.4　方法 …… (5)
1.4.1　油茶产量及油茶品质形成期的约定 …… (5)
1.4.2　关联性分析 …… (5)
1.4.3　概率统计分析 …… (5)
1.4.4　变化趋势分析 …… (6)
1.4.5　区划 …… (7)
参考文献 …… (7)
2　我国油茶种植概况 …… (9)
2.1　油茶发展意义 …… (9)
2.2　我国油茶发展历程 …… (9)
2.3　油茶主产区分布 …… (10)
2.4　2009—2020 年全国油茶产业发展规划建设范围与建设布局 …… (17)
2.4.1　建设范围 …… (17)
2.4.2　建设布局 …… (17)
参考文献 …… (18)
3　我国油茶主产区气候 …… (19)
3.1　气温 …… (19)
3.1.1　平均气温 …… (19)
3.1.2　极端气温 …… (27)
3.1.3　气温日较差 …… (30)
3.2　积温 …… (32)
3.3　地表温度 …… (35)
3.4　降水 …… (37)

3.4.1 年降水量 …… (37)
3.4.2 降水日数 …… (38)
3.5 日照 …… (43)
3.5.1 年日照时数 …… (43)
3.5.2 日照日数 …… (45)
3.6 湿度 …… (47)
3.6.1 年平均相对湿度 …… (47)
3.6.2 年最小相对湿度 …… (49)
3.7 年蒸发量 …… (49)
3.8 年平均风速 …… (51)
3.9 极端天气 …… (53)
3.9.1 日降水≥50 mm 日数 …… (53)
3.9.2 低温日数 …… (54)
3.9.3 高温日数 …… (55)
3.9.4 积雪日数 …… (57)
4 油茶果实品质与气候 …… (59)
4.1 油茶产量与气候 …… (59)
4.1.1 文献摘录 …… (59)
4.1.2 湖南油茶产量与气候 …… (64)
4.2 油茶籽含油率与气候 …… (68)
4.2.1 文献摘录 …… (68)
4.2.2 湖南油茶鲜果含油率与气候 …… (70)
4.3 油茶籽脂肪酸与气候 …… (75)
4.3.1 文献摘录 …… (75)
4.3.2 湖南油茶籽脂肪酸与气候 …… (75)
4.4 油茶适宜采摘的时间与气候 …… (79)
4.4.1 文献摘录 …… (79)
4.4.2 湖南油茶适宜采摘时间与积温 …… (80)
参考文献 …… (83)
5 油茶主要气象灾害 …… (85)
5.1 低温连阴雨 …… (85)
5.1.1 文献摘录 …… (85)
5.1.2 湖南低温连阴雨影响案例 …… (88)
5.2 高温干旱 …… (89)
5.2.1 文献摘录 …… (89)
5.2.2 湖南高温干旱影响案例 …… (91)
5.3 极端低温雨雪冰冻 …… (94)
5.3.1 文献摘录 …… (94)
5.3.2 湖南极端低温雨雪冰冻影响案例 …… (94)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

参考文献 …… (96)
6　油茶种植气候适宜性区划 …… (98)
6.1　油茶种植气候适宜性指标与区划 …… (98)
6.1.1　油茶种植气候适宜性区划指标研究文献摘录 …… (98)
6.1.2　油茶种植气候适宜性区划指标与区划模型 …… (99)
6.1.3　全国油茶气候适宜性分布 …… (101)
6.2　湖南油茶高产气候区划 …… (102)
6.2.1　区划指标 …… (102)
6.2.2　区划方法 …… (111)
6.2.3　油茶高产气候区划结果 …… (111)
6.3　湖南油茶气象灾害风险区划 …… (113)
6.3.1　区划指标及模型 …… (113)
6.3.2　油茶气象灾害风险区划结果 …… (114)
6.4　湖南油茶果实品质气候区划 …… (115)
6.4.1　油茶鲜果含油率气候区划 …… (115)
6.4.2　茶油油酸含量气候区划 …… (117)
参考文献 …… (119)
附　2013 年湖南持续高温干旱对油茶影响的调查报告 …… (121)

1 资料及方法

1.1 资料

1.1.1 气象资料

（1）1981—2010年全国各县（市、区）日平均气温、日最高气温、日最低气温、日降水量、日平均相对湿度、日最小相对湿度、日日照时数、日平均蒸发量、日平均风速、天气现象等资料源于全国地面气象观测站观测数据，从国家气象信息网获取。

（2）1961—2018年湖南省97个县（市、区）日平均气温、日最高气温、日最低气温、日降水量、日平均相对湿度、日最小相对湿度、日日照时数、日平均蒸发量、日平均风速、日平均地表温度、土壤温度（5 cm、10 cm、15 cm、20 cm）、天气现象等资料源于湖南省地面气象观测站观测数据，从湖南省气象信息中心获取。

1.1.2 油茶生产资料

（1）2009—2017年鲜果产量数据（共计124个样本数据）来源于湖南省31个县（市、区）油茶产量测产点[1]。

（2）2009—2017年采集的124个油茶鲜果含油率的样本数据来源于湖南境内的40个湘林系列油茶品种样地，各样地地名见表1-1，含油率均由湖南省林业科学院采用索氏提取法测定。

表1-1 湖南省40个油茶样地地名

编号	地点	编号	地点
1	茶陵县二铺村	21	宁远县冷水镇
2	常宁市畔冲村	22	宁远县太平镇
3	常宁市白马村	23	祁阳县文明铺镇同德堂村
4	道县祥林铺洞民村	24	邵东县黄草坪林场
5	东安县井头圩镇群山村	25	邵阳县白苍镇迎丰村
6	衡东县山田村	26	邵阳县民主村
7	衡东县度湖镇西冲村	27	邵阳县七里山
8	衡东县鹤翔村	28	绥宁县长铺乡新水村
9	衡东县衡东镇	29	溆浦县思蒙乡
10	中方县花桥镇火马塘	30	宜章县宜章镇浆水基地
11	蓝山县田心镇板屋村	31	宜章县宜章镇煤田基地
12	耒阳市南京镇江里村	32	益阳市赫山区

续表

编号	地点	编号	地点
13	耒阳市马水镇滩头村	33	永顺县青坪镇青坪居委会
14	醴陵市板杉镇样地 1	34	永兴县太和乡戏台村
15	醴陵市板杉镇样地 2	35	永州市研究所样地
16	浏阳市淳口镇鸭头村	36	岳阳市平江县童市镇
17	浏阳市沙市团农基地	37	岳阳市岳阳县 12 组
18	浏阳市沙市镇罗福村	38	岳阳市岳阳县 14 组
19	汨罗市三江镇落马村	39	长沙市林场 4 区北气象中心
20	宁远县柏家坪岗子头村	40	资兴县高码镇文昌阁村

（3）2012—2017 年油酸含量资料（共计 36 个样本数据）主要来源于湖南省林业科学院。

1.2 气候指标

1.2.1 气候指标类型及名称

根据年及油茶各物候期时段将气候指标类型及名称列举如下，见表 1-2。

表 1-2 不同时段气候指标类型及名称

类型	名称
平均气温	平均气温，平均最高气温，平均最低气温
极端气温	极端最高气温，极端最低气温
积温	≥0 ℃积温，≥5 ℃积温，≥10 ℃积温，≥15 ℃积温，≥20 ℃积温
地温	0 cm 地中温度，5 cm 地中温度，10 cm 地中温度，15 cm 地中温度，20 cm 地中温度
降水	降水量，降水日数，≥1 mm 降水日数，≥10 mm 降水日数，≥25 mm 降水日数，≥50 mm降水日数，最长连续降水日数，最长连续无降水日数
光照	日照时数，有日照日数，无日照日数，最长连续有日照日数，最长连续无日照日数
湿度	平均相对湿度，最小相对湿度
蒸发	蒸发量
风	平均风速，日平均风速≤3.3 m/s 日数，日平均风速>3.3 m/s 日数
高温日数	日最高气温≥35 ℃日数，日最高气温≥37 ℃日数，日最高气温≥39 ℃日数，日最高气温≥40 ℃日数
低温日数	日最低气温≤0 ℃日数，日最低气温≤−4 ℃日数，日最低气温≤−7 ℃日数，日最低气温≤−9 ℃日数，日最低气温≤−11 ℃日数
降雪日数	有降雪的日数
冰冻日数	有冰冻的日数
霜日	有霜日数

1.2.2 气候指标统计方法

（1）平均值法：某时间段内的日气象要素资料之和除以参与统计的日数，如月平均气温、年平均气温、年平均风速等。若该时间段内有日资料缺测，则该时间段平均值记为缺测。

（2）累积值法：某时间段内的日气象要素资料之和，如年降水量、年蒸发量等。若该时间段内有日资料缺测，则该时间段累积值记为缺测。

（3）活动积温法：某一时期内大于或等于某一界限温度的日平均温度的总和，即 $Y=\sum_{i=1}^{n}(T_i \geqslant B)$，式中，$T_i$ 为时段中第 i 天的日平均气温，B 为温度阈值，n 为计算时段的日数。本书统计有油茶各物候期的积温和年积温。若某时间段中有日平均气温资料缺测，则该时间段积温值记为缺测。

（4）极端值法：某时间段内的日气象要素的最大值或最小值，如年极端最高气温、年最小相对湿度等。若该时间段内有日资料缺测，则该时间段极值记为缺测。

（5）气温日较差统计方法：某时间段内各日最高气温与最低气温差的平均值。若该时间段内有日最高气温或日最低气温资料缺测，则该时间段值记为缺测。

（6）各等级降水日数统计方法：某时间段内的降水日数指该时间段内日降水量≥0.1 mm的日数之和；1 mm 以上降水日数表示指定时间段内日降水量≥1 mm 的日数之和；中雨以上降水日数表示指定时间段内日降水量≥10 mm 的日数之和；大雨以上降水日数表示指定时间段内日降水量≥25 mm 的日数之和；暴雨以上降水日数表示指定时间段内日降水量≥50 mm 的日数之和。若指定时间段内有日降水资料缺测，则该时间段的值记为缺测。

（7）高温日数统计方法：某时段高温日数（≥35 ℃、≥37 ℃、≥39 ℃、≥40 ℃的高温日数）分别指该统计时段内日最高气温分别为≥35 ℃、≥37 ℃、≥39 ℃、≥40 ℃的日数之和。若指定时间段内有日最高气温资料缺测，则该时间段的值记为缺测。

（8）低温日数统计方法：某时段低温日数（≤0 ℃、≤−4 ℃、≤−7 ℃、≤−9 ℃、≤−11 ℃的低温日数）分别指该统计时段内日最低气温分别为≤0 ℃、≤−4 ℃、≤−7 ℃、≤−9 ℃、≤−11 ℃的日数之和。若指定时间段内有日最低气温资料缺测，则该时间段的值记为缺测。

（9）天气现象日数统计方法：冰冻日数指统计时段内出现冰冻的日数之和；降雪日数指统计时段内出现降雪的日数之和；有霜日数指统计时段内出现霜的日数之和。若指定时间段内出现缺测现象，则该时间段的值记为缺测。

1.3 油茶产量及品质指标

1.3.1 油茶果实品质指标分析

（1）油茶品质受到四大要素的影响，其一是油茶的品种、产地、气候及栽培技术管理措施，其二是原料预处理程度，其三是加工工艺，其四是包装和储藏。本书所分析的是气候因素对油茶品质的影响，只应选择油茶初级产品，而经过加工提炼后的油茶品质不在此之列。

（2）油茶果实品质评价的常用指标（初级产品）有果形、果色、单果重、果径、果高、果皮厚、鲜籽个数/500 g、鲜果出干籽率、干籽含油率、鲜果含油率等。

（3）左继林等人[2]采用主成分分析方法对 25 个赣油茶无性系的品质进行了比较与优劣排序得出，在评价油茶品质的 11 个性状指标中，第一主成分主要由鲜果含油率、出干籽率、亚油酸含量、产油量和油酸含量起决定作用，即鲜果含油率排位第一；第二主成分主要由油酸含量、种仁含油率、产油量及棕榈酸含量决定。

（4）《油茶籽油》（GB/T 11765—2018）[3]给出的油茶籽油基本组成和主要物理参数、《湖南茶油》（T/HNYC 001—2018）[4]给出的茶油特征指标，中心内容是脂肪酸的组成，而油茶籽油以油酸含量高（表 1-3）为主要特征。

表 1-3　油茶与其他主要食用油料的脂肪酸组成情况　　单位：%

脂肪酸		油茶籽油	橄榄油	棕榈油	大豆油	菜籽油	棉籽油	花生油
饱和脂肪酸		9.6	13.7	48.2	14.8	6.9	22.3	16.8
不饱和脂肪酸	总含量	90.4	86.3	51.8	85.2	93.1	77.7	83.2
	油酸（C18∶1）	74～87	55～83	36～44	17.7～28	8～60	14.7～21.7	35～67
	亚油酸（C18∶2）	7～14	3.5～21	9～12	49.8～59	11～23	46.7～58.2	13～43
	亚麻酸（C18∶3）	1.2	1.1		8.4	8.1		
	芥酸（C22∶1）					23.6		
	其他不饱和脂肪酸		0.7		0.3	6.8	0.8	2.1
检测标准		《油茶籽油》（GB/T 11765—2018）	《橄榄油、橄榄果渣油》（GB/T 23347—2009）	《棕榈油》（GB/T 15680—2009）	《大豆油》（GB/T 1535—2017）	《菜籽油》（GB/T 1536—2004）	《棉籽油》（GB/T 1537—2019）	《花生油》（GB/T 1534—2017）

数据来源：相关油料的国家标准；张晓波《食用植物油的脂肪酸组成调查》、穆同娜等《三种植物油中不饱和脂肪酸含量调查》、关紫峰等《食用动物油与植物油中脂肪酸组成的研究》。

（5）基于本书收集到的脂肪酸检测成分较全的 26 个样本资料，计算油酸与脂肪酸其他成分间的相关系数，均通过了显著性检验（$a=0.05$）（表 1-4），说明油酸与其他成分的相关性高，油酸作为脂肪酸组成的评价指标具有代表性。

表 1-4　油酸与脂肪酸其他成分间的相关系数

脂肪酸成分	硬脂酸	豆蔻酸	棕榈酸	棕榈一烯酸	亚油酸	亚麻酸
相关系数	−0.420	−0.454	−0.953	−0.756	−0.863	−0.712

1.3.2　油茶产量与品质代表性指标

基于 1.3.1 节的分析，选择下列指标用于本书的油茶评价指标。

（1）油茶鲜果产量（kg/亩），1 hm^2=15 亩（本书采用亩作计量单位）。

（2）鲜果含油率（%）=鲜果出干籽率×干籽含油率×100%。

（3）油酸含量（%）。

1.4 方法

1.4.1 油茶产量及油茶品质形成期的约定

（1）油茶产量形成期的约定。

分析大量文献资料发现，油茶产量形成期时间长，始于上一年的春梢萌动，止于果实成熟采摘，故约定该时间段为每年油茶产量的形成期。分析气候条件对油茶产量的影响，则主要围绕该时间段各物候期气象条件进行，物候期时段的划定见文献[1]。

（2）油茶品质形成期的约定。

王湘南[5]针对4个来自不同省份种源的有代表性的品种开展油茶物候期及开花生物学特性研究得出：湘林190子代果实生长期有2个小高峰，分别在3月下旬—5月上旬和6月上旬—7月下旬，果径生长至7月下旬就基本停止；岑软3和湘林27果径生长高峰期在4月下旬—6月中旬和7月下旬—9月中旬，果径生长至9月中旬止；赣68果径生长的高峰期分别在4月下旬—6月中旬和7月上旬—8月下旬。陈永忠等[6]研究得出：当果实体积的增长逐渐停止后，果实内部油脂转化开始加速，油脂转化出现2个高峰，8月中下旬—9月上旬和9月下旬—10月下旬。8月上旬—8月中旬，种子含油率很低；8月中下旬—9月上旬，油脂含量开始明显增加，产生一个小高峰，鲜果含油率在该阶段中增幅占鲜果总含油量的27.2%；9月中下旬，果实内种子外壳木质化程度加深，种仁变得更加充实和坚硬，10月下旬前后，果实成熟，那时果实物质积累达到高峰，也是油脂转化的第二次高峰期，鲜果含油率在该阶段中增幅占鲜果总含油量的68.9%。罗凡等[7]关于不同采摘时间对茶籽油理化性质及营养成分的影响研究结果表明：茶油脂肪酸中的不饱和脂肪酸含量随着油茶籽的成熟日渐增多，抗氧化物质如维生素E、β-谷甾醇等也随着油茶籽的成熟而增加，增加规律基本相同，即10月9日—10月24日的变化幅度较大，10月24日之后分析参数也有缓慢变化，到10月29日基本达到峰值。自然落果后的油茶籽油的过氧化值以及酸值最高。马力等[8]开展油茶果采后处理对油茶籽内在品质的影响研究，得出油茶鲜果采收后有一个生理后熟过程，油茶内含物会发生一系列变化，尤其是油脂含量会进一步积累，因此，合适的油茶采后处理方式对提高油茶的含油率、改善油茶籽的品质具有重要意义，如果贮藏不当，油茶籽会出现发热、生霉及油脂酸败等现象。

综合相关研究文献，本书将油茶生长期果实品质形成时间段确定为果实第一次膨大期（湖南油茶始于2月下旬）至果实成熟期（10月），各物候期时间段的划定同文献[1]。采后处理期也属油茶品质影响期，湖南油茶籽多在10月采摘，因而确定的采后处理期为11—12月。

1.4.2 关联性分析

（1）皮尔逊相关系数[9]。

（2）主成分分析方法[10]。

（3）逐步回归分析方法[11]、分类与回归树和卡方自动交互检验[12—16]。

1.4.3 概率统计分析

（1）离散系数

离散系数又称变异系数，是统计学当中的常用统计指标，主要用于比较不同水平的变

需要全本请访问 www.ertongbook.com

量数列的离散程度及平均数的代表性。离散系数较大的其分布情况差异也大。

当进行两个或多个资料变异程度的比较时，如果度量单位与平均数相同，可以直接利用标准差来比较；如果度量单位和（或）平均数不同，则不能采用标准差，而需采用标准差与平均数的比值（相对值），本书采用该方法。

（2）偏度系数

偏度系数表征分布形态与平均值偏离的程度，作为分布不对称的测度。标准偏度系数的意义是由偏度系数的取值符号决定。当符号为正时，表明分布图形的顶峰偏左，称为正偏度；当符号为负时，表明分布图形的顶峰偏右，称为负偏度；当取值为 0 时，表明分布图形对称。

偏度系数公式为：

$$g_1 = \sqrt{\frac{1}{6n}} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3 \tag{1.1}$$

（3）峰度系数

峰度系数表征分布形态图形顶峰的凹平度。标准峰度系数的意义是由峰度系数的取值符号决定。当符号为正时，表明分布图形坡度偏陡；当符号为负时，表明分布图形坡度平缓；当取值为 0 时，表明分布图形坡度正好。

峰度系数公式为：

$$g_2 = \sqrt{\frac{n}{24}} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - 3 \right] \tag{1.2}$$

（4）核密度估计

核密度估计是在概率论中用来估计未知的密度函数，属于非参数检验方法之一。应用核密度估计不需要引入对数据分布的先验假设，只从样本本身出发获取数据分布特征，可以用来估计任意形状密度估计的方法。同时，相比于直方图等其他密度估计方法，通过核密度估计得到的概率密度连续性更好，并且不会依赖于选取的区间长度。

对于给定数据 $x_1, x_2, \cdots, x_n$，核密度估计的公式为：

$$\hat{p}_n(x_i) = \frac{1}{nh_n} \sum_{j=1}^{n} K\left(\frac{x_i - x_j}{h_n} \right) \tag{1.3}$$

式中，$K(\cdot)$ 为核函数，常用的核函数有高斯核函数、均匀核函数和三角核函数等。以高斯核函数作密度估计时，取 $K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{u^2}{2}}$，则此时的核密度估计公式为：

$$\hat{p}_n(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} nh_n} \sum_{j=1}^{n} e^{\frac{(x-x_j)^2}{2h_n^2}} \tag{1.4}$$

1.4.4 变化趋势分析

用气候倾向率来表征气象要素在时间上的变异特征。各气象要素 X 随时间序列 t 的变化趋势可以用一元线性回归方程来定量描述：

$$X_i = b + a \times t, \quad a = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \tag{1.5}$$

式中，t 表示年份序列号，b 为常数，a 为回归系数。当 a 为正（负）时，表示样本在计算的时段内线性增加（减弱），$a \times 10$ 为气候倾向率，表示气象要素每 10 年的变化率，

回归系数 a 可用最小二乘法或经验正交多项式计算。

1.4.5 区划

MaxEnt[17—18]是以最大熵理论为基础的物种分布预测模型，广泛应用于物种现实生境模拟、生态环境因子筛选以及环境因子对物种生境影响的定量描述。最大熵理论认为在已知条件下，熵最大的事物最接近它的真实状态，因而预测的风险也越小。本书所用的是 MaxEnt 模型 3.3.3k 版。主要原理如下：

最大熵模型是基于有限已知信息对未知分布进行无偏推断的一种数学方法。该理论认为在无外力作用下，事物总是在约束条件下争取最大的自由权。在已知条件下，熵最大的事物最可能接近它的真实状态。最大熵统计建模就是从符合条件的分布中选择熵最大的分布作为最优分布。最大熵模型对物种存在概率的估计可以通过贝叶斯决策理论观点进行解释[17]。模型的目的是寻找最优的对数可能性和确定概率分布 π 的真实分布。

概率分布的确定：从研究区设定的 X 个站点中随机选取一个站点 x，若该物种在站点 x 处存在，则记为 1，否则记为 0。将响应变量（存在或不存在）设为 y，那么 $\pi(x)$ 就是受限制条件约束的概率 $P(x \mid y=1)$。例如，假定物种在 x 点存在，则其在 x 点的概率为 1。

根据 Bayes 规则：

$$P(y=1 \mid x)=\frac{P(x \mid y=1)P(y=1)}{P(x)}=\pi(x)P(y=1) \mid X \mid \tag{1.6}$$

为此，对所有的 x，$P(x)=1/\mid x \mid$。$P(y=1 \mid x)$ 即物种在 x 点存在的概率，其值为 0 或 1，通常对分散的有机体来说，其值在 0 到 1 之间。$P(y=1)$ 为该物种在研究区域总的比例。在本研究中只计算概率分布 π，而不直接计算 $P(y=1 \mid x)$。且 x 在这里是站点，不是环境条件的向量。

熵最大的概率分布满足 Gibbs 分布。Gibbs 分布是根据特征向量权重参数化的指数分布，其形式为：

$$q_\lambda(x)=\frac{\exp\left(\sum_{j=1}^{n}\lambda_j f_i(x)\right)}{Z_\lambda} \tag{1.7}$$

Z_λ 是一个归一化常数，确保研究区概率 $q_\lambda(x)$ 之和为 1。因此，在站点 x 的最大熵模型 q_λ 值取决于站点 x 的特征值，所以仅取决于站点 x 的环境变量。通过多个样本训练之后，最大熵模型可以预测具有同样环境变量的其他站点物种的存在概率。

参考文献

[1] 廖玉芳，彭嘉栋，陈隆升，等. 湖南油茶产量气象条件分析 [M]. 长沙：湖南大学出版社，2019.

[2] 左继林，龚春，汪建平，等. 赣油茶 25 个优良无性系品质评价 [J]. 浙江林学院学报，2008，25 (5)：624－629.

[3] 全国粮油标准化技术委员会. GB/T 11765—2018 油茶籽油 [S]. 北京：中国标准出版社，2018.

[4] 湖南省油茶产业协会. T/HNYC 001—2018 湖南茶油 [S]. 2018.
[5] 王湘南. 油茶物候期及开花生物学特性研究 [D]. 长沙：中南林业科技大学，2011.
[6] 陈永忠，肖志红，彭邵锋，等. 油茶果实生长特性和油脂含量变化的研究 [J]. 林业科学研究，2006，19 (1)：9-14.
[7] 罗凡，费学谦，方学智，等. 油茶籽采摘时间对油茶品质的影响研究 [J]. 江西农业大学学报，2012，34 (1)：87-92.
[8] 马力，钟海雁，陈永忠，等. 油茶果采后处理对油茶籽内在品质的影响研究 [J]. 中国粮油学报，2014，29 (12)：73-76.
[9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京：气象出版社，2007.
[10] 马开玉，丁裕国，屠其璞，等. 气候统计原理与方法 [M]. 北京：气象出版社，1993.
[11] DELISLE R K，DIXON S L. Induction of decision trees via evolutionary programming [J]. Journal of Chemical Information and Computer Sciences，2004，44 (3)：862-870.
[12] 栾丽华，吉根林. 决策树分类技术研究 [J]. 计算机工程，2004，30 (9)：94-96，105.
[13] 陈辉林，夏道勋. 基于 CART 决策树数据挖掘算法的应用研究 [J]. 煤炭技术，2011，30 (10)：164-166.
[14] 张亮，宁芊. CART 决策树的两种改进及应用 [J]. 计算机工程与设计，2015，36 (5)：1209-1213.
[15] KASS G V. An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data [J]. Journal of the Royal Statistical Society，1980，29 (2)：119-127.
[16] ANTIPOV E，POKRYSHEVSKAYA E. Applying CHAID for logistic regression diagnostics and classification accuracy improvement [J]. Journal of Targeting Measurement & Analysis for Marketing，2010，18 (2)：109-117.
[17] PHILLIPS S J，DUDIK M. Modeling of species distributions with MaxEnt：New extensions and a comprehensive evaluation [J]. Ecography，2008，31 (2)：161-175.
[18] PHILLIPS S J，ANDERSON R P，SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. Ecological Modelling，2006，190：231-259.

2 我国油茶种植概况

2.1 油茶发展意义

油茶属山茶科山茶属植物，是我国特有的高档木本食用油料植物，分布在北纬18°28′～34°34′、东经100°0′～122°0′，主要产区在中国，覆盖14个省（市、区）。

经济价值高。油茶的主产品是茶油，不饱和脂肪酸（人体所需）含量高达90%以上，远远高于菜油、花生油和豆油，被誉为“东方橄榄油”，已被国际粮农组织大力推荐为健康食用油；茶油进而可通过深加工制成护肤产品和洗浴产品。压榨茶油产生的副产品茶饼，既是农药又是肥料，可提高农田蓄水能力和防治稻田害虫；茶壳（果皮）既可加工成有机肥，又可加工成活性炭。

社会效益好。我国耕地资源刚性短缺，油茶树主要种植在丘陵山地，不与粮食争地，其产品茶油有助于持续稳定增加国内食用植物油的供给，极大地减缓了我国食用油消费缺口大的压力（2018年我国食用油消费缺口达到1081万t）；山区是我国贫困人口的主要分布地（占我国贫困人口的60%），发展油茶经济效益好，有助于破解山区群众脱贫难题，并助力乡村振兴。

生态效益显著。油茶根系发达，枝繁叶茂，四季常青，寿命长达100年以上，有美化环境、净化空气、调节气候、保持水土、涵养水源等多种生态作用。油茶多生长在环境未受污染的边远地区，具有有机、绿色的独特优势。

2.2 我国油茶发展历程

我国油茶发展历程[1]可以分为四个阶段。

油茶生产起步发展阶段（20世纪50年代）。新中国成立前，我国油茶生产处于半荒芜状态。新中国成立后，油茶生产迅速发展。1952年，全国茶油产量为5万t；1956年，茶油产量达到8万t；1958年，全国的油茶产量达到第一个高峰。这一阶段的油茶生产处于原始耕作状态，经营管理主要靠“人种天养”，油茶产量低，茶籽产量10 kg/亩左右，茶油产量2.5 kg/亩。

油茶生产恢复发展阶段（20世纪60、70年代）。1958年以后，油茶生产滑坡，产量下降；20世纪60年代中期，全国掀起大面积营造油茶林基地的群众运动；其后十年，油茶生产处于低迷阶段，到1976年，产量退到新中国成立初期水平；1976—1979年，国家开展新林营造和老林改造，油茶林面积迅速增加，产量稳步上升，“六五”期间油茶籽的产量比“五五”期间增长了23.8%，茶油产量达到11万t。这一阶段的油茶种植面积扩大，地块相对集中，抚育管理水平得到较大提高，产量也获得较大幅度的增加。

油茶生产平稳发展阶段（20世纪80、90年代）。进入20世纪80年代以后，新品种、新技术逐渐推广，油茶产量逐年增加，全国油茶林面积比新中国成立时扩大50%，一度达

到6000万亩。之后，油茶生产再次跌入低谷，油茶林面积下降。20世纪90年代初，油茶生产回升，到20世纪末，油茶林面积稳中有升，全国茶油年产量稳定在13万t以上，进入21世纪后，产量突破20万t。见图2-1。

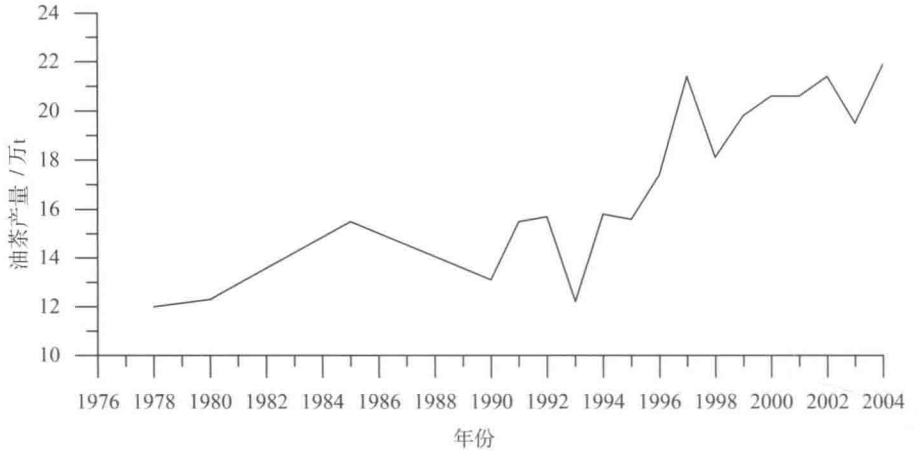


图2-1 我国茶油年产量折线图

油茶生产迅速发展阶段（21世纪）。党的十八大以来，我国油茶产业发展进入快车道（图2-2），2011年后油茶产量直线上升，到2018年接近70万t；2018年全国油茶种植面积达到6724万亩，比10年前增加了2000多万亩；2018年全国油茶产业总产值是2009年的12.6倍。

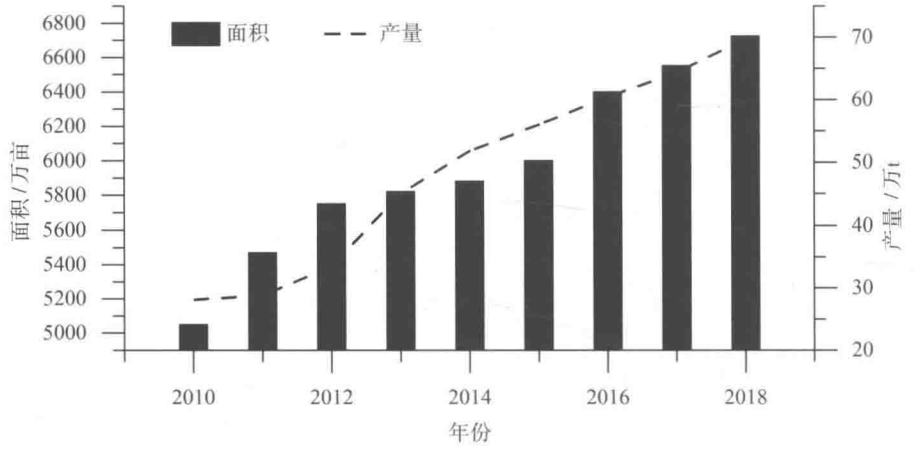


图2-2 2010—2018年我国油茶种植面积和茶油产量

2.3 油茶主产区分布

我国油茶主产区[1]集中分布在湖南、江西、广西、浙江、福建、广东、湖北、贵州、安徽、云南、重庆、河南、四川和陕西14个省（区、市）的642个县（市、区）。其中，种植面积大于10万亩的县（市、区）有142个，种植面积在5～10万亩（大于5万亩且小于或等于10万亩）的县（市、区）有97个，种植面积在1～5万亩（大于1万亩且小于或等于5万亩）的县（市、区）有142个，种植面积小于或等于1万亩的县（市、区）有261个。见图2-3、表2-1。

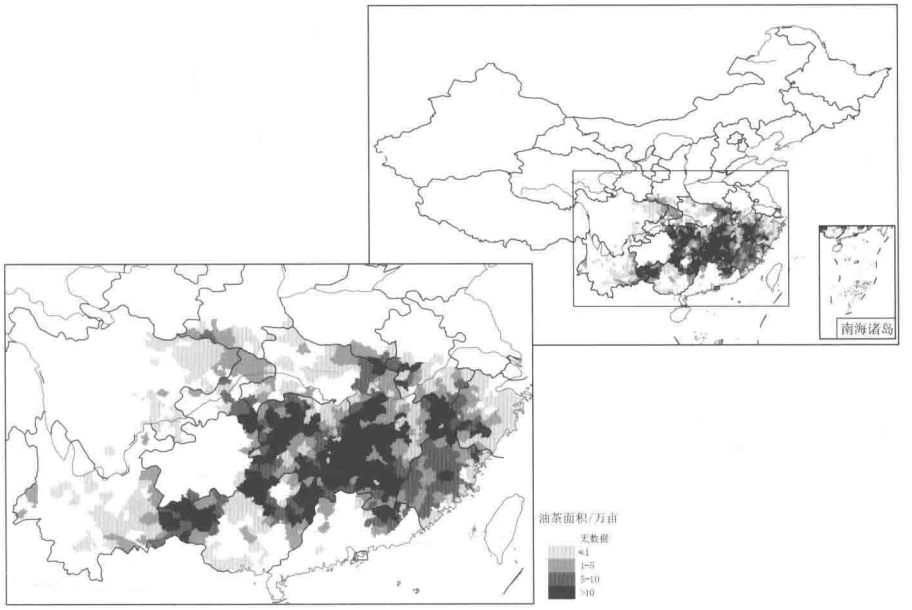


图 2-3 全国油茶主产区分布图

表 2-1 全国油茶主产区分布范围表

序号	单位	油茶分布县（市、区）数量及名称					所辖（市、区）总数/个
		合计/个	小于或等于 1 万亩的县级名称	1~5 万亩的县级名称	5~10 万亩的县级名称	大于 10 万亩的县级名称	
		642	261	142	97	142	1537
1	湖南	121	35	19	18	49	122
	长沙市	9	岳麓区、雨花区、天心区、开福区、芙蓉区	望城区	宁乡市、长沙县	浏阳市	
	株洲市	9	荷塘区、天元区、石峰区、芦淞区			醴陵市、株洲县、攸县、茶陵县、炎陵县	
	湘潭市	5	韶山市、岳塘区、雨湖区		湘乡市	湘潭县	
	衡阳市	12	南岳区、珠晖区、蒸湘区、雁峰区、石鼓区		祁东县	耒阳市、常宁市、衡东县、衡阳县、衡南县、衡山县	
	邵阳市	12	洞口县、武冈市、新邵县、双清区、大祥区 、北塔区	隆回县、城步县、邵东县、新宁县	绥宁县	邵阳县	
	岳阳市	8	临湘市、华容县、云溪区、岳阳楼区、湘阴县	岳阳县、汨罗市		平江县	

需要全本请访问 www.ertongbook.com