

ZHONGGUO KAOYAN QIHOU SHIYIXING HE
XUSHUILIANG DE KONGJIAN FENBU TEZHENG

中国烤烟气候适宜性和 需水量的空间分布特征

龙怀玉 刘建利 著



中国大地出版社

中国烤烟气候适宜性和 需水量的空间分布特征

龙怀玉 刘建利 著

中国大地出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书建立了烤烟气候适宜性动态评价模型、中国适用的参考作物蒸散量 Penman - Monteith 的替代模型,详细地揭示了我国目前移栽条件和能使气候适宜性最大化的移栽条件下的烤烟大田期不同发育阶段的平均气温、降雨量、光照时数、积温、平均相对湿度、参考作物蒸散量、需水量、气候综合适宜性、最佳移栽期、与津巴布韦烤烟气候相似性的频率分布特征、空间变异特征,以地图的形式表达了这些因素的空间分布特征,并且给出了当前植烟县的以上因素的具体数据。

本书可供烟草、农业、资源、生态、环境、水利、地理等领域的科研、教学、生产人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国烤烟气候适宜性和需水量的空间分布特征/龙怀玉等著. —北京:中国大地出版社,2007. 12
ISBN 978 - 7 - 80246 - 051 - 5

I. 中… II. 龙… III. ①烤烟—气候—适宜性—研究—中国②烤烟—需水量—研究—中国 IV. S572

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 191099 号

责任编辑:张雄 王慧军

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话:010—82329127(发行部) 010—82329113(编辑部)

传 真:010—82329024

网 址:www. chinalandpress. com 或 www. 中国大地出版社. 中国

印 刷:北京中创彩色印刷有限公司

开 本:889mm × 1194mm 1/16

印 张:25

字 数:400 千字

版 次:2007 年 12 月第 1 版

印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 80246 - 051 - 5/F · 261

定 价:120.00 元

版权所有·侵权必究

前言

作者的学术专业原本是土壤与肥科学，参与烟草行业的第一个科研项目是“烟草平衡施肥试验与推广”，在2000年刚刚接触烟草时，研究兴趣主要在烟草施肥上，但很快就陷入了迷惘之中。同样的烟草品种，其品质在不同地方为什么会有很大的差异呢？为什么同样一个地点的烟草肥料利用率在不同年份之间会有显著差异呢？……是一只什么样的大手在操控着烟草的品质呢？在这些问题的驱使下，自然而然地想到了生态条件。而生态条件中，必须要面对的首要方面就是气象条件。因此，在中国烟叶公司支持下，开始研究烟草气候适宜性问题，并在2003年3月的厦门全国烟草技术研讨会上，在概要地比较了国内外烟草气象条件的基础上，初步提出了以候气象数据为基础的、动态的烟草气候适宜性模型。所谓动态就是该模型允许不同地点采用不同时间段的气象数据，而不像以前的研究那样采用全年、或者固定地采用某个时间段的气象数据。此后的2004年、2005年的工作主要是广泛地征集国内著名烟草农业专家的意见，对烟草气候适宜性模型进行修改。最后一次修改是在2005年10月的青岛烟草区划研讨会上，在这个会上专家们建议将成熟期的截止气温从20℃下调到18℃。与此同时，作者有幸参与了国家烟草专卖局“部分替代进口烟叶”项目，先后在湖南省的浏阳、江永和江华搞点，通过现场调查和田间试验等方式去检验烤烟气候适宜性模型。

另外，在一般的研究中，提到气候适宜性，少不了要提出一些诸如适宜区、不适宜区之类的划分。然而作者向来认为“适宜区”、“不适宜区”是没有明显界线的，完全取决于人们的目标，在很大程度上讲属于主观范畴。因此本书只是尽可能多地依据涉及烟草气候适宜性的各个要素的具体数字，去阐述它们的空间演变趋势，而没有进一步提出诸如适宜、不适宜等之类的划分。读者可以选择自己喜好的标准，依据本书提供的数据（主要是附图）进行任意划分。

2005年夏季，作者受中国烟叶公司委派，作为专家组成员之一，到几个省去考察烟叶可持续发展。令人吃惊地发现不少烟区对烟草水分的重视程度远远不及对土壤养分那样重视。其主要理由是烟区雨水比较多，不存在缺水的问题。其实烟草水分管理比普通农作物还要复杂，因为不但亏水会降低烟草产质量，水分过多也会降低烟草产质量。也许是作者与“烤烟优化灌溉理论和技术的研究与应用”项目的科研骨干有着许多共同语言的缘故，受中国烟叶公司、“国家烟草栽培生理生化研究基地”诚挚邀请，欣然参与这个已经启动近两年

的项目，具体负责中国烤烟需水量的空间分布特征的研究。此时才真正发现我国在烤烟—水分关系上的研究累积是如此的薄弱，以至于计算烤烟需水量的关键参数，不得不借用国外的。但是如果不求精确到地块，而是用来指导大区域生产，这些参数则应该够用了，因为这些参数是经过联合国粮农组织（FAO）在多个国家验证过了的。

不管是气候适宜性，还是需水量，首要的是要了解目前的状态，但是仅仅这样还是不够的，还有必要告诉人们气候适宜性还有多大的提高潜力，在最适宜条件下的需水量又是怎样的。因此，本书研究了两种情况下的气候适宜性、需水量，即目前移栽条件和优化移栽条件。

需要说明的是，作者原本认为著作“中国烤烟气候适宜性和需水量的空间分布特征”的时机还不十分成熟，特别是在“需水量”上。因为还有太多、太多的基础工作没有开展，诸如不同生态条件下的烤烟作物系数、烤烟水分生产函数、烤烟水分品质函数，等等。但是目前不少烟区正在进行水利设施建设，亟需烤烟需水量、灌溉定额等方面的数据依据。另外，2003年厦门会议后，几个烟草行业的朋友多次对作者说“你能不能系统地讲讲你这个适宜性动态模型？能不能提供一套全国的评价结果？”有点下棋将军的味道。想到这7年来，烟草行业资助了不少科研经费，若不拿出点东西来回报，似乎说不过去。但是仍然不敢贸然动笔，于是咨询上研究生时的一位老师。他说：“即使有些不完善，若能起到抛砖引玉的作用，也是很好的。”作者深受鼓舞，于2006年5月开始写作本书，到2007年9月底基本完成。尽管作者力求严谨，但是由于才疏学浅，加之时间仓促，书中错误和漏洞肯定甚多。望各位读者不吝指教！

作者

2007年10月

目 录

第 1 章	研究中国烤烟气候适宜性的基本理论与方法	(1)
1.1	研究烤烟气候适宜性的重要性	(1)
1.2	我国烤烟气候适宜性研究概况	(1)
1.3	材料与方法	(3)
1.4	烤烟气候适宜性模型的建立	(6)
1.5	烤烟大田移栽期的确定	(14)
1.6	烤烟综合气候适宜性所涉及的气象因素	(17)
第 2 章	目前移栽条件下烤烟气候适宜性分析及其空间分布	(21)
2.1	目前移栽条件下烤烟大田生育期各个气象因素的基本统计数概况	(21)
2.2	目前移栽条件下烤烟大田生育期各个气象因素的空间变异结构特征概况	(21)
2.3	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期平均气温	(22)
2.4	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期降雨量	(26)
2.5	目前移栽条件下烤烟旺长期平均气温	(28)
2.6	目前移栽条件下烤烟旺长期降雨量	(32)
2.7	目前移栽条件下烤烟成熟期平均气温	(35)
2.8	目前移栽条件下烤烟成熟期降雨量	(37)
2.9	目前移栽条件下烤烟大田生长期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	(40)
2.10	目前移栽条件下烤烟大田生长期平均相对湿度	(43)
2.11	目前移栽条件下烤烟大田生长期日照时数	(45)
2.12	目前移栽条件下烤烟大田生长期降雨量	(47)
2.13	目前移栽条件下烤烟气候适宜性	(48)
2.14	目前移栽条件下烤烟气候适宜性年际稳定性	(51)
2.15	目前移栽条件下烤烟气候适宜性年内稳定性	(54)
2.16	烤烟大田期可用天数	(57)
2.17	目前移栽条件下烤烟移栽开始天	(59)
第 3 章	优化移栽条件下烤烟气候适宜性分析及其空间分布	(62)
3.1	优化移栽条件下烤烟大田生育期各个气象因素的基本统计数概况	(62)
3.2	优化移栽条件下烤烟大田生育期各个气象因素的空间变异结构特征概况	(62)
3.3	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期平均气温	(63)
3.4	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期降雨量	(67)
3.5	优化移栽条件下烤烟旺长期平均气温	(70)
3.6	优化移栽条件下烤烟旺长期降雨量	(73)
3.7	优化移栽条件下烤烟成熟期平均气温	(76)
3.8	优化移栽条件下烤烟成熟期降雨量	(78)

3.9	优化移栽条件下烤烟大田生长期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	(81)
3.10	优化移栽条件下烤烟大田生长期平均相对湿度	(84)
3.11	优化移栽条件下烤烟生长期日照时数	(86)
3.12	优化移栽条件下烤烟大田生长期降雨量	(88)
3.13	优化移栽条件下烤烟气候适宜性	(90)
3.14	优化移栽条件下烤烟气候适宜性年际稳定性	(93)
3.15	优化移栽条件下烤烟气候适宜性年内稳定性	(95)
3.16	优化移栽条件下烤烟移栽开始天	(97)
第4章	不同移栽条件下烤烟气候适宜性对比分析	(101)
4.1	优化移栽对烤烟气象因素及其适宜性空间结构的影响	(101)
4.2	不同移栽条件下还苗伸根期平均气温对比	(101)
4.3	不同移栽条件下还苗伸根期降雨量对比	(105)
4.4	不同移栽条件下旺长期平均气温对比	(107)
4.5	不同移栽条件下旺长期降雨量对比	(109)
4.6	不同移栽条件下成熟期平均气温对比	(111)
4.7	不同移栽条件下成熟期降雨量对比	(113)
4.8	不同移栽条件下大田期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温对比	(115)
4.9	不同移栽条件下大田期降雨量对比	(117)
4.10	不同移栽条件下大田期平均相对湿度对比	(119)
4.11	不同移栽条件下大田期日照时数对比	(121)
4.12	不同移栽条件下适宜性综合评价对比	(123)
4.13	不同移栽条件下适宜性年际稳定性对比	(125)
4.14	不同移栽条件下适宜性年内稳定性对比	(127)
4.15	不同移栽条件下移栽开始天对比	(129)
第5章	中国烤烟气候与津巴布韦烤烟气候的相似性	(131)
5.1	津巴布韦优质烟叶生产区的气象条件概况	(131)
5.2	我国与津巴布韦烤烟气象条件相似性概况	(132)
5.3	目前移栽与津巴布韦旱季烟的相似性	(133)
5.4	目前移栽与津巴布韦雨季烟的相似性	(136)
5.5	优化移栽与津巴布韦雨季烟的相似性	(139)
5.6	优化移栽与津巴布韦旱季烟的相似性	(142)
5.7	“优津雨烟似”与“优津旱烟似”的比较分析	(144)
5.8	“优津雨烟似”与“现津雨烟似”的比较分析	(147)
5.9	“优津雨烟似”与“现津旱烟似”的比较分析	(149)
5.10	“优津旱烟似”与“现津旱烟似”的比较分析	(151)
5.11	“优津旱烟似”与“现津雨烟似”的比较分析	(153)
5.12	“现津雨烟似”与“现津旱烟似”的比较分析	(154)
第6章	研究中国烤烟需水量的基本方法和原理	(157)
6.1	概念、目的和意义	(157)
6.2	烤烟需水量的确定	(158)
6.3	烤烟产量对水分的响应	(166)
6.4	材料与方法	(167)
6.5	烤烟需水量的相关因素	(167)
第7章	目前移栽条件下中国烤烟的需水量	(169)
7.1	目前移栽条件下烤烟大田期不同需水量因素的基本统计数概况	(169)

7.2	目前移栽条件下烤烟大田期不同需水量因素的空间变异结构特征概况	(170)
7.3	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均参考作物蒸散量	(171)
7.4	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均需水量	(175)
7.5	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均水分亏盈量	(178)
7.6	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均相对产量减少量	(181)
7.7	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期的亏水概率	(184)
7.8	目前移栽条件下烤烟还苗伸根期减产 $\geq 10\%$ 概率	(187)
7.9	目前移栽条件下烤烟旺长期的多年平均参考作物蒸散量	(190)
7.10	目前移栽条件下烤烟旺长期的多年平均需水量	(193)
7.11	目前移栽条件下烤烟旺长期的多年平均水分亏盈量	(196)
7.12	目前移栽条件下烤烟旺长期的多年平均相对产量减少量	(199)
7.13	目前移栽条件下烤烟旺长期的亏水概率	(201)
7.14	目前移栽条件下烤烟旺长期减产 $\geq 10\%$ 概率	(205)
7.15	目前移栽条件下烤烟成熟期的多年平均参考作物蒸散量	(208)
7.16	目前移栽条件下烤烟成熟期的多年平均需水量	(212)
7.17	目前移栽条件下烤烟成熟期的多年平均水分亏盈量	(215)
7.18	目前移栽条件下烤烟成熟期的多年平均相对产量减少量	(218)
7.19	目前移栽条件下烤烟成熟期的亏水概率	(221)
7.20	目前移栽条件下烤烟成熟期减产 $\geq 10\%$ 概率	(224)
第8章	优化移栽条件下中国烤烟的需水量	(228)
8.1	优化移栽条件下烤烟大田期不同需水量因素的基本统计数概况	(228)
8.2	优化移栽条件下烤烟大田期不同需水量因素的空间变异结构特征概况	(229)
8.3	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均参考作物蒸散量	(230)
8.4	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均需水量	(234)
8.5	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均水分亏盈量	(236)
8.6	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期的多年平均相对产量减少量	(240)
8.7	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期的亏水概率	(242)
8.8	优化移栽条件下烤烟还苗伸根期减产 $\geq 10\%$ 概率	(245)
8.9	优化移栽条件下烤烟旺长期的多年平均参考作物蒸散量	(248)
8.10	优化移栽条件下烤烟旺长期的多年平均需水量	(252)
8.11	优化移栽条件下烤烟旺长期的多年平均水分亏盈量	(254)
8.12	优化移栽条件下烤烟旺长期的多年平均相对产量减少量	(258)
8.13	优化移栽条件下烤烟旺长期的亏水概率	(261)
8.14	优化移栽条件下烤烟旺长期减产 $\geq 10\%$ 概率	(264)
8.15	优化移栽条件下烤烟成熟期的多年平均参考作物蒸散量	(267)
8.16	优化移栽条件下烤烟成熟期的多年平均需水量	(271)
8.17	优化移栽条件下烤烟成熟期的多年平均水分亏盈量	(274)
8.18	优化移栽条件下烤烟成熟期的多年平均相对产量减少量	(277)
8.19	优化移栽条件下烤烟成熟期的亏水概率	(280)
8.20	优化移栽条件下烤烟成熟期减产 $\geq 10\%$ 概率	(283)
附表1:	植烟县目前移栽条件和优化移栽条件下的气候适宜性	(287)
附表2:	植烟县目前移栽条件下烤烟不同生育期的主要需水量特征	(295)
主要参考文献		(316)
致谢		(318)

附图		(319)
1	目前移栽条件下中国烤烟还苗生根期降雨量 (mm)	(319)
2	目前移栽条件下中国烤烟旺长期降雨量 (mm)	(320)
3	目前移栽条件下中国烤烟成熟期降雨量 (mm)	(321)
4	目前移栽条件下中国烤烟大田期降雨量 (mm)	(322)
5	目前移栽条件下中国烤烟还苗生根期气温 (°C)	(323)
6	目前移栽条件下中国烤烟旺长期气温 (°C)	(324)
7	目前移栽条件下中国烤烟成熟期气温 (°C)	(325)
8	目前移栽条件下中国烤烟大田期日照时数 (h)	(326)
9	目前移栽条件下中国烤烟大田期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 (°C)	(327)
10	目前移栽条件下中国烤烟大田期平均相对湿度 (%)	(328)
11	目前移栽条件下中国烤烟移栽开始时间 (d)	(329)
12	目前移栽条件下中国烤烟气候适宜性图	(330)
13	目前移栽条件下中国烤烟气候适宜性年际稳定性	(331)
14	目前移栽条件下中国烤烟气候适宜性年内稳定性	(332)
15	中国烤烟大田期可用天数 (d)	(333)
16	优化移栽条件下中国烤烟还苗生根期降雨量 (mm)	(334)
17	优化移栽条件下中国烤烟旺长期降雨量 (mm)	(335)
18	优化移栽条件下中国烤烟成熟期降雨量 (mm)	(336)
19	优化移栽条件下中国烤烟大田期降雨量 (mm)	(337)
20	优化移栽条件下中国烤烟还苗生根期气温 (°C)	(338)
21	优化移栽条件下中国烤烟旺长期气温 (°C)	(339)
22	优化移栽条件下中国烤烟成熟期气温 (°C)	(340)
23	优化移栽条件下中国烤烟大田期日照时数 (h)	(341)
24	优化移栽条件下中国烤烟大田期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 (°C)	(342)
25	优化移栽条件下中国烤烟大田期平均相对湿度 (%)	(343)
26	优化移栽条件下中国烤烟移栽开始时间 (d)	(344)
27	优化移栽条件下中国烤烟气候适宜性	(345)
28	优化移栽条件下中国烤烟气候适宜性年际稳定性	(346)
29	优化移栽条件下中国烤烟气候适宜性年内稳定性	(347)
30	目前移栽条件下中国烤烟与津巴布韦雨季烟的气候相似性	(348)
31	目前移栽条件下中国烤烟与津巴布韦旱季烟的气候相似性	(349)
32	优化移栽条件下中国烤烟与津巴布韦雨季烟的气候相似性	(350)
33	优化移栽条件下中国烤烟与津巴布韦旱季烟的气候相似性	(351)
34	中国 Krs 空间分布图	(352)
35	中国 HET 系数空间分布图	(353)
36	目前移栽条件下中国烤烟还苗生根期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(354)
37	目前移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(355)
38	目前移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(356)
39	目前移栽条件下中国烤烟还苗生根期多年平均需水量 (mm)	(357)
40	目前移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均需水量 (mm)	(358)
41	目前移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均需水量 (mm)	(359)
42	目前移栽条件下中国烤烟还苗生根期多年平均缺水导致相对产量减少量	(360)
43	目前移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均缺水导致相对产量减少量	(361)

44	目前移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均缺水导致相对产量减少量	(362)
45	目前移栽条件下中国烤烟还苗伸根期多年平均水分亏盈量 (mm)	(363)
46	目前移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均水分亏盈量 (mm) ...	(364)
47	目前移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均水分亏盈量 (mm) ...	(365)
48	目前移栽条件下中国烤烟还苗伸根期发生水分亏缺的概率	(366)
49	目前移栽条件下中国烤烟旺长期发生水分亏缺的概率	(367)
50	目前移栽条件下中国烤烟成熟期发生水分亏缺的概率	(368)
51	目前移栽条件下中国烤烟还苗伸根期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(369)
52	目前移栽条件下中国烤烟旺长期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(370)
53	目前移栽条件下中国烤烟成熟期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(371)
54	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(372)
55	优化移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(373)
56	优化移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均参考作物蒸散量 (mm)	(374)
57	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期多年平均需水量 (mm)	(375)
58	优化移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均需水量 (mm)	(376)
59	优化移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均需水量 (mm)	(377)
60	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期多年平均缺水导致相对产量减少量	(378)
61	优化移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均缺水导致相对产量减少量	(379)
62	优化移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均缺水导致相对产量减少量	(380)
63	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期多年平均水分亏盈量 (mm)	(381)
64	优化移栽条件下中国烤烟旺长期多年平均水分亏盈量 (mm) ...	(382)
65	优化移栽条件下中国烤烟成熟期多年平均水分亏盈量 (mm) ...	(383)
66	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期发生水分亏缺的概率	(384)
67	优化移栽条件下中国烤烟旺长期发生水分亏缺的概率	(385)
68	优化移栽条件下中国烤烟成熟期发生水分亏缺的概率	(386)
69	优化移栽条件下中国烤烟还苗伸根期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(387)
70	优化移栽条件下中国烤烟旺长期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(388)
71	优化移栽条件下中国烤烟成熟期因水分亏缺减产 $\geq 10\%$ 概率	(389)

第1章 研究中国烤烟气候适宜性的基本理论与方法

1.1 研究烤烟气候适宜性的重要性

烤烟是我国非常重要的经济作物,也是我国目前非常重大的税收来源。在烟区,烤烟对农业经济有着举足轻重的影响,在云南、贵州等省份的部分地区,甚至成为当地的支柱产业。目前我国已成为世界烟叶生产第一大国,每年种植烤烟130多万公顷,烟叶年产量达170多万吨。实现我国烤烟区域化生产是稳定我国烟叶种植规模,提高总体烟叶质量的重要途径。当今世界上先进的烤烟生产大国经过长期残酷的市场竞争基本实现了区域化生产,我国实行的是烤烟专卖制度,为了避免在总体上给国家烤烟种植行业带来危害,不允许再通过国外的这种方式去实现我国的烤烟区域化生产。因此,通过烤烟区域化布局研究和烟区区划研究,有依据、有目的、有步骤、有方法地调整我国烤烟种植布局,便成为实现我国烤烟生产区域化、专业化的一个重要手段。其中最重要的就是根据烤烟生态适应性去区划我国的烤烟种植布局,即根据烤烟生长发育、产质量、农事安排等对生态环境因素的要求,即烤烟生态适宜性,做出能够阐明生态因素与烤烟生产之间关系的一种空间区域上的分类,其目的是为合理配置烤烟生产资料、充分利用气象资源、有目的地避开或者改造不良土壤因素、避开不利的地形地貌提供直观的、简明的科学依据。而在烤烟生态适宜性中,首要的是气候适宜性。

此外,烤烟是一种对生态条件十分敏感的作物,某个区域的生态条件基本上决定了该区域烟叶的风味与品质,也基本上决定了某个烤烟品种在该区域是否适合种植。气象因素是烤烟必须依赖的生态因素之一,而且在目前的科技条件下,人类还没有能力去调控它。通过地区之间的气候相似性比较,去判断烤烟的地区适宜性、推断烤烟的品质与风味,便成为一种重要的手段。因此研究烤烟气候适宜性的重要意义是不言而喻的。

1.2 我国烤烟气候适宜性研究概况

我国土地辽阔,资源丰富,烤烟生产遍及全国。虽然烤烟是一种适应性广的作物,但要生产出优质烟叶并不是所有地区都能做到的,只有具备一定生态条件的地区,才可能生产出优质烟叶,适宜的生态条件是生产优质烟叶的前提。因此,充分研究优质烟的生态条件,合理利用资源,实行区域化种植,是提高烟叶质量的重要措施。我国历史上已经进行了两次全国性的烤烟区划(在一定程度上讲,这些区划其实就是烤烟气候适宜性的概括),第一次是在20世纪60年代,农业部门根据地城分布将我国分为6大烟区。第二次是在20世纪80年代初期至中期,当时由中国农业科学院牵头成立了“全国烤烟种植区划研究协作组”,经过5年多的研究,这个“全国烤烟种植区划研究协作组”根据烤烟的生态适宜性对全国烤烟进行了适宜类型区划,将全国所有地区分类成最适宜区、适宜区、次适宜区和不适宜区4个类型,同时也进行了烤烟种植区域划分,将全国划分成西北黄花烟区、东北晒烟—烤烟区、华北烤烟—晒烟区、川鄂陕晒烟—白肋烟—烤烟区、华中晒烟烤—烟区、西南烤烟—晒烟—晾烟区、华南晒烟—烤烟区等七个一级区,除西北黄花烟区外,一级区下边又有

若干二级区,共有27个二级区。这些工作,给我国的烤烟种植工作带来巨大的积极影响,不合理的布局得到了很大改变,区域化生产得到了明显增强,种植烤烟的县的个数由1979年的876个减少到现在600个左右,种植晾晒烟的县的个数由1979年的1600个减少到现在600个左右,种植香料烟的省份由1989年的11个减少到现在5个,植烟县基本上分布在最适宜区、适宜区。

然而随着时代的发展、科技的进步,20世纪80年代的烤烟区划明显地已经落后于时代了。首先,农业区划是一个永恒的主题,只要有烤烟存在,就存在烤烟种植区划的问题,其他农作物的区划经验表明:随着科学技术的发展,农作物种植区划的周期越来越短,目前许多其他农作物的区划周期大约为10~15年,由此推断在当今时代加强烤烟气候适宜性研究是必然趋势。事实上烤烟种植区划一直在无意识自发地进行着,在2003年国家烤烟专卖局组织的烟叶工作调研中,作者通过调查问卷的形式发现80%以上的分公司在2~3年之内便要进行一次或大或小的种植布局调整。

其次,20世纪80年代的烤烟区划中适宜性评价只是运用了指标法,类型之间的过渡过于跳跃,容易产生片而化的错误,也很容易将适应地区划成不适应地区,例如无霜期大于与小于120天是适宜区与不适宜区的一个断然指标,其实对于无霜期为119天,其他条件非常好的地域也常常是非常适宜于烤烟生产的地区。指标法的另一个明显缺点就是,只能给出类型划分,而不能给出量化的适宜性,在这种情况下,如果当计划种植面积大大小于适宜区域的面积时,决策者无法进行更高精度的决策,烟区很容易盲目扩大种植而积。因此,尽管自20世纪80年代的烤烟区划的工作已经开始了,但是烟叶生产仍然周期性的波动,自1982年以来,我国烟叶种植面积变化就爆发了1985年、1989年、1992年、1997年4个种植高峰。

第三,由于当时的科学技术远远不如现在,20世纪80年代的烤烟区划中适宜性评价采用的是以点代面,没有进行空间插值等点面转化的工作,致使精度低,甚至区划错误。例如,气象条件是采用该县域内的1~2个气象站点的数据,而这么少的点位数据有时是难以代表整个县域的,特别是面积很大的县与山区县,其能代表的面积有时不到该县的40%,显然用点位数据区划出来的结果会与真实情况相去甚远。

第四,当时进行生态适宜性评价时,必须考虑烤烟的全生育期,而现在由于科技的进步,苗床期在很大程度上可以在人为控制条件生长,进行生态适宜性评价时只需考虑大田生育期。

烤烟适宜性类型划分指标体系

适宜类型	指标	指标值
不适宜区	无霜期	<120天
	0~60cm土壤含氮量	>45ppm
次适宜区	无霜期	>120天
	0~60cm土壤含氮量	<45ppm
	≥10℃活动积温	<2600℃
	日平均气温≥20℃的持续天数	>50天
适宜区	无霜期	>120天
	0~60cm土壤含氮量	<45ppm
	≥10℃活动积温	>2600℃
	日平均气温≥20℃的持续天数	>70天
	土壤pH值	5.0~7.0
	地貌类型	中低山、低山、丘陵、高原

续表

适宜类型	指标	指标值
最适宜区	无霜期	> 120 天
	0 ~ 60cm 土壤含氮量	< 45 ppm
	≥ 10℃ 活动积温	> 2600℃
	日平均气温 ≥ 20℃ 的持续天数	> 70 天
	土壤 pH 值	5.0 ~ 7.0
	地貌类型	中低山、低山、丘陵、高原
	烟叶内在质量	香气质好、香气量足、吃味纯净

注：这是 20 世纪 80 年代“全国烤烟种植区划研究协作组”制定的烤烟适宜性指标体系

综上所述，运用现代技术研究烤烟气候适宜性，为烤烟区域化布局、烤烟种植区划提供理论与数据支撑是目前急需解决的重要的科研与生产问题。

1.3 材料与方法

1.3.1 相关资料来源

a. 气象数据来源。国家气象局气候资料室提供了全国近 700 个气象站点的 1975 年 ~ 2005 年（部分站点为 1951 年 ~ 2005 年）的逐日气象数据，包括气温、降雨、平均相对湿度、日照时数、风速等数据项；在执行国家烤烟专卖局“烤烟平衡施肥”、“部分替代进口烟叶”等项目中，收集到了主要烟区 200 多个县的气象；中国烟叶公司提供了津巴布韦的旬气象资料；中国农业科学院数字土壤实验室录入了 100 多个县的气象资料。共计 1194 个气象站点。

b. 行政区划图。由中国农业科学院数字土壤实验室提供，此图只是科研用图，国界线并不准确代表实际国界线。省、县级行政区划制作于 2002 年以前，不包括 2001 年及以后的行政区划变更。

1.3.2 最小气象数据单元

在农业生产中可以经常清晰地感受到，在同一块地里，烤烟移栽期相差 2 ~ 3 天，在此后的生长过程中，烟株的长势、长相往往几乎没有差别，或者这种差异持续时间非常短，往往不会超过 10 天。如果移栽期相差超过 6 ~ 8 天，尽管可能对最终的产量、质量和产值并没有太大影响，但是在生长过程中，烟株的长势、长相等会存在明显差异。因此本书选用候作为气象数据的最小处理单元，这样既可以大幅度降低数据处理量，又可以保证足够的精度。候期的划分采用中国气象局的标准（中国气象局，地面气象观测规范，2003），即每旬 2 候，每月 6 候，每月 1 日 ~ 5 日为第 1 候，6 日 ~ 10 日为第 2 候，……，26 日至月末最后一日为第 6 候。每月第 6 候的天数，可为 5 天、6 天，3 天或者 4 天。周年中候序、天序和日期对应关系，如表 1.1。

表 1.1 周年中候序、天序、日期对应表

候序	天序	日期	候序	天序	日期
1	1 ~ 5	1 月 1 日 ~ 5 日	3	11 ~ 15	1 月 11 日 ~ 15 日
2	6 ~ 10	1 月 6 日 ~ 10 日	4	16 ~ 20	1 月 16 日 ~ 20 日

续表

候序	天序	日期	候序	天序	日期
5	21~25	1月21日~25日	39	192~196	7月11日~15日
6	26~31	1月26日~31日	40	197~201	7月16日~20日
7	32~36	2月1日~5日	41	202~206	7月21日~25日
8	37~41	2月6日~10日	42	207~212	7月26日~31日
9	42~46	2月11日~15日	43	213~217	8月1日~5日
10	47~51	2月16日~20日	44	218~222	8月6日~10日
11	52~56	2月21日~25日	45	223~227	8月11日~15日
12	57~59	2月26日~28日	46	228~232	8月16日~20日
13	60~64	3月1日~5日	47	233~237	8月21日~25日
14	65~69	3月6日~10日	48	238~243	8月26日~31日
15	70~74	3月11日~15日	49	244~248	9月1日~5日
16	75~79	3月16日~20日	50	249~253	9月6日~10日
17	80~84	3月21日~25日	51	254~258	9月11日~15日
18	85~90	3月26日~31日	52	259~263	9月16日~20日
19	91~95	4月1日~5日	53	264~268	9月21日~25日
20	96~100	4月6日~10日	54	269~273	9月26日~30日
21	101~105	4月11日~15日	55	274~278	10月1日~5日
22	106~110	4月16日~20日	56	279~283	10月6日~10日
23	111~115	4月21日~25日	57	284~288	10月11日~15日
24	116~120	4月26日~30日	58	289~293	10月16日~20日
25	121~125	5月1日~5日	59	294~298	10月21日~25日
26	126~130	5月6日~10日	60	299~304	10月26日~31日
27	131~135	5月11日~15日	61	305~309	11月1日~5日
28	136~140	5月16日~20日	62	310~314	11月6日~10日
29	141~145	5月21日~25日	63	315~319	11月11日~15日
30	146~151	5月26日~31日	64	320~324	11月16日~20日
31	152~156	6月1日~5日	65	325~329	11月21日~25日
32	157~161	6月6日~10日	66	330~334	11月26日~30日
33	162~166	6月11日~15日	67	335~339	12月1日~5日
34	167~171	6月16日~20日	68	340~344	12月6日~10日
35	172~176	6月21日~25日	69	345~349	12月11日~15日
36	177~181	6月26日~30日	70	350~354	12月16日~20日
37	182~186	7月1日~5日	71	355~359	12月21日~25日
38	187~191	7月6日~10日	72	360~365	12月26日~31日

注：(1) 日期、天序中“~”前的数字表示对应候第一天的数值，“~”后的数字表示对应候最后一天的数值；

(2) 表中只是列出了平常年份的数字，如果是闰年，12候所对应的天序为57~60、日期为2月26日~29日。13候及以后各候的天序为表中的数值加1，日期不变。

1.3.3 候气象数据的形成

通过“烤烟平衡施肥”、“部分替代进口烟叶”等项目中收集到的气象数据基本上是以候为单位的,不需要进行转换。但是国家气象局气候资料室提供的数据为历年逐日数据,需要把日数据转换成候数据,其转换方法采用中国气象局的标准(中国气象局,地面气象观测规范,2003),即候平均气温、候平均气压、候平均相对湿度、候平均风速等为候内各日数据之和除以候的日数;候降雨量、候日照时数等为候内各日数据之和。但是为了计算方便,将雾、露、霜、雪等特殊雨量数据,也当作普通降雨量看待。

1.3.4 数据处理与统计分析工具

运用“Microsoft Access”建立候气象数据库,并在数据库中完成大部分计算工作;常规统计分析采用“SPSS 11.0 for Windows”;普通图表(如频率分布图)制作采用“Microsoft Excel”;地统计学空间结构分析采用“GS+ for windows”;地理空间分析和地图制作采用“ArcGIS 8.3”。

1.3.5 地统计学基本原理简介

地统计学是本书研究烤烟气候适宜性和烤烟需水量的空间特征的一个重要数学基础,在此有必要将其最基本的原理、参数作一个简要介绍。所谓地统计学就是一种研究自然现象的统计学工具,它认为某个自然现象(如烤烟还苗伸根期降雨量)在某一空间位置上所观测到的具体状态是与周围一定范围内该自然现象的状态相关联的,并且这种关联可以通过一个函数来进行分析和统计,从而来对这些变量的空间关系进行研究,定量地描述不同地点上该自然现象状态之间的空间关系。正因为如此,地统计学成为了空间插值的一个重要工具。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var}[Z(x) - Z(x+h)] = \frac{1}{2} E[|Z(x) - Z(x+h)|^2] \quad (1.1)$$

$Z(x)$ 、 $Z(x+h)$ 是代表区域化变量(如烤烟还苗伸根期降雨量)的随机函数; h 为距离;从形式上看, $\gamma(h)$ 正好是方差的一半,所以被称为半方差函数,也叫变异函数,它是一个只与距离 h 有关的变量,它与 h 的一般关系可用图 1.1 表示。图中 A 点的 h 为 0, 所对应的 $\gamma(h)$ 为块金值 Nugget, 记为 C_0 ; B 点的所对应的 h 为变程, 即空间最大自相关距离, 所对应的 $\gamma(h)$ 为基台值 Sill, 其实也就是先验方差, 记为 C ; 基台值与块金值的差, 称为偏基台值, 也叫结构方差; 偏基台值与基台值的比值称为结构系数。结构系数体现了一个空间结构的好坏, 结构系数越大, 空间结构越好, 空间自相关性系数也就越大。

另外, 如果一个区域化变量服从二阶平稳性假设, 那么它的协方差函数也就一定存在, 此时 $\gamma(h)$ 与空间自相关系数 $\rho(h)$ 具有以下关系。

$$\rho(h) = 1 - \frac{\gamma(h)}{\sigma^2} \quad (1.2)$$

式中 σ^2 为先验方差, 其值就是基台值。

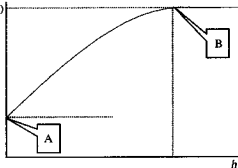


图 1.1 半方差与距离的一般关系

1.4 烤烟气候适宜性模型的建立

烤烟生长发育需要在一定的光、温、水等气象条件下才能得以顺利进行,因此气候条件是烤烟生态适宜性的首要研究内容。许多科学家对此已经进行不少研究,例如陈瑞泰、宋志林等根据无霜期、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、 20°C 以上气温持续天数等指标将全国划分为不适宜区、次适宜区、适宜区、最适宜区等4个烤烟适生类型;中国农业科学院农业气象研究室则根据全年最高气温7旬的平均气温、大田生育期平均气温、年降雨量等3个指标将全国区划为适宜种植区(包含一个冬种适宜区)、可种植区、不适宜种植区等3个类型。这些工作对于全国性的宏观烤烟种植规划具有一定的指导意义,但对于中等区域、小区域则有些粗放。根据以上两个方案,贺升华、任炜等发现,云南不少烟区被划成不适宜区,而事实上是优质烟叶生产区。他们根据云南的地形、气候特点提出运用海拔高度、成熟期月平均气温、5~9月平均气温、年日照时数、3~9月日照时数、年降雨量、5~9月降雨量等9个指标对云南烤烟气象进行区划,这个指标体系具有浓烈的地方特征,很难在其他地区推广运用。另外,以上提到的烤烟气象区划研究基本上只能做到类型的划分,没有具体数量上的评价。模糊隶属函数在资源的定量评价中是一种比较常见的方法,而在烤烟气象条件的定量评价并不多见,本书将采用隶属函数理论建立烤烟气候适宜性模型。

1.4.1 烤烟对气象条件的基本要求

烤烟对环境的适应性广,但其质量对环境反应敏感,不同自然条件下生产出来的烤烟质量相差十分明显,优质烟叶必然存在一个最佳的自然生产条件与之相对应。烤烟一生中各个时期的自然条件均可能对烤烟的产量和品质产生影响,由于薄膜技术在烤烟的苗床期已经广泛使用,此时期的水分条件、温度条件均容易做到人工控制,故在本书中只考虑大田生长期的自然生产条件。影响烤烟生产的基础气象因素主要有温度、降雨、光照、湿度等,根据从文献上收集的研究资料,归纳烤烟对气象条件的要求如下:

- (1) 8°C 以上,种子可以萌发幼苗、可以生长,但是 10°C 以下生长缓慢。
- (2) 大田生长期最适宜温度为 $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 成熟期最适宜气温为 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$,至少持续30天以上。
- (4) 移栽到团棵期,如果气温低于 13°C 持续7天以上,将导致早花现象。
- (5) 烤烟全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温要有3500以上。
- (6) 烤烟大田期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温要有2200 $^{\circ}\text{C} \sim 3180^{\circ}\text{C}$ 以上。
- (7) 最适宜区和适宜区要求 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温要有2600 $^{\circ}\text{C}$ 以上。
- (8) 稳定通过 20°C 的天数达到70天以上,有利于优质烟叶生产。
- (9) 还苗期和伸根期,以月降雨量为80~100毫米为优。
- (10) 成熟期以月降雨量为100毫米左右为优。
- (11) 大田生长期日照时数要求在600小时以上。
- (12) 优质烟叶大田生长期日照对数要求达到500~700小时,日照率大于40%。
- (13) 移栽至旺长期,要求日照时数达到200~300小时。
- (14) 空气相对湿度70%~80%有利于烤烟生长。
- (15) 烟叶生长中后期,日照率以36%~42%为优。
- (16) 大田生长期中各个生长时期的天数如表1.2。

表 1.2 烤烟大田生育期持续天数

生育期	最短持续天数 (天)	最长持续天数 (天)
还苗期	3	4
伸根期	28	32
旺长期	25	30
成熟期	30	60

1.4.2 烤烟大田生长时间区间以及大田烤烟生育期的划分

气温是影响烤烟生长发育的首要因素,因此可以用气温作为确定评价时间区间的基本依据。我国处于北半球,一年中气温由低到高,再由高到低周期变化。烟叶成熟期低于 18°C 不利于优质烟叶生产,烤烟移栽时要求日平均气温稳定通过 13°C ;因此,评价时间区间选定为日均气温在上升过程中稳定通过 13°C 到日均气温在下降过程中稳定小于 18°C 的这段时间。烤烟大田生长时间区域可用图 1.2 示意。

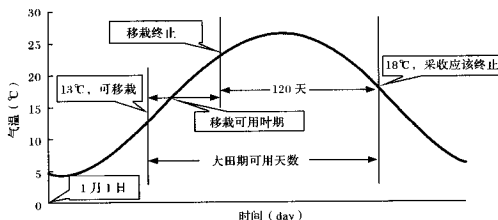


图 1.2 烤烟大田生长时间区域示意图

从表 1.2 可以看出,移栽后,还苗期比较短,只有 3~4 天,可以合并到伸根期中去,统称为还苗伸根期。作者曾经询问过烤烟栽培专家,从大范围平均状况来讲,还苗伸根期的天数仍然可以认为在 30 天左右。根据表 1.2,兼顾计算的方便以及 1.4.1 中提到的烤烟对气象条件的要求,在本书研究烤烟气候适宜性时,将烤烟大田生长期进行如下划分,如表 1.3。

表 1.3 烤烟大田生长期各生育期的划分

生育期	持续天数 (天)	持续候数 (候)
还苗伸根期	30~31	6
旺长期	30~31	6
成熟期	60~61	12
整个大田期	120~122	24