

农业经济发展 实证分析

余 霜◎编著

Nongye Jingji Fazhan
Shizheng Fenxi

 中国农业出版社

农业经济发展实证分析

余 霜 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业经济发展实证分析 / 余霜编著. —北京: 中国农业出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-109-20863-6

I. ①农… II. ①余… III. ①农业经济发展—研究—中国 IV. ①F323

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 193126 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 姚佳

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 700mm×1000mm 1/16 印张: 17.75

字数: 350 千字

定价: 36.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

本书由以下基金资助

边远贫困地区、边疆民族地区和革命老区人才支持计划科技人员专项计划

贵州省高校优秀科技创新人才支持计划——生物经济学（黔教合 KY 字〔2013〕148 号）

案例教学法在《农业经济学》教学中的应用研究（2013C038）

红薯生物活性物质提取关键技术研究（黔科合 NY 字〔2010〕3014 号）

金刺梨生物活性物质提取关键技术研究（黔科合 LH 字〔2014〕7502）

安顺学院博士人才科研启动基金

前 言

随着我国进入全面建设小康社会的新时期,“三农”问题的现实严峻性和极端重要性日渐凸现。农业是国民经济的基础,农业经济的稳定、协调和健康增长对于整个国民经济的发展水平、解决“三农”问题都有积极而重要的作用。农业要发展,投入是关键。农业在由传统农业向现代农业转变、由粗放经营向集约经营转变的过程中,面临着日益紧缺的资源压力和生态环境恶化的挑战,农业发展资金短缺的状况也将长期存在。农业经济的发展对国民经济的发展举足轻重,农村的稳定和繁荣则为经济的持续健康发展提供强有力保障。本书是近几年作者在教学之余,针对农业经济发展中存在的问题所作专题性研究的汇总,以期对决策部门制定有关农业经济发展策略提供参考。

本书从土地承载力预测出发,针对当前在土地利用中存在的问题,提出了土地持续利用的对策建议。鉴于耕地在农用地中的重要地位,从耕地保护的角度对土地资源保护问题进行了论述。接下来主要通过农业废弃物利用的实例分析,开展农业资源可持续利用研究。循环农业作为实现农业可持续发展的必由之路,也做了进一步的梳理。为了更好地促进农业和农村经济结构战略性调整,还探寻了农业产业化经营的有效途径。由于农户是农业生产的主体,从而开展了农户行为研究。基于上述内容,最后进行了农业经济增长问题分析。本书的主要研究内容如下:

第一,以地处云贵高原东部的贵州省为研究对象,运用灰色预测模型和时间序列预测模型,预测贵州省土地生产潜力,在此基础上,分析贵州省土地承载能力,进行了土地承载力供需平衡评价。

第二,鉴于耕地在农用地中的重要地位,从耕地保护的角度,包括农户参与耕地保护行为的动机、影响因素、合作模式以及利益相关者等内容,对县域土地资源管理实践进行了论述。

第三，以红薯叶和玉米芯两种常见农业废弃物的利用为例，探讨其在经济效益、生态效益和社会效益三个方面的综合效益，还包括经济模型在农业科学研究中的应用和相对资源承载力问题，开展农业资源可持续利用研究。

第四，循环农业作为实现农业可持续发展的必由之路，论述了国外循环农业的发展模式和农业循环经济的保障机制，还从作物遗传育种的角度对循环经济的发展进行了分析。

第五，运用管理学中的 SWOT 分析法、钻石模型和 SWOT-PEST 分析法对不同地域范围内的荞麦产业、红薯产业以及苦荞产业的发展情况进行战略分析，并对农业产业结构调整进行了探讨。

第六，由于农户是农业生产的主体，其行为对农业生产具有直接的影响，基于实地调研数据，从农户的认知、意愿、投入行为、造林行为、消费行为等方面对农户行为开展实证研究。

第七，利用 C-D 生产函数、多元线性回归模型、协整检验、格兰杰检验、误差修正模型、自回归模型等计量经济方法开展农业经济增长研究，以期为农业经济发展策略提供参考。

由于自己水平所限，书中定会存在不妥甚至错误之处，欢迎读者批评指正，以利于今后改正和提高。该书在写作过程中，得到了有关老师、朋友和同事的帮助与支持，在此表示真诚和衷心的感谢。

最后，我将这本书献给我的家人。感谢我的爱人李光博士，在事业和家庭的双重压力下，是他的不断鼓励和无私付出才促成了本书的最终出版。感谢我的女儿李怡瑶，天真可爱的她是我生活和工作的永恒动力。

余 霜

2015 年 7 月于贵州安顺

目 录

前言

1 土地承载力预测	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究综述	2
1.3 研究方案	10
1.4 研究区概况	15
1.5 结果与分析	17
1.6 问题与建议	36
1.7 本章小结	40
2 土地资源保护	42
2.1 农户参与耕地保护的行为动机分析	42
2.2 农户耕地保护行为影响因素分析	55
2.3 农户耕地保护行为的合作模式研究	63
2.4 耕地保护中利益相关者的管理研究	74
2.5 县域土地资源管理实践	83
2.6 本章小结	95
3 农业资源可持续利用	97
3.1 经济模型在农业科学研究中的应用	97
3.2 农业废弃物利用	115
3.3 长江上游地区相对资源承载力与资源可持续利用研究	151
3.4 本章小结	154
4 农业循环经济	156
4.1 国外循环农业发展模式及对我国的启示	156
4.2 喀斯特石漠化地区农业循环经济保障机制研究	160

4.3	作物遗传育种视野下的我国循环农业发展研究	164
4.4	本章小结	168
5	农业产业化经营	169
5.1	中国荞麦种业发展的 SWOT 分析	169
5.2	基于钻石模型的西南地区荞麦产业发展研究	174
5.3	贵州省苦荞产业发展的 SWOT-PEST 分析	179
5.4	紫云县红薯产业发展的 SWOT 分析与对策	185
5.5	农业产业结构调整对农民收入的影响研究	189
5.6	退耕还林后贵州省农业产业结构调整效益评价	195
5.7	本章小结	200
6	农户行为研究	202
6.1	后退耕时代喀斯特地区退耕还林农户认知调查	202
6.2	喀斯特地区农户参与石漠化治理的意愿分析	208
6.3	喀斯特地区石漠化治理中农户的投入行为探析	216
6.4	喀斯特地区农户参与造林影响因素分析	223
6.5	石漠化治理中农户行为研究	233
6.6	农村各收入阶层消费行为特征研究	236
6.7	本章小结	239
7	农业经济增长	241
7.1	丘陵地区农业经济增长影响因素分析	241
7.2	丘陵地区农业投入要素与农业经济增长的实证分析	247
7.3	水利生态建设与贵州省农业经济增长的关系研究	253
7.4	县域农业总产值预测研究	259
7.5	本章小结	263
	参考文献	264

1 土地承载力预测

本章以地处云贵高原东部的贵州省为研究对象,根据贵州省 1995—2008 年土地利用变化数据和人口、社会经济、生活消费水平等信息,运用灰色预测模型和时间序列预测模型,预测贵州省 2020 年土地生产潜力,在此基础上,分析贵州省土地承载能力,进行土地承载力供需平衡评价。

1.1 研究背景及意义

土地资源是综合资源,是人类最基本的生产资料 and 最主要的劳动对象。在人类活动与生态环境矛盾日益突出的今天,人类意识到人类社会系统只是生态系统的—个子系统,人类社会系统结构和功能的好坏取决于生态系统的结构和功能的状态,生态系统提供的资源—和环境支撑起整个人类社会系统^[1]。资源、环境、人口三者之间的矛盾随着人口的骤增变得更为突出,由此引起的资源短缺、环境恶化等问题益发受到注目。全球的土地资源生产能力能否满足未来人口的食物需求?这个问题理所当然地为有关国际组织和各国政府所瞩目,土地资源承载力研究便应运而生,并且得到迅速发展^[2]。人地关系是农业发展最敏感的问题之一,土地承载力研究为定量研究区域性人地关系开辟了有效途径。通过分析具体区域粮食的供需关系、人口承载量及存在的问题,提出提高人口承载量的对策,为该地区农业发展长远规划,制定土地、人口、粮食、农业有关政策提供科学依据,对促进地区经济、资源环境和人口的可持续发展有积极意义^[3-4]。土地承载力指在不发生土地退化的前提下,某一区域的土地所能供养的最大理论人口。该领域应以 20 世纪 40 年代英国的威廉阿伦所从事的以粮食为主要指标的土地承载力研究为标志。该方向仍是目前土地科学研究中的一个成熟而又重要的领域^[5]。

贵州省位于中国西南的东南部,地处云贵高原东部,属亚热带湿润季风气候区。气温变化小,冬暖夏凉,气候宜人,全省大部分地区年平均气温为 15℃左右,为典型的夏凉地区。贵州高原山地居多,素有“八山—水—分田”之说。全省地貌可概括分为高原山地、丘陵和盆地三种基本类型,其中 92.5%的面积为山地和丘陵。境内山脉众多,重峦叠峰,绵延纵横,山高谷深,岩溶地貌发育非常典型^[6]。贵州省作为全国唯一一个没有平原支撑的省

份,特别是在大面积退耕还林,耕地面积进一步减少的严峻形势下,要保障贵州省的粮食安全,土地资源的合理利用显得尤为重要。土地资源人口承载力研究是根据社会需要和土地资源开发利用前景,寻求开发利用土地资源的正确方向与合理规模,科学预测土地资源人口承载力,解决人口与资源、人与环境即人口—土地—粮食之间的平衡关系;它是土地利用总体规划工作中十分重要的基础环节,也为制定相关规划提供科学依据;对于促进区域人口、资源、环境和经济发展与和谐,提高可持续发展能力,促进区域社会经济的发展、生态环境的保护、土地资源的可持续利用都具有较强的理论和现实意义,可作为决策部门制定有关计划、规划的参考。

1.2 研究综述

1.2.1 土地承载力的内涵

承载力(Carrying Capacity,有时亦译为 Bearing Capacity)承载力一词原为物理力学中的一个物理量,指物体在不产生任何破坏时所能承受的最大负荷。当人们研究区域系统时,普遍借用了这一概念,以描述区域系统对外部环境变化的最大承受能力。最初借用物理学中承载力一词的学科是群落生态学,其特定含义是指在一定环境条件下某种生物个体可存活的最大数量。承载力中所包含的极限思想与一定的生境及其潜在的过度利用联系在一起,并在农业中应用了几个世纪^[7]。土地资源人口承载量指在一定生产条件下土地资源的生产能力和一定生活水平下所承载的人口限度^[8]。

土地承载力研究内容以测算耕地人口承载量为主流。耕地人口承载量即计算在一定时期,维持该区域居民一定生活水平条件下,在当时的耕地生产能力与投入之下,最合理利用该区域耕地资源所能养活的最大人口数量。其研究围绕耕地—粮食—人口展开,以耕地为基础,以粮食为中介,以人口容量为最终测算为目标。测算主要关注4个要素:时间、人民生活水平、耕地生产能力和土地利用结构。其中,人民生活水平实质上代表了不同发展阶段的粮食需求。研究主体一般按照我国现代化建设的步骤提出几个代表性阶段标准:即温饱标准、小康标准和富裕标准,有时还在小康和富裕之间加上宽裕标准。其表征方法有两种:一是以人均需要或消费的粮食、食用油、肉、蛋、奶等实物的数量为标准;另一种是以人均对热量、蛋白质的生理需求或实际摄入量为标准。我国大部分研究都有采用前一种标准。对于不同阶段的人均食物消费水平,各方有不同认识,多数研究者按照温饱400千克/人,小康450千克/人,富裕500~550千克/人计算。而美国学者在测算全球耕地可供养人口时一般采用人均粮食1000千克作为标准^[9]。由于研究者在立场、观点和方法上存在差异,

尽管对其所研究的课题都冠以“土地人口承载量”，但其内涵与外延却相去甚远，从目前的研究现状看，土地人口承载量有以下三种。

(1) 生物生理性的土地人口承载量 生物生理性的土地人口承载量是把人均食物（粮食）消费水平压缩到只能满足人们生理必需的最低水平时所估算的区域土地最多可供养的人口数^[10]。这类研究在实际估算时，往往只使用一个主要参数，即维持系统中人口的粮食产量，连食物结构也基本上以现状为主、以植物性产品为主。这样估算出来的土地人口承载量，消费水平大多在每年 250~300 千克粮食或每天 2 200~2 400 千卡热量，许多地区人口的消费水平已大大超出这种生理所需的最低水平，这种情况下，估算生物生理性的土地人口承载量，几乎没有什么现实意义。

(2) 基于现实条件的土地人口承载量 基于现实条件的土地人口承载量是根据现有食物消费水平，参照可以预见的生活标准、生产力水平和土地资源的消长状况，以估算未来某一时点所供养的最大人口规模。FAO 曾对 117 个发展中国家（不包括中国等东亚发展中国家）土地的潜在人口支持能力进行估算，其基本前提是，考虑现行作物结构和品种，将所有可耕地均用于种植粮食作物，各国人口达到标准人均营养需求，然后按高、中、低 3 种不同投入水平，通过作物产出与人均需求的热量与蛋白质对比，估算出每公顷土地的人口承载量。结果表明，在当前的人口增长趋势下，到 2000 年，低水平的农业投入下，共有 65 个国家预期人口超过其潜在人口支持力，高投入水平下，才能减为 19 个国家。

(3) 土地的极限（理想）人口承载量 土地的极限（理想）人口承载量是在假设影响土地生产力的自然因素均处于最优状态，资源管理近乎尽善尽美的理想情况下，土地的食物产出所能供养的最大人口限度。极限人口承载量是研究未来土地可能供养的最大人口数，只能在土地最优利用的前提下，取高食物消费标准、高生活水平作为推算基础。一般认为推算未来最大耕地可以供养的人口限度，粮食只能从人均 1 000 千克出发，由此推算出来的最大人口都是生活在高标准消费之下，符合人类追求的理想目标。美国总统科学咨询委员会的农业专家认为，世界耕地可以扩大到 31.93 亿公顷，1 公顷耕地最大理论产量可达到 1.5 万千克，据此推算，全球耕地可供养的最大人口为 479 亿。然而，美国学者斯泰林等认为，从保障未来生态平衡出发，世界耕地只能保持约 14 亿公顷，最高平均可望达到 7 297.5 千克/公顷，据此推算，世界耕地可供养的最大人口约为 102 亿；1980 年联合国人口组织预计，未来世界人口达到静止时是 105 亿；联合国人类环境会议从保护未来地球生态平衡出发，推断地球资源可供养的最大人口为 110 亿，后 3 个数字十分接近^[11]。

1.2.2 土地承载力研究的发展

土地资源人口承载力研究的起源与发展来看,1650年瓦伦纽斯在《通论地理》一书中正式提出人地关系(Man and Nature Relation),之后围绕这一主题孟德斯鸠的“地理环境决定论”和马尔萨斯“人口论”一直都是学术界争论不休的重大问题。工业革命以来,特别是第二次世界大战以后,人地关系研究进入了一个新的历史阶段。人口、资源、环境与发展等全球性问题日益突出,各国的科学家和政治家都在为这些问题的缓解而做出不懈的努力。由此应运而生的土地资源人口承载力研究,就是要探讨人口、食物(粮食)和资源(土地)之间的关系,其实质则是研究人口消费与食物生产、人类需求与资源供给之间的平衡发展问题。

国外早期的土地承载力研究,首先是与生态学密切相关的。1921年,帕克和伯吉斯提出了承载力的概念,他们认为一个区域的人口负荷能力可以根据该区内的食物资源来确定。当时认为土地承载力是在维持一定水平,并不引起土地退化的前提下,一个区域能永久地供养人口数量及人类活动水平。1948年,William Vogt在其研究《生存之路》中,首先提出了土地资源人口承载力的计算公式: $C=E:B$,式中: C 代表土地负载能力,即土地环境对土地生产能力所加的限制。这与目前的标准公式基本一致。1949年英国的威廉·阿伦提出了以粮食为标志的土地资源人口承载力计算公式,其目的是计算出某个地区的集约化农业生产所提供的粮食能够养活多少人口或者说出土地资源承载人口的上限。1970年以前的土地承载力的概念大多是生态学上承载力定义的直接延伸,其中较有影响的是福格特的《生存之路》和威廉·阿伦的计算方法。由于他们的研究只考虑区域土地的粮食供应量所能养活的人口,而不考虑其反馈作用,因此其只能对某个时期该地区所能供养人口数量做出粗略的估计^[12]。

19世纪80年代后期至20世纪初期,野生动物学家也将承载力引入到野生动物管理领域中^[13]。1920年,生物学家Pearl与其助手Reed通过生物学试验,总结出了实验室中生物数量增长的逻辑斯谛方程(Logistic Equation),并证明了北美地区的人口增长也存在类似的关系。1922年,Hadwen和Palmer在美国农业部公报中也应用了这一概念^[14]。1953年,Odum在其颇具影响的《生态学原理》(Fundamentals of Ecology)中,将承载力概念与逻辑斯谛增长方程特别是其中的常数 k 相联系,赋予承载力概念较精确的数学形式^[15]。20世纪60~70年代,自然资源耗竭、粮食危机和环境恶化等全球性问题的爆发,引起地球承载能力及相关命题研究的广泛开展,其中尤以Meadows等人所著的《增长的极限》为杰出代表。主张停止地球人口数量的增长,限制工业

生产,大幅度减少地球资源消费量,以维持地球上的平衡。1983年,联合国人口基金要求粮农组织和国际实用系统分析研究所估计“世界不同地区潜在的人口承载量”。它们的估计包括了许多因素,但突出土地类型,耕作期的长短和生产体系,并根据技术、能源、资本和基础设施的高投入和低投入作了不同的估计。它们的结论是2000年,在不包括中国在内的发展中国家,低投入下能养活56亿人,而在高投入下能养活334亿人。

20世纪80年代后期,可持续发展概念和思想得以提出,承载力被认为是它的一个固有方面,并与之相结合而获得新的发展。1995年,诺贝尔经济学奖获得者Arrow与其他国际知名的经济学家和生态学家一起,在Science上发表了“经济增长、承载力和环境”一文^[16],在学界和政界均引起极大的反响,美国生态学会(Ecological Society of America)更是以此为主题,在1995年的Ecological Applications上组织了由众多专家参加的国际性研讨论坛,引起了承载力研究的新热潮。美国人口学家科恩(Joel E. Cohen)于1995年出版了专著《地球能养活多少人》,书中对人类在近400年来对地球人口承载力的研究进行了总结。这是一项迄今为止有关地球土地资源人口承载力的最系统、全面、深入的总结性研究。

自1812年马尔萨斯(T. R. Malthus)就人口与粮食问题的假说提出以后,土地资源人口承载力的相关研究就相继在经济学、人口学等领域展开。尤其是自20世纪中叶以来,随着全球性人口膨胀、资源短缺、生态环境恶化和人地矛盾的日趋尖锐促进了土地资源人口承载力研究向纵深方向发展。如20世纪80年代初由联合国粮农组织(FAO)主持了土地资源人口承载力研究等,对全球和区域经济、社会的规划与可持续发展做出了积极贡献,还有澳大利亚的土地资源人口承载力研究和土地资源人口承载力研究的ECCO模型(增加人口承载力的策略模型)较具影响力。

我国的土地承载力研究兴起于20世纪80年代后期,最具代表的研究成果当属由中国科学院自然资源综合考察委员会主持,国内13家高校和科研机构参加的《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》,该项目历时5年(1986—1990年),最终研究报告于1991年正式出版。该研究以土地资源—粮食生产—人口承载的分析为主线,预测了全国及各省、市、区未来2个时段内(2000年和2025年)可承载的人口规模。20世纪80年代初,如宋健^[17]等人在“从食品资源看我国现代化后所能养育的最高人口数”、田雪原^[18]等人在“经济发展和现代理想人口”中分别提出了我国土地资源可承载的人口数量。后来,很多单位相继开展了土地人口承载力的研究工作,在国内具有代表性的研究成果当推中国科学院自然资源综合考察委员会承担完成的《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》^[19]项目。在该项目中,土地资源承载力表述为:

“在未来不同时间尺度上,以预期的经济、技术和社会发展水平以及与此相应的物质生活水准为依据,一个国家或地区利用其自身的土地资源所能持续供养的人口数量。”该项研究项目分为5个基本层次,确定2000年和2025年为研究的时间尺度,并探讨了无具体时间尺度的理想承载力。它以《中国1:100万土地资源图》划分的九大土地潜力区为基础,以资源—资源生态—资源经济科学原理为指导,以综合、协调、持续性为原则,从土地、粮食(食物)与人口相互关系角度出发,讨论了土地与粮食的限制性;从可能性角度出发,回答了我国不同时期的粮食生产力及其可供养的人口规模,并提出了提高土地承载力、缓解人地矛盾的主要措施。由于当时全国土地利用现状调查工作尚未完成,资料的完备度和可靠性较低,因此对于区域土地人口承载力问题的研究缺乏一定的深度。

20世纪80年代以来,土地资源承载力研究在中国全面展开。其中具有代表性的有:李久明^[20]等完成的黄淮海平原土地承载力研究,杨晓鹏^[21]等完成的青海省土地资源的人口承载力研究,邓永新^[22]等完成的新疆塔里木盆地的土地资源人口承载力研究,申员村^[23]对青海省柴达木盆地宜农土地人口承载能力的研究,梅成瑞^[24]对宁夏土地资源特点与承载力的估算,赵存兴^[25]等对黄土高原地区粮食产量及其人口承载能力的研究。另外,还有颜延梅^[26]等对长江三角洲地区土地承载力的研究,吴宗法^[27]等对移民安置区土地承载力的研究,程见尧^[28]对秭归县移民安置区土地承载力的研究,吴月良^[29]等对四川省土地生产潜力和人口承载量的研究等。

到20世纪90年代中期,土地承载力的研究仍然持续升温,这一时期,我国的一些学者在土地承载力的过程中,分别赋予了相应的概念:封志明^[30]土地承载力一般指区域土地在一定物质生活标准下所能持续供养的人口数量。陈国先^[31]等认为一个区域土地承载力应该是:在不同时期,维持区域居民生活水平下,在当时的土地生产能力与投入之下,最合理利用该区土地资源所能养活的最大人口数量。周兆德等^[32]认为一个区域的土地资源人口承载力,是指以一定的生产力水平及与此相适应的物质生活水平为依据,在土地利用不致退化的前提下,土地生产量所能供养的人口数量。

20世纪90年代中后期至今,土地承载力研究逐渐趋向于综合化的、预测性的研究。由粮食单一指标走向综合指标体系研究,因此在土地综合承载力评价方法中评价指标及其权重的确定成为整个评价过程中关键的一环。其中具有代表性的有:王书华、毛汉英^[33]对我国东部沿海土地综合承载力的研究,常庆瑞^[34]等对黄土丘陵沟壑区土地承载力及提高途径探讨,韦红^[35]等对农用地优化利用结构下的县域农产品人口支撑能力的研究,黄明知^[36]等对区域最优人口规模测评模型研究,夏建国^[37]等对川西南山地区土地资源的特点及生

产潜力评价,郭洪泉^[38]等基于 GIS 的耕地整理潜力评价系统研究,邵晓梅^[39]等对鲁西北地区耕地劳动力承载力的多情景模拟,张洪业^[40]等研究土地劳动力承载能力的意义和途径等。

耕地生产能力和土地利用结构实质上代表了粮食供养能力,耕地生产能力测算结果常用当时当地的粮食单产表示,测算方法多采用农业生态区域法等。土地利用结构主要考虑粮食种植面积比例、复种指数、耕作制度等,一般采用专家组预测法。耕地人口承载力的研究方法已经相对成熟和完善。主要有:农业生态区域法、单因子作物潜力估算法、多目标决策分析法、投入产出法、线性规划方法、系统动力学方法等^[41]。

1.2.3 土地承载力研究方法

土地承载力计算中根据土地实际生产能力计算人口承载量较为简单,因此计算方法多集中于根据土地未来生产能力计算人口承载量方面,此方面土地承载力的计算可分为两类,一类是直接计算法,另一类是生产潜力推算法。直接计算法即利用系统动力学方法,综合考虑影响土地生产潜力的多种因素,把某区域的承载力看作一个整体系统,对人口容量进行动态的定量计算。生产潜力推算法分两步走,第一步是根据一定的生产条件计算土地生产潜力;第二步是在第一步完成的基础上根据一定的生活水平计算出土地资源承载人口的数量,即土地承载力。由于第二步的计算比较容易,可以认为生产潜力推算法计算土地承载力的核心就是土地生产潜力计算^[42]。

1.2.3.1 系统动力学方法

1984 年,英国科学家 Malcom Slesser 等提出了承载能力估算的综合资源计量技术,即 ECCO (Enhancement of Carrying Options) 模型,它基于联合国教科文组织提出的人口承载力定义,综合考虑区域人口、资源、环境和社会经济发展间众多因子的相互关系,分析系统结构,明确系统因素间的关联作用,画出因果反馈图和系统流图,建立起系统动力学模型,通过模拟不同发展战略得出人口增长、区域资源承载力和经济发展间的动态变化趋势及其发展目标,供决策者比较选用。我国学者黄国勇^[43]运用系统动力学方法,对甘南藏族自治州进行了土地承载力的研究实践。此外还有聂荣^[44]等进行了此方面的尝试。

系统动力学从资源——经济系统的整体上进行土地承载力的动态研究,更能反映静态模型所不能反映的系统本质,且利用系统动力学模型模拟各种决策方案的长期效果并对多个方案进行比较分析而得到较为满意的方案。但这种方法需要对复杂变化的资源——经济系统作详尽深刻的定性和定量的了解,就目前认识水平而言,得到明确的机理和清楚的研究结果难度较大。

1.2.3.2 生产潜力计算模型

土地生产潜力的计算可分为数理统计法和机理法两种。

(1) 数理统计法 数理统计法主要利用统计资料,拟合土地生产潜力与其他因子的相关关系,建立模型推算土地生产潜力。目前主要有以下几种。

1) 趋势外推模型(时间序列分析法)。该类模型根据生态系统食物生产的历史资料,利用食物时间序列数据,以时间为

自变量、食物产出为因变量拟合食物产出与时间的函数方程,并据此进行外推预测未来某一时间上(多用年份)的食物供给能力,其基本假设是食物生产还将继续按其趋势发展下去。但由于食物生产受多种因子的影响,某些因子(如降水、农业技术突破等)具有突变性,导致这类模型适宜作总体趋势预测,不宜作精确分析。1986年由中国科学院自然资源综合考察委员会主持的“中国土地资源生产能力及人口承载力研究”中近期作物单产预测即采用此种方法。

2) 预测模型。土地需求量和土地人口承载力预测需要对多种因素做出科学地预测,如土地需求量预测、人口预测、消费水平预测、作物产量预测、生产潜力预测、土地人口承载力预测等。国内目前普遍采用的土地需求量预测方法多种多样。主要包括:①灰色预测模型。白亚恒^[45]、谢名洋^[46]、王建林^[47]等采用灰色预测模型估算粮食产量。郝永红^[48]等将灰色模型应用在人口预测中。②马尔可夫预测方法。这种方法要求有足够多的数据,才能保证预测的精度。赵书田^[49]应用马尔科夫键对土地面积预测,张淑娟^[50],李静^[51]分别采用基于趋势——状态预测方法和时序误差权方法对粮食产量进行预测。③神经网络法。江东^[52]等建立了冬小麦产量预测的神经网络模型。④规划预测法。规划预测模型是在分析影响土地利用变化的因素的基础上,根据预测对象之间的相互关系,建立回归模型进行预测的一种方法。具体方法有:线性规划模型、多目标规划模型等。而规划预测的基础是土地利用变化影响因素的预测,如人口发展预测、消费结构预测、土地生产力水平预测等。肖冬根^[53],等建立了线性规划模型预测产量。吴春霞^[54]等建立了组合模型。此外还有系统动力学模型预测方法。这些预测方法各有优劣,能够较好地预测期内的时间序列进行预测。但是,土地需求量和土地人口承载力预测系统是一个多因素多阶段的预测系统采用单一的预测模型不能很好地完成不同阶段土地需求量和土地人口承载力预测系统的准确预测。

3) 遥感估产模型。此类方法多是通过遥感手段获得植物的生产信息,并由此推断植被生产力。利用遥感手段估算土地生产力的优点是,可以快速而准确地获取所需资料,对某区域的土地生产力进行动态估算。但适用遥感手段估算的只是作物的生物生产量,并不代表作物的经济产量。所以,采用单纯的遥

感模型估算的作物产量误差较大,而把遥感信息与其他非遥感信息结合起来建立的综合估产模型能够提高估产的精确度。而且遥感估产实际是对现实产量的预测,研究时间序列受到局限。

4) 实验统计资料模型。此类模型早期是主要利用植被实测 NPP 数据和相应的气候资料建立的经验模型,主要 Miami 模型^[55]、Thorntwaite Motreal 模型等, Miami 模型利用植被 NPP 实测数据和与之匹配的年平均气温和年均降水资料,分别利用最小二乘法得到经验模型,然后根据最小因子率,选择较小的数值。Thorntwaite Motreal 模型是 H. Lieth 利用同组植被实测 NPP 数据,与采用 Thorntwaite 方法计算的年实际蒸散量匹配,利用最小二乘法得到的经验模型,估算精度优于 Miami 模型。但这两个模型都是基于全球 NPP 数据建立的单因子模型,不但缺乏理论基础,而且估算精度不高。

近年来实验模型出现了作物生长过程模拟方法,这种方法是根据作物光合作用过程、生理生态特性和外界环境因子来计算生产潜力,如 CERES 模型、EPIC 模型等。这种方法需要大量的参数,特别是作物品种特性的相关信息需要依托于试验数据,仅适应于地区性的研究,难以推广适用于宏观。

(2) 机理法 机理法是依据作物生产力形成的机理,考虑光、温、水、土等自然生态因子以及施肥、耕作、育种、灌溉等农业技术因子,从作物对光能利用,特别是光合作用入手,依据作物能力转化以及粮食生产形成的过程来估算粮食生产潜力,这是应用最普遍的一种方法。该类模型的基本理论认识在于绿色植物的光合作用是农作物产量形成的基础,而植物本身的生物特性及光、温、水、土因子以及对作物的管理投入等都是重要的制约因子^[56]。在一个地区大田生产条件下,当植物种类和品种确定之后,决定植物生产潜力的主要因子是外界环境条件,将环境因子划分为几种类别,先计算理想条件下的生产潜力,然后依次考虑环境因子的满足程度,逐步衰减或订正得到土地生产潜力。

机理法以瓦赫宁根法和农业生态区域法(AEZ)为代表。瓦赫宁根模型是由瓦赫宁根农业大学的柏林格、范希姆斯特和斯塔林提出的作物生产潜力模型,系指在作物和水的管理标准很高、水和营养没有限制、病虫害很小的情况下可以获得的产量潜力。瓦赫宁根法是以早期进行的实验为依据的,主要适用于苜蓿、玉米、高粱、小麦等。该方法虽然机理性比较强,但对作物生长与环境的关系定量化不够,主要表现在没有真实反映出温度条件对作物干物质生长率的影响,只是使用作物种类校正系数来确定标准作物的干物质总产量和作物干物质总产量之间的关系。而且该模式所适用的作物比较少,不利于推广。应用较多较成熟的是农业生态区域法。

20 世纪 70 年代后期,联合国粮农组织(FAO)与国际应用系统分析研究