

A Study of Sustainable Management
on the Agroforestry System

农林复合系统 可持续经营研究

马利强 著
张秋良 主审



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

农林复合系统 可持续经营研究

马利强 著
张秋良 主审

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

农林复合系统可持续经营研究 / 马利强著. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6802 - 8

I. ①农… II. ①马… III. ①乌兰布和沙漠 - 农林复合系统 - 可持续经营 - 研究 IV. ①F327.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 219557 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 11.75

字 数 / 201 千字

责任编辑 / 钟 博

版 次 / 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 38.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 本社负责调换



序

乌兰布和沙漠是中国八大沙漠之一，位于内蒙古西部，总面积 100 万平方公里，为古黄河变迁形成的冲积平原。这里土地资源丰富，水、热、光等自然条件优越。新中国成立以来，这里营造了大量的农田防护林和防风固沙林，逐步形成了以农业为主导产业、规模不同的农林复合系统，为沙区农业的高产稳产起到了有力的屏障作用。

保持农林复合系统的长期稳定，直接关系到该地区经济社会的稳定发展和生态安全。目前国内相关研究大都集中在模式的设计和单项效益评价，缺乏系统的经营理论指导和经营技术，导致该复合系统经营比较粗放、效益低，系统的结构与功能不能适应社会的需求。因此，研究沙区农林复合系统的可持续经营是当前森林可持续经营研究的重点和难点。

几年来，马利强博士和他的同学们潜心农林复合系统的经营的系统研究，取得了较大的进展，本著作是研究的部分成果。

本书通过收集有关资料、专家咨询、农户调查、实地考察和试验等手段，采用定性与定量研究方法，系统研究了乌兰布和沙漠东北部农林复合系统的土地利用状况、水资源合理利用、生态环境及其对农作物产量的影响、能量流动、物质循环规律；运用多元统计分析方法进行综合效益评价，建立了综合效益评价指标体系；深入探讨了乌兰布和沙漠东北部地区农林复合系统的经营管理问题，提出了乌兰布和沙漠东北部地区农林复合系统可持续发展的对策。该研究不仅丰富了森林可持续经营的理论，同时也为该地区农林复合系统的经营提供了技术指导。

本书基础资料充分、翔实，观点新颖，值得复合生态系统经营管理、农田防护、环境科学与工程等相关领域的师生参考。本书亦适合高校跨学科课程、公选课程的开设，以利于增强学生的生态意识，提高学生的综合素质。

内蒙古农业大学博士生导师

张秋良教授

2012 年 11 月



前言

乌兰布和沙漠东北部位于内蒙古西部的东缘,属于后套平原西延部分,是河套灌区的主要产粮区之一。20世纪50年代至今,磴口县党和政府带领人民群众为了保证粮食的稳产、高产,遏制风沙危害等自然灾害,经过长期的艰苦努力,在乌兰布和沙漠东北部营造了大面积的人工防护林,构筑了结构不同的人工林防护林体系,对沙区农田的高产稳产及多种经营起到了有力的屏障作用。防护林和农田相互联系、相互作用,构成了众多规模大小不等、功能相对完善的农林复合系统,在乌兰布和沙漠东北部形成了人工绿洲景观。它作为干旱区独有的地理景观,支撑着该地区的社会经济持续发展。

在这种特殊生态环境特点建立的农林复合系统,其稳定性如何?现有的农田防护林体系是否健康?存在哪些主要问题?不同配置模式功能发挥如何?效益能否最大化?如何进一步合理布局、科学经营、有效利用自然资源?保证区域经济、社会、环境的协调发展,成为干旱区经济、社会和环境可持续发展研究和探讨的重要科学问题。

作者于2006年至2009年,选择构成乌兰布和沙漠东北部人工绿洲的重要生态单元的农林复合系统为研究对象,以可持续发展思想为指导,运用林学、生态学、经济学等学科的理论与技术,通过资料收集、专家咨询、农户调查、实地调查和试验等手段,对乌兰布和沙漠东北部农林复合系统的水资源合理利用与绿洲可持续发展的关系;土地利用状况与农民人居环境关系;农林复合系统的生态效益和经济效益;农林复合系统的能量流动和物质循环以及综合效益评价等进行了较为全面系统的研究,取得了阶段性研究成果和结论。把本研究成果编辑出版的目的在于丰富农林复合系统可持续经营理论,为进一步研究农林复合系统提供借鉴,为地区生态建设和社会经济的可持续发展起到帮助和指导作用。随着人类对生态环境和社会经济协调发展认识的不断提高,复合系统的可持续经营越来越受到更多专家学者的重视,我们期待高水平、高质量的研究成果出现。

本书的研究内容得到了“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD26B0801)基金的资助,研究内容的选定、研究和撰写的整个过程是在笔者的导师——内蒙古农业大学博士生导师张秋良教授——的悉心指导

下完成的，同时还得到了中国森林警察指挥学院王立明教授、中国林业科学研究院首席专家藏润国研究员、中国林科院沙漠林业实验中心二厂葛春瑞厂长、内蒙古河套灌区管理总局韩永光副局长等人的指导和帮助，在此向他们致以崇高的敬意。

在完成本书研究内容期间，笔者得到了内蒙古农业大学林学院常金宝、德永军、高润宏、铁牛教授等领导、老师以及众多学友如刘文盈、张红利、刘洋、郭艳荣、鲍春生、雷庆哲等的大力支持，在此表示衷心的感谢。

特别感谢内蒙古工业大学的同事们，感谢我的妻子在本书研究和撰写过程中给予的关心和支持。感谢北京理工大学出版社编辑的热情支持和大力帮助，他们为本书的出版付出了很多心血。

本书引用了较多国内外学者的研究成果和学术观点，书中尽最大努力注明了引用文献的来源。如有遗漏之处，敬请著者谅解、指正。

本书涉及内容较多，综合性较强，由于笔者水平有限，加之时间仓促，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

本书的参编人员有：郝玉光、李清河、王志刚、张红利、刘洋、郭艳荣、吴晓成等。

马利强

2012年11月·呼和浩特



目 录

序
前言

1 绪论	(1)
1.1 问题的提出及其背景	(1)
1.2 国内外研究现状	(2)
1.2.1 农林复合系统研究总体概况	(2)
1.2.2 农林复合系统水资源利用研究	(8)
1.2.3 农林复合系统土地利用研究	(9)
1.2.4 农林复合系统综合效益研究	(10)
1.2.5 农林复合系统能流和物流研究	(17)
1.2.6 农林复合系统可持续经营研究	(18)
1.2.7 乌兰布和沙漠东北部农林复合系统研究	(20)
1.3 研究目的和意义	(21)
1.4 研究内容与技术路线	(22)
1.4.1 研究内容	(22)
1.4.2 技术路线	(23)
2 研究区概况与研究方法	(25)
2.1 研究区自然条件	(25)
2.1.1 地理位置	(25)
2.1.2 气候条件	(26)
2.1.3 地质地貌	(27)
2.1.4 土壤条件	(28)
2.1.5 植被状况	(28)
2.1.6 水文条件	(30)
2.2 研究区社会经济状况	(31)
2.3 研究方法	(31)
2.3.1 资料调研	(31)
2.3.2 野外测定	(31)

2.3.3	问卷调查	(33)
2.3.4	室内数据分析	(33)
3	研究的理论基础	(36)
3.1	生态学基础	(36)
3.1.1	生态系统原理	(36)
3.1.2	能量与能流原理	(37)
3.1.3	物质与物质流原理	(37)
3.1.4	物种相互作用规律	(38)
3.1.5	生物多样性原理	(38)
3.2	社会经济学基础	(39)
3.2.1	增产与增值原则	(39)
3.2.2	供求法则	(40)
3.2.3	利用自然资源与劳动力资源原则	(40)
3.2.4	其他原则	(41)
3.3	生态系统经营理论	(41)
3.4	系统工程理论	(42)
3.5	可持续经营理论	(43)
4	水资源合理利用与绿洲可持续发展关系研究	(45)
4.1	磴口绿洲的形成、兴衰与发展的历程	(45)
4.1.1	远古时期磴口绿洲的形成	(46)
4.1.2	汉代至元明清时期的磴口绿洲	(46)
4.1.3	新中国成立前的磴口绿洲	(47)
4.1.4	新中国成立后磴口绿洲社会经济复兴与发展	(48)
4.2	磴口绿洲水资源状况	(48)
4.2.1	水资源的构成	(48)
4.2.2	现有水资源总量与用水总量	(49)
4.3	磴口绿洲水资源承载力	(50)
4.3.1	水资源承载力的概念	(50)
4.3.2	影响水资源承载力的因素	(51)
4.3.3	我国水资源承载力评价指标体系	(52)
4.4	磴口绿洲水资源供需平衡分析	(54)
4.4.1	水资源供给能力	(54)
4.4.2	水资源需求量	(55)
4.4.3	水资源供需平衡分析	(56)
4.5	磴口绿洲灌区水资源承载力分析	(57)



4.5.1 水资源承载力的度测指数分析	(57)
4.5.2 结果分析	(58)
4.6 小结	(58)
5 土地利用状况与农民人居生活关系研究	(59)
5.1 磴口县农林业土地利用状况分析	(59)
5.1.1 农业土地利用状况	(59)
5.1.2 林业土地利用状况	(61)
5.2 磴口县农民人居生活状况	(64)
5.3 小结	(65)
6 农林复合系统生态效应的研究	(67)
6.1 不同农林复合系统对小气候的影响	(67)
6.1.1 风速的变化	(67)
6.1.2 气温的日变化	(68)
6.1.3 相对湿度的日变化	(69)
6.2 不同农林复合系统对土壤质量的影响	(70)
6.2.1 对土壤物理性质的影响	(70)
6.2.2 对土壤化学性质的影响	(74)
6.3 小结	(80)
7 农林复合系统能流与物流研究	(82)
7.1 农林复合系统能流研究	(82)
7.1.1 农田子系统能流特征分析	(83)
7.1.2 林业子系统能流特征分析	(90)
7.1.3 畜牧业子系统能流特征分析	(96)
7.1.4 草地子系统能流特征分析	(102)
7.1.5 农户子系统能流特征分析	(105)
7.1.6 磴口县农林复合系统能流特征分析	(107)
7.2 农林复合系统物流分析	(108)
7.2.1 复合系统内物质的输入和输出	(109)
7.2.2 种植业子系统的氮素及磷素平衡	(109)
7.2.3 畜牧养殖业子系统的氮素及磷素平衡	(115)
7.3 小结	(120)
8 农林复合系统综合效益评价	(122)
8.1 农林复合系统经济效益研究	(122)
8.2 评价指标体系的建立	(124)
8.2.1 评价指标建立的原则	(124)

8.2.2 评价指标的建立	(124)
8.3 综合效益评价	(126)
8.3.1 指标权重的确定	(126)
8.3.2 综合效益的计算	(129)
8.4 小结	(132)
9 农林复合系统可持续经营管理研究	(133)
9.1 农田防护林可持续性	(133)
9.2 影响乌兰布和沙漠东北部农田防护林体系发展的瓶颈	(134)
9.2.1 农田防护林经营管理存在的主要问题	(134)
9.2.2 政策方面存在一定缺陷	(134)
9.3 农田防护林体系可持续发展的建议	(135)
9.3.1 农田防护林体系经营管理的改进	(135)
9.3.2 对农田作物的经营管理措施	(137)
9.3.3 促进农田防护林发展的政策建议	(138)
9.3.4 充分调动农民的积极性	(139)
9.4 小结	(139)
10 结论与讨论	(141)
10.1 结论	(141)
10.2 创新点	(143)
10.3 讨论	(143)
附录	(145)
参考文献	(157)



表格清单

表 2-1	磴口县乌兰布和沙地土壤类型	(28)
表 2-2	农林复合系统和对照的结构配置	(31)
表 2-3	判断矩阵标度及其含义	(34)
表 4-1	磴口县水资源量	(49)
表 4-2	磴口县总用水量	(49)
表 4-3	影响水资源承载力的因素	(51)
表 4-4	水资源承载力的指标体系	(53)
表 4-5	磴口绿洲灌区规划水平年水资源供需平衡结果	(57)
表 4-6	磴口绿洲的水资源承载力测指数	(58)
表 5-1	历年磴口县地区农业总播面积及其产值	(60)
表 5-2	历年磴口县地区林业用地面积及其产值	(62)
表 5-3	历年磴口县农民人居生活条件	(64)
表 6-1	农林复合系统内风速的比较	(68)
表 6-2	农林复合系统与纯农地气温差值的比较	(69)
表 6-3	农林复合系统与纯农地相对湿度的差值比较	(70)
表 6-4	农林复合系统内土壤质量含水量不同土层的比较	(71)
表 6-5	土壤含水量的方差分析	(71)
表 6-6	农林复合系统内土壤容重不同土层的比较	(72)
表 6-7	土壤容重的方差分析	(72)
表 6-8	农林复合系统内土壤孔隙度不同土层的比较	(73)
表 6-9	农林复合系统内土壤 pH 不同土层的比较	(74)
表 6-10	农林复合系统内土壤有机质含量不同土层的比较	(75)
表 6-11	农林复合系统内土壤全量养分不同土层的比较	(77)
表 6-12	农林复合系统内土壤速效养分不同土层的比较	(78)
表 7-1	劳动力和其他能量参数	(84)
表 7-2	农田子系统有机能投入的各项指标的相关系数特征值	(85)
表 7-3	农田子系统产出各项相关矩阵的特征值	(87)
表 7-4	乔木林地的统计内容	(90)

表 7-5	林业子系统乔木林各项的相关矩阵的特征值	(91)
表 7-6	经济林地的统计内容	(92)
表 7-7	林业子系统经济林投入能量各项的相关矩阵特征值	(92)
表 7-8	灌木林地的统计内容	(93)
表 7-9	林业子系统灌木林投入能量各项的相关矩阵的特征值	(93)
表 7-10	1992—2008 年磴口县整个林业子系统能量投入与产出	(96)
表 7-11	畜牧子系统折能系数	(96)
表 7-12	磴口县畜牧子系统能流特征分析	(98)
表 7-13	畜牧子系统投入能量各项的相关矩阵的特征值	(98)
表 7-14	磴口县畜牧子系统能量投入—产出	(99)
表 7-15	草地子系统典型物种的能值	(102)
表 7-16	天然草地调查	(103)
表 7-17	人工草地调查	(103)
表 7-18	1992—2008 年磴口县人均平均消费物质的能量与 所占比例	(106)
表 7-19	农户子系统的能量投入—产出	(107)
表 7-20	磴口县农林复合生态系统的能流分析	(108)
表 7-21	种植业子系统物质的输入输出统计	(114)
表 7-22	种植业子系统氮素的输入输出统计	(115)
表 7-23	种植业子系统磷素的输入输出统计	(115)
表 7-24	畜牧业子系统物质的输入输出统计	(119)
表 7-25	畜牧业子系统氮素的输入输出统计	(119)
表 7-26	畜牧业子系统磷素的输入输出统计	(119)
表 7-27	1992—2008 年磴口县农林复合生态系统氮磷素平衡	(119)
表 8-1	农林复合系统内经济效益比较	(123)
表 8-2	随机性指标 RI 值	(128)
表 8-3	判断矩阵一致性检验数值	(128)
表 8-4	农林复合系统内效益指标的权重	(128)
表 8-5	农林复合系统内效益指标原始数据	(129)
表 8-6	农林复合系统内效益指标的权重及其数量化值	(130)
表 8-7	农林复合系统内效益数量化值	(130)



插图清单

图 1-1	研究技术路线图	(24)
图 2-1	乌兰布和沙漠位置示意图	(26)
图 4-1	绿洲灌区水资源与引黄水量关系	(55)
图 5-1	总耕地面积和农业总播面积变化折线图	(61)
图 5-2	林业用地面积折线图	(63)
图 5-3	农林业产值变化	(63)
图 5-4	农林业产值占农业总产值百分比	(63)
图 5-5	农民人均收支变化	(65)
图 6-1	4 月份和 8 月份的防风效应对照	(68)
图 6-2	4 月份两种农林复合系统内温度日变化	(69)
图 6-3	8 月份两种农林复合系统内温度日变化	(69)
图 6-4	农林复合系统内土壤孔隙度均值的比较	(73)
图 6-5	农林复合系统内土壤全氮含量不同土层的比较	(76)
图 6-6	农林复合系统内土壤全磷含量不同土层的比较	(76)
图 6-7	农林复合系统内土壤全钾含量不同土层的比较	(77)
图 6-8	农林复合系统内土壤碱解氮含量不同土层的比较	(79)
图 6-9	农林复合系统内土壤速效磷含量不同土层的比较	(79)
图 6-10	农林复合系统内土壤速效钾含量不同土层的比较	(80)
图 7-1	1992—2008 年劳动力投入比较曲线	(84)
图 7-2	1992—2008 年畜力投入比较曲线	(84)
图 7-3	1992—2008 年农家肥投入比较曲线	(85)
图 7-4	1992—2008 年种子投入比较曲线	(85)
图 7-5	有机辅助能投入变化曲线图	(85)
图 7-6	1992—2008 年农机投入比较曲线	(86)
图 7-7	1992—2008 年塑料投入比较曲线	(87)
图 7-8	1992—2008 年柴油投入比较曲线	(87)
图 7-9	1992—2008 年氮肥投入比较曲线	(87)
图 7-10	1992—2008 年农药投入比较曲线	(87)

图 7-11	1992—2008 年磷肥投入比较曲线	(87)
图 7-12	1992—2008 年无机辅助能投入比较曲线	(87)
图 7-13	1992—2008 年每亩能量总投入比较曲线	(88)
图 7-14	1992—2008 年每亩能量总产出变化曲线	(88)
图 7-15	1992—2008 年能量产投比变化曲线图	(89)
图 7-16	能量循环指数变化曲线	(89)
图 7-17	投能结构比较曲线	(89)
图 7-18	乔木、灌木、经济林面积的逐年变化	(94)
图 7-19	乔木林、灌木林、经济林三种树种的产投比	(95)
图 7-20	1992—2008 年畜牧数量变化曲线	(99)
图 7-21	猪肉能值变化曲线	(100)
图 7-22	牛肉能值变化曲线	(100)
图 7-23	羊肉能值变化曲线	(101)
图 7-24	鸡肉能值变化曲线	(101)
图 7-25	牛奶能值变化曲线	(101)
图 7-26	禽蛋能值变化曲线	(101)
图 7-27	畜牧子系统能量产投比	(101)
图 7-28	草地子系统的能量流动	(105)
图 7-29	1992—2008 年磴口县农林复合生态系统能流结构	(108)
图 7-30	小麦氮素产投比情况	(110)
图 7-31	小麦磷素产投比情况	(110)
图 7-32	玉米氮素产投比情况	(111)
图 7-33	玉米磷素产投比情况	(111)
图 7-34	油菜氮素产投比情况	(111)
图 7-35	油菜磷素产投比情况	(112)
图 7-36	籽瓜氮素产投比情况	(112)
图 7-37	籽瓜磷素产投比情况	(112)
图 7-38	番茄氮素产投比情况	(113)
图 7-39	番茄磷素产投比情况	(113)
图 7-40	林木氮素产投比情况	(114)
图 7-41	林木磷素产投比情况	(114)
图 7-42	奶牛氮素产投比情况	(116)
图 7-43	奶牛磷素产投比情况	(116)
图 7-44	鸡的氮素产投比情况	(117)
图 7-45	鸡的磷素产投比情况	(117)

图 7-46	羊的氮素产投比情况	(117)
图 7-47	羊的磷素产投比情况	(118)
图 7-48	猪的氮素产投比情况	(118)
图 7-49	猪的磷素产投比情况	(118)
图 8-1	农林复合系统综合效益评价指标体系	(125)
图 8-2	农林复合系统内效益直观图	(131)



绪 论

1.1 问题的提出及其背景

农林复合经营系统是一种传统的土地利用和经营方式，其实践历史与古代农业的发展基本平行，但其实践意义和理论价值长期以来未能得到足够的重视，直至 20 世纪 70 年代，由于“人口剧增、粮食短缺、资源危机、环境恶化”等全球性问题的出现，促使人们越来越深刻地意识到森林与人类社会经济可持续发展息息相关的重大意义，以及拯救森林的紧迫性。由于在短时期内完全恢复森林状态，特别是在农区既不可能也无必要，从而促使人们真正从科学的角度重视农林复合系统。农林复合经营系统是在当前的社会背景下，总结历史经验，并在当代的科学技术条件下发展起来的一种有效的土地利用和生产技术。它是指在同一土地管理单元上，人为地把多年生木本植物与其他栽培植物及动物在空间上或按一定的时序安排在一起而进行管理的土地利用和技术系统的综合。早在农林复合经营系统成为系统的学科之前，世界各地就有过许多农林复合经营的生产实践。现在农林复合经营的研究开始兴起一股热潮，并不断地得到发展。

在我国广大农村，人口的急剧增长、土地资源的开发强度不断加大，带来了一系列生态环境和经济发展受阻的问题，诸如粮食不足、土地退化、能源紧张、水土流失严重、人均收入偏低、劳动力过剩等，严重影响着农村的生态环境建设和经济可持续发展。现实使人们意识到依靠传统的单一农业和林业生产经营方式，已无法满足人类日益增长的物质、文化生活的需要。因此，建立具有生物多样性的人工生态系统，或通过丰富农林牧渔的多种经营组合，来达到生物多样性和经济需要相结合的目的，已成为现代生态学的热点之一。农林复合生态系统正符合这种重建生态学与丰富生物多样性的原则，近年来在世界范围内得到广泛重视，成为生态农林业的一个主流。农林复合系统的经营，旨在使广大农民特别是沙区农民摆脱贫困，使沙区农林业得以

持续发展。

乌兰布和沙漠是我国的八大沙漠之一，与全国各大沙漠相比，水土光热条件相对优越，资源利用与开发的潜力大，有搞开发性农业的优势，也有整治沙漠化土地的有利条件。地处乌兰布和沙漠东北部的磴口县，在汉代就是一个农业垦区。新中国成立以来，国家投入大量人力、物力治理和开发乌兰布和沙漠，当地人民与沙漠进行了艰苦卓绝的斗争，开荒治沙，建立了大面积的人工绿洲。20 世纪 60 年代末 70 年代前期，磴口县开展了大规模的土地开发，而 20 世纪 80 年代至 90 年代后期，本地区又成为农业综合开发的重点和热点地区。在长期人类经济活动中，原有沙漠地区经过人类开垦和灌溉耕作形成了以农业为主导产业的农林复合系统，沙区的绿洲生态经济系统为促进地区经济繁荣和维护社会稳定发挥了重要作用。大面积的防护林区域内，一个以防护林为主体，由各林种组成的防护体系已初具规模，不仅减轻了风沙和沙尘暴对农田的影响，也改善了区域小气候。风沙灾害性天气得到了有效的控制。乌兰布和沙漠位于内蒙古西部，依托黄河中上游，总面积 100 万公顷，为古黄河变迁形成的冲积平原。土地资源丰富，水、热、光等自然条件优越。根据地面考察与 1:10 万 TM 彩色卫片影像测算，有 6 万多公顷宜农土地亟待开发。由于该地区三面环沙，风沙危害十分严重，搞单一农业面临诸多困难，必须建设完善防护林体系的农林复合系统，才能维持系统的可持续发展。但严重的风沙危害制约了本地区的农业综合开发。营造防护林体系是防治风沙危害唯一长期经济有效的根本途径。乌兰布和沙漠东北部的磴口人工绿洲历史悠久，经历多次大规模沙荒土地的整治与开发，以农田为防护对象，营造了大面积的防护林，形成了众多规模不等的农林复合系统，对沙区农田高产稳产的多种经营起到了有力的屏障作用。研究这些农林复合系统小气候效应及其对农作物产量的影响、土地利用状况与农民人居环境关系、水资源合理利用与绿洲可持续发展的关系以及能流物流的关系，对提高农田防护林的认识、维护系统高效利用、可持续发展和合理开发乌兰布和沙区具有重要的指导作用。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 农林复合系统研究总体概况

20 世纪 70 年代末，农林复合经营研究开始兴起，人们对其丰富的内涵进行了多种表述，但其本质上并无多大差别。Lund-gren 在总结多种概念的基础上，于 1982 年提出了一个为人们所普遍接受的定义：农林复合经营是一门不