



普通高等教育“十二五”规划教材

(second edition)

SCIENCE OF FARMING SYSTEM

农作学 (第二版)

李 军 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

农 作 学

(第二版)

李 军 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

农作学是以农作物持续增产、经济高效和生态安全为主要目标,研究建立合理农作制度的基本原理和技术体系的综合性应用学科。本书共分为6章,在分析我国农业资源状况和农业生产现状的基础上,系统介绍了农田种植制度、农田养地制度、农田防护制度、农作经营制度和区域农作制度等农作制度的基本理论和生产技术体系,有助于读者掌握组织农业生产、制定合理农作制度的基本原则和方法,具备研究和解决农业结构调整、农田高效种植、农业可持续发展等方面问题的能力。

本书适合高等农业院校农学、植物科学与技术、种子科学与工程、草业科学等植物生产类本科专业使用,也可供作物栽培学与耕作学专业的研究生及农业管理人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

农作学/李军主编. —2版. —北京:科学出版社,2016

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-046634-1

I. ①农… II. ①李… III. ①农业科学-高等学校-教材 IV. ①S

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 298611 号

责任编辑:丛楠 赵晓静 / 责任校对:何艳萍

责任印制:赵博 / 封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年3月第 二 版 印张:15

2016年3月第一次印刷 字数:356 000

定价:39.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《农作学》(第二版)编写委员会

主 编:	李 军				
副主编:	王龙昌	柴 强	徐文修		
编 者:	李 军	温晓霞	任广鑫	海江波	西北农林科技大学
	韩 娟	刘 杨	吴 伟		西北农林科技大学
	王龙昌	张 赛	谢小玉		西南大学
	柴 强	李玲玲	郭丽琢		甘肃农业大学
	徐文修	汤秋香			新疆农业大学
	刘景辉	李立军			内蒙古农业大学
	许 强	吴宏亮	刘根红		宁夏大学
	刘建国	张凤华			石河子大学
	万素梅	翟云龙			塔里木大学
	曹国藩				贵州大学
	陈 勇	孔凡磊			四川农业大学
	王学春				西南科技大学
	张荣萍	刘子凡			海南大学
	李宗仁				青海大学
	次仁央金	卓 嘎			西藏大学
	熊 瑛				河南科技大学
	陈 豫	胡 伟			宜宾学院

前 言

我国农耕历史源远流长,传统农耕文明较为发达,以农田“精耕细作”技术著称,农耕思想、农业结构、耕作技术、养地手段、种植模式、轮作体系和经营理念等曾一度领先于世界。由于长期采取自给自足的农户家庭经营方式,我国农业土地经营规模较小,土地利用率高,但劳动生产率较低,农产品商品率和经营效益不高。当前,我国农业正处于由传统农作向现代农作的加速转型阶段,正在不断扩大参与经济全球化竞争,农业规模化、机械化和专业化程度较低,农户家庭经营生产成本低而效益差,面临着保障国家粮食安全、增加农民收入、缓解资源环境约束和增强农产品市场竞争力的重大挑战。因此,我国农业发展不仅要持续提供农田生产力和农业系统生产力,而且要积极增加农业经济效益,保护并可持续利用农业资源环境。

农作学是以农作物持续增产、经济高效和生态安全为主要目标,研究建立合理农作制度的基本原理和技术体系的综合性应用学科,是我国高等农业院校农学本科专业的专业主干课程,也是植物科学与技术、种子科学与工程、草业科学等植物生产类本科专业的学科基础课程。通过与作物生产相关学科的交叉融合和兼收并蓄,农作学集成和组装了农学各相关学科的理论和技术,以系统性思想、全局性观点和整体性安排来组织作物生产和经营,形成了以土地用养结合为基础、以高效种植制度为核心、以农作物持续高产为目标的农作制度理论和技术体系,具有宏观和微观相结合、自然科学和社会科学相交叉的学科特点。我国传统农作学教材内容以极尽可能挖掘农田生产潜力、不断提高作物产量为主要发展目标,不够重视经济高效和农民增收问题,对农田节肥、节药和节水等节本增效和保护环境的相关领域研究不足,原有农作学学科内容体系已经难以适应当前我国农业生产和经营的发展需求。

农作学研究对象是我国不同类型农区的农作制度,具有很强的地域特色和综合性特点。由西北农林科技大学和西北地区主要农业院校共同编写、由科学出版社于2003年出版的《农作学》教材,虽然框架体系较为完善,内容也比较丰富,但部分章节内容与其他相关课程交叉重复,部分章节内容较为陈旧,并且由于课程学时压缩、教学时数缩短,原有教材字数偏多、内容不够精练,难以满足当前新形势下农作学课程教学需求。最近15年来,我国农作物生产形势与农作制度发展变化较大。2012年开始,我们再次邀请西部地区16所主要农业院校的30多位主讲教师,修订和编写《农作学》(第二版)教材,以满足西部地区农业院校农作学课程教学需求。根据我国农业生产发展和农作学课程教学需要,本教材遵循“体系完善、内容新颖、文字简练、图文表并茂”的编写原则,注重教材框架重新构建,凝练农作学教材内容体系,补充农作制度最新研究进展,在系统介绍农作学基本原理和我国农作制度主要内容的基础上,适当突出西部地区资源环境和作物生产特色,以符合西部地区农业院校农作学课程教学的需要。

本教材在分析我国农业资源状况和农业生产现状基础上,系统介绍了农田种植制度、农

田养地制度、农田防护制度、农作经营制度和区域农作制度等农作制度的基本理论和生产技术体系,有助于读者掌握组织农业生产、制定合理农作制度的基本原则和方法,具备研究和解决农业结构调整、农田高效种植、农业可持续发展等方面问题的能力。本教材共分为6章。第一章为农作学基本原理,分为3节,介绍了农作学与农作制度概念和内容、农作制度发展演变与类型,简要阐述了农作制度的主要原理和发展战略,分析了中国农业发展面临的问题和农作制度的发展战略。第二章为农田种植制度,分为3节,主要介绍作物布局与结构调整、种植模式与高效用地、作物轮作与连作等农田高产高效用地的理论与技术体系,是我国农作制度的核心内容之一。第三章为农田养地制度,分为3节,主要介绍农田培肥与循环农业、土壤耕作与保护性耕作、农田灌溉与节水农业等农田地力培肥和持续养地的技术原理和方法,也是我国农作制度的核心内容之一。第四章为农田防护制度,分为5节,主要介绍农田防水蚀、防风蚀、防杂草、防污染、防盐碱的技术原理和方法,维护农田生态环境健康发展与地力可持续利用,是西部地区农业生产发展需要着力解决的重要任务。第五章为农作经营制度,分为3节,主要介绍农作经营原理、农场经营制度和农业产业化经营的主要内容和基本途径,积极提高农作经营管理效益和农作制度的经济可持续性,是传统农业向现代农业转变的重要内容。第六章为区域农作制度,分为4节,简要介绍了我国东北地区、黄淮海区、长江中下游区、华南区、黄土高原区、西北绿洲灌区、四川盆地丘陵区 and 云贵高原区8个主要农区的农业资源概况、农作制度特点与主体模式、农作制度发展对策等,展示了我国农区农作制度的地域特色和区域差异。

我国农业生产区域十分广阔,各地农作制度类型和发展水平千差万别,且正处于农业发展快速转型时期,传统农业中的农田种植制度和养地制度等内容较为成熟和丰富,但现代农业发展中的农作经营制度和区域农作制度等内容尚处于发展形成初级阶段,相关研究成果尚不多见。由于编者的学术水平和现有材料不足,教材内容定有许多疏漏和不足之处,恳请使用本教材的院校、专家和读者予以批评指正,以便今后修编和充实提高。

李 军

2015年9月15日

目 录

前言

第一章 农作学基本原理	1
第一节 农作学概述	1
一、农作学发展与研究对象	1
二、农作制度概念与研究内容	3
三、农作制度发展演变规律与类型	7
第二节 农作制度原理与发展战略	12
一、植物生活要素调控与资源生产潜力	13
二、农业生态经济原理与农作经营管理	18
三、粮食安全需求与高产优质高效农业	20
四、循环农业原理与资源高效利用农业	21
五、农业资源利用与区域农作制度	23
六、数字农作技术与农作制度定量管理	28
第三节 中国农作制度发展战略	29
一、中国农业面临的挑战与发展机遇	29
二、中国农作制度发展面临的问题	32
三、中国农作制度发展战略与优先序	34
复习思考题	36
主要参考文献	36
第二章 农田种植制度	38
第一节 作物布局与结构调整	38
一、作物布局的意义与原则	38
二、作物的生态适应性	39
三、我国作物布局主要特征	47
四、农业结构调整与混合农作制度	52
五、全球气候变化与应变型农作制度	56
第二节 种植模式与高效用地	58
一、种植模式的基本原理	58
二、复种	63
三、间混套作	74
四、节地型农作制度构建	88
第三节 作物轮作与连作	90
一、轮作与连作的概念与作用	90

二、作物茬口特性及其轮作应用	93
三、轮作主要类型与形式	96
四、作物连作响应及其连作应用	97
复习思考题	100
主要参考文献	100
第三章 农田养地制度	102
第一节 农田培肥与循环农业	102
一、土壤养分平衡与地力培肥	102
二、农田培肥技术与培肥制	107
三、节肥型农作制度构建	113
第二节 土壤耕作与保护性耕作	115
一、土壤耕作的任务与原则	115
二、土壤耕作措施与耕作法	118
三、保护性耕作	124
第三节 农田灌溉与节水农业	136
一、农田水分循环与作物需水规律	136
二、节水灌溉技术与农田灌溉制度	138
三、旱区节水灌溉与节水型农作制度	141
复习思考题	144
主要参考文献	144
第四章 农田防护制度	146
第一节 防水蚀	146
一、水蚀危害及其影响因素	146
二、农田水蚀控制的技术原理	149
三、农田水蚀控制的基本措施	152
第二节 防风蚀	155
一、风蚀的危害及其影响因素	155
二、防治风蚀的主要措施	158
第三节 防杂草	161
一、农田杂草的危害及其种类	161
二、农田杂草的农业防除	164
三、农田杂草的化学防除	166
第四节 防污染	169
一、我国农田污染状况	169
二、农田污染的类型及其危害	170
三、农田污染的防治	172
第五节 防盐碱	173
一、土壤盐渍化及其危害	173

二、土壤盐渍化基本规律·····	174
三、农田盐碱防治措施·····	176
复习思考题·····	177
主要参考文献·····	178
第五章 农作经营制度 ·····	179
第一节 农作经营概述·····	179
一、农作经营的内涵与类型·····	179
二、农作经营的基本要素与影响因素·····	181
三、农作经营规模·····	183
第二节 农场经营制度·····	186
一、农场经营制度概念与内涵·····	186
二、土地流转与适度规模经营·····	187
三、新型职业农民与家庭农场经营·····	189
第三节 农业产业化经营·····	190
一、农业产业化经营的意义·····	190
二、农业产业化经营模式·····	192
三、农民专业合作社建设·····	193
四、农村城镇化建设·····	195
复习思考题·····	196
主要参考文献·····	196
第六章 区域农作制度 ·····	198
第一节 北方区农作制度·····	198
一、东北地区农作制度·····	198
二、黄淮海区农作制度·····	204
第二节 南方区农作制度·····	206
一、长江中下游区农作制度·····	206
二、华南区农作制度·····	210
第三节 西北区农作制度·····	214
一、黄土高原区农作制度·····	214
二、西北绿洲灌区农作制度·····	218
第四节 西南区农作制度·····	222
一、四川盆地丘陵区农作制度·····	222
二、云贵高原区农作制度·····	225
复习思考题·····	228
主要参考文献·····	228

第一章 农作学基本原理

第一节 农作学概述

一、农作学发展与研究对象

(一) 农作学概念与内涵

农作学(science of farming system)是研究建立一个地区或农业企业(农户、农场)合理农作制度理论与技术体系的一门综合性农业应用学科,是我国高等农业院校农学类专业的主干课程之一。农作制度是指在一定的自然资源状况、社会经济条件和科学技术水平下,一个地区或农业企业(农户、农场)为了土地持续高产高效所采取的农作物种植制度、土地养护制度和农作经营制度相结合的综合农业技术体系。农作制度具有特定的自然环境、社会经济和科学技术特征,它不是一项单纯的农田作物生产技术,而是具有增加土地产出、保护农业资源和提高经济收益等多个目标的土地经营管理制度。农作学旨在合理利用农业资源,提高土地生产力,保证作物全面持续增产稳产;采取合理农作经营策略,增加农民经济收益;保护资源、培养地力,实行用地与养地结合。

农作学具有综合性和交叉性学科特征,它吸收了系统工程与生态学的理论和思想,以整体性、全局性的观点与持续性思想,综合组装了农学有关学科的内容,以实现农田作物持续增产与经济高效,促进农、林、牧协调发展,提高农业系统生产力为主要目标。农作学主体上属自然科学范畴,但是因为农业生产具有双重性——生物性与社会性,所以,农作学具有自然技术科学与社会经济科学的交叉和融合特征。农作学具有的这种自然科学与社会科学交叉、宏观与微观相结合的学科特征,既可为农业管理者提供宏观决策依据,也可为农业经营者提供具体的农作经营管理方法和技术。

(二) 农作学形成与发展

我国农耕历史久远,文献中关于农作制度的见识与技术论述十分丰富。战国末年的《吕氏春秋》(公元前 239 年)中就有土壤耕作、垄作技术、粪肥养地、休闲管理等农作技术论述,如“夫稼,为之者人也,生之者地也,养之者天也”、“顺天时,量地力,则用力少而成功多”。西汉晚期(公元前 30~前 7 年)的首部农书《汜胜之书》系统总结了黄河流域休闲农作制,开创了“区田”耕作法。后魏时期(公元 386~534 年)的《齐民要术》是我国古代农书之精华,涉及农、林、牧、副、渔等多方面,其中记载了豆禾轮作、间作套种、保墒耕作和粪肥使用等农作技术。宋代《陈旉农书》(公元 1149 年)是南方稻作区最早的农书,论述了“种无虚日,收无虚月”和“地力常新壮”等多熟种植和土地用养结合技术。成书于公元 1304 年的《王祯农书》、公元 1505 年的《便民图纂》、公元 1747 年的《知本提纲》等,分别总结出长江流域、岭南、关中等地区多粪肥田、绿肥轮作、地力不减、多熟种植等农作技术。成书

于公元 1628 年的《农政全书》和公元 1742 年的《授时通考》汇总和集成了我国传统农业生产技术的主要内容。

西方国家农作制度发展的历史阶段普遍滞后于我国。公元 1730 年前后英格兰出现了著名的诺尔富克四区豆科牧草和谷类作物轮作,有助于增加土壤腐殖质积聚和提高肥力,并取代了长期盛行的休闲制。公元 1840 年德国化学家李比希(J. Van. Liebig)提出了著名的矿质营养归还学说,揭示了作物轮作与土壤培肥的科学原理,促进了现代肥料工业的发展。英国洛桑试验站长达百年的作物轮作与连作施肥试验(始于 1843 年)、美国莫洛试验区(始于 1876 年)的长期作物轮作与玉米产量试验、日本的作物茬口效应试验研究、美国的免耕农作制等奠定了现代农作制度发展的基础。

农作学由耕作学(science of cropping system and soil management)发展而来。19 世纪后期,俄罗斯著名农学家威廉斯(В. Р. Вилъямс, 1863~1939)创立了土壤团粒结构肥力学说和草田轮作制,并将其内容从土壤学中独立出来,在前苏联高等农业院校开设了“普通农业耕作法”课程。20 世纪 50 年代初,该课程被引入我国高等农业院校后定名为“耕作学”。20 世纪 60~90 年代,结合我国传统农业中“土地用养结合”、“地力”和“多熟种植”等相关内容,将草田耕作制扩展到耕作制度范畴,构建了以农田种植制度、养地制度和农田防护制度为主要内容的具有中国特色的耕作学内容体系。进入 21 世纪以来,为了满足我国市场经济条件下农作经营需求,将以农田作物种植和土壤管理为主的传统耕作学拓展到农作制度范畴,促进农业产业化经营发展,成为学科发展的必然。

在欧美国家并没有开设类似的农作学课程,但设置了作物生产学(crop production)、农业生态学(agroecology)、农业经营学(agronomics)等相关课程,农作学课程相关内容在作物生产学、农业生态学和农业经营学等课程之中有所体现。虽然,我国没有开设作物生产学课程,但开设了作物栽培学和农作学(耕作学)课程,分别作为作物生产学的各论与总论,并被列为作物学一级学科中的一门二级学科——作物栽培学与耕作学(专业学科分类号:090101)。

(三) 农作学研究内容

依照社会需要、资源可能和全面发展原则,农作学以全局性和整体性观点安排农业土地利用规划,统筹兼顾种植业、养殖业、农产品加工与贸易等农业生产环节,构建提高农业系统生产力的农、林、牧布局 and 结构方案,调整“粮、经、饲、瓜、果、菜”等作物配置和布局方案,充分利用和合理保护自然资源和社会资源,促进农业各关联部门协调高效发展。但农作学主要致力于农作制度研究,农作制度主要内容包括农作物种植制度、土地养护制度和农作经营制度。农作物种植制度是农作制度的主体,反映一个地区或一个农业企业(农户、农场)的土地利用方式和利用强度,主要包括作物组成、配置、熟制、种植模式、轮作方式等“用地”技术,确立与当地农业地域资源优势相适应的农作物种植制度,有利于增进农业系统生产力。土地养护制度是种植制度可持续发展的基础,包括养地制度和农田防护制度,养地制度涵盖农田培肥、农田灌溉、土壤耕作等增加肥力因素和改善肥力条件的“养地”技术,农田防护制度是包括农田防水蚀、防风蚀、防草害、防污染等以维护农田生态环境为中心的“护地”技术。农作经营制度是在农业生产区域分工和农产品市场竞争条件下,对土地、资金、技

术、劳力等农业资源高效配置与节本“增收”技术。因此,农作学及其研究对象——农作制度主要研究一个地区或农业企业(农户、农场)的用地、养地、护地和增收技术。

二、农作制度概念与研究内容

(一) 农作制度概念与内涵

国内外农作学界对农作制度的概念和内涵界定与理解并不统一。近十多年来,我国通常把“耕作制度”(cropping system and soil management)等同于“农作制度”(farming system)而交叉混合使用,但二者的内涵并不完全对应。耕作制度是指一个地区或生产单位的作物种植制度及与之相应的养地制度等的综合技术体系(刘巽浩,1994),属于作物学研究范畴。国际上对农作制度内涵也没有准确和统一的界定,其内涵十分宽泛和复杂。国际水稻研究所(1990)描述为:农作制度是作为生产和消费单元的农户或农场,为了顺应自然、生物和社会经济环境,根据农户的目标、爱好与资源状况,对农场各种生产活动进行合理和相对稳定的安排。FAO(联合国粮食与农业组织,简称联合国粮农组织)(2001)描述为:农作制度是指自然资源基础、企业经营类型、家庭谋生方式和发展制约因素基本相同,在作物生产、家畜养殖、树木栽培、草地放牧、渔业生产、采集狩猎、外出打工等各种农场经营活动和家庭谋生方式上适宜采用类似的发展策略和调控措施的家庭农场群体,而一种农作制度可以由几十个或几百万个家庭组成。因此,国际上普遍接受的涵义是:农作制度是一种包括种植业、养殖业及农产品加工贸易等环节在内的农场经营体系或者家庭谋生方式,受自然、生物及社会经济条件影响,强调资源合理利用与经济高效管理,属于农业经济、农学、畜牧、生态等多学科交叉研究领域。

国内(刘巽浩和陈阜,2005)对农作制度的定义为:农作制度是在一个区域或生产经营单位内,自然和人工环境与各类农业生物组成的多种亚系统及其直接关联的产后升级单元的稳定统一体(图1-1)。农作制度包括种植制度、养殖制度、农产品加工制度、生态保护制度等多种亚系统,通过决策制定、技术组装、经营管理等手段,提高系统生产力、增进经济效益、保护并可持续利用资源环境。

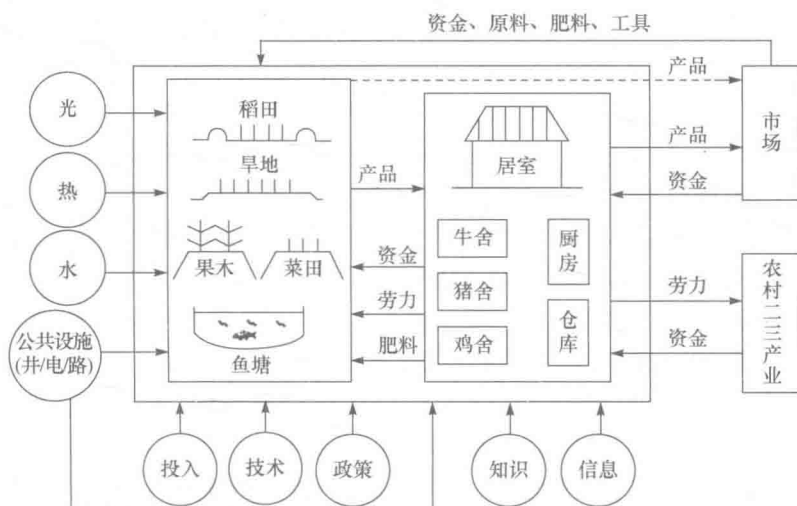


图1-1 农户水平农作制度示意图(刘巽浩和陈阜,2005)

综合国内外对农作制度含义的描述,把农作制度定义为:农作制度是指在特定区域(地区、农场、农户)内,由种植业、养殖业、农产品加工和储藏业、农产品营销业等农业子系统构成的综合性农业生产和经营管理体系。农作制度研究的核心任务是解决农业内部各子系统之间在生产要素(资金、劳力、土地)及技术上的合理配置,以充分提高特定区域内资源(自然、社会经济、技术)的利用效率和系统运行的经济效果。因此,农作制度可以理解作为一种农业生产经营模式或农户谋生所普遍采取的农业生产作法。

农作制度由农场生产制度(system of farming production)和农场经营制度(system of farm management)两部分组成,分别反映了农作制度的自然属性和社会属性。农场生产制度是指在土地资源开发利用过程中,以提高特定区域(地区、企业、农场、农户)农业系统对光、热、水、土等自然资源的利用效率和增加以农产品产出量为核心的综合农业生产技术体系,涉及作物生产、家畜养殖、树木栽培、草地放牧、渔业生产、采集狩猎等各种农业生产技术领域。农场经营制度是指在农场经营和家庭谋生活动中,以提高特定区域(地区、企业、农场、农户)农业系统的经济产出效率和增加农户经济收入为目标的产业组织和经营管理技术体系,涉及生产集约化、经营多样化、经营规模化、增收非农化、谋生非农化等不同发展策略和调控措施。

在以自给自足为主要特征的传统农业经济阶段,农作制度研究和应用侧重于农场生产制度,以提高光、热、水、土等自然资源的利用效率为主攻目标,对以增加农户经济收益为目标的农场经营制度需求较弱。而在以商品经济为主要特征的现代农业经济阶段,农场生产制度和农场经营制度同等重要和不可偏废,不仅要持续提高农业系统对自然资源的利用效率,而且要着重提高农业系统的经济产出效率,即只有实现农作生产效率和农作经营效果的同步提高,才能实现农业生产和农业经营的可持续发展。

(二) 国际农作制度研究

随着世界农业科技进步和全球经济一体化发展迅速,发展中国家人口持续增长和资源环境不断恶化,饥饿和贫困威胁日趋严重。20世纪五六十年代,国际小麦玉米改良中心(International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT)和国际水稻研究所(International Rice Research Institute, IRRI)等相关国际农业研究机构推行了以种植制度研究与推广为核心的“绿色革命”,但在帮助发展中国家贫困农户发展生产和增加收入方面的实际效果并不理想,通过农业结构调整和增加物质投入,增强粮食安全保障,减少农村贫困威胁,成为国际农作制度研究的核心和焦点。FAO(2001)提出的发展中国家农作制度发展策略包括生产集约化、经营多样化、经营规模化、增收非农化、谋生非农化5类。自20世纪80年代后期,随着谷物产量稳定提高,世界农作制度发展进入稳定期,特别是发达国家农作制度相对稳定,作物布局呈现区域化、专业化和模式化,谷物比例下降到50%以下,经济作物、水果和蔬菜比例上升,复种指数基本稳定在84%左右,间混套作方式不断增加,保护性耕作应用日趋广泛,农业物质投入持续增加,生产条件不断改善。

考虑到自然资源与气候、科学与技术、贸易自由化和市场开发、政策与机构和公共利益、信息和人力资源等都是影响农作制度发展的重大自然和社会经济因素,国际农作制度

研究涉及的内容和范围不断扩大,由以种植制度为主的单项生产技术研究,向以增强农户家庭谋生能力的综合研究和推广转变。在农作制度涉及的系统层次上,由农田→农户→社区→区域发展;在农户的主要谋生方式上,由作物生产→农牧结合→多种方式谋生发展;在农作制度主要业务领域,由研究→研究+推广→研究+推广+支持服务→多部门(包括非农业)协作发展;农作制度发展主要参与者,由公众→公众+社团→公众+社团+私人发展,在其他焦点问题方面,强调妇女参与、家庭食品安全、生产力+资源管理同步协调发展。可以看出,国际农作制度的含义、内容、目标、方法等基本框架并未定型,都还处于发展和演变之中。

当前,根据不同国家经济发展水平,国际农作制度发展侧重点有所不同。在发展中国家,由于人口增长压力较大、自然资源相对贫乏、家庭经营规模较小、生产和经营技术粗放、农村基础设施落后、市场发育程度较低、社会保障能力缺乏、农户家庭经济贫困等问题突出,农作制度发展的目标以提高农户系统生产力、增强家庭食物安全、减少家庭贫困和发展农村经济为主,农作制度研究主要以家庭农场经营方法或农户谋生手段为焦点问题,更多偏重于农业生产和经营过程的农牧产品生产与销售、农户资金信贷和政策支持、生产成本核算和经济效益评价等内容,以便提高资源和技术要素的经济产出效率。而发达国家由于农业现代化水平较高、生产经营规模较大,社会保障体系、市场经济体制和农场经营制度都比较完善,没有严重的农户经济贫困问题,包含农牧业生产和农场经营管理等技术内容的农作制度已经相对成熟和稳定,除了继续研究农场经营中资金、劳力、土地及技术的进一步高效配置外,农作制度发展以保护性耕作、持续农业和有机农业等涉及生态环境保护和食品质量安全的技术研究和应用为主,更多关注资源的利用效率和生态效果评价。

国际农作制度研究(farming system research, FSR)以发展中国家为主要研究对象,主要定位在农户水平上,以农户(家庭农场)为决策和分析单元,研究农户生产和消费、农场劳动、家务和农业以外就业等农户决策行为,以及其受自然、社会、文化制度、经济环境的影响,权衡农户目标与政府目标异同,强调农户参与项目评估,统筹考虑农作制度改进的技术效果及其与农户目标、需求和所处的社会、经济环境的一致性。农作制度研究过程分为描述和辨析、设计与规划、验证与评价、建议与实施等几个步骤,通常采用农作制度分析(farming system analysis, FSA)、农地试验研究(on-farm research, OFR)、参与式农村评估(participatory rural appraisal, PRA)等几种研究方法。

农作制度分析(FSA)是从综合多学科角度分析目标农作制度的系统结构与功能,阐述生产与资源、技术、市场、服务、政策、体制的关系,预测农作制度发展趋势、机遇与限制因素,从而进一步提出农作制度发展战略优先顺序,探寻提高农作制度功能的对策。农地试验研究(OFR)是FSR的核心概念之一,区别于通常的试验站研究,FSR人员经过FSA之后,确定适宜的农作制度技术,在农户的管理条件下,对技术的适宜性进行评估,并进一步改良完善。参与式农村评估(PRA)是指在农作制度的背景调查、问题分析、提出解决方案过程中所采取的一种分析、诊断问题和评估方法,在评估过程中强调当地农户的参与,使其结果更具可操作性和易于被农户所接受。

农作制度研究与发展(farming system research/development, FSR/D)模式包括

FSIP(farming system of infracture and policy)和 FSR&E(farming system research and extension)两类。前者用于机构支持和政策制定的农作制度方法,目的在于克服农作制度中主要和普遍性约束因子,通过研究农民对外界环境的反应,服务于政策制定者和管理人员,属长期性研究;后者为目标群农户提供适于当地条件的生产技术研究,目的在于为农民提供技术,服务于农民,相对微观,属短期性研究。

(三) 国内农作制度研究

自从 20 世纪 50 年代我国引入“耕作学”课程以来,结合我国农业生产实际情况,创建了以土地用养结合为基础、以高效种植制度为核心、以农作物持续高产为目标的耕作学学科内容体系,在改土培肥、农牧结合、多熟种植、作物布局、结构调整、旱地农业、保护性耕作等方面研究成效显著,促进了我国粮棉油生产发展。自 80 年代起我国基本实现粮食自给后,降低生产成本和增加经济收益逐渐成为农户追求的重要目标,逐渐推动传统农业生产向现代农业经营转变。

当前我国农作制度仍处于传统农作制阶段,其主要特点是:①传统小家庭自给分散经营是运行农作制度的主体;②农作制度的集约性特点是土地生产率高,而劳动生产率低;③种植业是我国农作系统的主体;④农牧结合是我国农作制度的重要内容;⑤生态保护制度是农作制度的重要组成部分;⑥增加农民收入、繁荣农村经济是我国农作制度的主要目标。目前,我国农作制度发展面临的突出问题主要表现为:①农民要求增收与保障国家粮食安全之间的矛盾;②日益增长的农产品数量质量需求与资源环境约束之间的矛盾;③农民省工轻简种植要求与国家粮食高产之间的矛盾;④农业劳动力素质下降与生产的专业化、社会化服务程度不够之间的矛盾;⑤小农生产方式与规模化和机械化大生产之间的矛盾等,因此亟须创建现代农作制度,提高农业产业化和规模化经营水平,促进我国农业生产和农业经营可持续发展。

国际农作制度研究的主要对象和服务目标均以农户(或家庭农场)为核心,虽然也涉及社区和区域性农作制度问题,但均以农户水平农作制度为基础。当前我国“耕作制度”的研究和推广,其宏观特征是以区域为研究对象,带有较强的计划经济色彩和政府对于农业生产宏观管理的指令内容;其微观特征是以农田为研究对象,含有完整和细致的农田作物生产管理技术内容,但却没有以当前我国农业生产经营和消费的基本农业企业单元——农户(或家庭农场)为主要研究对象和服务目标,缺乏农户水平上从事农、林、牧业生产经营管理的相关内容,不能为全国亿万农户在适应市场经济转变过程中的家庭农业经营管理提供技术帮助。

目前,我国对农作制度的概念和范围界定尚未达成共识,大多数人仍沿用耕作制度的概念和范围来代替农作制度,但也有人主张农作制度研究对象超越农田范围,拓展到农田、林地、草原等农用地范围,主张农作制度研究领域包括种植业、养殖业、林草业、加工业、营销业等产、供、销等一体化方面,以便满足国内农业综合发展和农业产业化发展需求,并与国际农作制度研究内容接轨。

(四) 农作制度研究意义与研究重点

农作制度的主要研究内容包括农作制度分析、设计、优化和管理,改善农作制度的结构和功能,提高农作系统的生产力、经济力和生态力。

(1) 研究某一单元(农户、社区、区域和国家)农作制度总体及其系统的结构和功能,包括农业生物与环境、农林牧结构与功能、种植业结构与功能、养殖业结构与功能、农产品加工与营销业结构与功能等。

(2) 构建农作制度理论与方法,发展农作制度技术体系,研究区域农作制度发展战略与对策,分析农作制度的类型与演替规律。

三、农作制度发展演变规律与类型

(一) 农作制度的历史演进阶段

农作制度是特定自然条件与社会条件综合作用的结果,其发展具有明显的历史阶段性。中国农作制度发展主要经历了撂荒制、休闲制、轮种制和集约制 4 个历史阶段。

(1) 撂荒制(shifting farming)。在新、旧石器时期的原始农业阶段,先民们在聚居点附近选择宜农土地实行刀耕火种、辟土殖谷,并开始围栏养殖家畜,凭借人力采用简陋的木石工具,掘土耕种耐旱、耐瘠、耐湿的粟、黍、稻等作物,依赖土壤自然肥力生产,连续耕种待地力耗竭后,只得弃耕另觅新荒地再行垦殖,氏族聚落只得随耕地迁徙,形成原始撂荒农作制。在氏族社会早期,通过耕垦处女荒地维持农耕生产,称为“生荒制”。在氏族社会后期,当人口增加、部族定居和土地私有化后,使宜耕未垦荒地减少,不得不复垦早先弃耕 20~30 年的“熟荒地”,依靠自然植被演替恢复地力,称为“熟荒制”。

(2) 休闲制(fallow farming)。在春秋战国时期和秦朝,我国开始使用铁犁铧、镢、锄和镰等铁质农具,出现以牛为动力的畜力耕作,初步实行畜禽舍饲和粪肥还田,初始兴建抗旱防涝“井田制”和引水灌溉工程,种植的作物种类不断增加,出现“黍、稷、豆、麦、稻”“五谷”概念,开始实施多耕熟耨与抗旱避涝的“畎田法”(即垄作耕法)等农田土壤精耕细作。随着土壤耕耘和粪溉肥田措施的应用,农田荒弃年限逐渐缩短到 1~3 年,称为土地轮休或休闲,休闲期间或休而不耕,或耕耘除草蓄墒。商周时期盛行以菑、新、畲(指分别轮休一、二、三年)为代表的三年轮休制,逐步转入较为先进的“易田制”,土地轮休年限视地力水平长短而异,上好田连年种植,中等田隔年种植,下等田隔两年种植。

(3) 轮种制(rotation farming)。自西汉至明清 2000 多年间,粗放休闲农作制逐渐向传统精耕细作轮种制发展。牛耕得到推广和广泛应用,犁壁、曲辕犁、锄等铁质农具不断改进和耨播的发明,耕、耙、耖、播、中耕、收割、脱粒等农具逐步配套。北方建立和充实了“耕、耙、耖”旱地抗旱保墒耕作技术体系,发展了沟垄轮作种植的“代田法”,南方则逐步确立了“耕、耙、耖、耘”水田耕作技术体系。南北农田水利工程建设全面兴起,北方的河套、河湟、河西和西域等旱区引水灌溉工程,黄河下游淤灌工程,沟通南北的大运河工程,南方太湖、吴淞江疏浚工程等灌排工程,提高了农业抗旱和防涝能力。

此期,引自西域和东南亚的胡麻、葡萄、苜蓿、大蒜、胡萝卜、西瓜、玉米、马铃薯、甘薯、甜菜、烟草和棉花等作物种类繁多,促进了因地制宜、因土种植和不同作物轮作,麦类、大豆、棉花、马铃薯和玉米等作物比例扩大。已认识到人工培肥地力的作用,如《陈旉农书·粪田之宜》篇中提出“地力常新壮”理论,提倡扩大肥源和多粪肥田,采取肥料拌种、豆科绿肥等施肥措施。这种豆类作物、豆科牧草、豆类绿肥与谷类作物、经济作物的轮换种植,连同与轮作换茬相应的施肥、土壤耕作等措施形成的技术体系,称为轮种农作制。这种依靠人工粪肥和生物培肥相结合的养地手段,使连年种植成为可能,显著提高了土地利用率和耕地产出率。

(4) 集约制(intensive farming)。随着人口增长、工业发展和科技进步,植物生活要素调控力度逐步强化,多熟和集约种植不断发展,土地生产力持续提高,促进了轮种农作制向集约农作制发展。集约农作制包括一熟地区单季高产栽培集约化和多熟地区多熟种植集约与高产栽培集约结合两种主要形式。多熟种植能“争天时,尽地力”,显著提高土地生产力,满足人口增长对食物的需求。早在春秋战国时期,我国黄河流域就已经萌芽了复种,汉代冬麦后填闲复种荞麦和糜谷初步发展,隋唐时期长江三角洲和成都平原推行稻麦二熟和双季稻二熟,明清时期南方普遍实行麦稻、油稻、绿稻复种二熟与双季稻二熟,但直至1933~1937年我国耕地复种指数仅有108%。我国传统多熟种植的技术经验主要有早熟作物、育苗移栽、少耕免耕、作物套种、整形促熟、增温栽培、减少农耗等,养地手段主要依赖于有机粪肥和豆类作物培肥。

1949年新中国成立之后,在人口快速增长和粮食短缺压力下,我国集约农作制发展迅速:一是农田水利建设快速扩大,灌溉地比例由1949年的26.6%上升到1996年的53.0%,增强了抗旱减灾能力;二是耕地化肥使用量大幅度提高,每公顷耕地化肥用量由1978年的87.9kg上升到1996年的403.8kg,化肥对粮食产量贡献份额已经达到47.5%;三是农业生产机械化平稳发展,农业机械总动力从20世纪50年代的18.4万kW增加到1997年的41840亿kW,每公顷耕地拥有2.3万kW,达到中等发达国家水平;四是通过调整农业生产结构和种植业结构,扩大冬种和夏季填闲,推广“旱改水”、“单改双”,广泛倡导间、混、套、复等多种高效种植模式,促进了多熟种植快速全面发展,耕地复种指数则由1949年的128.5%上升到1996年的160.4%,涌现出了大量的吨粮田、双千田和万元田;五是大田作物的地膜覆盖栽培、园艺作物的塑料大棚和日光温室栽培、畜禽的设施养殖等不同类型设施农业生产,通过人工调控农业生物环境中光、温、水、气、肥等生活因素,极大地促进了农业生产力的发展。

(二) 农作制度发展的影响因素与基本规律

在人类农耕历史阶段,由于人口不断增长、自然资源开发、社会经济发展与科学技术进步等因素的综合作用,推动了农作制度由撂荒制向集约制发展演变。

(1) 满足人类社会需要是农作制度发展的基本动力。粮食安全对农作制度发展有重要影响,而人类生存所需食物主要来自农田。但人口迅速增长,人均耕地面积下降,使人地矛盾加剧,迫使人类不断提高农田生产力,从而推动了农作制度发展。公元前8000~前3000年,世界人口为500万~5000万,农作制度为生荒制阶段;公元前3000~前500