

# 黄淮海平原农业生态系统研究工作进展\*

刘文政 傅积平 钦绳武

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

## 摘 要

本文介绍的黄淮海平原生态农业,是综合研究农业生态系统的结构、功能以及各亚系统中物质循环和能量转换的特点,探索生物-土壤-环境之间的相互作用及其调控,建立人工复合生态系统的多种优化模式。近几年来,研究工作取得很好进展,多项研究成果达到国际先进水平,而且在新技术应用方面有许多创新。

**关键词** 农业生态系统,进展,水平

现代科学技术以其前所未有的速度向前发展,其发展的一个重要特征是科学的高度分化和高度综合。而科学、技术和产业的综合发展趋势反映到农业上来,就是通过对农业生产中所有的物质、能量和信息要素的综合设计和系统控制,在生态、技术、经济及其组成的结构层次上,形成物质和能量的整体良性循环,来对资源进行综合开发和利用。农业上正在进行的这场新的技术革命,将为农业的高速发展开辟更加广阔的前景。

黄淮海平原是我国最大的平原,也是我国最重要的农业地区之一。该区光、热、水、土和生物资源丰富,气候温和,雨、热分配基本同步,与植物生长盛期相符合,适于喜温植物获得高额生物产量,但因旱涝、盐碱、风沙危害,资源利用和农业生产潜力均未得到充分发挥。

为了探索适合我国国情的生态农业发展道路,结合中国科学院承担的国家黄淮海平原农业科技攻关任务,于1983年在豫北平原建立了中国科学院封丘农业生态实验站,综合研究黄淮海平原农业生态系统的结构、功能以及各亚系统中物质循环与能量转换的特点,探索生物-土壤-环境之间的相互作用及其调控,建立人工复合生态系统的多种优化模式,为黄淮海平原的综合治理与开发,以及农林牧副渔业的协调发展提供科学依据,并作出可行性示范。近几年来,该站进行了土壤水肥盐循环与调控、生物物质循环、农田生态、混林农业、水生生态等亚系统和农业生态环境信息系统研究,在试验研究中,应用生态学原理、系统工程、计算技术、遥感技术和生物技术等方法 and 手段,使农业生态系统的各项研究工作达到了一定的规模,不仅在基础、应用基础理论方面取得了一些突破性进展,还开拓了一些新的研究领域,而且在应用高新技术方面有许多创新。本文仅就研究工作取得的成果及其水平分学科加以概述。

**土壤物理** 针对华北地区水资源时空分布不均的特点,开展了土壤水分平衡和节

\* 本文根据“黄淮海平原封丘试验区综合治理研究论文集”和“中国科学院封丘农业生态实验站基金课题论文集”等资料写成。

水农业的研究,应用经典统计学和地统计学方法和中子测试技术,进行雨养麦田水分平衡研究。结果表明:在不同水文年分地下水埋深 2--3.5 米、亩施 N 素 13 公斤和  $P(P_2O_5)$  素 7.5 公斤的高肥条件下,单位水量的小麦产量为 0.75—1.15 公斤/亩·毫米,充分显示了肥水交互调节的作用,增加肥料投入可提高黄淮海平原水分利用率。同时,根据小麦产量—水分关系及麦田水分动态,提出了获得小麦亩产 350 公斤的节水灌溉模型,可节省用水 18%。该项研究用土壤供水和蒸发量之比作出产量响应曲线是一个新的尝试,而应用地统计学指导田间试验、田间尺度和田间水量平衡分析等方面达到 80 年代国际同类研究先进水平。

**土壤化学** 土壤盐碱化仍是限制农业生产的主要因素之一,为此进行了区域土壤水盐动态监测和次生盐碱化预测预报与防治的研究,在国内首次建成具有国际先进水平的大型地下土壤水盐动态模拟实验室,采用传感器与微机联用,对土壤水分含量和土壤溶液盐分浓度变化进行数据自动采集和整理。观测试验表明,即使在土壤含盐量仅为 0.03—0.05% 的情况下,通过淡潜水蒸发,仍可使表土积盐量超过作物耐盐度而形成盐渍土。这一结论表明,在黄淮海平原地区,多数土壤仍存在盐渍化威胁。通过大型土柱水盐动态模拟实验和建立的 76 平方公里的井灌区、井渠结合灌区和渠灌区的监测资料及必要的参数测定,在分析三种类型灌区水盐动态特征的基础上,总结出土壤盐碱化原因,建立了次生盐碱化数学模型和较为完整的土壤次生盐碱化监测预报体系。同时,经多年低矿化碱性水井灌条件下土壤碱化特征的研究,提出根据 pH、总碱度、ESP(碱化度)、SAR(钠吸附比)四个碱化土壤指标,建立了碱化土壤分级模式;根据 pH、总碱度、RSC(残余碳酸钠)、SAR、SSP(可溶性钠百分数)五个指标,建立了低矿化碱性水分级模式。采用上述综合指标划分碱化土和碱性水,国内外均未见报道,具有推广应用价值。通过监测和试验,在精耕细作的条件下,重施有机肥料和以过磷酸钙为主的磷肥,可防治由低矿化碱性水灌溉引起的土壤次生碱化。

**土壤肥力** 黄淮海平原土壤有机质含量低,缺氮、少磷和某些微量元素,中低产田约占耕地的三分之二。在土壤养分的供应能力和化肥的经济施用研究中,应用微气象学质量平衡法结合  $^{15}N$  示踪技术,确定石灰性土壤氮素损失主要是氨的挥发,在当前条件下,稻田氮素损失可达 70%,小麦达 40% 左右,玉米约 30%,提出的改进的施肥方法和技术,可提高氮肥利用率 15—20%。磷素是当前土壤养分的限制因子之一,随着磷肥的连续施用,氮磷比例可大体稳定在 1:0.6 左右,磷肥的施用应是“冬重夏轻”和“旱重水轻”。提出了石灰性土壤无机磷的新的分级体系,其特点是将土壤中的磷酸钙盐分成为  $Ca_2$ -P 型、 $Ca_8$ -P 型和  $Ca_{10}$ -P 型三种类型,并用混合浸提剂提取磷酸铁盐。这三种磷酸钙盐的分离,将有助于对磷肥施入土壤后的形态转化和有效性的研究。

**综合自然地理** 在我国首次以流域为单元,进行天然文岩渠流域农业发展战略和综合治理实施研究,应用遥感技术、系统工程、计算技术等手段和方法,查清了流域范围内的水文、土壤、生物、气候等农业自然资源的数量和质量,分析了发展农业生产的限制因素和有利条件,提出了发展农业生产的五个战略目标和综合治理旱、涝、盐碱、风沙等自然灾害的总体方案。为其实施制定了全流域及邻区的农业发展和综合治理区划,提出了抓住调节水资源及合理利用土地资源进行农业生产结构调整两个关键环节,以及合理配置农、

林、牧、副、渔各业用地比例和分区治理的途径和措施,并对农村社会经济、人口的数量和质量进行了统计和预测。当前,战略正在实施,方案已被采用,措施在封丘县得到应用。实践证实了战略目标是正确的,治理方案是可行的,为解决一个小流域的农业自然资源时空合理配置、农业发展目标和实施作出了示范。

**遥感应用模型与方法** 应用光谱特性建立冬小麦氮磷元素丰缺与产量预报模型的研究,是在肥料试验设计的基础上,在国内首次采用低空遥感技术,探讨应用光谱特性建立冬小麦氮磷丰缺和估产的最佳模型。光谱波段的反射率和植被指数是重要因子,光谱是水、土、肥、气的综合效应指标,用 TM1—4 和 NIR 与 TM1—3 全部组合形式作为初始因子建模,在估产模型中增加氮磷二因子建模,选择出不同时期不同模型的合适光谱波段范围和植被指数,建立产量最佳预报模型,经实际验证,其估产模型精度较高,可以进行实际预报。

**农业生态** 为合理调整农业结构,研究不同土壤类型区农业结构模式及功能,根据土地资源特点、农业生产条件、农业结构特征及发展方向,将封丘县农业结构分成五大不同土壤类型区,即北部洼淤土粮棉高产区、中部两合土粮棉蔬菜高产区,西部盐城土粮棉中产区、南部背河洼地稻麦水产区和东南部沙土林粮花生低产区,分析了各区的特点、农业现状、问题及其功能,提出了农业结构调整方向及其模式,对提高土地利用率和农产品的商品率有重要意义。

应用生态学食物链原理,建立以沼气为纽带的农业有机废弃物综合利用循环模式,是开辟农村能源的新途径。建造 8 立方米干湿一体户用沼气池,年均产气率 0.26 立方米/立方米·天,可供应 5—6 人之家 10 个月以上的生活燃料和全年照明,既省煤省电,又可获得优质肥料 4700 公斤,还可利用沼渣栽培食用菌,养殖蚯蚓,或作肥料,可提高经济效益 8.5 倍。或直接利用有机物料栽培食用菌,菇渣作饲料,再种菇、养蚯蚓后作肥料,经多次利用,充分转化,亦可增加产出。

村级农业生态系统建设试验示范研究,选择封丘万亩试区内的小集村作为优化示范村,进行了农业生态系统结构和功能分析。全村现有土地面积 2428 亩,土地利用格局为八分耕地一分房,半分道路和晒场,还有半分沟渠和水塘。分析了种植、果林、养殖结构特征和物质循环结构特征,探讨了种植业中能量流动和养分循环等生态功能,同时进行了林业和畜禽养殖系统功能分析,结果表明,该村 7 年小麦单产增加 1.34 倍,棉花年递增率达 23.75%,人均收入增长 2.12 倍,林木覆盖率由 5% 提高到 15.8%,生态环境大为改善,经济、社会、生态效益相当显著,但生产潜力仍然很大。

**植物生态** 长期以来,黄淮海平原栽培景观比较单一,林业建设比较薄弱,为利用速生、珍贵树种,进行了实地栽培试验,项目有:(1)农区速生、珍贵树种栽培:树种为刺楸和毛红椿,在排水良好的地方生长较好,生长速度可与杨树相比拟,但木材质量更佳,对农业生产有利无害。(2)庭院绿化树种栽培:供试树种有七叶树、神农架望春玉兰、宝华玉兰,神农架腊梅、滇楸、鸡麻、重阳木、珙桐、锦熟黄杨、宽叶麦冬等,这些植物大多是我国特有的珍稀濒危植物,有些被列为国家重点保护植物,过去很少正式栽培,该试验具有植物迁移保护作用,通过观察确定其对生态环境的适应能力。(3)珍贵树种育苗:这是为选择更多更好的造林树种进行的栽培技术试验,主要培育的树种是洞庭皇银杏、文冠果、光

皮树、鄂风杨、川栋、黄山栎、南酸枣等,目前大多长势良好。上述试验是当前混林农业、生态农业的重要组成部分,一旦试验结果满意,大力推广应用,必将丰富农业区域生物多样性,改善生态环境,促进平原地区林业的发展。

农田生态系统是一个人工生态系统,它具有强烈的开放性和对环境的依赖性。为探讨不同间作结构的产量与生理生态条件的关系,研究了玉米、大豆不同间作结构与叶面系数动态变化、干物重动态变化、生理辐射日变化、风速变化、不同行序气温与植株体温日变化、品种密度、不同行比产量比较等生理生态因素,明确同等条件下,玉米、大豆间作增产的原因是“边行效益”。测试结果表明,间作条件下行间的辐射强度和风速大于平作,延长了光照时间,能调节行间生境,间作叶面积系数高于平作,而且边行温差比内行大,有利于光合产物的运转和积累。但不同行比增产的幅度以4:6的产量最高。

**森林生态** 农林复合生态系统能量转移的研究是在封丘万亩试区进行的,该试验区主要是路、林、沟、渠、井、方田的农业生态工程形式,林带栽植在8—10米宽的道路两旁,林带东西间距800—1200米,南北间距500—600米,树龄为6年的南方杨树组成,林木覆盖率15%左右。实践表明,这种林带结构在北方平原地区较为合理。林带对农作物光照、光辐射的影响与林带走向、林带高度及季节有关,林网中作物平均纯产量的光能利用率为0.8%左右,总生物量的光能利用率约2.5%,林木的光能利用率为2.6—3.3%,林带每年的净增材积量1.6—2.4立方米。林网对调节农田小气候有明显的的作用,林带对冬小麦和玉米产量的影响仅限于树高1—2倍的范围内,面积约4%,减产16—24%,而不受林带影响的96%的面积,则可增产1.4—43.5%。

对豫北平原果粮间作、桐粮间作、农田林网三种典型的混林农业系统的生物量和生产力与单一(纯)农田系统进行比较研究,其结果是:系统生物量:果粮间作>桐粮间作>农田林网>纯农田系统;系统生物生产力:桐粮间作>农田林网>纯农田系统>果粮间作;系统经济生产力:果粮间作>桐粮间作>农田林网>纯农田系统;系统生物归还量:桐粮间作>农田林网>纯农田系统>果粮间作。

**水域生态** 开展了豫北平原不同类型水体的营养状况评价,典型水体的理化特性和水生大型植物区系及优势种类现存量与生产力的调查研究,进行了浮游生物原位试验和鱼类摄食节律等方面的工作。同时应用渔业生态学原理和生物生产力的理论,研究了盐碱洼涝池塘和湖泊渔业发展条件,提出了适合当地气候条件和水域环境特点的池塘和湖泊渔业增产技术,缩短了食用鱼养殖的生产周期,使池塘鱼产增加4倍,湖泊鱼产提高6倍,投入产出比三年平均为1:2.09,最高年达1:3.57。

**计算机施肥和农业信息系统** 黄淮海平原主要作物施肥模型和施肥推荐系统研究,采用氮磷两个因子、四水平正交回归设计取得小麦和玉米田间试验结果,用平方根数学模型和计算机程序处理进行分析,提出封丘全县小麦和玉米氮、磷最佳用量、配比方法、模式及经济效益指标,建立了产量—肥料效应模型和以边际报酬率计算推荐施肥量的方法,同时提出了土壤培肥的有效技术措施。该研究结合国情采用低档微机开展推荐施肥,同时建立了一套不受农业地区限制,适合省、市、县和基层开展的推荐施肥功能较强的软件系统。

针对我国当前农村条件和发展需要,进行县级农业信息系统的建立与应用的研究,建

立了一个适合县、市级应用,以提高作物产量,促进农业技术推广和研究为目的“县级农业信息系统”,它使农业技术管理和农业技术推广与研究联成一体,为更好地指导大面积生产提供了有力而且可行的方法和手段。系统内容涉及土壤、土壤肥力与施肥、气象、农田小气候、作物品种以及农业经济等信息,包括有自动制图,农田小气候和土壤数据自动采集、数字通讯、图形屏幕编辑、农业数据统计分析、以及经济施肥咨询六个子系统。该项目还创制了一些新设备,如以太阳能作能源的64通道的多用途农田小气候和土壤自动采集仪、微型节电数据存储盒等。

## PROGRESS IN THE STUDY ON AGRO-ECOSYSTEM OF HUANG-HUAI-HAI PLAIN

Liu Wenzheng, Fu Jiping and Qin Shengwu

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008*)

### Summary

This paper deals with the project of ecoagriculture in the Huang-Huai-Hai Plain, which is a comprehensive study on structures and functions of the agroecosystem as well as characteristics of the various subsystems, and energy conversion in the various subsystems, with a view to exploring interactions among biome, soils and environment and their regulation, and to establishing various optimal artificial compound ecosystems.

In recent years, the project has made much headway with many of its research findings reaching the advanced world level and numerous creative ideas in application of new techniques.

**Key words** Agro-ecosystem, Headway, Level