

中国农业资源与环境可持续发展战略研究

李文华¹, 成升魁¹, 梅旭荣², 刘某承¹, 洪传春³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国农业科学院, 北京 100081;
3. 东北大学工商管理学院, 沈阳 110004)

摘要: 农业资源与生态环境是保障粮食安全的基础, 当前, 中国农业资源与生态环境主要面临三方面的问题: 第一, 由于播种面积减少、耕地质量下降和空间格局变化造成我国耕地资源对粮食生产的后续支撑能力不足; 第二, “水减粮增”矛盾突出和“北粮南运”难以为继; 第三, 农业生态环境恶化、农业生态系统服务功能难以充分发挥。为解决这些问题, 需要实施现代高效生态农业战略、粮食生产区再平衡战略和贸易替代战略。基于此提出了相应的政策建议。

关键词: 耕地资源; 水资源; 农业生态环境; 生态系统服务功能; 生态补偿

中图分类号: F205 **文献标识码:** A

Study on Strategies for the Sustainable Development of China's Agricultural Resources and Environment

Li Wenhua¹, Cheng Shengkui¹, Mei Xurong², Liu Moucheng¹, Hong Chuanchun³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China.
2. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: Food security is based on the agricultural resources and environment. At present, China's agricultural resources and environment have been faced with three problems. First, due to the shrinking of sown areas and the quality reduction and spatial pattern changes of cultivated land, China's cultivated land resource cannot provide sustainable support for its food production. Second, the contradiction between “the increasing grain demand and the decreasing water resource” has become obvious and the “north-to-south grain transfer” has been increasingly difficult. Third, the agricultural eco-environment has deteriorated and the service function of the agricultural ecosystem cannot be brought into full play. To solve these problems, we should implement the efficient modern ecological agriculture strategy, rebalancing strategy in the grain production area and the trade substitution strategy. Based on these strategies, relevant policy suggestions are also put forward.

Key words: cultivated land resource; water resource; agricultural resource and eco-environment; ecosystem services; eco-compensation

一、前言

我国幅员辽阔, 地区间自然条件和水土资源差

异很大。南方水多地少, 自然条件相对优越; 北方水少地多, 自然条件相对较差; 东部人多地少, 自然条件优越; 西部人少地多, 生态环境脆弱。目前

收稿日期: 2016-01-04; 修回日期: 2016-01-08

作者简介: 李文华, 中国科学院地理科学与资源研究所, 研究员, 中国工程院院士, 主要研究方向为生态学; E-mail: liwh@igsnrr.ac.cn

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“国家食品安全可持续发展战略研究”(2013-ZD-7)

本刊网址: www.enginsci.cn

区域水土资源条件与已经形成的农业生产布局存在不匹配的现象,如粮食流向格局由历史上的“南粮北运”逆转为“北粮南运”,导致了北方地区水资源的过度利用,我国区域水资源承载力不平衡状况加剧。随着经济的发展和人民生活水平的提高,对于主要农产品的需求仍将不断增加。同时,在城镇化逐渐加快的背景下,我国居民的膳食结构发生了较大的变化,对粮食的消费相对减少,对瓜果、肉类的消费增加,这进一步加大了农业生产对水土资源以及生态环境的压力。

从以自给自足为主要特征的传统农业发展到建立在高科技基础上的现代农业,一方面,土地实现了集约化利用,农业生产效率提高;另一方面,农业生产给生态和环境造成了巨大的压力^[1]。在此背景下,人们开始对农业发展的政策、模式和技术进行反思,认识到农业发展不仅是提高产量,更要改善产品品质、保障食物安全和充分发挥农业生态系统的多种服务功能^[2]。

本文主要从耕地资源、水资源以及农业生态环境三个角度,通过食物生产对水土资源的利用状况及其所产生的水土生态环境效应的分析,探讨农业资源变化对食物安全的影响,提出促进农业资源与环境可持续发展的政策建议。

二、农业资源与生态环境面临的问题分析

(一) 耕地资源尚能保障谷物安全,但其后续支撑能力不足

根据笔者测算,我国在保障口粮绝对安全和谷物基本自给的目标时,需要播种面积达到 $1.067 \times$

10^8 hm^2 。按照耕地复种指数为120%保守计算,则需 $8.667 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 耕地。根据第二次全国土地调查结果,我国基本农田有 $1.0405 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 。因此,在现有农业生产条件下完全可以保障我国谷物基本自给和口粮的绝对安全。尽管如此,我们也要看到,由于耕地数量、质量以及其时空变化对我国食物安全带来的不利影响。

1. 耕地和播种面积有减少趋势

根据第二次全国土地调查数据,截至2009年年底我国的耕地资源为 $1.35385 \times 10^8 \text{ hm}^2$,此后则呈持续下降趋势,2012年为 $1.351585 \times 10^8 \text{ hm}^2$,三年减少了 $2.261 \times 10^5 \text{ hm}^2$,2013年全国净减少耕地面积 $8.02 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。随着新型城镇化政策的实施,以及未来五年要解决的“三个一亿人”等城镇化问题,耕地流失的局面几乎不可逆转,而后备耕地资源不足也使得耕地总量增长受限,耕地数量减少将直接造成粮食产量的降低。与此同时,在人口持续增长的压力下,我国人均耕地面积也在不断减少,已由1952年年初的 0.188 hm^2 减少到2013年的 0.099 hm^2 ,已不足全球平均水平的一半。我国粮食的播种面积也在呈下降趋势,由1978年的 $1.20587 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 下降到2014年的 $1.12723 \times 10^8 \text{ hm}^2$,占农作物播种面积的比重由80.3%下降到68.1%。

2. 耕地质量状况不容乐观

根据《中国耕地质量等级调查与评定》(2009年)标准,我国耕地以三至六等地为主,接近全国耕地总量的60%(见图1)。从空间分布情况来看,东北区、黄淮海区、长江中下游区和西南地区是我国耕地资源的主要分布区,占全国耕地总面积的71.28%,其中一至三等的优质耕地占31%,三至

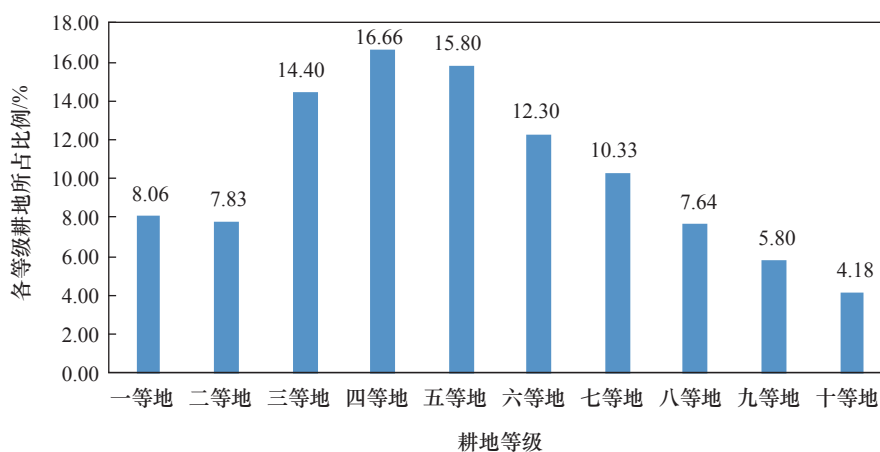


图1 全国耕地质量等级比例分布图

七等的中等质量耕地占 58 %。整体来看,我国优等土地比例小,生产力提升难度大,而中等地、尤其是差等地在目前的技术水平下,生产力提升空间也非常有限。

此外,在自然与人为因素的影响下,我国耕地质量有下降趋势。第一,受干旱、洪涝、沙化、盐渍化等自然灾害和退化的威胁,由于不合理的开发利用方式(与自然因素共同作用)所造成的土地资源退化面积高达 $5.392 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国土地总面积的 56.2 %。第二,大量耕地土壤污染情况严重,粮食生产受到影响。我国每年因重金属污染的粮食达 $1.2 \times 10^7 \text{ t}$, 占我国粮食生产总量的 2.3 %。第三,占优补劣行为加剧了优质耕地资源的流失。目前,全国位于 25° 以上陡坡的耕地达 $4.314 \times 10^6 \text{ hm}^2$; 而位于东北和西北地区的林区、草原以及处于江河湖泊最高水位控制线范围内的耕地则达 $5.649 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。这些本应属于生态用地的耕地中有相当一部分可能是为完成耕地占补平衡而形成的。

3. 耕地资源空间格局变化对食品安全造成不利影响

广大的中西部地区分布着我国 70 % 的耕地资源,水热条件良好的东部地区只分布着 30 % 的耕地资源。改革开放以来,我国东部地区耕地所占比重还有所下降,我国耕地重心移动方向表现为“北进中移”的态势^[3]。在空间上表现为东部沿海地区、长江沿岸、黄土高原,以及从东北到西南大致沿第二级阶梯山地一线地区的耕地减少最为明显,而东北平原、黄淮海平原,以及内蒙古河套平原等传统产粮区耕地面积呈现增加态势。我国南方水资源丰富而北方地区水资源匮乏,耕地资源重心的北进中

移,使我国粮食生产的重心随之变化。这种格局变化是以过量消耗北方地表水和地下水资源为代价的。长此以往,将加剧北方地区水土匹配的矛盾,北方粮食生产的安全性下降,使我国粮食安全的可持续性受到巨大威胁。

(二)“水减粮增”矛盾突出,“北粮南运”难以继

1. 农业用水量减少、水减粮增矛盾突出

1949年后,全国农业用水总量快速增长,到1990年达到最高值 $4.367 \times 10^{11} \text{ m}^3$; 以后农业用水量则缓慢下降,直至2003年降到最低值 $3.433 \times 10^{11} \text{ m}^3$; 近年来,农业用水量则徘徊在 $3.8 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 左右。农业用水比例由1949年的 97.1 % 下降到2014年的 63.5 %, 总体呈下降趋势。然而,全国用水总量持续上升,工业和生活用水及其比例也呈上升趋势(见图2)。

随着我国城镇化、工业化进程的加快,农业用水必将被挤占,导致农业用水只能是“零”增长,甚至呈现“负”增长态势。而由于人口的增加,对粮食及其食物的需求将继续增长。由于农业结构的调整和农业水权的转变,灌溉粮田面积趋于减少。因此,“水减粮增”的矛盾将越来越突出。

2. 农业生产与水资源分布错位,“北粮南运”难以继

我国是世界上淡水资源严重紧缺的国家之一,缺水近 $3.6 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 其中农业缺水 $3 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ^[4]。我国水资源分布是南方多而北方少,南方区拥有的水资源量占全国的 82.78 %。耕地资源则相反,南北地区分别占 35.2 % 和 64.8 %。

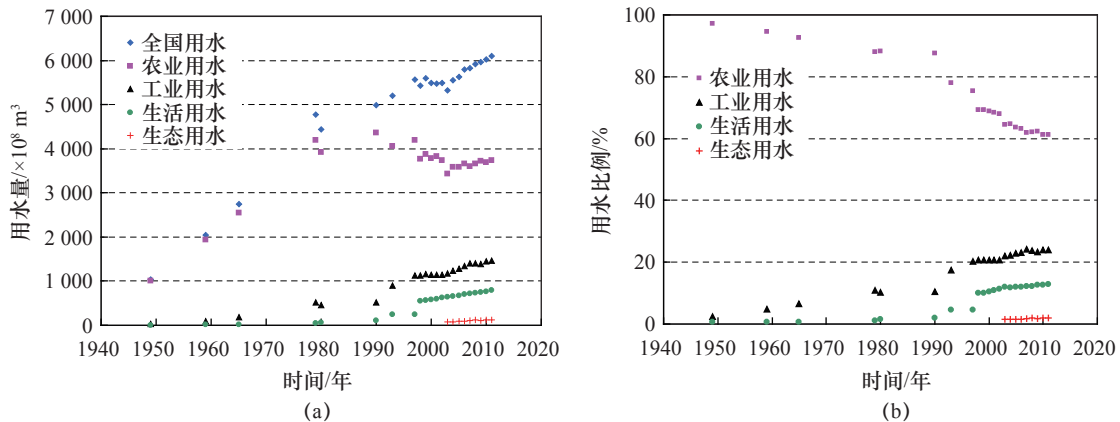


图2 我国行业部门用水量及其比例变化

历史上南方区生产的粮食远比北方区多,形成“南粮北运”的格局。自1990年以来,“南粮北运”格局发生重大改变,形成“北粮南运”的新格局。1990—2008年,从北方区调入南方区的粮食总量年平均为 2.689×10^7 t,约占北方区历年粮食产量均值的12%^[5]。南方区粮食产量减少,主要是粮食播种面积减少,尤其是水稻主产区大面积双季稻改种单季稻。1998—2006年,我国双季稻区至少有 1.733×10^6 hm²的双季稻改为单季稻^[6]。2011年,湖南省共有 7.333×10^5 hm²一季稻,其中 3.333×10^5 hm²属于传统双季稻区。

粮食生产需要消耗大量的水,“北粮南运”相当于由北方缺水的地区向水资源丰富的南方输送水。自1990年以来,随“北粮南运”调到南方的水量呈现持续增加态势,2011年达到 7.528×10^{10} m³^[7],相当于“南水北调”东线、中线调水总量(2.78×10^{10} m³)的2.7倍。这说明我国北方粮食生产与水资源的分布严重错位,这种错位将进一步加剧北方区的水资源压力,使缺水的北方更缺水,北方一些地区不得不开采地下水进行灌溉。这又会导致其地下水漏斗大面积出现,严重影响到未来农业的发展。因此,从水资源的角度来看,“北粮南运”难以为继。

(三) 农业内源性环境问题突出,防治难度较大

农业面源污染已成为破坏我国农业生态环境的首要因素,农业化学物质的投入和畜禽水产养殖是造成农业面源污染的最重要来源,已直接威胁到我国的食物生产安全。

1. 农用化肥施用强度持续增长,化肥利用率较低

当前,我国已成为世界第一大化肥生产与消费国,以约占世界8%的耕地面积消费了约35%的世界化肥消费总量。按照单位农作物播种面积计算,我国农业化肥施用强度已由1990年的 174.6 kg·hm⁻²增加到2014年的 362.41 kg·hm⁻²。我国农用化肥施用结构趋于合理,而养分结构的科学化理应伴随着施用量的减少,可现实是农用化肥施用量未减反增。究其原因,是我国农民化肥施用习惯仍是粗放式的,这导致技术进步未能发挥其应有的作用。这种过量施肥及偏施肥的结果使化肥利用率低下,目前我国的磷肥利用率仅为10%~25%,氮肥利用率也只有30%左右^[8];玉米、小麦和水稻的化肥利用率仅在26%~37%^[9],远低于发达国

家60%~80%的水平。低的利用率则意味着高的流失率,我国每年都有大量的化肥随地表径流和淋溶等途径损失掉,这又破坏了流域水环境并造成农业生态系统的失衡。

2. 农药施用量持续增加,农业环境风险较大

我国是农药生产和使用大国,使用量居世界首位^[10],由于有害生物的抗药性不断增加,加之农民施药的粗放性,导致农药使用量继续加大,农药施用总量从20世纪50年代初的几乎为零增加到2013年的 1.802×10^6 t。2001—2012年,我国农药中杀虫剂、杀菌剂和除草剂增幅分别达到97.3%、114.9%和1094.2%,2012年的产量分别为 8.13×10^5 t、 1.44×10^5 t和 1.65×10^6 t。在所有种类的农药中,高毒农药带来的环境风险依然很大。目前我国的高毒农药的比例虽有所下降,但仍然占有相当大的比例,主要为杀虫剂和杀菌剂,占总量的36.74%(2012年)。另一方面,我国已累计施用滴滴涕和六六六分别达 4×10^5 t和 4.9×10^6 t,约占全球同期产量的20%和33%^[11],这些农药残留物不易分解,因此对我们的生产和生活仍产生着持续的负面影响。

3. 畜禽水产养殖环境管理水平较低

近年来,我国畜禽养殖发展迅速,已成为世界上最大的肉、蛋生产国。我国肉、蛋、奶的年产量由1996年的 4.584×10^7 t、 $1.965 2 \times 10^7$ t和 7.358×10^6 t分别上升到2014年的 $8.706 7 \times 10^7$ t、 $2.893 9 \times 10^7$ t和 $3.841 2 \times 10^7$ t。然而,与行业快速发展不相称的是,我国集约化养殖水平并不高。目前以小规模集约化畜禽养殖场占绝对主导地位,养殖场环境管理水平不高,配套设施不完善,加之种植业与养殖业脱节,导致大量畜禽粪便未经处理便直接排入环境中。第一次全国污染源普查资料显示,我国畜禽养殖业化学需氧量(COD)排放量约占农业源化学需氧量排放量的96%,是农业污染的最大行业。调查显示,很多养殖场周边的土地已无法消纳畜禽养殖所产生的沼液、沼渣和粪肥^[12]。我国水产品需求同样增长迅速,年产量由1978年的 4.654×10^6 t增长到2014年的 6.462×10^7 t。当前,淡水产品的80%以上、海水产品的50%以上为人工养殖产品。我国水产养殖多为粗放式的,随着其快速发展,水产养殖中大量饵料和渔药的投放造成养殖区及其周边水体环境富营养化,严重污染了农业水环境。

(四) 农业生态问题依然严峻，潜在威胁堪忧

1. 农业生态超载，抑制其生态功能的发挥

农业生态系统是世界上最重要的生态系统之一。作为一类特殊的人工-自然复合生态系统，它不仅具有产品生产功能，而且具有旅游服务、环境服务、文化教育以及美学等功能。由于经济发展和对农业生态系统的不合理利用，导致其生态超载，限制了其生态系统服务功能的发挥。

生态足迹方法通过对生态赤字的研究，揭示区域生态的承载力状况。从中国 1949—2008 年共 60 年的生态足迹（农业资源消费）来看，新中国成立以来，人均生态足迹和生物承载力呈现出相反的变化趋势^[13]（见图 3）。整体来看，新中国成立初到 20 世纪 90 年代中期为生态盈余期；从 1996 年起，由于改革开放以来中国经济的高速增长对农业自然生态系统的占用，整体上处于生态赤字期，2008 年人均生态赤字达到了 $0.31 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ 。

导致生态赤字增加的主要根源在于人口的迅速增长和消费水平的快速提高。生态足迹和生物承载力构成的变化反映了生态空间利用和供给结构的转变，它们是中国经济生产和消费结构变化的结果。在基本粮食需求得到保证之后，人们对动物性食品的需求不断上升，使得以畜牧和水产品的人均生态足迹增长最为明显。值得一提的是，随着经济的发展，人们对农业资源的占用已经超过其自身向人类提供资源的最大限度，由于人类不合理的生产劳动，农业生态系统可能会产生栖息地丧失、养分流失、水源污染、土壤污染、物种丧失等问题。应该全面认识、正确评估农业的生产功能，有效发挥其最大

的生产功能。

2. 水土流失和荒漠化问题依然严重

21 世纪初，我国进行了第三次全国土壤侵蚀遥感普查，在此基础上，由水利部、中国科学院和中国工程院联合组织开展了水土流失与生态安全综合科考活动，历时三年，较为准确地摸清了全国土壤侵蚀的现状。我国 2000 年土壤侵蚀的总面积为 $3.569 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，占国土总面积的 37.6%。与 20 世纪 80 年代中期的侵蚀调查结果相比，全国水土流失总面积减少了 2.8%。严重的水土流失不仅导致流失区的土壤退化、泥沙下泄、江河湖库淤塞、沙尘暴危害加剧，使当地生态环境恶化，而且还对下游地区带来危害：①造成土地严重退化和耕地毁坏，制约农业生产，威胁国家粮食安全；②加剧自然灾害的发生；③加重面源污染，影响到粮食安全^[14]。

另一方面，我国也存在着较为严重的荒漠化与沙化问题。第四次全国荒漠化和沙化监测结果表明，截至 2009 年年底，全国荒漠化和沙化土地面积为 $2.624 \times 10^6 \text{ km}^2$ 和 $1.731 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，分别占国土总面积的 27.33% 和 18.03%，其中新疆、内蒙古、西藏、青海、甘肃 5 省（自治区）是荒漠化和沙化的主要分布区，占全国荒漠化和沙化土地总面积的 95.48% 和 93.69%。荒漠化和沙化影响了农业的生态环境和粮食生产，严重阻碍了农业经济的发展，也加深了沙区人民的贫困程度，扩大了地区间的差距。

3. 农业生物多样性退化、农产品品种单一化与外来物种威胁问题严重

随着人口的增加和科学技术的发展，一些研究实验中心培育的许多高产品种几乎取代了与野生亲

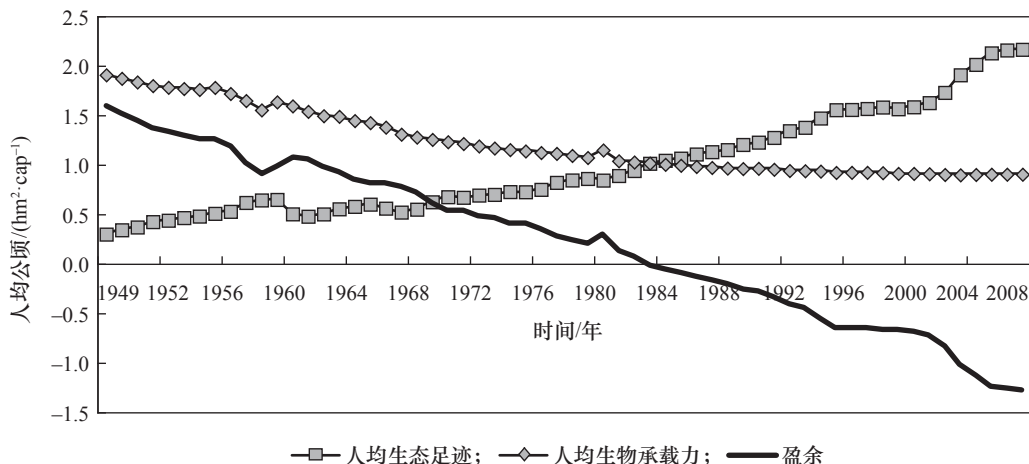


图 3 我国 1949—2008 年人均生态足迹和生物承载力（农业资源消费）变化

缘种共存的地方品种,使它们陷入灭绝的状态。在缺乏综合发展的情况下,造成农业景观千篇一律,品种单调,虽然在短期内产量明显增加,但是它们的产量建立在水肥条件充分和现代化的管理水平上,一旦条件不能满足就会走向退化,加上与本地品种及其野生亲缘种缺乏基因流动,它们的遗传特性愈趋一致,这就很容易受到流行性病虫害的侵袭。这种完全依靠昂贵的生产资料又不能持久高产和安全生产的经营方式,严重危害生物的生存和发展。特别值得指出的是,农业耕作制度本身,包括农、林、牧、副、渔业和混林农业或混农林业等,具有自己独特的生物多样性特点,它们是整个生物多样性的重要组成部分,千万不能忽略。当前,我们有许多好的农业传统没有得到继承,大量优良的农业品种丧失殆尽。此外,生物入侵正成为威胁当地生物多样性的重要因素之一。目前我国的大多数省、直辖市、自治区及特别行政区都发现有外来物种,在除了青藏高原的极少数保护区外的区域都能找到外来杂草。

三、农业资源与环境可持续发展的战略选择

(一) 建立现代高效生态农业战略

现代高效生态农业是依据“整体、协调、循环、再生”的原理,从生态经济系统结构优化入手,将农业生产、经济发展、环境保护和资源高效利用融为一体的综合农业生产体系。“高效”是其出发点和落脚点,它包括了高效益和高效率两方面的含义,如实现高的投入产出率、高的能源资源利用率和高的土地产出率等。同时,通过现代的经营方式和管理手段,促进现代科技的发展与推广。现代高效生态农业以建设和维护优良生态环境为基础,以生产安全高质的产品和保障人的健康为核心,以产品的标准化为手段,达到高效的产出,从而实现生态效益、经济效益和社会效益相互促进的农业生产新模式。

(二) 粮食生产区域再平衡战略

实施食物生产区域再平衡战略,形成“南扩、北稳、西平衡”的均衡生产新格局,逐步压缩“北粮南运”的规模,避免二次浪费和污染。“南扩”是指南方省区或东部省区播种面积扩大和复种指数提升战略,通过制定强农惠农政策和专项财政政策,

支持农户扩大播种面积,提高粮田复种指数。同时,在稳定水稻生产的基础上,有计划地发展加工用粮和饲料用粮,逐步压缩“北粮南运”规模。“北稳”是指稳定北方现有播种面积和复种指数,确保我国粮食主产区的地位。稳定北方现有粮食生产规模,防止地下水位持续下降,保障北方地区耕地资源的可持续利用。“西平衡”是指保持西部地区粮食播种面积的动态平衡。科学布局和规划以中西部旱作玉米为主的能量饲料生产,适度扩大马铃薯等种植规模,减少冬小麦、春小麦等夏收作物的种植规模,即“压夏扩秋”,平衡生产,保持粮食播种面积的动态平衡,保障粮食自给。

(三) 替代战略

替代战略包括贸易替代战略和非常规水土资源替代战略。替代战略指在立足国内保证粮食安全的基础上,适当进口部分农产品,以替代国内高耗水土的农产品,形成国际贸易增加虚拟水和虚拟土地资源的替代措施,在一定程度上缓解我国水土资源的需求压力。非常规水土资源替代战略指开发利用污水、微咸水等非常规水的替代措施,增加农业用水的可供水量,同时实施“绿水替代”。此外,充分利用我国草地、水域和林地等非常规的耕地资源,建立“种养结合、以养促种、农林牧渔共赢”的多元化食物生产体系,从而保障我国食物安全和耕地资源的可持续利用。

四、农业资源与环境可持续发展的政策建议

(一) 建立农业生态补偿机制

农田生态系统不仅具有食物供给的功能,还具有许多其他的生态服务功能。与普通耕作模式的农田相比,采用生态耕作模式的农田能够提供更高的生态系统服务价值。例如,采用稻鱼共生系统的农田在营养保持、固碳释氧、水量调节、病虫害防治以及旅游服务供给等方面的外部正效益达 $2\ 754\ \text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$;与此同时该系统因降低了甲烷排放和农药、化肥的使用量,使其外部负效益损失减少了 $4\ 693\ \text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[15]。由于在市场中外部效益无法自动地实现内部化,因而生态农业耕作方式的综合效益被严重低估,这也使得农户无法受到激励而采取有利于生态环境保护的生产方式。相反的,为了单

纯地追求粮食产量而大量施用化肥和农药，造成生态破坏、环境污染和食品安全问题。因此，需要大力发展多功能生态农业，加快建立生态系统服务购买或生态补偿机制，包括：“北粮南运”的水资源向南方转移的区域补偿机制，粮食主销区对主产区的补贴制度，与测土配方挂钩的化肥梯度价格制度，粮食安全责任与粮食安全成本挂钩的农业补贴机制等。

（二）重构农业技术推广体系并发挥其在农业生态环境保护中的作用

自20世纪80年代末以来，在政府鼓励农业技术单位进行创收的激励机制下，基层农业技术单位的技术推广工作日益走向副业化，这逐渐导致了曾是世界上最大且最有效率的中国农业技术推广体系逐渐走向崩溃的边缘。目前，许多乡镇的农业技术推广站已经名存实亡，这导致了农民培训工作的缺乏、农业技术推广设备和推广方法落后以及推广的技术与农民的技术需求不相符合等一系列问题。农业科技具有公共产品的特性，这就决定了政府需承担起农业科研和技术推广的主体责任。然而，我国农业技术推广体系事实上已经难以承担起农业技术推广的重任，很难满足农户对新技术和适用技术的需求。重构农业技术推广体系已成为促进农业生产发展和农业生态环境保护的当务之急，其重构工作主要从三方面展开：一是加快基层农技网络的恢复与建设；二是增加农业技术推广投资；三是以农技推广机构为基础，加强对农民及基层农药经销商的培训，加强农用化学品的管理。

（三）积极进口国外农产品，缓解我国耕地与水资源压力

要继续保持一定规模的大豆进口。相比玉米等作物，我国大豆单产远低于进口来源国，因此若减少大豆进口量，我国必须耗费更多的耕地和水资源来生产大豆，这会造成其他作物（玉米等）的自给率显著下降，从而使我国食物安全面临更严峻的挑战。同时，对于进口量大的品种（大豆），要保持合理的生产能力和库存，以防范自然灾害、市场变化及其他可能事件带来的风险。为降低集约化农业生产对大豆主产区农业生态环境的负面影响，应采取相应的政策措施鼓励农户进行玉米、水稻和大豆

的轮作、间作。此外，要有步骤、有计划地实施国外耕地资源的开发利用战略。在农业直接投资方面，应向流通、加工等环节延伸，以减少物流成本；应尽可能通过直接投资和订单农业的方式而不是购买资源（如土地）的形式参与农业投资，以便更好地获得信贷和市场，

（四）设立农业资源红线，建立与之相匹配的种植制度

首先，鉴于农业用水总量减少而粮食需求却不断增加的“水减粮增”的矛盾，需要设立农业用水总量红线。设立的红线为农业灌溉用水总量不能低于 $3.6 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，灌溉水利用率达到65%，主要粮食作物（小麦、玉米）水分生产力周年达到 $1.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。其次，要因地制宜地在各地区建立相应的种植制度，南方地区要提高农地复种指数；西北半干旱区建立“压夏扩秋”种植模式；华北地区努力向两年三熟制或一年一熟制转变。最后，要立法划定我国永久基本农田和永久基本粮田。一是制订永久基本农田划定指导准则，建立划分的指标体系，规范永久基本农田划分标准；二是制定法规制度，保护划定永久基本农田的范围，严格限制基本农田用途转变，保障耕地资源规模；三是制订提高和保持永久基本农田和基本粮田生产能力的政策措施和监督机制，为保持永久基本农田的生产能力保驾护航。

（五）大力推进农业科技创新

在加强抗性品种的选育、低毒无害农药以及科学施药技术研发和抗旱节水的科技创新力度的同时，要特别注重挖掘和推广基于种间关系的种植和养殖模式。我国劳动人民在长期的农业生产实践中探索出了丰富的耕种类型，如轮作、间作和多种多样的农林复合经营模式。通过调整种间生态关系和整合系统结构功能，从而实现有效控制农田病虫害、增加作物抗倒性和减少农药、化肥的使用等功能。这些宝贵的经验都需要深入研究并加以挖掘和提高。同时，随着现代生态和生物技术的发展，通过对生态系统的食物链和食物网、植物他感作用、生物捕食与共生关系等的认识和提高，构建并推广新的基于物种间生态关系的生态种植和养殖技术模式。

(六) 实施相关的工程措施

首先, 实施相关的区域工程措施^[14]。一是在生态脆弱区实施“生态-经济-社会”协同整治工程, 从根本上解决该类区域生态经济社会恶性循环综合症的问题; 二是在生态资源丰富区实施生态产业与极品开发工程, 以促进地方农业和区域经济的发展; 三是在粮食主产区实施循环农业工程, 通过农林复合等生态模式改善区域的生态环境; 四是在沿海与现代都市农业区实施农业多功能拓展工程, 发展高科技的农业园区和高标准的农业产业, 实现城乡一体化协调发展。其次, 实施相关的专项工程。一是实施农牧废弃物资源化综合开发与高效利用工程; 二是实施病虫害综合防治与生态产业金字塔工程, 按照“无公害食品-绿色食品-有机食品”三个层次, 梯度推进, 逐步提高我国农产品的品质; 三是实施绿色生产资料替代工程; 四是实施可再生能源高效开发与综合利用工程。

五、结语

我国的粮食与食物安全必须立足自身, 因此, 良好的农业资源配置与农业生态环境就显得至关重要。通过对我国耕地资源、水资源的数量、质量和空间分布的分析, 揭示其在保障我国粮食与食物安全的能力上存在的问题。同时, 对我国农业生态环境所面临的内源性问题进行深入剖析, 揭示其全面发挥生态系统服务功能的条件及面临的问题。我们认为, 为保持农业资源与环境对粮食和食物安全的可持续支撑能力, 需要高度重视现代高效生态农业发展战略建设, 重视农业生态系统的生态服务功能的发挥。另一方面, 要建立科学的耕地和水资源利用制度, 保持全国范围内资源配置和利用的均衡。同时, 要适当地利用两个市场、两种资源, 实施相关的贸易替代战略和非常规水土资源替代战略。通过这些战略举措, 可有效地实现我国农业资源与生态环境的可持续发展, 从而为我国粮食与食物安全提供可靠的保障。

参考文献

[1] 李文华. 生态农业——中国可持续农业的理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

- Li W H. Ecological Agriculture—Theory and Practice of Sustainable Agriculture in China [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [2] Li W H, Liu M C, Min Q W. China's ecological agriculture: Progress and perspectives [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2011, 2(1): 1-7.
- [3] 刘彦随, 王介勇, 郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(12): 4269-4274.
- Liu Y S, Wang J Y, Guo L Y. The spatial-temporal changes of grain production and arable land in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(12): 4269-4274.
- [4] 刘江. 中国可持续发展战略研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- Liu J. Strategy of Sustainable Development in China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001.
- [5] 吴普特, 赵西宁, 操信春, 等. 中国“农业南水北调虚拟工程”现状及思考[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(6): 2-6.
- Wu P T, Zhao X N, Cao X C, et al. China “Agricultural NORTH virtual project” situation and thinking [J]. *Agricultural Engineering*, 2010, 26(6): 2-6.
- [6] 辛良杰, 李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 58-64.
- Xin L J, Li X B. Multiple cropping in double cropping rice area of Southern China and its policy implications [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 58-64.
- [7] 吴普特, 王玉宝, 赵西宁. 2011中国粮食生产水足迹与区域虚拟水流动报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- Wu P T, Wang Y B, Zhao X N. 2011 China's Grain Production Area Footprint and Virtual Water Water Flow Report [M]. Beijing: China Water&Power Press, 2013.
- [8] 赵志坚, 胡小娟, 彭翠婷, 等. 湖南省化肥投入与粮食产出变化对环境成本的影响分析[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(12): 2007-2012.
- Zhao Z J, Hu X J, Peng C T, et al. The effect of fertilizer usage on grain output and environmental cost: an empirical study in Hunan province [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 21(12): 2007-2012.
- [9] 李静, 李晶瑜. 中国粮食生产的化肥利用效率及决定因素研究[J]. *农业现代化研究*, 2011, 32(05): 565-568.
- Li J, Li J Y. Fertilizer using efficiency of China's grain production and its determining factors [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2011, 32(05): 565-568.
- [10] 瞿哈屹, 张吟, 彭亚拉. 农业源头污染对我国农产品质量安全的影响[J]. *食品科学*, 2012, 17: 331-335.
- Qu H Y, Zhang Y, Peng Y L. Influence of agricultural non-point source pollution on the quality and safety of agricultural products [J]. *Food Science*, 2012, 17: 331-335.
- [11] 林建新. 我国土壤中残留有机氯农药的研究[J]. *价值工程*, 2010, 27: 225.
- Lin J X. Progresses om organochlorine pesticide residue analysis for soil samples [J]. *Value Engineering*, 2010, 27: 225.
- [12] 金书秦, 沈贵银. 中国农业面源污染的困境摆脱与绿色转型[J]. *改革*, 2013, 05: 79-87.
- Jin S Q, Shen G Y. To get rid of the predicament and green transformation of agricultural nonpoint source (NPS) pollution [J].

- Reform, 2013, 05: 79-87.
- [13] Liu M C, Li W H, Xie G D. Dynamic prediction of Chinese development based on ecological footprint method [J]. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2010, 17(6): 499-506.
- [14] 李文华. 农业生态问题与综合治理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- Li W H. *Agricultural Ecological Problems and Comprehensive Management* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [15] 刘某承, 伦飞, 张灿强, 等. 传统地区稻田生态补偿标准的确定——以云南哈尼梯田为例[J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(06): 703-709.
- Liu M C, Lun F, Zhang C Q, et al. Standards of payments for paddy ecosystem services—Using Hani Terrace as case study [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(06): 703-709.