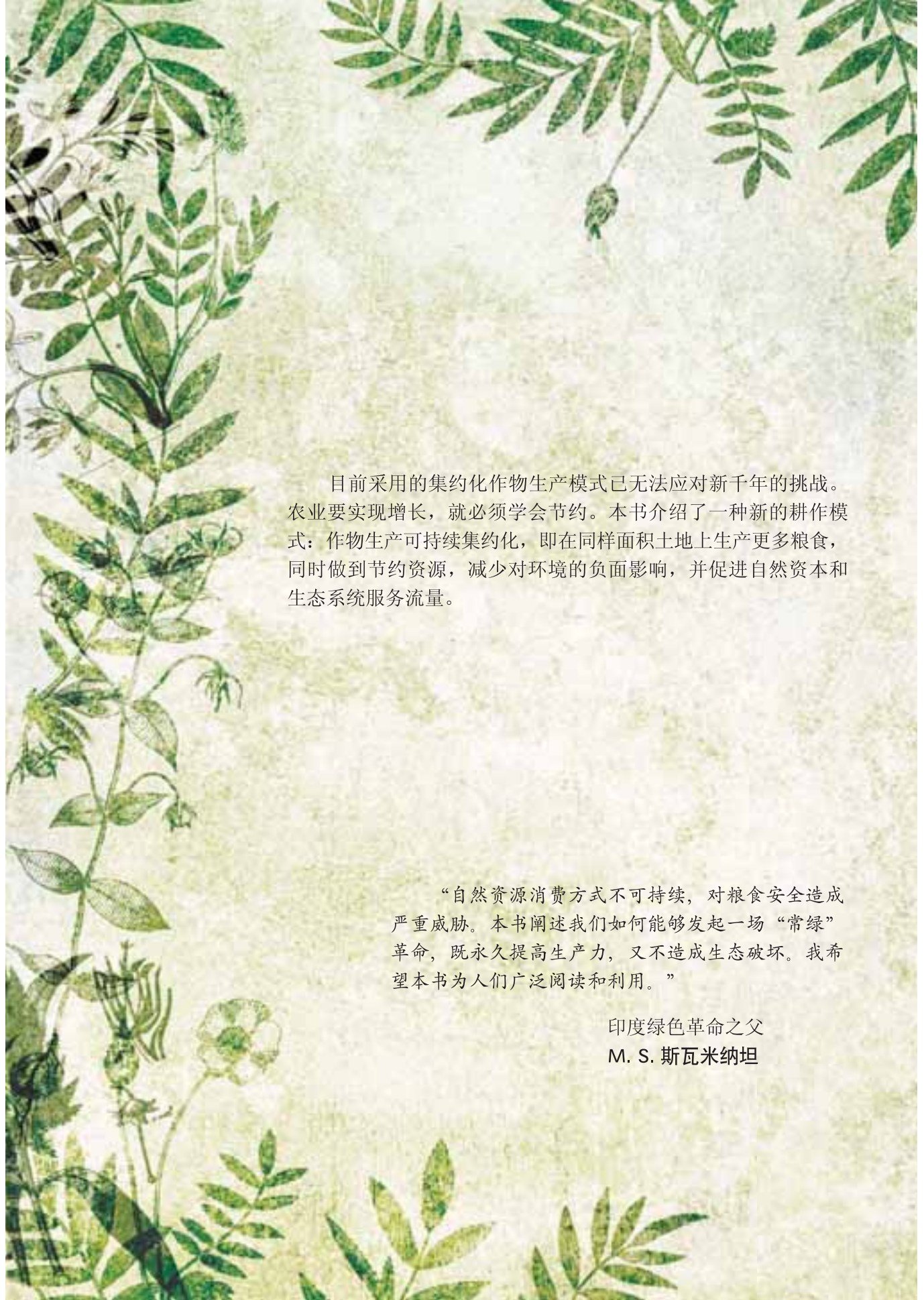




# 节约与增长

小农作物生产可持续集约化决策者指南





目前采用的集约化作物生产模式已无法应对新千年的挑战。农业要实现增长，就必须学会节约。本书介绍了一种新的耕作模式：作物生产可持续集约化，即在同样面积土地上生产更多粮食，同时做到节约资源，减少对环境的负面影响，并促进自然资本和生态系统服务流量。

“自然资源消费方式不可持续，对粮食安全造成严重威胁。本书阐述我们如何能够发起一场“常绿”革命，既永久提高生产力，又不造成生态破坏。我希望本书为人们广泛阅读和利用。”

印度绿色革命之父  
M. S. 斯瓦米纳坦



# 节约与增长

小农作物生产  
可持续集约化决策者指南

联合国粮食及农业组织  
2011年，罗马

2012年、2013年重新印刷

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其它类似公司或产品。

ISBN 978-92-5-506871-3

版权所有。粮农组织鼓励对本信息产品中的材料进行复制和传播。申请非商业性使用将获免费授权。为转售或包括教育在内的其他商业性用途而复制材料，均可产生费用。如需申请复制或传播粮农组织版权材料或征询有关权利和许可的所有其他事宜，请发送电子邮件致：[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)，或致函粮农组织知识交流、研究及推广办公室出版政策及支持科科长：

Chief  
Electronic Publishing Policy and Support Branch  
Office of Knowledge Exchange, Research and Extension  
Food and Agriculture Organization of the United Nations  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

或以电子邮件致：  
[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© 粮农组织 2011年

# 前言

随着2011年《节约与增长》的出版，粮农组织提出了集约化作物生产新范式，能够在实现高产的同时实现环境的可持续发展。粮农组织认识到，过去半个世纪以来，农业生产以集约利用投入物为基础，提高了全球粮食产量和人均粮食消费量。然而，这一过程致使许多农业生态系统自然资源枯竭，损害生产力发展后劲，同时增加温室气体排放，进而导致气候变化。此外，长期饥饿人口数量并未因此而大幅减少，该数字目前估计仍高达8.7亿。

我们面临的挑战是要把粮食生产和消费放在真正可持续的基础之上。从现在到2050年，全球人口预计要从70亿增加到92亿；按目前趋势推算，全球粮食产量要增加60%，才能满足需求。具有良好农业潜力的未开发土地面积不断减少，要满足需求就要再进一步提高作物单产。而与此同时，还要面临对土地和水资源日趋激烈的争夺、燃料和肥料价格不断攀升以及气候变化的影响。

《节约与增长》针对可持续粮食管理中作物生产方面的问题。总体而言，本书呼吁通过采用生态系统方法，使“绿色革命”保持常绿，利用大自然自身条件提高作物生产，如土壤有机质、水流量调节、授粉以及病虫害的生物防控等。本书提供了内容丰富的工具箱，提出针对性强、易于采纳、便于调整的生态系统为基础的实践方法，能够帮助全球5亿小农户提高生产率、利润率和资源利用率，同时加强自然资本。

这种生态友好型农作方式往往结合了传统知识和现代技术，能够因地制宜满足小规模生产者的需求。同时也鼓励发展保护性农业，在提高单产的同时恢复土壤健康。通过保护天敌的方式对有害生物进行防治，而不是对作物滥施农药。通过合理使用矿物肥料，避免对水质造成“间接损害”。利用精准灌溉，可以因地制宜、把握适时适量用水。《节约与增长》方式

完全符合气候智能型农业原则，既能提高对气候变化的抗冲击能力，同时也能通过增加土壤碳汇等方式，减少温室气体排放。

**要采纳此类综合措施**，光考虑环境收益还不够：农民必须能够看到实实在在的好处，包括提高收入、减少成本、实现可持续性生计，以及为所创造的环境利益获得补偿。决策者要制定激励措施，如对农业生态系统良好管理予以奖励，扩大政府投资和管理的科研规模等。要采取行动确立并保护对资源的权利，特别是针对最弱势群体。发达国家通过为发展中国家提供相关的外部援助，为可持续集约化生产提供支持。通过南南合作，发展中国家之间也有很多机会来分享经验。

我们同时还要认识到，以可持续方式生产粮食只是挑战的一部分。就消费而言，有必要转而选择环境影响较小的营养膳食，同时减少目前每年估计高达13亿吨的粮食损失和浪费。最终，要成功消除饥饿并实现可持续生产和消费模式，就需要在全球和地方层面都实行高度透明、广泛参与、基于结果且可问责的粮食和农业治理系统。

《节约与增长》此次再版，是继2012年6月“里约+20会议”召开之后，也在联合国秘书长潘基文启动“零饥饿挑战”之后。该挑战有五项内容：确保全年都能获得充足粮食；消除儿童发育迟缓现象；小农生产率翻翻；促进可持续粮食生产体系；以及把粮食损失和浪费减少到零。为协助各国采纳《节约与增长》提出的政策和措施，粮农组织积极应对挑战，力求实现我们所有人的梦想：建成一个“没有饥饿”的世界。

联合国粮食及农业组织  
总干事

若泽·格拉济阿诺·达席尔瓦



# 目录

前言	iii
致谢	vi
概览	vii
第一章: 面临的挑战	1
第二章: 农业系统	15
第三章: 土壤健康	27
第四章: 作物与品种	39
第五章: 水管理	51
第六章: 植物保护	65
第七章: 政策与制度	77
参考文献	95
缩略语	102

## 致谢

本书是在联合国粮食及农业组织（粮农组织）植物生产和保护司负责人Shivaji Pandey领导下撰写的，并由指导委员会及技术顾问团提供指导。最终的技术编辑工作由Mangala Rai（印度国家农业科学院院长）、Timothy Reeves（前国际玉米小麦改良中心主任）和Shivaji Pandey完成。

### 作者

主要作者:

Linda Collette（粮农组织），Toby Hodgkin（国际生物多样性中心），Amir Kassam（英国雷丁大学），Peter Kenmore（粮农组织），Leslie Lipper（粮农组织），Christian Nolte（粮农组织），Kostas Stamoulis（粮农组织），Pasquale Steduto（粮农组织）

合作者:

Manuela Allara（粮农组织），Doyle Baker（粮农组织），Hasan Bolkan（美国金宝汤公司），Jacob Burke（粮农组织），Romina Cavatassi（粮农组织），Mark L. Davis（粮农组织），Hartwig De Haen（德国哥廷根大学），João Carlos de Moraes Sá（巴西蓬塔格罗萨州立大学），Marjon Fredrix（粮农组织），Theodor Friedrich（粮农组织），Kakoli Ghosh（粮农组织），Jorge Hendrichs（粮农组织/国际原子能机构），Barbara Herren（粮农组织），Francesca Mancini（粮农组织），Philip Mikos（欧盟委员会），Thomas Osborn（粮农组织），Jules Pretty（英国埃塞克斯大学），David Radcliffe（欧盟委员会），Timothy Reeves（澳大利亚Timothy G. Reeves and Associates P/L），Mike Robson（粮农组织），Amit Roy（国际肥料开发中心），Francis Shaxson（英国热带农业协会），Hugh Turrall（澳大利亚RPF P/L），Harry Van der Wulp（粮农组织）

### 指导委员会

主席: Shivaji Pandey（粮农组织）  
Rodney Cooke（农发基金），Dennis Garrity（世界混农林业中心），Toby Hodgkin（国际生物多样性中心），Philip Mikos（欧盟委员会），Mohammad Saeid Noori Naeni（伊朗），Timothy Reeves（澳大利亚Timothy G. Reeves and Associates P/L），Amit Roy（国际肥料开发中心），M. S. Swaminathan（印度非政府组织史瓦米那尚研究基金会）

### 技术顾问团

Hasan Bolkan（美国金宝汤公司），Anne-Marie Izac（法国未来收获联盟），Louise Jackson（美国加州大学戴维斯分校），Janice Jiggins（荷兰瓦赫宁根大学），Patrick Mulvany（英国中间技术开发集团），Wayne Powell（英国阿伯里斯特维斯大学），Jessie Sainz Binamira（菲律宾农业部），Bob Watson（英国东安格利亚大学）



# 概览

## 1. 面临的挑战

为了满足日益增长的世界人口对粮食的需求，我们别无选择，只有加强作物生产。但是农民面临着前所未有的限制。为了提高产量，农业必须学会节约。

**绿**色革命使粮食产量大幅增加并促进了世界粮食安全。然而，在许多国家，集约化作物生产严重消耗了农业自然资源基础，危及未来生产力。为了满足未来40年的预期需求，发展中国家的农民必须让粮食产量翻番，然而这一挑战由于气候变化及对土地、水和能源日益激烈的竞争而变得更加严峻。本书介绍了一种新的耕作模式：作物生产可持续集约化（SCPI），即在同样面积土地上生产更多粮食，同时做到节约资源，减少对环境的负面影响，并促进自然资本和生态系统服务流量。

## 2. 农业系统

作物生产的集约化以能够为生产者和整个社会提供一系列生产力、社会经济和环境惠益的耕作系统为基础。

**作**物生产的生态系统方法恢复并维护耕地健康。作物生产可持续集约化耕作系统的基础包括若干方面，即保护性农业耕作、高产改良品种的优选种子、有害生物综合治理；基于健康土壤的植物营养；高效用水管理；以及作物、草场、林木和牲畜一体化经营。可持续生产体系从根本上讲是一个动态系统，能够为农民根据当地生产条件和制约因素提供多种备选操作方案。这种系统的特点是知识密集型。有关作物生产可持续集约化的政策应通过诸如建立农民田间学校等推广方法，提高能力并促进本地专用农具的生产。

### 3. 土壤健康

农业必须重新审视土壤健康的重要性，利用天然植物营养，合理施用无机肥，切切实实回归本源。

**生**物多样、且富含有机物的土壤是提高作物生产力的基础。如果作物营养来源多样化，既包括无机肥也包括天然肥（如粪肥，固氮作物或树木），则有利于获得最佳收益。合理使用无机肥有助于节约成本，保证作物吸收营养，避免污染空气、土壤及水道。促进土壤健康的政策应当鼓励发展保护性农业，农牧结合、农林间作生产系统，有利于增加土壤肥力；同时还应当消除可能诱致机械化耕作、过度施肥的因素，并将诸如尿素深层施肥、精准养分管理等精确技术传授给农民。

### 4. 作物与品种

农民需要基因多样化的改良作物品种组合，以适应不同的农业生态系统和农业实践活动，还要适应气候变化。

**过**去几十年中，基因改良的谷物品种约占单产增长的50%。未来，植物育种者也必须取得类似这样的成果。但是如果将高产品种及时交到农民手中，就需要在相当程度上完善从植物种质资源采集、植物育种，至种子供给的整个系统。过去的一个世纪里，有大约75%的植物遗传资源已经消失，而到2050年，现有多样性的三分之一也可能会丧失。因此加大对植物遗传资源的收集、保护和利用的支持力度至关重要。同时还需要为复兴公共植物育种计划提供资金援助。政策应帮助在正规种子系统和农民自留种子系统之间建立联系，并扶持本地种子企业。

## 5. 水管理

可持续集约化需要更合理、更精确的灌溉技术和农耕方式，利用生态系统方法节约用水。

**当**前城市用水、工业用水与农业用水形成激烈竞争的态势。灌溉虽然能够带来高生产力，但为减少其环境影响而承受的压力也与日俱增，包括减少土壤盐碱化程度与减轻对地下水含水层的硝酸盐污染。而以知识为基础的精确定灌溉能提供灵活、可靠的用水量，结合调亏灌溉、废水再利用等方法，将成为可持续集约化发挥作用的主要平台。相关政策是要取消各种诱使农民浪费水资源的不当补贴。在旱农区，气候变化时刻威胁着许许多多的小型农田。而旱农区生产力提高的关键就在于使用改良、抗旱品种，以及采用节水管理措施。

## 6. 植物保护


农药在灭杀有害生物的同时也消灭了其天敌，因此农药的过量施用会给农民、消费者和环境造成伤害。第一道防线便是一个健康的农业生态系统。

**在**经营良好的农业系统中，通过种植抗病品种，保护捕食者以及调整作物养分水平来减少虫害繁殖，通常可使虫害造成的作物损失维持在一个可接受的最小范围内。推荐的抗病措施包括使用清洁种植材料，采用轮作抑制病原体，清除受感染的寄主植物。行之有效的杂草管理需要包括人工及时清除杂草，少耕和保持地表剩余物。必要时，应当针对控制目标，适时、适量地使用风险较低的合成农药。通过利用农民田间学校，当地生产生防制剂产品，严格农药管理措施，以及取消相应的补贴，就可提升病虫害综合治理水平。

## 7. 政策与制度

若要鼓励小农户采纳作物生产可持续集约化方式，就需要从根本上改变农业发展政策和体制。

首先，农耕必须做到有利可图：小农户必须能买得起农资，并确保其作物获得合理价格。他们必须有钱投入生产，并且确保收获时能得到一个公道的价格。有些国家通过限定商品的最低价格来保障收入，而另一些国家则针对低收入生产者，对其投入提供“机伶补贴”。政策制定者还需要激励小规模农业经营者，让他们合理使用自然资源（例如，通过环境服务补偿机制及让经营者可从自然资本增值中获利的土地所有制），要减少获取贷款时的交易成本，以提供急需的投资资金。在许多国家，需要有规章制度用于保护农民，防止他们从不良奸商手中购买假种子及其他投入物资。在发展中国家，还要有投资主要用于重建科研成果的转让能力，为农民提供适用技术，并通过农民田间学校提升他们的技能。



## 第一章

# 面临的挑战

为了满足日益增长的世界人口对粮食的需求，我们别无选择，只有加强作物生产。但是农民面临着前所未有的限制。为了提高产量，农业必须学会节约。



**农**业发展史可视为一个漫长的集约化发展过程。因为在此过程中<sup>1</sup>，社会是通过寻求提高作物生产力来满足自身对食物、饲料、纤维不断增长需求的。几千年来，农民选择栽培产量更高、抗旱防病能力更强的作物，修建梯田保持土壤，建造灌溉水渠分流入田，用牛拉犁替代锄头，施用动物粪便作为肥料，并运用硫磺对抗虫害。

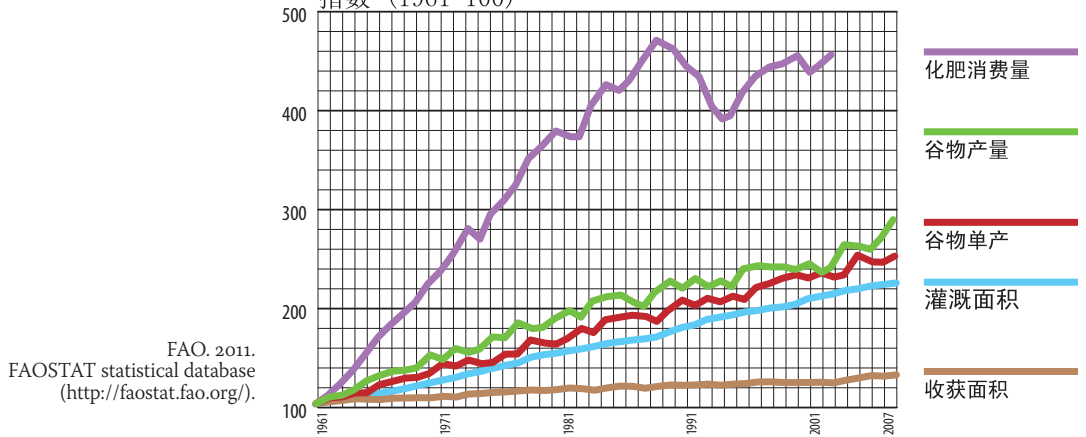
20世纪的农业集约化体现了从主要依靠对自然资源与生态系统服务进行管理的传统农作制度向将现代生物化学技术与工程技术应用于作物生产的模式转变。依照工业革命的模式，工业化国家的农业也采用了机械化、标准化、节约劳动力的技术，并利用化学品对作物进行施肥和保护。通过使用化石燃料驱动的重型农业设备与机械，采用集约型的耕作方式、高产的作物品种，配合以农业灌溉、制品投入，以及不断提高资金投入强度，生产力获得了极大的提升<sup>2</sup>。

**发展中国家作物生产的集约化**事实上开始于绿色革命。自20世纪50年代起，世界范围内作物品种与农业实践开始发生变革，并在60年代进一步发展<sup>3</sup>。最初，生产模式重点关注的是在有潜力的地区引进经过改良的高产小麦、水稻、玉米品种，该模式依赖的是基因同质性并使之进一步得到增强，即一般种植遗传基因相同的品种，通常大量投入使用灌溉、化肥、农药等辅助性生产资料，来替代自然资本<sup>4, 5</sup>。化肥的使用取代了土壤质量管理，同时除草剂的出现也为作物轮作提供了另一种控制杂草的选择<sup>6</sup>。

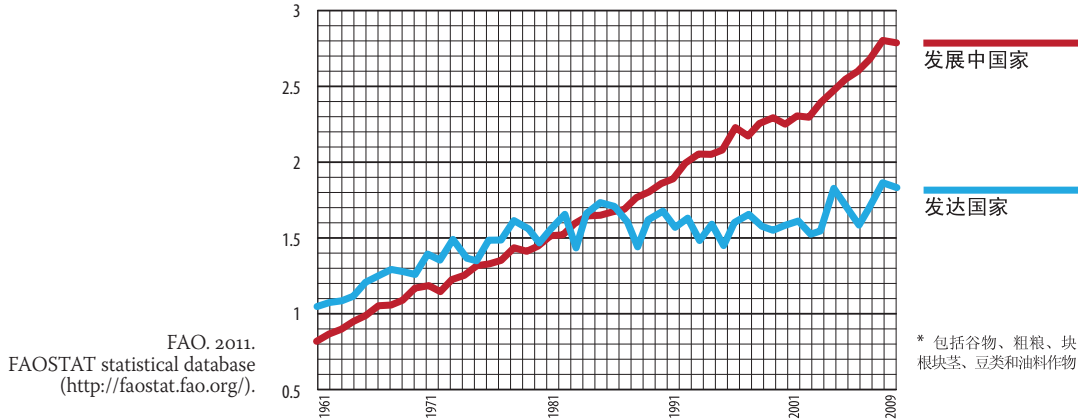
绿色革命，尤其是在亚洲，广受赞誉。人们认为它启动了各国的经济发展，减缓了农村贫困，拯救了大片生态脆弱的土地，以免毁于粗放式农业，还阻止了世界人口增长出现马尔萨斯预言的后果。1975至2000年间，南亚谷物产量增长了50%以上，同时贫困人口减少30%<sup>7</sup>。过去50年来，绿色革命的到来促使世界谷物、粗粮、块根块茎、豆类和油料作物的年产量从18亿

## 4 节约与增长

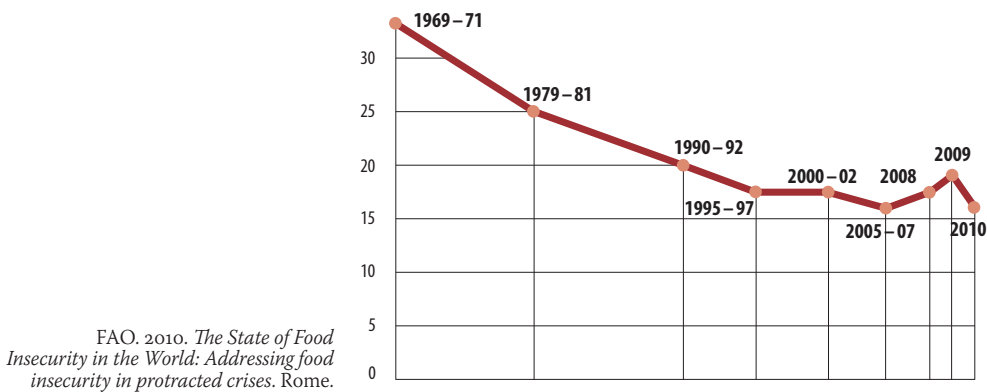
1961-2007年全球作物生产集约化指标  
指数 (1961=100)



1961-2009年世界主要作物产量\* (10亿吨)



1969-1971年至2010年发展中世界食物不足人口  
(百分比)





吨增至46亿吨<sup>8</sup>。谷物产量的增加及其价格的下降很大程度上缓解了20世纪70至80年代的粮食危机。当时尽管人口数量增加相对较快，但营养不良的人口数量确实在下降。总体上而言，营养不良人数占世界总人口的比例已从1969-1971年的26%下降为2000-2002年的14%<sup>9</sup>。

## 危机四伏

现已认识到，农业产量和生产力的迅猛增长往往给农业的自然资源基础造成严重负面影响，以至危及未来的生产潜力。集约化带来的“负外部性”包括土地退化、灌溉区盐碱化、地下水抽取过度、虫害抗药性增强，以及生物多样性受到破坏。同时由于毁林、温室气体排放及水体硝酸盐污染，农业破坏环境的范围变得更大<sup>10, 11</sup>。

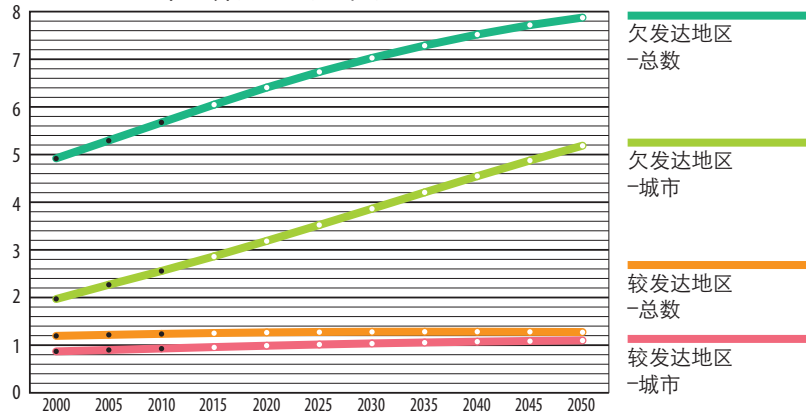
并且，以现有的粮食生产与分配系统无法满足世界人口的粮食需求，这一点显而易见。2010年，患营养不良的总人口数估计为9.25亿，高于40年前的水平。在发展中国家，营养不良的人口比例达到了16%<sup>12</sup>。受影响最严重的人群中约有75%生活在发展中国家的农村地区，基本生计直接或间接地依赖农业<sup>13</sup>。他们当中有许多人是世界5亿低收入小农中的一员，但其家庭为发展中国家提供了80%的粮食。在亚洲与非洲地区，小农生产者总计使用并管理着超过80%的农田，以及相应比例的其他自然资源<sup>14</sup>。

未来的40年里，许多发展将威胁到世界粮食安全。地球人口预计将从2010年的约69亿增加到2050年的约92亿，而这一增长几乎完全出现在欠发达区域；预计最不发达国家的增幅最大<sup>15</sup>。到那时，全球约70%的人口将集中在城市地区，而目前这一比例为50%。相比现在50%的比例，到那时，大约会有70%的人口居住在城市。照此趋势，发展中国家城市化与收入增加将导致肉食消费增多，由此对饲养牲畜的谷物需求也会越来越大。同时

## 6 节约与增长

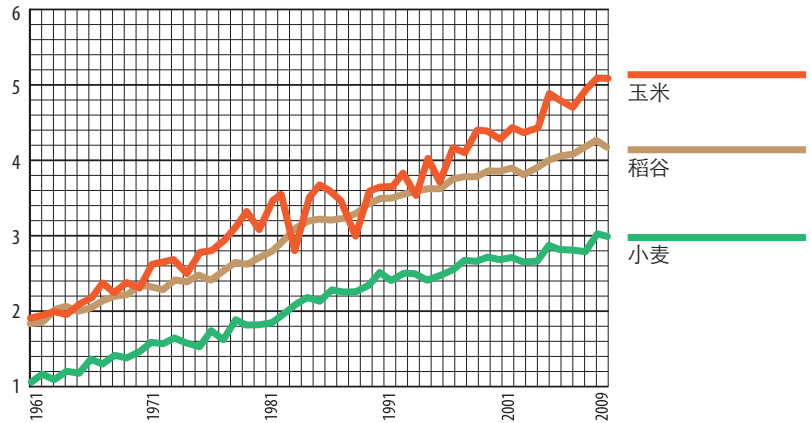
2000-2050年世界人口 (10亿)

United Nations.  
World urbanization prospects,  
the 2009 revision population database  
(<http://esa.un.org/wup2009/unup/>).



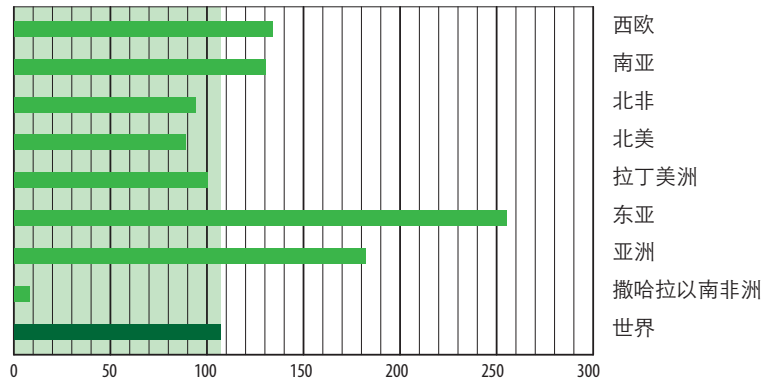
1961-2009年全球主要谷物平均单产 (吨/公顷)

FAO. 2011.  
FAOSTAT statistical database  
(<http://faostat.fao.org/>).



2008/2009年矿物肥料平均利用率  
(公斤养分/每公顷)

IFDC,  
derived from FAOSTAT  
statistical database  
(<http://faostat.fao.org/>).



使用农产品制造生物燃料的趋势也将持续增长。到2020年, 工业国可能以乙醇形式年人均消费玉米150千克, 接近发展中国家谷类食物的消费速率<sup>16</sup>。

这些需求上的变化将推动大量增加所有主要粮食与饲料作物生产的需要。粮农组织的预测表明, 到2050年, 全球农业生产必须增加70%, 而发展中国家则差不多要增加100%, 才能仅满足额外增加的食物需求, 还不包括对作为用于生产生物燃料原料的农产品的额外需求。也就是说到2050年, 相比2005至2007年间的产量, 每年要额外生产10亿吨谷物及2亿吨肉食<sup>10</sup>。

大多数发展中国家几乎没有进一步扩大耕地面积的空间。事实上, 南亚和近东/北非地区已经没有空余土地。在撒哈拉以南非洲及拉美地区, 有土地供给, 但超过70%的土地利用受到土壤与地形的制约。因此2015至2030年间, 要求增加的粮食产量中, 估计会有80%必须来自于集约化带来的单产和种植密度的增加<sup>17</sup>。但是, 主要粮食作物 - 水稻、小麦和玉米 - 的单产增长速度都在下降。小麦单产的年增长速度已由1980年的5%左右滑落到2005年的2%<sup>18</sup>; 而同期, 水稻及玉米单产增长则从原来的3%以上下降到1%左右。在亚洲, 土壤退化及集约型水稻系统中毒素增加已受到越来越多的关注, 人们担心单产增加的减缓反映了作物生长环境的恶化<sup>4</sup>。

土壤质量的不断下降, 可供给作物生产的水资源持续减少, 都对未来产生了重大影响。据联合国环境规划署估计, 不可持续的土地利用方式已导致全球农田生产率年均净减少0.2%<sup>19</sup>。资源退化降低了化肥、灌溉等投入的生产能力。未来数年中, 土壤质量低、水资源缺乏、气候条件不佳等生产条件不理想的边缘生产地区, 将越来越多地需要应用集约化的作物生产方式。

在努力增加作物产量的同时, 环境及社会经济状况也在迅速变化, 通常还难以预测。最严峻的挑战之一就是需要适应气

候变化，气温、降水的改变，以及突发虫灾不仅会影响可种植的作物品种以及种植时间，还会影响它们的生产潜力<sup>13</sup>。近期内，气候变化与极端天气带来的冲击预计会增加并影响到所有的区域<sup>20-23</sup>，给产量增加和粮食安全带来负面影响，尤其是在2030年以前的时间里影响撒哈拉以南非洲地区及南亚地区<sup>24</sup>。农业（包括森林砍伐）造成了大约三分之一的温室气体排放，因此它必须在缓解气候变化中发挥重要作用<sup>21</sup>。即使作物能够适应持续变化的环境，传统的资源密集型农业系统也将日益受到减排要求的挑战<sup>3</sup>。

需要为农业活动和关键生产资料，主要是化肥生产提供动力的能源价格与供应能力是未来充满不确定性的另一个重要原因。随着化石燃料供给量下降，其价格便开始上升，带动了生产资料价格上涨，结果导致农业生产成本的增加。化石燃料不能再是提高生产力的唯一能源来源。为了减少燃料成本，促进农业集约化进一步发展，能源来源必须实现多样化。

**因此，在环境变化、能源短缺及资源退化的共同影响下，以可持续方式满足未来的粮食需求也愈发面临着更为严峻的挑战。**2008年粮食价格大涨，2011年初粮食价格创历史新高，都预示着世界粮食安全将面临日益频繁的威胁<sup>25</sup>。从经济、人口、气候方面广泛审视看似美好的未来图景后，国际粮食政策研究所（IFPRI）推测，2010-2050年，小麦实际价格将上涨59%，稻米上涨78%，玉米上涨106%。研究给出的结论是，不断上涨的价格反映了由人口增加、收入增长及生产率降低带给“世界粮食系统无尽的潜在压力”<sup>26</sup>。

长期持续的粮食安全危机在低收入发展中国家表现得最为严重。在那些食物消费水平低、人口增长率高、通常农业资源禀赋差的国家，农业扩张与集约化给资源和更广泛的环境带来的压力体现得越来越明显<sup>27</sup>。在这些国家里，小农生产者高度依赖生态系统的产品与服务以获取家庭和市场所需的食物、燃

料与纤维织物，容易因自然资源质量与数量的下降而蒙受损失，对气候变化的适应力也较<sup>14</sup>。因此如果不采取措施提高这些国家小农农业的生产力，第一个“千年发展目标”，即到2015年，饥饿与贫困人口比例下降一半的目标将难以实现。

## 另一种模式的转变

由于环境和粮食供给面临着来自当前和未来越来越多的各种挑战，可持续的农业集约化生产正成为政策制定者和国际发展合作伙伴优先考虑的一个重要事项<sup>28</sup>。可持续集约化被定义为：提高相同面积土地的产出<sup>7, 14</sup>，同时减少给环境带来的消极影响，促进自然资本增加，大量提供环境服务<sup>29</sup>。

作物生产可持续集约化是粮农组织的首要战略目标。为了实现这一目标，粮农组织支持在农业管理中使用“生态系统方法”<sup>30</sup>。这种生态系统方法本质上是通过对土地、用水、种子还有化肥的投入，给支持植物生长的自然过程提供补充，也包括授粉，引入天敌控制害虫数量，利用土壤生物群帮助植物获取养分等<sup>31</sup>。

目前普遍存在的认识是，生态系统方法需要为作物生产集约化提供支持。一项关于到2050年粮食和农业未来的重要研究呼吁，全世界粮食系统需要做出重大改变，包括采用可持续集约化方式，同时增加产量，提高投入的使用效率，并减轻粮食生产带来的负面环境影响<sup>32</sup>。近来，国际农业知识与科技促进发展评估（IAASTD）也呼吁，现有的农业实践活动需要向既能极大促进生产力提高，又能同时加强生态系统服务的可持续农业生产方式转变<sup>33</sup>。

对发展中国家的评估已经表明，资源保护型的农业实践活动能增加环境服务供给，并提高生产力。在一次对57个低收入

国家农业发展项目的评估中发现，提高水资源的利用效率，减少使用杀虫剂，改善土壤健康，能使平均作物单产增加79%<sup>34</sup>。另一项研究给出的结论是，如果农业生产系统能够利用各种措施，如保护性耕作、作物多样化、豆科作物集约化，以及虫害的生物防治，来保护生态系统服务，那么它会得到和高投入的集约型模式一样的实施效果<sup>35, 36</sup>。

**当作物生产可持续集约化得以有效实施，并能获得切实支持时，它就能实现“双赢”的结果，就能够应对养活世界人口及保护地球的双重挑战。**作物生产可持续集约化能使各国按照既满足社会需求与目标，同时又不危及子孙后代享受全部环境产品与服务权利的方式，来规划、发展和管理农业生产。帮助农民获得经济与环境双重效益从而实现双赢结果的例子之一，就是减少对生产资料如无机肥的过度使用，同时提高了生产力。

可持续的集约化除了能给粮食安全与环境带来多重益处外，还能够为占世界人口三分之一以上的小农及其家庭带来许多好处 - 通过提高其生产力，降低成本，增强适应力以应对压力，以及提高其风险防范的能力<sup>14</sup>。农业投入的花费减少后，节约出来的资源可用于投资农场及支付农户家庭的食物、健康、教育等方面的费用<sup>29</sup>。农民能够以较低的环境成本，实现净收入的增加，从而带来公共、私人双重效益<sup>31</sup>。

## 主要原则

过去的二十年里，随着农民们开始采用通常建立在传统技术基础上的可持续的生产措施，例如病虫害综合治理与保护性农业，生态系统方法开始用于实现农业集约化。作物生产可持续集约化的特点是以更系统化的方法来管理自然资源，以一套基于科学的环境、体制和社会原则为基础。

### 环境原则

为提高效率，稳固全球粮食系统，生态系统方法的运用需要贯穿整条食物链。在当前的耕作制度下，农业经营要以生物过程为基础，综合多种植物品种，还要合理使用化肥、杀虫剂等外部投入。作物生产可持续集约化是建立在以下各章所描述的农业生产系统与管理措施基础之上的，包括：

- ▶ 保持健康土壤以增加作物养分；
- ▶ 在植物间作、轮作、连种中栽植多样的物种与品种；
- ▶ 使用经过改良的高产品种与优质种子；
- ▶ 综合治理病虫害、杂草；
- ▶ 高效的水管理

为了获得最优的生产力和可持续性效果，作物生产可持续集约化需要适用于多种不同的农业系统，以及适宜于特定的农业生态和社会经济环境。一般认为，适宜的管理措施对于实现生态系统服务效益、同时减轻农业活动带来的负面影响起到至关重要的作用<sup>36</sup>。

### 制度原则

希望农民们仅仅因为可持续的生产措施更环境友好就采用它们是不现实的。将环境原则转化为大规模、协调性好的行动项目还需要国家和地方的制度支持。对政府来说，它需要面对的挑战是要完善所有农业分部门之间，从生产到加工再到营销的协调和沟通。必须设计出一些机制来加强机构间的联系，提

升作物生产可持续集约化政策和战略的制定水平，支持开展试点研究、加强农民经验和本土传统知识的应用。

在地方层面，农民组织对获取资源，尤其是土地、水、信贷和知识，以及在确保农民的呼声能被听到方面发挥着重要作用。小农也需要进入高效、公平的市场，需要激励因素来促进其经营除粮食生产之外的其他生态系统服务<sup>37</sup>。农民是否接受作物生产可持续集约化方式将取决于所获得的切实利益，如收入增加与劳动需求减少。如果这一经济系统能恰如其分地反映出成本，其中包括不可持续生产措施带来的高额环境成本，那么这个平衡就会发生变化，向着有利于采取作物生产可持续集约化方向发展。

## 社会原则

可持续的集约化已被视为一个“社会性学习”过程，因为它对知识的需求往往比大多数传统农业生产方式要更高<sup>14</sup>。因此，作物生产可持续集约化要求大力加强推广服务，同时利用传统和非传统渠道促使农民采取该生产方式。通过培训让农民将可持续的自然资源管理措施融入到自身的农业生产系统中去，最成功的方法之一便是称之为农民田间学校<sup>38\*</sup>。

\* 19世纪80年代末，作为粮农组织有关水稻病虫害综合治理区域项目的一部分，农民田间学校这一方法率先在东南亚地区施行，并至少已被75个国家采用，目前广泛适用于解决越来越多的作物及作物生产问题。

为实施作物生产可持续集约化而调动社会资本需要人民参与地方决策，确保农业领域体面和公平的工作条件，而且最重要的是承认妇女在农业中的关键作用。在非洲撒哈拉以南地区开展的研究充分证明，导致男女之间农业单产差异的主要原因是获取资源和推广服务的机会不同。缩小农业领域中存在的性别差异可以提高生产力及其他重要的附加利益，如提高女性农民的收入和增加粮食供应<sup>39</sup>。



## 前进之路

**拥**有政策支持与充足资金的情况下，作物生产可持续集约化能在较短的时间内在大型生产区实施。政策制定者所面临的挑战是要找出促进可持续集约化发展的有效途径，这样成百上千万的人们就能最终受益<sup>32</sup>。实践期间，关键性的实施阶段包括：

- ▶ 评估当前的农业实践活动对农业生态系统的潜在负面影响。这或许包括对特殊指标的定量评价，还包括在地区或省级层面上与利益相关方一起评估规划。
- ▶ 在国家层面上确定哪些生产系统是潜在不可持续的，因此需要给予特别关注；还需要确定生态系统可持续性的哪些方面（如土壤健康、水质、生物多样性保护）在介入时需要优先考虑。
- ▶ 与农民一起验证、改进技术，用综合的方法来解决这些需要优先考虑的问题，并利用经验制定投资计划，制定合理的制度与政策。
- ▶ 实施计划，即以本书介绍的方法与技术为基础的计划（利用技术支持与有利政策）。
- ▶ 监控、评价、审核，需要时按照规定的方向进行调整。

这一过程可以重复进行。任何情况下，它一方面有赖于国家管理政策与制度间的相互作用，另一方面也有赖于农民的本土经验以及消费者。对重要生态系统变量的监控有助于调整和优化作物生产可持续集约化的新措施。

在准备项目时，政策制定者或许需要考虑，哪些因素会对作物生产可持续集约化及农业部门的总体发展产生影响。风险是存在的。例如，有些政策试图通过扩展价值链及整合土地占有来实现规模经济，但这些政策也许会将小农排除在该过程之外，或者会减少他们所能获得的生产资源。加强交通基础设施建设可以帮助农民获得化肥与种子，两者对作物生产可持续集约化和市场来说都十分重要。考虑到食物链中的损失比例较

高 - 全球大约有30%至40%的农产品因浪费和损坏而损失，因此对加工、贮藏及冷链设备的投资将能使农民从他们的产品中获得更多的价值。政策制定者还可以利用现代信息通讯技术，让小农更好地获得生产信息与市场信息，促使他们参与作物生产可持续集约化。


各种与作物生产可持续集约化相关的国际文书、公约及条约可能需要得到更加有效的协调、完善和落实。这将需要与农村发展及自然资源相关的国际组织之间进行合作\*，也需要政府、民间社会组织和农民协会之间的合作。在区域、国家及地方层面，急需提升能力，来落实已达成国际共识的治理协议\*\*。

\* 如：粮农组织、国际农业发展基金会（IFAD）、联合国开发计划署（UNDP）、联合国环境规划署、世界贸易组织（WTO）及国际农业研究磋商组织（CGIAR）。

\*\* 如：《粮食及农业植物遗传资源国际条约》（ITPGRFA）、《国际植物保护公约》、《生物多样性公约》（CBD）、《食品法典》、《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）、《联合国防治荒漠化公约》，以及与生物多样性相关的协议。

此外，还有一些不具法律约束力的国际文件也体现了增加及可持续利用自然资源方面的合作。它们包括了一些指南及守则，如《国际农药供销与使用行为守则》，其旨在加强防范对产品、环境及人类健康造成的越境威胁。最后，联合国食品权利特别报告起草人已经提出了有关土地租赁及粮食商品市场买卖的指导原则，并呼吁促进生态系统方法在农业中的应用。

事实上，将生态系统方法应用于作物生产集约化并没有单一蓝图。不过，一系列通常适用于本地的农业措施和技术已经得到了开发利用。第二、三、四、五和六章介绍了这些内容丰富、关系重大、易采用、适应性强的生态系统方法。它们有利于提高作物产量，足以成为国家及区域项目的重要基石。第七章详细介绍了很大程度上能推动采纳和实施作物生产可持续集约化的政策环境及制度安排。



第二章

# 农业系统

作物生产的集约化将以能够为生产者和整个社会提供一系列生产力、社会经济和环境效益的耕作系统为基础。



**作**物的种植与生长可在范围广泛的生产系统中进行。一方面是采用干预主义的方式，通过技术干预手段来控制大部分生产过程，如采用土壤耕作，利用农药防治病虫害、控制杂草，使用无机肥增加植物养分。而另一方面则是利用主要使用生态系统方法，既高产又更可持续的生产系统。这些农业生态系统的普遍特征是，对生态系统的干扰极少，植物养分来自有机和无机两个来源，利用自然和人为管理的生物多样性来生产粮食、原料及提供生态系统服务。基于生态系统方法的作物生产可以使利用中的农田保持健康，也可以使因过去滥用而处于贫瘠状态的废弃土地重新获得利用<sup>1</sup>。

对生产者和社会来说，采用作物生产可持续集约化的农业系统能带来一系列生产率、社会经济和环境方面的效益，包括获得高而稳定的产量和盈利水平；增强对气候变化的适应性，减少脆弱性；增加生态系统功能与服务；减少农业产生的温室气体排放与“碳足迹”。

**这些耕作系统将基于三项技术原理：**

- ▶ 在提高农业生产力的同时，促进自然资本及生态系统服务；
- ▶ 提高关键投入的利用效率，包括水、养分、杀虫剂、能源、土地和劳动力；
- ▶ 利用自然和人为管理的生物多样性来增强系统应对来自生物、非生物胁迫及经济方面压力的适应力。

**依据当地条件和需求的不同，为落实这些原则而需要采用的农业措施会存在区别。不过在所有情况下，它们都需要：**

- ▶ 最小化机械耕作，将对土壤的干扰降至最低，由此保留土壤有机质，维持土壤结构，整体保持土壤健康；
- ▶ 增加、保持土壤表层保护性的有机覆盖物，利用作物、覆盖作物或作物残留物来保护土壤表层，留住水分与养分，提高土壤生物活性，利于综合控制杂草与害虫；
- ▶ 种植范围广泛的植物种类，无论其是一年生还是多年生。在间作、轮作、连种中，种植包括树木、灌木、牧草还有作物在内的这些植物，目的在于丰富植物营养，增强系统的适应力。

## 可持续集约化耕作系统方法对重要生态系统服务的贡献

目标	系统组成			
	覆盖层	少耕或 免耕	豆科植物 提供 植物养分	轮作
模仿最优的“森林地被物”环境	*	*		
减少土壤表层水分蒸发损失	*			
减少土壤上层水分蒸发损失	*	*		
最小化土壤有机物氧化作用 及二氧化碳损失		*		
土壤压实度最小化	*	*		
土壤表层温度波动最小化	*			
提供常规有机物，作为 土壤生物活动的基础	*			
增加、保持根区的氮水平	*	*	*	*
增加根区阳离子交换能力	*	*	*	*
雨水渗透最大化， 径流流失最小化	*	*		
土壤径流流失及风蚀最小化	*	*		
通过土壤生物行为允许保持 土层自然分层	*	*		
杂草最少化	*	*		*
增加生物量生产率	*	*	*	*
利用土壤生物加速恢复土壤透气度	*	*	*	*
减少劳动力投入		*		
减少燃料/能源投入		*	*	*
养分循环	*	*	*	*
减少病原体带来的虫害压力				*
恢复受损土壤状况及活力	*	*	*	*
授粉服务	*	*	*	*

Friedrich, T., Kassam, A.H. & Shaxson, F. 2009. Conservation agriculture. In: *Agriculture for developing countries. Science and technology options assessment (STOA) project*. European Parliament. Karlsruhe, Germany, European Technology Assessment Group.

通常, 这三种重要措施是与保护性农业联系在一起的。后者已为发达国家和发展中国家广泛采用\*。然而为了实现必要的可持续集约化以提高粮食产量, 还需要获得以下四条管理措施的支持:

- ▶ 使用经过改良的高产品种, 这些品种要具有应对生物与非生物胁迫的适应力, 且具有更高的营养品质;
- ▶ 由健康的土壤来增加作物养分, 通过作物轮作还有合理使用有机肥与无机肥来实现;
- ▶ 综合治理病虫害和杂草, 采取合适的措施, 利用生物多样性, 在必要的时候有选择地使用低风险的杀虫剂;
- ▶ 实施高效的水管理, 通过“低灌高产”来实现, 同时保持土壤健康, 并最小化来自农场之外的外部性影响。

理想状态下, 作物生产可持续集约化应当在同一时间里, 适时、高效地综合运用以上的全部七种措施。但是, 可持续生产系统的本质恰恰在于变动性: 它们需要为农民提供多种可能措施的组合, 使他们根据当地的生产条件和限制, 从中选择, 并加以改进<sup>2-5</sup>。

当推荐的措施同时使用、或者通过不同的组合得以运用时, 它们有助于提高重要的生态系统服务, 通过协同作用无论在要素生产率还是总生产率方面, 都能获得积极的成果。例如, 在降水量一定的情况下, 植物的土壤水分可获性就取决于对土壤表层、土壤有机质还有植物根系的管理。在土壤湿度条件良好的情况下, 如果土壤健康, 植物营养充足, 那么水分生产率就能得到提高。良好的渗水性及土壤覆盖物同样可以减少表层蒸发, 最大化水分利用效率与生产率, 其中, 植物本身的水分吸收与使用能力也扮演着重要的角色。

实现生态可持续生产的重要条件之一就是要有健康的土壤, 可在植物根区内创造一个优化土壤生物活性, 让根的作用得到最大可能程度发挥的环境。根能获得植物的营养、水分, 能和一系列有利于土壤健康和作物生长的土壤微生物相互作用<sup>2, 6, 7</sup>。

\* 保护性农业如今已在全世界大约1.17亿公顷的土地上实施, 或者说大约占总作物用地面积的8%。澳大利亚、加拿大还有南美洲南锥地区的采纳率最高(超过作物用地的50%)。在非洲、中亚和中国, 也得到了越来越多的采用。

对于实现可持续生产和其他生态系统服务来说，能否保持或提高土壤有机物含量，能否维持土壤结构和相应的孔隙度是关键性的指标。

要实现长期可持续，在任何农业系统中，有机物的损失速度都不能高于土壤形成的速度。但是在大多数农业生态系统中，如果土壤受到机械干扰，就不可能实现这一点<sup>8</sup>。因此，对可持续的集约化生产来说，一个关键的出发点，也是作物生产可持续集约化的重要组成部分，就是在作物种植和随后的作物管理过程中，通过限制使用机械耕作，限制对土壤的干扰，来保持土壤结构和有机物含量。

在保护性农业实践中，少耕或免耕的生产方法已经极大地改善了世界许多地方的土壤条件，减缓了土壤退化，提高了生产率。在每次播种前及作物生长期间，大多数农田不断进行耕犁，耙地或锄地。目的是为了消除杂草，增加土壤渗水性，并促进作物生长。但是，这种对表土不断的干扰会深埋土壤覆盖物，还可能会打破土壤结构的稳定性。此外，还会造成土壤硬化，导致生产率降低<sup>9</sup>。

**保护性农业对可持续集约化生产**的一个贡献就是，使土壤干扰最小化，保持土壤表层作物残留物的完整。保护性农业方法包括最小化（或带状）耕作，这种耕作只影响到播种田垄的土壤部分；还有免耕耕作法（也称零耕或直播），这种耕作法消除了对土壤的机械干扰，将作物直接种入上一轮耕种后就没有耕整过的苗床上<sup>3</sup>。

作物生产可持续集约化要考虑的另一个相关管理因素是农业动力和机械化的作用。在许多国家，集约化生产的一个重要限制就是缺少农业动力<sup>10</sup>。如果仅仅依靠体力劳动，平均一位农民所种植的食物可以满足另外三个人的需求。利用畜力牵引的话，可供养的人数能翻一番；而如果使用一辆拖拉机，这个数值能达到50人或更多<sup>11</sup>。适当的机械化可以提高作物生产中



的能源利用效率，增加可持续性，提高生产能力，减少给环境带来的有害影响<sup>12, 13</sup>。

与此同时，未来能源价格与供给的不确定性就意味着，需要采取措施减少对农业动力及能源的总体需求。与传统农业相比，保护性农业可将这些需求削减60%，这是因为它取消或大幅减少了大多数动力密集型的田间作业（如耕作），尤其是缓解了整地过程中劳动力与动力瓶颈的制约，极大降低了对设备、特别是对拖拉机数量与型号要求方面的投资（虽然保护性农业也要求对新型、适用的农业用具进行投资）。同样，如果进行小规模耕种的农民使用人工或者利用畜力牵引，也能实现能源节约。坦桑尼亚联合共和国的研究表明，在采用免耕的第四年，有覆盖作物的玉米地对劳动力的需求下降了一半多<sup>14</sup>。

## 潜在限制

**有**些农产区引入特定的作物生产可持续集约化措施后，产生了一些特殊问题。例如，在保护性农业措施下，缺乏降水可能会制约半湿润半干旱气候区内生物量的生产。这不仅会限制可收获作物的产量，还会限制可用作土壤覆盖物、饲料或者燃料的地表残留物的数量。不过，在最初几年的适应期里，虽然缺少残留物，但一般可通过放弃对土壤的耕作而实现节水，从而提高产量。在比较湿润的地区，植物养分缺乏通常被认为是一个限制因素，但通过提高土壤生物活性，可以增强磷和其他营养成分的长期供应<sup>7, 15</sup>。

通常认为，少耕或免耕方式并不适合土壤排水性能差或土壤紧实的农区，同样也不适合寒冷潮湿气候的重粘土区。在第一种情况里，如果排水性差是因为土层不能透水，超出了耕种设备的能力范围，那么就只有通过生物手段，如利用直根、蚯蚓、白蚁，来打破深层阻碍，帮助水渗透土壤。一直以来，这些生物措施都是在土壤干扰最小情况下实施的。在第二种情况

里，与耕犁过的土地相比，有地表覆盖物的土壤确实要更长时间回暖干燥。然而在加拿大和芬兰，农民们在非常寒冷的条件下成功地实践了免耕的生产方法。研究发现，在那些地区有覆盖物的土壤温度在冬季也不会下降太多<sup>13, 16</sup>。

对少耕或免耕方式的另一误解是，认为它们会增加对杀虫剂和除草剂的使用。在一些集约型生产系统中，同以耕犁为基础的农业相比较，综合使用免耕、地表覆盖与作物多样化的方法已经减少了对杀虫剂和除草剂的使用，不管是绝对用量还是每吨产出所用的有效用量<sup>12, 13</sup>。

利用小农的手工方式，综合的杂草管理方法可以取代除草剂。例如，自2005年坦桑尼亚联合共和国的卡拉图地区引入保护性农业后，农民们已经结束了耕犁和锄地的耕种方式，正在混种直播玉米、扁豆及木豆作物。该生产系统可以产出优质的地表覆盖物，便可直接通过手工完成杂草管理而不需借助除草剂。在一些年份，农田会轮种小麦。总体呈现良好结果，玉米产量从平均每公顷1吨增长为6吨。这种产量的大幅提高依靠的并不是农业化学制品的使用，而是通过使用牲畜粪肥作为土壤改良剂和肥料来实现的<sup>17</sup>。

广泛采用保护性农业的另一个潜在瓶颈是，缺乏合适的机器设备，如免耕播种机。对于发展中国家的小农来说通常很难获得这些设备。即使某些地方有售，它们的价格也往往要比普通设备昂贵得多，需要农民支付一笔相当可观的初期投资。通过推动建立生产投入供应链，发展本地设备制造业，以及在农民间推行承包服务或设备共享机制，来降低成本，这类瓶颈是可以被克服的。在印度河-恒河平原可以找到实践这些方法的优秀范例。在大多数小型农业的经营中，使用畜力牵引的免耕播种机能够满足甚至超越个别农民的需要。

## 促进节约与增长的耕作系统

当各种恰当、互有裨益的措施一起运用时，采用生态系统方法实现作物生产集约化的效果最好。即使不可能在同一时间内实施所有推荐的措施，但任何朝着这个目标的改进都值得鼓励。作物生产可持续集约化的原则能够很容易地与一些农作系统相融合，只要这些系统的特征与基于生态系统的方法有共同之处，或者这些系统通过运用类似的原则可以得到改良提高。

### 作物-家畜综合生产系统

发展中国家的小农大多采用作物-家畜综合生产系统。牧场具有重要的生态功能：其拥有相当比例的多年生牧草，而这些牧草能够以远远超过一年生作物的速度隔离并安全储存土壤里大量的碳。采用适当的管理，例如，替换养分输出；保持物种多样性；在土地用作放牧或收割期间，使土地得到充分的恢复，其储存能力还可以得到进一步提升。

传统农业系统中，适于作物耕种的土地与牧场之间存在明显的区分。而通

过运用作物生产可持续集约化方式，这种区分将不复存在。因为一年生作物可以与牧草轮种，却不会对耕地的土壤造成破坏性干预。这种“牧草与作物混播”模式在许多国家都取得了可喜的新进展。在澳大利亚，牧草与作物混播包括将燕麦这样的冬季作物直接种植在本地物种占主导地位的夏播牧草中。田间实验已经表明了这样做的益处：可以降低水涝、硝酸盐淋失及土壤侵蚀的风险<sup>18</sup>。

实践的创新在提供了一系列有价值的生态系统服务的同时，也通过利用作物、家畜及农林间作生产系统之间的协同作用，增强了经济和生态的可持续性。借助生物多样性的增加、有效的养分循环系统、土壤健康的改善，以及森林保护，

这些系统提高了环境的复原能力，也起到了适应和减缓气候变化的作用。通过优化生产投入，包括劳动力因素，这些系统不仅可以增加生计的多样性和有效性，还能提高应对经济压力的复原能力<sup>19</sup>。



苜蓿

## ▮ 可持续的稻麦生产系统

可持续的稻麦农业生产系统是由水稻小麦联盟率先在孟加拉国、印度、尼泊尔、巴基斯坦境内的印度河-恒河平原实践的，是国际农业研究磋商组织和各国国家农业研究中心提出的一项新计划，20世纪90年代开始实施，主要是为了应对作物生产能力进入停滞时期，土壤有机物不断流失以及地下水位下降问题<sup>20</sup>。

该系统包括利用拖拉机牵引的条播机，在水稻收割后播种小麦。这种条播机可以单程将种子直接播种在未经耕犁的农田里。最初，因为南亚地区并没有这种专门的农业机械，所以普及这种技术的关键便在于提升当地的生产制造能力，以供应当地人们买得起的免耕条播机。免耕小麦直接带来了显而易见的经济效益。它使提前种植成为可能，有助于控制杂草，并拥有巨大的资源保护效益，包括减少柴油和灌溉水的使用。每公顷成本估计可以节约52美元，主要是因为拖拉机使



小麦

用时间大大缩短，以及土地整理和小麦播种所耗燃料的大幅减少所致。

在180万公顷的印度河-恒河平原上，约有62万农民已经采用了这一生产方式，带来了180美元到340美元的户均收入。要把这种方法推广到其他地区，不仅要实地开展适应性的、参与广泛的研究开发活动，还需要建立起农民与技术供应者之间的联系，而最重要的是，要采取具有经济吸引力的干预措施<sup>21</sup>。

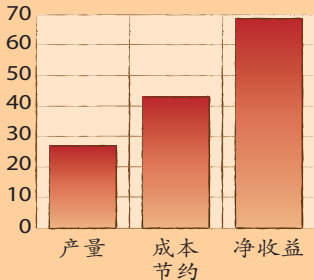


树苜蓿

## ▮ 农林复合经营系统

包括木本多年生植物及一年生作物栽培在内的农林复合经营系统，正越来越多地被应用到退化土地上，通常情况下是选择栽种多年生的豆科植物。保护性农业与农林复合经营系统还有其他一些林木作物系统结合在一起效果较好，而且无论是发达和发展中地区的农民们都以某种形式在实践着这种农业生产系统。通过加强作物的相关性（含豆科作物），以及与牲畜饲养间的联系

印度哈里亚纳邦免耕与传统耕作方式相比的资金优势  
(美元/公顷)



Erenstein, O. 2009. Adoption and impact of conservation agriculture based resource conserving technologies in South Asia. In: Proceedings of the 4th world congress on conservation agriculture, February 4-7, 2009, New Delhi, India. New Delhi, World Congress on Conservation Agriculture.

与结合, 这些系统可以得到进一步的提升<sup>22</sup>。间作是该领域的一个创新, 它为生产者提高了生产力, 带来了经济和环境效益。另一个例子是密度各异的“肥料树种”的利用, 它可增强生物固氮作用、保持土壤湿度、增加用于地表残留物的生物量产量(见第三章: 土壤健康)。

### ■ 纳米比亚的深松起垄机系统

纳米比亚北部的农民采用保护性农业做法种植耐旱作物, 包括小米、高粱和玉米。这种耕作系统使用拖拉机牵引的深松起垄机, 从硬土层向下深挖60厘米并起垄, 用于田间雨水收集。所收集的雨水集中在沿沟线种植的作物根部, 同时施用化肥和粪肥混合物。在第一年使用拖拉机建立这一系统, 而从第二年开始, 农民则利用畜力直播机将作物直接播种在沟线中。

作物残茬主要用作牲畜饲料, 但是这一系统产出的生物量日益增多, 可使部分残茬用于土壤覆盖。鼓励农民利用豆类作物实行轮作。这些技术使生长季节延长并改善土壤结构、肥力和墒情。玉米平均单产已从每公顷300公斤增至超过1.5吨。

### ■ 其他生产系统

有机耕作, 当与保护性农业实践相结合, 就可以改善土壤健康并提高其生产能力, 还可以提高有机物质的利用效率, 并节约能源。有机保护性农业生产系



玉米

统主要服务于利基市场, 巴西、德国、美国的部分地区正在实践这一做法, 非洲一些农民为维持生计也在尝试这一做法。轮垦, 需要清理林中空地作为作物生产用地, 而后被弃之不用, 由此进行自然更新造林, 恢复消耗掉的植物养分。尽管人们通常对轮垦持消极态度, 但经过改造, 可以使其遵循作物生产可持续集约化的原则。轮垦的选用者可以采用刀耕覆盖方式代替刀耕火种。利用这种方法, 作物的多样化的(包括豆科植物及多年生植物)就能减少对土地清理的需求。其他基于生态系统的方法, 如水稻集约化生产系统, 在某些特定环境下, 作为可持续集约化的一个重要内容也已证明是成功的<sup>23</sup>。


## 前进之路

**作**物生产可持续集约化的农业生产系统将建立在本章概述的三个核心技术原则基础上，并在采纳推荐的七大经营措施的基础上实施：最小化的土壤物理干扰，永久保有的土壤有机覆盖物，作物种类的多样化，使用经改良的高产优质品种，病虫害的综合治理，由健康土壤提供的植物养分，高效的水资源管理。同时，实现牧场、林木、牲畜生产系统的一体化，并充分、恰当地使用农业动力设备也是实现作物生产可持续集约化的重要组成部分。

当存在一个适宜的有利环境时，原有生产系统可以向着作物生产可持续集约化方式迅速转变。而在农民们面临着特殊的农业生态、社会经济或政策限制的地方，也包括缺少必要的设备时，这种生产方式的转变就会进行得比较缓慢。尽管短期内可获得一些经济效益和环境效益，但为了充分获得该生产方式所带来的收益，所有相关利益者都有必要在更长一段时间里保持投入。

对这些生产系统的实践过程和成果进行监控不可或缺。相关的社会经济指标包括农场利润、要素生产率、单位产出消耗的外部投入、参与实践可持续集约化生产系统的农民数量、土地覆盖状况，以及产量的稳定性。相关的生态系统服务指标有：适合的土壤有机质水平、集约型农区洁净水的供应状况、土壤侵蚀的缓解、农业景观内生物多样性和野生动植物的增加，以及碳足迹和温室气体排放的减少。

作物生产可持续集约化的生产系统属于知识密集型，因此学习和推广实施就比较复杂。对大多数农民、推广人员、研究者及政策制定者来说，这类生产系统是一种新的生产经营方法。因此，为了提高所有相关利益者的技能，迫切需要进行能力建设、提供学习机会(例如，通过农民田间学校)和技术支持。这将需要来自国际和地区两个层面的协同支持，以此来提升国家和地区机构的能力。高、中等的正规教育和教育培训机构需要升级他们的课程，应包括作物生产可持续集约化的原则和方法等教学内容。



第三章

# 土壤健康

农业必须重新审视土壤健康的重要性，利用天然植物营养，合理施用无机肥，切切实实回归本源。





**对**于农作物生产而言, 土壤是最根本的因素。没有土壤, 就不能大规模地生产粮食, 也无法饲养家畜。由于土壤资源有限且脆弱, 所以它是一种珍贵资源, 需要使用者给予特别护理。当前许多土壤和作物管理方式都不可持续。一种极端情况是, 在欧盟区由于过度使用化肥, 已经导致氮沉积, 这将威胁大约70%的自然可持续性<sup>1</sup>。另一种极端情况是, 在撒哈拉以南非洲的大部分地区, 化肥使用不足意味着随作物一起输出的土壤养分不能得以重新补充, 进而引起土壤退化, 导致产量减少。

目前的状况是怎么产生的呢? 主要原因是, 在过去的100年里, 世界人口增长了四倍, 这就需要从根本上改变土壤和作物的管理方式, 以生产更多的粮食。能做到这一点, 部分归功于无机肥的发展和大规模使用, 尤其是氮。因为对所有主要作物而言, 氮的供给是决定产量的最重要因素<sup>2-5</sup>。

在无机氮肥出现之前, 人们要花费几个世纪才能增加土壤中的氮储量<sup>6</sup>。相较而言, 绿色革命时期, 亚洲地区粮食产量激增的主要原因就是密集使用无机肥, 还有种质和灌溉技术的改进。1961至2002年间, 世界矿物肥料产量增加了近350%, 从3300万吨增至1.46亿吨<sup>7</sup>。近40年来, 无机肥使用带来了大约40%的粮食增产记录<sup>8</sup>。

化肥在对粮食生产做出贡献的同时, 也带来了巨大的环境成本。现在, 亚洲和欧洲每公顷土地的无机肥使用率是世界最高的。由于过度使用化肥, 他们还面临着一系列最严重的环境污染问题, 包括土壤和水质酸化, 地表和地下水资源污染, 影响极大的温室气体排放不断增加。目前在中国, 水稻、小麦、玉米的氮吸收有效率只有大约26%到28%, 而蔬菜作物的吸收率不足20%<sup>9</sup>。剩余部分则完全散失到环境中。

无机肥对环境的影响是一个管理问题。例如, 无机肥的用量要以随作物输出的数量为参照, 或者以使用的方法和时间作为参照。换句话说, 正是化肥使用的有效性, 尤其是氮和磷, 决定了土壤管理这个因素对作物来说是有利, 还是会对环境造成负面影响。

因此，目前面临的挑战是，要放弃现有不可持续的生产方式，转向土地营育的生产方式，为作物生产可持续集约化提供坚实的基础。很多国家都在呼吁针对土壤管理进行影响深远的变革。这里倡导的新方法都建立在粮农组织<sup>10-12</sup>和其他许多机构所进行的工作基础之上<sup>13-20</sup>，它重点关注的是土壤健康的管理。

## 土壤健康管理的原则

**土**壤健康定义为：“土壤作为一个生命系统具有的维持其功能的能力。健康的土壤能维持多样化的土壤生物群落，这些生物群落有助于控制植物病害、害虫以及杂草虫害；有助于与植物的根形成有益的共生关系；促进循环基本植物养分；通过对土壤持水能力和养分承载容量产生的积极影响，从而改善土壤结构，并最终提高作物产量<sup>21</sup>。”对于这一定义，还可以附加一种生态系统视角的观点：健康的土壤不会污染环境；相反，它还可以通过维持或增加自身的碳容量，为缓解气候变化做出贡献。

土壤是包含着地球上最富多样的生命有机体的集合体之一。这些有机体通过复杂的食物网紧密联系在一起。依据管理方式的不同，土壤可以是病态的，也可以是健康的。健康土壤有两大显著特征，一是拥有丰富多样的生物群，二是非生物土壤有机质含量高。对于生产性的作物种植而言，如果土壤有机质能增加或者维持在一个理想的水平，那么就可充分判定土壤是健康的。健康的土壤能抵抗土壤传播的虫害的爆发<sup>22</sup>。例如，寄生杂草独脚金（*Striga*）在健康土壤条件下远构不成问题。即使不是发生在土壤中的虫害所造成的损失，如玉米螟虫，在肥沃的土壤条件下也有所减少<sup>23</sup>。

热带地区土壤生物群的多样性比温带地区的土壤更为丰富<sup>24</sup>。由于在未来，热带地区的农业集约化发展速度将普遍提高，那里的农业生态系统特别会受到土壤退化的威胁。相比其他地区，热带地区任何生物多样性、甚至生态系统功能方面的损失都将给农

民的生计带来更加重大的影响, 因为就程度上而言, 他们更加依赖于这些系统和它们所提供的服务。

土壤生物群与有机、无机成分、空气及水分功能上的相互作用, 决定着土壤储存养分、水分并向植物释放它们的潜力, 也决定着土壤促进、维持植物生长的潜力。大量保留养分储备本身并不能保证土壤的高肥力和作物的高产。由于植物依靠养分溶解于水的形式, 吸收其中的大部分, 所以养分的输送和循环 - 或可通过自然界生物、化学或物理过程 - 是必要的。这些养分需要通过自由流动的水输送到植物根部。因此, 土壤结构是健康土壤的另一个重要组成部分, 因为它决定着土壤的持水量和植物根的深度。根的深度可能会受到一些物理限制, 如地下水位高, 遇到床岩或其它难以渗透的土层; 也可能会受到一些化学问题的影响, 如土壤酸度、土壤盐渍度或有毒物质等。

**缺乏植物生长所需要的15种养分中的任何一种, 都会限制作物产量。**为了实现更高的生产率, 满足当前和未来的食物需求, 在需要时必须确保土壤中这些养分的供给, 并且平衡使用有机肥和无机肥提供的养分量。在养分匮乏的地方, 及时提供“加强”肥料中的微量营养素也是提高作物养分的一个潜在来源。

作物生产系统中如果使用具有固氮作用的豆科植物和树木, 氮也可以进入土壤里(见第二章: 农业系统)。因为根部较深, 所以树木和一些可以改善土质的豆科植物能够吸收来自下层的养分, 不然这些养分就可能无法输送给作物。作物营养也可以通过其它生物的关联关系得到增强, 例如, 作物根部和土壤根菌间的生物作用, 就有助于木薯获取耗尽土壤中的磷。在这些生态系统方法不能为高产提供充足养分的地区, 集约化生产将依赖于合理而有效的使用无机肥。

将生态系统方法与合理使用无机肥相结合, 能够为可持续的土壤健康管理奠定坚实基础。在较少利用外部投入的情况下, 该系统能够增加更多产量。

## 促进节约与增长的技术

单一技术不可能完全解决不同地区出现的特有土壤健康问题和土壤肥力限制。但是，上面提出的土壤健康有效管理的基本原则，已在广泛的农业生态系统中和多样化的社会经济条件下成功得以应用。

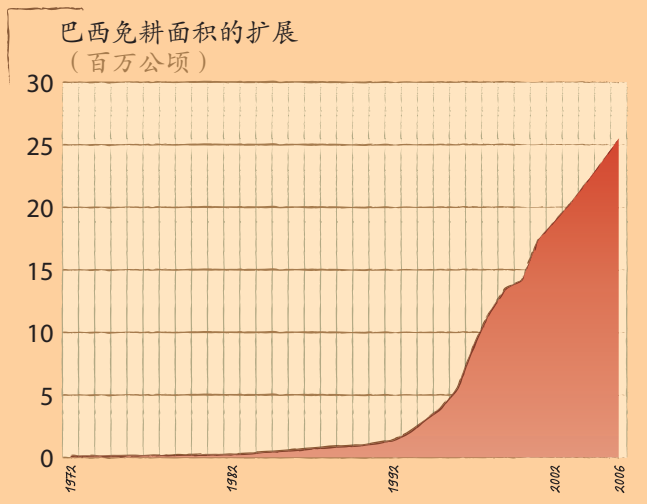
基于土壤健康管理原则，对世界不同地区进行的研究已经探索发现了一些“最佳”技术。下面的范例介绍了拥有良好可持续集约化生产潜力的作物管理系统。这些系统可以解决不同农业生态区域特殊的土壤肥力问题，也已为农民们所广泛采用。各合作伙伴国在制定政策时可把它们作为模板，从而制定出能够鼓励农民们采用这些技术的政策，并把它们作为可持续集约化的一部分。

### 增加拉美地区土地中的土壤有机物

氧化土和极育土是巴西赛拉多热带草原和亚马逊雨林地区的主要土壤类型，也广泛分布于非洲湿润森林地区。作为地球上最古老的土壤之一，这些土壤养分含量低且酸性强，主要是因为这种土壤保留表土层和底土层中养分的能力差，尤其是阳离子。此外，因为处于降水量较高的地区，如果地表没有植被保护的话，土壤极易受到侵蚀。

土地从自然植被转为农业用地后，需要特别注意将土壤有机物的损失降至最低。针对这些土壤设计出的管理系统，通过提供永久的土壤覆盖物，使用富碳物质的覆盖物，确保耕作最小化或者免耕土壤表层，目的是保护甚至是增加土壤中的有机质。这些措施都是作物生产可持续集约化方法的重要组成部分。

在拉丁美洲的许多地区，尤其是湿润和半湿润地区，这些方法很快为农民所采用，因为它们可以控制土壤侵蚀并通过减少劳动投入而降低成本。通过政府研究机构与推广服务机构、农民协会以及生产农业化学制品、种子和机械的私有公司之间的紧密合作，促进了这些方法的应用。免耕种植迅速得到了推广，现已覆



de Moraes Sá, J.C. 2010. No-till cropping system in Brazil: Its perspectives and new technologies to improve and develop. Presentation prepared for the International Conference on Agricultural Engineering, 6-8 September 2010, Clermont-Ferrand, France (<http://www.ageng2010.com/files/file-inline/J-C-M-SA.pdf>).

盖了巴西2600万公顷的氧化土和极育土。

### 采用生物固氮增加非洲稀树草原贫瘠土壤的氮含量

土壤中氮和磷的缺乏以及微量营养素(如锌和钼)的不足,严重限制了西非、东非、南部非洲稀树草原地区的作物产量<sup>17, 25</sup>。种植豆科作物和树木可以固定大气中的氮,该方法与无机磷肥结合使用,已经在热带土壤生物学和肥力研究所、世界混农林业中心及国际热带农业研究所组织进行的农田评估中呈现出非常满意的效果。

在肯尼亚,将无机肥施用与双用途的粮豆类(如大豆)相结合,并和玉米一同进行间作、轮作,使玉米产量增加了140%到300%<sup>17</sup>,还使作物系统中出现了氮的正平衡。双用途的粮豆类根茎在产生大量生物质的同时,也获得了比较理想的谷物产量<sup>26</sup>。非洲东部和南部的几个农业社区已经采用了这一方法。这个方法还有附加优势,可以帮助农民对付独脚金(*Striga*),即用某些大豆栽培品种充当“诱虫作物”,当杂草通常的寄主、玉米或高粱还没有出现时,它们就可以迫使独脚金(*Striga*)的种子发芽<sup>10, 27</sup>。

在非洲东部和南部,因为利用豆科乔木和灌木改良了休耕地,缺氮的玉米耕作系统已经变得更加多产。一些物种,如印度田菁(*Sesbania sesban*)、西非灰

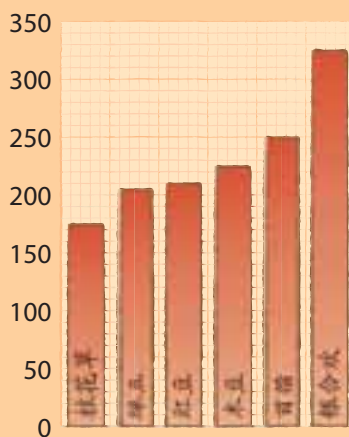
毛豆(*Tephrosia vogelii*)和狭叶猪屎豆(*Crotalaria ochroleuca*),在六个月到两年的时间里,可以在叶子和根部积累起大约100千克到200千克的氮,其中三分之二来自于固氮作用。随着后续施用无机肥,这些改良后的休耕地可以为玉米作物提供足够连种三茬的氮,也使得作物产量是那些未休耕生产系统作物产量的四倍。

研究表明,一个拥有作物休耕轮作制度和高价值树种的完整混农林业系统,可以在20年内使农场的碳储量增加三倍<sup>28</sup>。这一系统非常成功,目前在肯尼亚、马拉维、莫桑比克、乌干达、坦桑尼亚联合共和国、赞比亚和津巴布韦,数以万计的农民们正在改造这种组合技术,以适应当地的具体情况。



印度田菁

各种豆类的平均固氮量  
(公斤氮/公顷/年)



FAO. 1984. Legume inoculants and their use. Rome.



金合欢

### 非洲萨赫勒的常绿农业

非洲相思树 (*Faidherbia albida*) 是萨赫勒地区农业系统的自然组成部分。由于这种树木不会与粮食作物竞争阳光、养分和水资源，所以能和粮食作物和睦共处。事实上在雨季，这种树木富含氮的叶子就会飘落，不仅可以为作物提供了保护性的覆盖物，还可以作为它们的天然肥料。赞比亚的保护农业组织报告，生长在相思树附近未施肥的玉米每公顷产量4.1吨，而生长在离树较近、但在树荫之外的玉米产量则

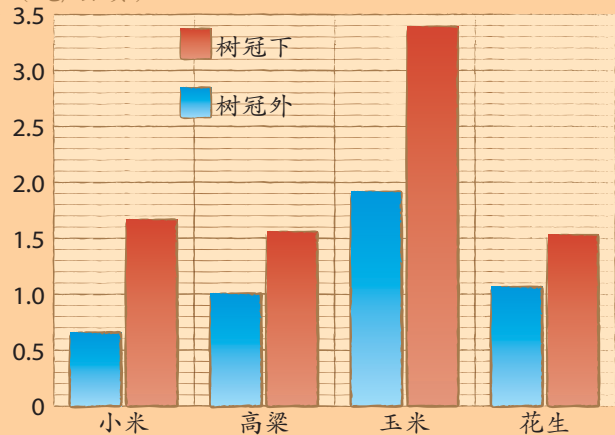
为1.3吨<sup>29</sup>。目前，赞比亚超过16万的农民将粮食作物和相思树一起种植在30万公顷的土地上。在马拉维，人们也看到了类似令人满意的结果。那里生长在相思树附近的玉米产量几乎是生长在相思树覆盖范围之外的玉米产量的三倍多。在尼日尔，目前以相思树为基础的混农林系统已覆盖了480多万公顷的土地，由此提高了小米和高粱的产量。布基纳法索数以千计的旱作小型农耕区也正在向这些“常绿”农业生产系统转变。

### 孟加拉国水稻的“尿素深置法”

在整个亚洲，农民们对水稻施用氮肥。插秧前，他们会向湿润的土壤和积水里播撒一遍尿素基肥，然后在插秧之后的几个星期里直到开花期，追施一次或多次尿素。这种实践的农艺和经济效率低，且对环境有害。水稻作物只吸收了所施肥料的三分之一左右<sup>30</sup>，大多数则残留下来，通过挥发和地表水流散失到空气中。只有一小部分留在了土壤里，为后来种植的作物提供养分。

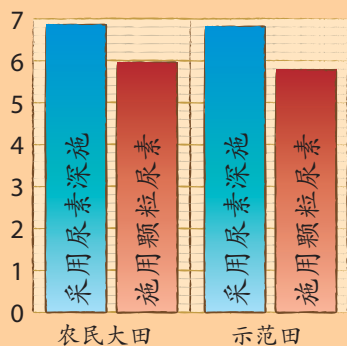
一种减少氮损失的方法是压缩颗粒尿素，使之形成大颗粒尿素。它可以深插在作物间7厘米至10厘米处的土壤中，也就是通常所说的尿素深层施肥 (UDP) 技术<sup>31-35</sup>。这种实践使植物的氮吸收率翻了一番，减少了进入空气和地表水流中的氮损失，并使农田平均产量提高了18%。在孟

相思树 (*Faidherbia albida*) 树冠下和树冠外作物单产 (吨/公顷)



FAO. 1999. Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa, by J.-M. Boffa. Rome.

2010年孟加拉国使用颗粒尿素和尿素深施(UDP)\*的稻谷平均单产(吨/公顷)



\* 数据采自301块农民大田和76块示范田

IFDC. 2010. Improved livelihood for Sidr-affected rice farmers (ILSAFARM). Quarterly report submitted to USAID-Bangladesh, No. 388-A-00-09-00004-00. Muscle Shoals, USA.

孟加拉国全境, 国际肥料开发中心和美国国际开发署都在帮助小自耕农采用尿素深层施肥技术, 目标是在五年内推广到200万农民使用<sup>36</sup>。目前这一技术在孟加拉国推广迅速, 另外还有15个国家正在研究审查这项技术, 其中主要是撒哈拉以南非洲国家。孟加拉国用于生产大颗粒尿素的机械由当地制造, 售价在1500美元到2000美元之间。

## 集约化水稻的精准养分管理

国际水稻研究所和它的合作伙伴国为实现水稻高度集约化生产开发了这项精准养分管理技术。精准养分管理技术是一个复杂的知识系统, 重点关注于将水稻单一种植收成提高到两倍或三倍。亚洲8个主要灌溉水稻区域180个站点的试验结果发现, 这一技术可以使氮的使用效率提高30%到40%, 这主要得益于氮管理技术的改进。所有站点和连续四茬的水稻作物收益平均增加了12%。

在中国的几个省份, 精准养分管理技术减少了农民施用氮肥量的三分之一, 同时产量提高了5%<sup>37</sup>。在中国华北平原, 氮肥的精准管理策略能使摄氮效率提高近370%<sup>9</sup>。由于水稻集约化生产系统中氮肥的平均植物回收效率仅约30%, 所以已取得的这些显著成就为减少水稻生产对环境的负面影响做出了重大贡献。为了促使农民广泛采用这一复杂的精准养分管理技术, 人们正在对其进行简化。



水稻

## 前进之路

为了改善目前的土地耕作实践，并为成功实施作物生产可持续集约化提供一个坚实的基础，需要采取以下行动。实施的责任依赖于各合作伙伴国，粮农组织和其他国际机构也会给予支持。

制定国家法令实现土地合理耕作。政策支持框架应该旨在鼓励农民采用基于土壤健康的可持续农业系统。实施和监控最佳实践措施需要领导作用，并促使小农和他们的社区积极参与。政府必须做好准备，去调整那些引起土壤退化或给环境造成严重威胁的农业生产方式。


监控土壤健康。政策制定者和国家环境管理机构需要有核查农耕措施影响的方法和工具。尽管监测土壤健康是一项极具挑战性的任务<sup>38</sup>，但全球、地区及国家各层面都在进行努力的尝试<sup>39</sup>。发达国家监控农业生产影响的技术已经取得了很大的进展，而在许多发展中国家则刚刚起步。粮农组织和它的合作伙伴已经开发出一系列用于进行评估和监控的方法和工具<sup>40</sup>。对近期和长期发展的核心土地质量指标要求应该加以区分<sup>41</sup>。优先考虑的重要指标包括土壤有机物含量、养分平衡、产量差异、土地使用集约程度和多样性，以及地表覆盖物。尚需考虑的指标有土壤质量，土地退化及农业生物多样性。

能力建设。土壤健康管理属于知识密集型，广泛应用它需要通过针对推广人员和农民的培训项目进行能力建设。研究者的能力水平也应当在国家和国际两个层面上得到提升，从而为支持作物生产可持续集约化背景下更高层次的土壤管理提供更多必要的知识<sup>42</sup>。政策制定者们应当探索一些新方法，如支持一些团体进行适应性的合作研究，这种合作研究可以为国家研究机构提供技术支持和在职培训，还能将研究成果转化为适用于小农生产者的实践指南。国家开展农田研究的能力必须得到加强，例如通过更好地利用生态系统模式，重点关注如何应对时间和空间的变异性问题。



传播信息和交流成效。任何土壤健康管理方式的大规模实施都需要广泛提供支持性信息, 尤其是通过农民和推广人员均熟悉的渠道。考虑到土壤健康在作物生产可持续集约化中具有十分重要的地位, 信息的传播途径不应局限于国家发行的报纸和广播节目, 还应包括现代信息通讯技术, 如手机、互联网, 这些方式能够使年轻一代的农民更有效地接触到信息。





#### 第四章

## 作物与品种

农民需要基因多样化的改良作物品种组合，以适应不同的农业生态系统和农业实践活动，还要适应气候变化。



**作**物生产可持续集约化需要更适应于生态为基础的生产方式的作物和品种，而不是现有的那些为高投入农业所培育的作物及品种。有针对性的使用外部投入要求植物拥有更高的生产率，能更有效地利用养分和水分，拥有更强的抵抗病虫害的能力，更加耐旱、耐涝、耐寒、耐高温。作物生产可持续集约化要求的品种要能适应于条件较不理想的区域和相对落后的生产体系，要能生产出具有较高营养价值和口感好的粮食，并有助于改善生态系统提供的服务。

这些新型的作物及品种将被应用于日益多样化的生产系统，而其中与之相联系的农业生物多样性，如牲畜、授粉媒介、害虫天敌、土壤生物及固氮树，也很重要。适合作物生产可持续集约化的品种要能适应不断变化的生产实践和农业系统（见第二章），以及病虫害的综合治理（见第六章）。

**作物生产可持续集约化的实施**将与适应气候变化结合起来，包括由其引起的降雨在时间、频率、数量上的变化，引发某些地区出现严重干旱、另一些地区发生的严重洪涝。极端天气发生的频率很可能增加，随之会导致土壤侵蚀、土地退化和生物多样性丧失。为适应气候变化所需要具备的许多特性与作物生产可持续集约化的要求相近。遗传多样性的增加将提高系统的适应能力，同时，对生物和非生物胁迫抵抗能力的增强也会提高耕作系统的恢复能力。

实现作物生产可持续集约化不单意味着开发利用一系列的新品种，还包括在拓宽作物品种范围的同时，不断增加品种组合的多样化，但目前很多作物品种还没有引起公共或私人植物育种者的关注。农民还需要把这些作物品种应用于不同生产系统中的方法和机会。这就是为什么说植物遗传资源管理、作物与品种的开发利用、给农民提供合适且优质的种子和种植材料是作物生产可持续集约化重要基础的原因所在。

## 原则，概念和限制

**能**为农民提供高产、适宜品种的系统包括三个部分：植物遗传资源的分布和保护，品种培育及种子生产和供给。这三个部分联系得越紧密，整个系统就运行得越顺畅<sup>1</sup>。品种培育需要经过保护和改良的材料，而新品种的产生速度则需要满足日益变化的需求和要求。至关重要的是，要及时地向农民提供价位合理、数量合适、品质良好、适应性好的材料。为了使系统更好地运作，还需要有一个适合的体制框架，以及能支持框架各组成部分并把它们联系在一起的政策与措施。

植物遗传资源的保护性改良（迁地，就地和农田），以及向不同用户提供种质能力的增强，都依赖于国际、国家和地方各层面的协同努力。目前世界范围的基因库保存了大约740万种的种质。除此之外，国家计划及农民还对传统品种和野生近缘作物进行就地保护，公共及私营部门也通过育种项目保护相关材料<sup>2</sup>。国家强有力的把增强范围更广的种间与种内多样性的可获性和扩大分布相结合的保护计划，将对作物生产可持续集约化的顺利实施起到至关重要的作用。

**技术、政策及制度问题**会影响作物改良计划的成效。品种的前育种需要有广泛、多样化的材料。现今，分子遗传学和其他生物技术已广泛地用于国家和私营部门的育种计划，并成为实现作物生产可持续集约化育种目标的重要基础<sup>3</sup>。政策和监管层面不仅需要包括品种的推广，还应包括提供知识产权保护、种子法和遗传利用限制技术。

只有改良品种的优质种子通过有效的良种繁育和供给系统到达农民手中，植物遗传资源保护和植物育种的成效才能得到体现。对育种计划中的新型材料进行品种测试后，需要迅速推广早世代良种繁育的最佳品种。在把种子卖给农民之前，接下来必不可少的阶段是获得种子生产认证及国家种子服务机构认可的质量保证。公共和私营部门都应该支持这个价值链，并且

在可能的情况下,当地的种子企业应生产经过认证的种子并销售给农民。

世界各地的小农生产者仍然高度依赖于自留种,且几乎没有机会接触到商业育种系统。在一些国家,70%以上的种子,甚至是主要作物的种子,都是由农民育种系统经营的。在适应作物生产可持续集约化材料的供给中,正式育种系统和自留育种系统都将成为其必要的组成部分。为支持作物生产可持续集约化而采取的各种措施和方法,都需要考虑农民育种系统的运作方式,通过壮大该系统,向种植者增加供应新的材料。

确保植物遗传资源和种子供应系统不同组成部分能够应对作物生产可持续集约化所带来的挑战,需要有一个有效的政策和法规框架、合理的制度、持续的能力建设计划,还有最重要的是,农民的参与。同样,一个旨在提供信息、新技术及材料的强有力的研究计划也很重要。理想状况下,该计划将反映农民的知识 and 经验,加强不同地区农民和研究人员之间的联系,并满足作物生产可持续集约化系统不断变化的需求。

## 促进节约与增长的办法

### ► 加强植物遗传资源的保护及利用

植物遗传资源 - 作物、品种、野生近缘种种间及种内的多样性，对农业发展和粮食及其他农产品数量与质量的提高至关重要。传统品种及野生近缘作物的基因是绿色革命的核心所在，它提供了具有半矮秆特性的现代小麦和水稻品种，并使作物拥有了抵抗主要病虫害的能力。

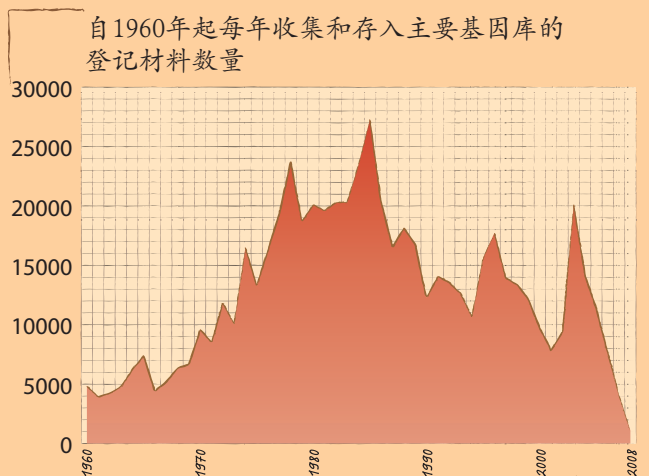
能否顺利实施作物生产可持续集约化，将取决于能否以一种先进且有效的方式来利用植物遗传资源。然而，地方品种及作物野生近缘种的基因在新品种培育过程中的决定性作用，使之不亚于全世界日益增加的对多样性丧失、以及需要对其实施有效保护的重视程度<sup>4</sup>。国际社会对植物遗传资源的认可在2009年举行的世界粮食安全首脑会议的结论中、由120多个国家签订的《粮食和农业植物遗传资源国际条约》

中<sup>5</sup>、以及在《生物多样性公约》的战略目标中都有体现<sup>6</sup>。

在为实现可持续集约化而推动利用植物遗传资源的进程中，国际范围的行动将发挥根本性作用。国际条约、全球农作物多样化信托基金及《生物多样性公约》的农业生物多样性工作计划都重点加强了植物遗传资源保护和可持续利用的国际框架。一个能为作物生产可持续集约化提供支持的全球体系正在形成。由于大量作物生产可持续集约化所需的多样性可能保存于其他一些国家，或者保存于国际农业研究磋商组织的国际基因库，因此各国参与国际计划就十分重要。

发展中国家需要通过适当的立法来全面落实《粮食和农业植物遗传资源国际条约》的规定，从而完善他们的国家植物遗传资源计划。相关实施准则已制定完毕<sup>7</sup>，条约秘书处、国际生物多样性组织、粮农组织现在正在就约15个国家相互合作实施的相关事宜进行磋商。实施经过修订的“粮食和农业植物遗传资源全球行动计划”，以及《粮食和农业植物遗传资源国际条约》关于农民权益的第九条款，都会对建立落实作物生产可持续集约化的国家实施框架做出重要的贡献。

为实行可持续集约化战略，各国需要了解作物物种及其野生



FAO. 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome.



近缘种多样性的分布及数量<sup>8</sup>。绘制及定位受到气候变化威胁的多样性的技术已有所改进。在亚美尼亚、玻利维亚、马达加斯加、斯里兰卡和乌兹别克斯坦由全球环境基金支持的一个重大项目已经实施, 并试验了改善作物野生近缘种保护和利用的不同途径。有项目开发、实施的区域和物种保护管理计划, 明确了为保护有用的多样性而采取的气候变化管理措施, 利用根据保护及工作优先级确认的新材料, 启动实施了植物育种计划<sup>9</sup>。

集约化需要大量增加种质资源及优良品种选育项目。在《粮食和农业植物遗传资源国际条约》框架下获取及利益共享的多边机制提供了必要的国际框架, 即使已考虑到了多样性对作物生产可持续集约化的重要性增加, 但它还可能需要扩展比目前条约附件一中所包含的更多的作物数量<sup>10</sup>。在技术方面, 一些方法可以用来鉴定大集合的有用材料, 如目前还在发展中的集中种质资源鉴定计划。基因材料的迁移还

要求植物检疫能力和技术的改进, 以及基因库配送能力的提高。

对国家及地方各级基因库收集的综合鉴定与评价, 以及在评价潜在有用材料过程中农民的参与, 都对改善植物遗传资源利用做出了重要贡献。有效的利用还需要有强有力的研究及



香蕉

前育种计划。“全球植物育种行动计划”正在编写一本有关前育种的指南, 以期有助于提高这方面的能力。然而, 归根结底, 国家和私营育种部门都需要支持国家农业科研能力的提高, 并针对作物生产可持续集约化开设一些有关保护及植物育种的大学课程。



野生小麦

## ► 开发利用改良后的适应品种

可持续集约化要求作物品种要能适应不同的农业措施，适应不同农业生态系统中农民的需求，还要适应气候变化影响。主要特征包括：更加耐高温、耐旱、耐寒，投入使用效率提高，抗病虫害能力增强。而这将需要利用更为多样的育种材料培育出更多的品种来实现。

由于新品种需要经过许多年才能培育出来，因此育种计划必须是稳定的，有胜任的人员和足够的资金。公共部门和私营育种企业都将在开发利用这些作物品种中发挥重要作用。其中，公共部门通常关注重要的主要作物，而私营部门会更加关注经济作物。这个系统越开放、越具有活力，就越有可能开发出所需的新材料。

大量增加对前育种和育种研究的公共投入是向前迈进的重要一步。作物生产可持续集约化需要开发新的材料，重新界定育种目标和实践，并采用群体育种的方法。一些性能，如生产的恢复力及稳定性，应是固有的而不需依赖于外部投入。

要传统的公共或私营育种项目提供所有需要的新型植物材料，或生产出最合适的品种，

尤其是一些需要稀缺资源的小宗作物，是不太可能做到的事情。参与式植物育种可以帮助填补这一空白。

例如，国际干旱地区农业研究中心（ICARDA）与阿拉伯叙利亚共和国及中东和北非其他国家合作实施了一项参与式大麦育种计划，旨在维持高水平多样性并培育出能够在降雨非常有限（每年不足300毫米）的条件下获得高产的改良材料。农民参与大麦亲本材料的甄选和实地评估。在叙利亚，这项计划已使产量得到明显提高，大麦品种的抗干旱能力亦显著增强<sup>11</sup>。

为了支持新品种的培育，并保证公共和私营部门的植物育种能得到足够的回报，需要制定相关的政策和法规。然而，与目前国际植物新品种保护联盟框架下的以专利为基础的程序或协议相比，它们可能需要更加开放和灵活。适应作物生产可持续集约化要求品种具有的均质性和稳定性，可能与国际植物新品种保护联盟框架下现行的要求不同，也可能与《粮食和农业植物遗传资源国际条约》中明确的农民权益不一致，需要进行认定。最重要的是，政策和法规必须支持适应作物生产可持续集约化材料的快速推出；许多国家耗费了过多的时间在新品种的审批阶段上。

在许多国家，支持品种开发及推广的体制框架比较薄弱。大学和其他的培训项目需要进行调整，以给大量的植物育种者及育



大麦

种研究者提供培训,帮助他们将农作物改良措施应用到作物生产可持续集约化当中。农民需要更充分地参与到育种目标的确定和筛选过程中去。推广服务也需要加强,以满足农民提出的需求,并为新品种的培育提供合理、实际的指导。

### 提高种子生产和供给能力

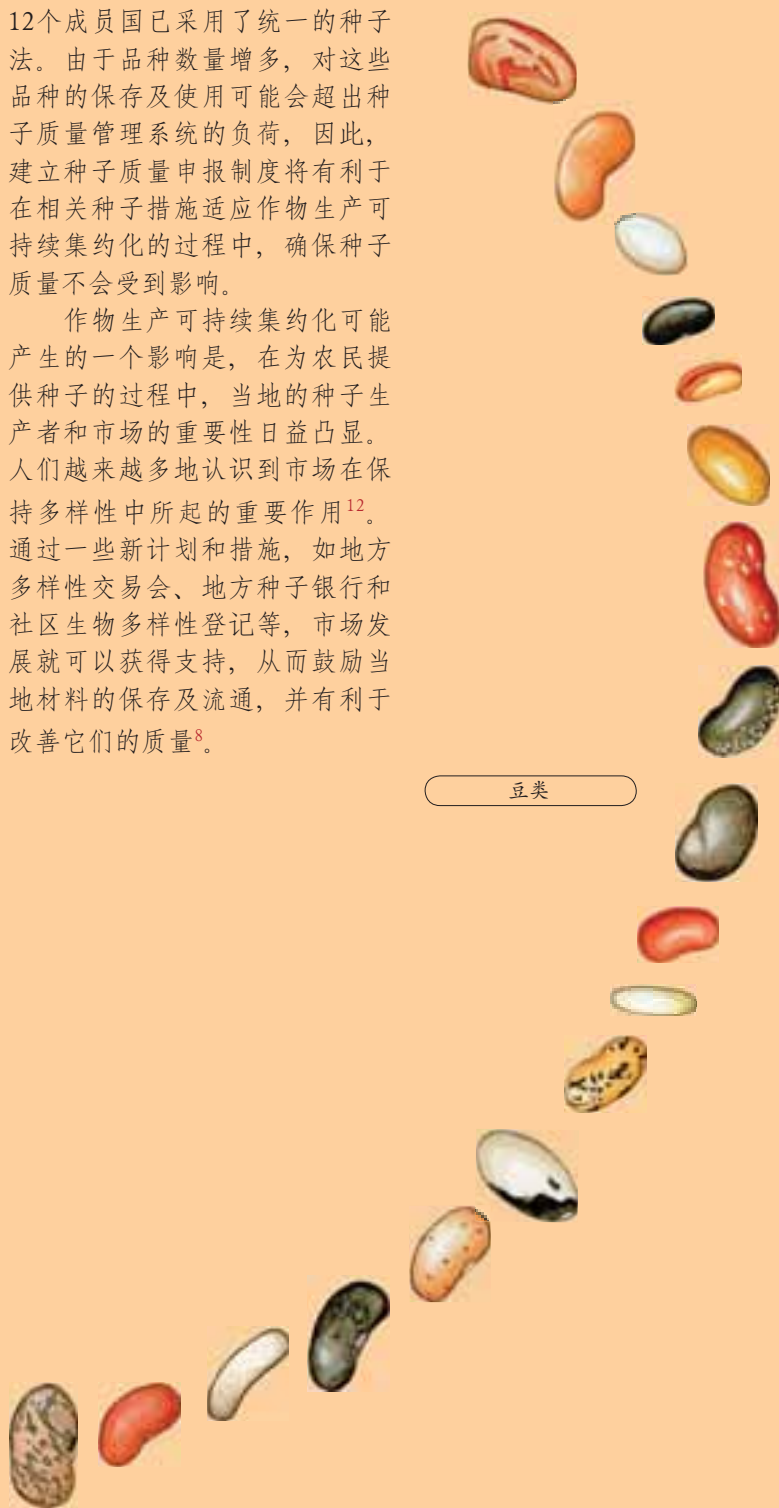
规划作物生产可持续集约化项目时的一个关键问题是,要明确国家种子系统的地位及其增加提供给农民改良优质品种种子的能力。首先需要做的是,通过与所有重要利益相关方的协商,制定出适宜的种子政策以及有关品种推广的法规。

政策应该提供一个框架,以更好地促进公共及私营部门的合作,还需制定一个促进种子产业发展的行动计划,从而满足农民对优质种子的需求。在许多发展中国家,政策也需要明确农民的自留种是繁殖材料的主要来源。由于当地的种子企业将在作物生产可持续集约化中发挥重要作用,所以他们创造一个有利的环境是非常必要的。行动计划应指出部门中存在的差距与不足,还需要提出主要解决措施。

种子的生产及运输也要求对政策框架进行改进。由于法律法规应当支持新种植材料的迅速推广,支持新品种从一个地区向另一个地区的转移,所以各国立法上的协调统一就显得十分重要。例如,西非国家经济共同体的

12个成员国已采用了统一的种子法。由于品种数量增多,对这些品种的保存及使用可能会超出种子质量管理体系的负荷,因此,建立种子质量申报制度将有利于在相关种子措施适应作物生产可持续集约化的过程中,确保种子质量不会受到影响。

作物生产可持续集约化可能产生的一个影响是,在为农民提供种子的过程中,当地的种子生产者和市场的重要性日益凸显。人们越来越多地认识到市场在保持多样性中所起的重要作用<sup>12</sup>。通过一些新计划和措施,如地方多样性交易会、地方种子银行和社区生物多样性登记等,市场发展就可以获得支持,从而鼓励当地材料的保存及流通,并有利于改善它们的质量<sup>8</sup>。



## 前进之路


**在**技术、政策及体制方面采取措施有助于确保植物遗传资源和种子供给系统有效运作，支持作物生产可持续集约化的实施。虽然这些措施涉及的机构、运作的规模并不相同，但它们之间依然需要相互协调才能发挥最大的作用。建议措施包括：

- ▶ 加强植物遗传资源保护与植物育种多样性利用之间的联系，特别是在更广泛的作物范围内，通过加强对作物生产可持续集约化相关特性的总结和评估，给予前育种和群体改良更多的支持，加强保护及选育相关机构之间的紧密合作。
- ▶ 在保护、作物改良和种子供应中提高农民的参与性，以支持取得更多的多样性材料，确保新品种适合农民的实践和经验，加强植物遗传资源的实地保护和壮大农民种子供应系统。
- ▶ 完善有关品种开发利用和推广，以及种子供应方面的政策和立法，包括国家落实《粮食和农业植物遗传资源国际条约》中的规定，制定灵活的品种推广法，制定或修订种子政策和种子法。
- ▶ 加强能力建设，通过培养新一代技能娴熟的专门人才，促进育种技术的改进，与农民一起探索作物品种有利于促进集约化生产顺利进行的途径。
- ▶ 振兴公共部门，加强其在开发新作物品种中的作用。通过创造有利于种子部门发展的环境，确保农民掌握使用新材料所需要的相关知识。
- ▶ 支持地方、私营部门种子生产企业的兴起，通过整合的方式将生产者组织与市场 and 资本增值联系在一起。
- ▶ 协调与作物生产可持续集约化其他重要组成部分之间的联系，如适当的农艺措施、水土管理、病虫害综合治理、信贷和销售。

以上许多措施已被很多国家及机构所采用。目前的挑战是要分享经验，以经过试验确认的最佳措施为依靠，着重研究使

其适应满足作物生产可持续集约化具体目标和实践的途径。这样就可以确保, 可持续集约化要求的多样性和基因库及农民田地中现有的多样性, 都能高效、有效、及时地利用起来。





第五章

# 水管理

可持续集约化需要更合理、更精确的灌溉技术，也需要利用生态系统方法节约用水的耕作方式。





**作**物生长是在一系列水管理制度框架下进行的，包括从简单的土壤耕作，到增加降雨入渗，再到先进的灌溉技术和管理。全球预计14亿公顷的耕地中，约有80%是雨养地，其产出约占全球农业总产出的60%<sup>1</sup>。在雨育条件下，水管理会利用雨水随机偏离“路径”，增加根部区域的水分效应，从而尝试控制作物的供水量。然而，水的应用时机仍然受降雨模式支配，而不是农民。

世界耕地中约有20%属于灌溉地，其产出占农业总产出的40%左右<sup>1</sup>。这一生产力水平是高种植密度和高平均单产相结合的产物。通过控制作物用水的数量和时间，灌溉推动和促进了集中投入，提高了土地生产率。农民通过给作物施水来稳定和提高产量，并增加每年作物的种植数量。从全球来看，灌溉产量比旱作产量高2到3倍。因此，可靠和灵活的供水对于高价值、高投入的耕作系统至关重要。然而，经济风险也大于投入较低的旱作系统。灌溉亦会给环境造成不利后果，包括土壤盐渍化和含水层受硝酸盐污染。

**对水的竞争性需求和环境保护**的需要带来了日益增长的压力，这就意味着农业必须实现“低灌高产”，同时减少对环境的影响。这是一个巨大的挑战，它意味着针对作物生产可持续集约化的水管理需要预先考虑并满足更先进、更精准农业的要求。还需要农业的水管理要从经济、社会和环境的角度，更好地阐释其用水方式。

不同的生产系统由不同的外部需求推动，因而，可持续集约化的发展前景也大不相同。然而在一般情况下，无论是雨养地或是灌溉地，集约化作物生产的可持续性都将取决于生态系统方法的应用，如保护性农业以及其他重要措施，包括使用高产品种和优质种子以及进行病虫害综合治理。

## 雨养种植系统

**雨**养系统下种植的许多作物品种通过改良就能利用储存在根区的水分。该系统还可以进一步得到改善，如在轮作时使用深根作物，使作物适应后形成更强的深根习性，增加土壤蓄水能力，利用有机覆盖物改善渗水能力，减少水蒸发。还有相邻未耕地径流的获取也能延长土壤供给水分的时间。雨养农业生产率的提高，很大程度上依赖于从作物管理的各个方面改善耕种。如虫害和土壤养分供应缺乏等一些因素，比水分供给本身更能影响产量<sup>2, 3</sup>。简化耕作、使用有机物覆盖、利用天然和人工的生物多样性（详见第二章：农业系统）原则是改善耕种的根本途径。

因此，在雨养条件下实施作物生产可持续集约化的适用范围将取决于对生态系统方法的使用。这些方法能使根区最大限度地存储水分。虽然这些方法可以促进集约化，但生产系统仍然受制于变幻莫测的降雨，气候变化也会增加作物生产的风险。事实上，在雨养农业中制定能有效适应气候变化的战略比其他任何地方都更迫切<sup>4</sup>。

为此，还需要采取一些其他措施来减少农民的风险厌恶。这些措施包括提高对季度、年度的降雨、水供应量及洪水管理预测的准确性，在减缓气候变化影响的同时，在不久的将来提高生产系统的恢复能力。更细致的水管理干预措施可能会减少生产风险，但并不一定会促进雨养生产的进一步集约化。例如，一些雨养种植系统转型为低投入的补充灌溉系统，目的是能使处在关键生长期的作物渡过短暂的干旱期<sup>5</sup>，但这也仍然依赖于降水的强度和ación，因此存在适用范围。

包括在耕种区域利用田基储水在内的农田径流管理，已在过渡气候区，如地中海地区和萨赫勒部分地带，得到了成功应用，延长了每次降水后土壤保持水分的时间。田外径流管理，包括地面水流汇聚进入浅层地下水或农民管理的蓄水地，则允许

有少量的补充灌溉。但是当这些干预行动大范围实施时, 会影响到下游水用户和整个流域的水分平衡。

在技术方面, 拓展使用有利于环境及土壤水分保持效果的生态系统方法, 往往取决于农业机械化水平, 而这也是为利用降雨所需的因素。像机会性径流农业这样较为简单的技术, 固有风险依旧存在, 尤其是在更不稳定的降雨体系下。而这些简单的技术依然属于劳动密集型生产。

在国家层面, 政策制定者需要准确评估雨养生产和灌溉生产的相应作用。如果雨养生产可以通过增加土壤蓄水量而保持稳定, 就需要认真识别和界定这种情况发生的自然条件和社会经济条件。在大规模雨养系统中实施作物生产可持续集约化需要低强度的投资, 在完全灌溉系统中需要高强度的本地投资, 这两者各自的优点需要在社会经济层面结合发展目标认真进行评估。

在体制方面, 要为依赖于雨养农业的农民重组和加强咨询服务, 还要继续努力推动实施小型生产者的作物保险。需要深入分析降雨模式和土壤水分亏缺, 从而稳定在气候变化影响下现有雨养系统的生产。

## 灌溉种植系统

**全**球配有灌溉系统的土地面积目前总计3亿多公顷<sup>6</sup>, 由于某些作物是一年二熟或三熟, 所以实际收获面积预计更大。亚洲的灌溉发展较为迅速, 大约8000万公顷农田进行水稻生产, 平均每公顷产出5吨(与之相比, 5400万公顷雨养低地的水稻平均每公顷产出2.3吨)。相较而言, 非洲的灌溉农业只占耕地面积的4%, 主要原因是财政投资不足。

灌溉是实施集约化的一个常用平台, 因为它提供了一个集中投入的地方。然而, 这种可持续集约化的实施将取决于取水位置

还有生态系统方法的应用，如土壤保护、品种改良和病虫害综合治理，而它们都是作物生产可持续集约化实施的基础。灌溉分布的均匀程度和利用效率因输水技术、土壤类型和坡度（最重要的是它的渗透性）、管理水平而不同。

地面灌溉，包括畦灌、盆灌或沟灌，通常会比喷灌（如淋灌、滴灌、滴灌带）的效率低，且不够均匀。在土地灌溉效果不佳的情况下，微灌一直被视作固定的应对技术，用以节水。尽管它的资金成本高，但越来越多发达国家和发展中国家的商业园艺师还是采用了这种技术。

亏缺灌溉和其变型如调亏灌溉经常应用于果树的商业化种植和一些在关键生长期极易受到水分胁迫影响的田间作物。调亏灌溉往往与微灌和“灌溉施肥”结合使用，“灌溉施肥”，是在微灌中直接向植物根系最发达的区域施肥。中国已经把这种方法运用于更加简单的沟灌。从减少供水而言，这种方法的益处显而易见，但是这只有在供水十分可靠的情况下才能实现。

**以知识为基础的精准化灌溉**可以为农民提供灵活可靠的用水方式，因此将会成为作物生产可持续集约化的一个重要平台。通过使用固定喷水器和微灌，包括利用土壤水分遥感技术和作物冠层温度来确定农田不同部分所施的灌溉深度，进行了自动化系统的试验。对园艺和田间作物来说，利用灌溉水进行精准化灌溉和精准施肥在未来都可能成为现实，只是目前还存在一些潜在的漏洞。最近的计算机模拟表明，盐害控制是影响园艺业可持续性的一个重要因素。

农业灌溉的经济状况问题比较突出。喷水器和微灌技术的使用，以及地面灌溉的自动化配置，都需要长期的资本开支和运营预算。喷雨枪对大面积覆盖式喷灌来说，是资金需要最少的选项之一，但运营成本往往很高。其他喷灌系统需要的资金成本高，如果没有生产补贴的支持，不适合小农生产者的耕作系统。

由于设计、维护和管理方面存在不足,许多公共灌溉系统提供的服务不很理想。通过制度改革,将提供灌溉服务从更广泛的水资源监督和管理中分离出来,灌溉系统及其管理的现代化都将具有相当好的发展空间。

排水系统是灌溉的一个重要补充,尤其是在地下水位高、土壤受盐渍化约束情况下,但往往被忽视。为了提高生产率和灌溉系统的可持续性,确保对农业投入的良好管理,需要增加排水系统的投入。然而,增加排水系统会加大污染物流出的风险,有可能导致水道和相邻水生生态系统的退化。

保护性种植,主要在遮荫棚中进行,在包括中国和印度在内的许多国家日益普及,主要是用于水果、蔬菜和花卉的生产。从长远来看,结合使用常规灌溉或水培、雾培法,高集约度的封闭循环生产系统将会变得日趋普及,尤其是在市场广阔和水资源日趋紧缺的城市周边地区。

用水进行灌溉会减少河道内流量,改变汛期,并滋生危害,如造成有毒藻类大量繁殖。次生影响包括盐碱化、营养物及农药对河道、水体的污染。灌溉系统还存在一些其它需要权衡利弊的环境问题,如较之旱地土壤,稻田能隔离较多的有机物,使得硝酸盐径流减少,一氧化二氮( $N_2O$ )的排放量较低。然而,与此相对的是,甲烷排放量却相对较高(占全球排放量的3%~10%),氨排放量也同样较高。

作物在正常情况下只吸收它所获得灌溉水的50%以下,而且位于全流域或超载流域内的灌溉系统效率又较低。用会计术语来说,有必要区分有多少水属于有益性消耗,有多少水是非生产性消耗。作物的有益性消耗-蒸散量,是灌溉的目的:理想状态下,蒸腾作用包括了所有的水分消耗,而土壤和水面的蒸发损耗为零。通过减少非生产性的蒸发损耗来提高水分生产力的做法具有一定的潜力。

因此，提高流域水分生产力的重点在于，要使无益消耗最小化<sup>7</sup>。然而，农业水分消耗的增加对下游的影响并不是公平的：有证据表明，在印度半岛的一些地区，由于“改良后的”上游集水区大面积集水，下游河流的年径流量大幅减少<sup>8</sup>。

水管理是使农田氮素损失和流失最小化的关键因素。在自由排水的土壤中，硝化作用部分中断，造成了 $N_2O$ 的排放，而在饱和（缺氧）情况下，铵化合物和尿素部分转化为氨，尤其是在水稻种植中。因此，像氨和 $N_2O$ 会在灌溉的干湿周期循环中释放一样，尿素也会在大气中损耗掉。氮需要以硝酸盐的形式为根区吸收，但是氮也能容易地通过溶解而移动到别处。目前，正在开发许多能适用于不同情况的保护性缓释复合肥料（见第三章：土壤健康）。

磷酸盐在排水渠及水道流动和转移的动态变化情况较为复杂。如果在沟灌中采用侵蚀性流速，或者含钠土壤扩散，灌溉系统中就会出现农业中的磷酸盐流失。磷酸盐比硝酸盐稍容易被位于农田两端和沿河的缓冲带困住，防止其流入水道中。因此，将良好的灌溉管理、尾水的循环再利用，以及磷酸盐更好地渗入土壤中相结合，就能将灌溉地的磷酸盐流失减少至接近于零的水平。

集约化灌溉农业的可持续性，有赖于使非农外部性降至最低，如盐碱化和污染物排放，还有赖于维护土壤健康和作物生长条件。这应该成为农业实践、技术和决策的首要关注点，同时也需要加强流域和集水区水消耗的核算，更加合理地进行水分配，还需要更好地了解不同生产系统之间水文的相互作用。

## 促进节约与增长的办法

### ▶ 非洲萨赫勒地区的雨水收集<sup>9</sup>

在非洲萨赫勒地区，传统和创新型雨水收集系统种类繁多。在尼日尔半干旱地区，小农利用种植坑收集雨水并恢复退化的土地，用来种植小米和高粱。这项技术改善了沙质和壤质土壤的入渗能力，增加养分供应，使单产大幅提升，改善了土壤覆盖，减少了下游洪涝。种植坑由人工挖掘，直径20-30厘米，深20-25厘米，间距约1米。掘出的土堆成小垄，以便最大限度收集雨水和径流。如果条件许可，每隔一年在所有种植坑内施放粪肥。雨季到来时将种子直接播种在坑中，每年要将坑中的淤泥和沙石清除一次。一般情况下，施肥后第二年的作物产量最高。

在埃塞俄比亚东部，农民利用临时修建的石坝或土堤拦截季节性河流、道路和山坡的洪水和径流。截获的水通过长达2000米的人工渠输送到高值菜田或果园。采用这种方式的好处包括，从第四年开始总产值提高400%，土壤水分和肥力得到改善，而且减少了下游的洪涝。



珍珠粟

### ▶ 实现高产和最大净利润的非充分灌溉<sup>10</sup>

高产品种及最佳供水、土壤肥力和作物保护有助于实现最高作物产能。然而，有限的供水同样能让农作物获得好收成。采用非充分灌溉方式，供水量低于作物的全部需求，在对水分要求相对较低的生长期容许轻度亏水。预期减产幅度有限，而好处则是将节省的水用来灌溉其他作物。但采用非充分灌溉需要了解土壤水分和盐分收支，并非非常熟悉作物习性，因为作物对水分胁迫的反应差异很大。

对中国华北平原冬小麦生产进行的一项为期六年的研究表明，通过在不同生长阶段采用非充分灌溉可以节约用水25%或更多。在正常年份，灌溉两次（而不是通常的四次），每次60毫米即可使产量达到可接受的较高水平并使利润最大化。在巴基斯坦旁遮普邦，就非充分灌溉对小麦和棉花生产的长期影响开展的研究显示，在仅满足60%的作物总蒸发蒸腾量时，产量减幅达15%。该项研究突出表明了坚持淋洗做法以避免土壤盐渍化长期风险的重要性。在印度进行的有关灌溉花生的研究中，通过对播种后20-45天的营养阶段实行短时土



棉花

壤水分亏缺，产量和水的产能得到提高。在营养生长阶段采用水分胁迫方法会有利于根系生长，可促进深层土壤水的有效利用。与草本作物相比，果树的节水潜力更大。在澳大利亚东南部，有系统开展果树亏缺灌溉，使水的产能增加60%，水果质量提高，产量无损失。

### 雨养旱地的补充灌溉<sup>11, 12</sup>

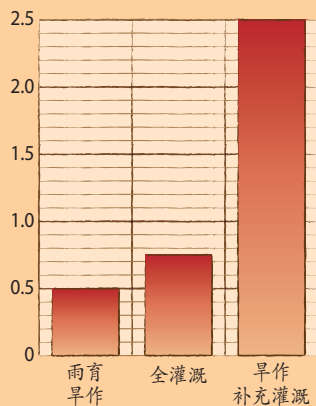
在干旱地区，靠天吃饭的农民利用补充灌溉可以增加谷物产量，这就需要收集雨水径流，并将其储存在池塘、水槽或小水坝内，以便在作物的关键生长阶段备用。补充灌溉的一大好处是使早期种植成为可能，即在旱作农业中，播种日期需要根据降雨来确定，但补充灌溉则能够在选定的具体日期进行播种，从而大大提高生产力。例如，在地中海国家，11月播种的小麦作物通常比1月份播中的作物产量更高，水和氮肥的效用更好。

在北非和西亚干旱地区，雨水的平均水分生产率大约为每立方米水0.35至1公斤小麦。国际干旱地区农业研究中心发现，通过实施补充灌溉和良好管理规范，同样数量的水可以多生产2.5公斤的粮食。产量的提高主要归功于少量的水在减轻严重缺水状况中的有效性。

在阿拉伯叙利亚共和国，补充灌溉促使每公顷平均产量从1.2吨增至3吨。在摩洛哥，50毫米的补充灌溉帮助早播小麦实现平均单产从4.6吨增加到5.8公吨，水的生产率提高50%。在伊朗，一次补充灌溉就能使大麦产量从每公顷2.2吨增至3.4吨。

倘若与改良品种和土壤及养分良好管理相结合，可以通过有意让农作物保持一定程度的缺水状态，从而使补充灌溉得到进一步优化。在叙利亚北部，农民对麦田仅使用全部补充灌溉用水量的一半，这使他们的种植面积增加了一倍，最大限度地提高了单

小麦生产中水的产能  
(公斤谷物/立方米)



ICARDA. 2006. AARINENA water use efficiency network - Proceedings of the expert consultation meeting, 26-27 November 2006. Aleppo, Syria.



位水的生产率, 并使总产量增长三分之一。

### ■ 供水系统的多种用途<sup>13</sup>

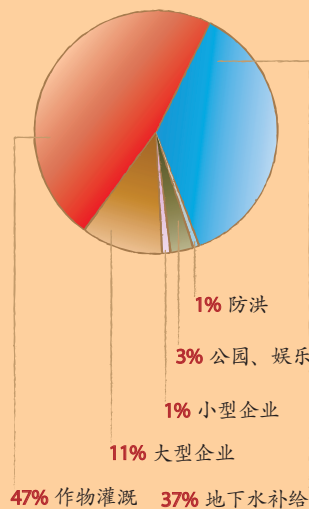
除作物生产用水之外, 灌溉系统和基础设施亦能够提供包括家庭、畜牧生产和发电用水以及运输渠道在内的多项服务。粮农组织对20项灌溉工程所作的分析表明, 非作物用水和灌溉工程在大多数情况下都具有多种功能。

例如, 在中国山西省的汾河灌区, 传统灌溉的价值要低于相关行业的价值, 如水产养殖、木材种植园和防洪。该地区的基础设施建于1950年, 包括两个水库、三座引水坝和五条干渠。近年来, 山西全省面临日益严重的干旱、洪涝和水污染, 以及工业和家庭用户对水源的竞争。缺水状况导致作物地表灌溉目前仅限于冬季小麦和玉米作物。因此, 许多农民已经从主粮生产转为集约化的经济作物生产, 主要利用地下水, 而且控制区面积已由过去的86000公顷减少了约50%。在这一较小范围内, 灌区对黄河水源的分配具有更多服务功能: 生



产性服务, 如作物灌溉、水产养殖、发电、木材种植和工业供水; 便利设施, 包括防洪、地下水补给和森林公园。这种方式既实现了用水的集约化又发挥了环境保护功能。

中国汾河灌区灌溉水的利用  
(百分比)



FAO. 2010. Mapping systems and service for multiple uses in Fenhe irrigation district, Shanxi Province, China. Rome.

## 前进之路

**灌**溉地的可持续农业，也包括雨养和改良后的雨养生产系统，需要在土地利用上做出取舍，从最广泛的意义上说要在共享水资源和维持生态系统服务方面进行取舍。而这些取舍已经变得日益复杂，但却具有重大的社会、经济和政治意义。

整体管理土地和水资源分配将极大地影响作物生产可持续集约化灌溉的长期投资规模，特别是考虑到与灌溉生产有关的资本和投入成本都较高的情况下。来自环境服务和优美环境、以及其他经济部门对水的竞争性需求将持续增长。农业水管理将要应对每公顷耕地灌溉用水减少的局面，也必须将农田污染成本内部化。

在政策方面，由于农村人口外流和城市化加速，很多国家的农业性质正在发生变化。政策激励的重点放在最紧迫的环境外部性方面，同时发挥利益对个体农民的驱动作用，就会有很大的希望成功。


例如，如果在某地，农用化学品造成的河流、水生生态系统污染已达到危急关头，就可以颁布对危险化学品的禁令，并同时采取措施提高化肥价格，向农民提供关于使用剂量比例的客观建议，消除导致过度施肥的不当激励因素。跟进措施可能会在“要求或建议”层面促进管理水平的提高，并通过适度使用外部投入，寻求各种途径提高生产率。在这种情况下，需要加大公共投资来改善对生态系统状况的监测。

在未来，灌溉施肥技术（包括液体肥料的使用）、调亏灌溉和废水重复利用将更好地纳入到灌溉系统中。尽管一项新技术引入到灌溉耕作系统中，需要很高的初始进入成本，还需要有运行和维护的制度安排，但精准化灌溉现已在全球范围内使用。在存在利基市场的地方，如园艺，发展中国家的农民已在采用低水头滴灌装置。此外，塑料栽培对廉价的塑料模压制品

和塑料薄膜的需求也很有可能扩大。然而，大范围地使用其他技术，如太阳能技术或避免污染技术，都将需要监管措施的支持和对制定政策的有效遵循。

灌溉投资管理上的一些缺陷会导致在融资上的金融违规行为，产生管理和运作上的寻租，还会引起负责向农民提供灌溉服务的各机构之间的不协调。所以需要采用创新的方法，来完善那些促进农业水利发展的制度框架，同时注意保护环境。利用和学习地方制度发展中的新计划和措施，控制集约化的外部性，减少或避免交易成本方面，依然具有很大的潜力。解决之道很可能是知识富集型而非技术密集型。





## 第六章

# 植物保护

农药在灭杀有害生物的同时也消灭了其天敌，因此农药的过量施用会给农民、消费者和环境造成危害。第一道防线便是一个健康的农业生态系统。



**植**物虫害通常被认为是影响作物产量的一个外在诱因。这是一种错误的看法，因为在大多数情况下，农业生态系统中出现害虫是自然现象。害虫及伴随物种，如害虫天敌、寄生生物、传粉者、竞争者和分解者，都是与作物相关的农业生物多样性的组成部分，对生态系统功能的发挥起到很大作用。害虫数量猛增或虫灾爆发通常会因害虫自然调控过程遭到破坏而发生。

由于农业集约化生产会导致提供给作物害虫的食物增加，因此虫害治理策略必然要成为作物生产可持续集约化不可或缺的重要组成部分。然而，虫害治理策略也需要对农药给健康和环境带来风险问题的担忧做出回应。因此，利用生态系统方法来解决因实施作物生产可持续集约化而造成的潜在虫害问题是十分重要的。

尽管大量害虫每时每刻都潜在地存在于每片农田中，但一些常规措施，如作物监控和定点控制措施，通常都能够控制虫害危机。事实上，针对某种害虫的全面清剿会减少该害虫天敌的食物供给，同时削弱系统恢复力的某个关键因素的作用。因此，目标应该是将害虫数量控制在某一水平，使得自然捕食作用处于平衡状态，同时将因虫害造成的作物损失控制在可接受的最小范围内。

当这种方法效果有限时，为应对那些可感知的威胁，农民通常对作物采取更多的保护措施。每一位农民治理害虫的对策都是以他/她的个人目标和经验为基础。有些人会采取劳动密集型控制措施，而更多的人会求助于农药。2010年，全世界的农药销售额预计超过400亿美元。除草剂占有最大的市场份额，而在过去的十年中，杀虫剂所占份额减少，杀真菌剂份额增长<sup>1</sup>。

作为一种控制手段，对农药的过度依赖损害了自然作物生态系统的平衡。拟寄生物和捕食者的数量因此受到扰乱，从而

引起次生虫害的爆发。农药的过度使用也加剧了害虫抗药性的恶性循环，这又导致农药开发利用的投资进一步增加，但虫害造成的作物损失几乎没有改观，目前基本与50年前相当，估计在30%到40%左右<sup>2</sup>。由此造成的后果是，由于农药使用不当而引起虫灾爆发次数增加<sup>3</sup>。

农药的过度使用也会给农民带来严重的健康风险，同时对环境造成负面影响，有时还会影响作物产量。通常，实际上只有不到1%的施用农药能够进入目标害虫体内，剩余的则会造成空气、土壤和水源污染<sup>4</sup>。

消费者对于残留在食物中的农药越来越担忧。快速城市化带来了城市和城市周边地区园艺的发展，而这些地方的农药使用更加突出，其过度施用已越来越难为大众所接受。在农业社区中，有详细关于职业性接触农药所带来严重后果的事例记载，这提高了对农业从业者权益和福利的社会敏感性。

**国内、国际贸易中更加严格的标准**反映了公众的关注程度。零售商和大型连锁超市已经签署了更加严格的有关工人福利、食品安全、产品溯源和环境要求的规范。然而，农药规范和管理不力继续削弱为扩大和保持基于生态的虫害治理策略而做出的努力。这是因为对农药的强力营销使得人们通常认为，农药是控制虫害最为价廉、快捷的选择。

如果农民能更深入的了解生态系统的功能和动态变化，并且认识到害虫作为农业生物多样性不可或缺一部分的作用，他们就会受益良多。政策制定者通常会收到有关作物虫害的复杂信息，如果他们对作物生态系统中害虫和疾病的真正影响有更深入的认识，也会从中受益。



## 病虫害综合治理

过去的50年中,病虫害综合治理已经成为、并依然是世界领先的植物保护综合战略。自上世纪60年代首次出现开始,该战略便始终建立在生态学、生态系统理念和保持生态系统功能的目标基础之上<sup>5-7</sup>。

病虫害综合治理主张,农业中抵御病虫害的第一道、也是最重要的防线是要有一个健康的农业生态系统。在这个系统中,支撑生产的生物过程受到了保护、得到了促进和加强。强化这些过程可以增加产量,提高可持续性,同时减少投入成本。在集约化生产方式中,生产的环境因素对病虫害有效管理成功的可能性产生影响,它们包括:

- ▶ 采用生态系统方法的土壤管理,如用护盖物覆盖的方式,就可以为害虫的天敌提供庇护所。增加土壤有机物能为各种害虫和植物疾病的天敌提供多种食物来源,并且在作物循环早期阶段增加害虫调控的群体数量。解决特定的土壤问题,如盐水入侵,可以降低作物对水稻螟虫等害虫的易感染性。
- ▶ 水分胁迫会增加作物感染疾病的几率。一些有害生物,尤其是水稻中的杂草,可以通过在生产系统中进行更好的水管理得到控制。
- ▶ 防止作物变种是控制植物病害和许多虫害的根本。如果寄主植物抗性的基因基础太薄弱,脆弱性就会显现。
- ▶ 作物的时间、空间安排影响害虫和天敌数量的变化,也影响依赖授粉媒介的园艺作物的授粉程度。与对其他益虫的影响一样,减少农药的施用或增加农场里的生物多样性都可以提高植物的授粉水平。

作为基于生态系统的战略,病虫害综合治理在世界农业发展中已取得了一些显著的成绩。如今,大规模的政府病虫害综合治理项目在60多个国家中开展起来,包括在巴西、中国、印度和大多数发达国家。一个普遍的科学共识是,病虫害综合治理可服务于作物生产可持续集约化<sup>8</sup>,并为保护性的作物生产可

持续集约化实施提供基础，而这也为近期国际农业科技发展评估机构所强调。以下是可持续集约化项目设计中使用病虫害综合治理的基本原则。

- ▶ 利用生态系统方法预先作好解决集约型作物生产中潜在虫害问题的准备。生产系统应该利用各种方法，如使用多样的抗虫害作物品种，实行轮作、间作，优化种植时间，进行杂草管理。为了减少损失，管理策略应该利用害虫捕食者、寄生者和竞争者中的有利物种，配合使用生物农药，有选择地使用低风险的合成农药。提高农民的知识和技术还需要进行投资。
- ▶ 在有可靠证据表明严重疫情威胁发生的情况下，实施应急计划。这需要对种子系统进行投资以支持使用抵抗性品种，利用休耕期来阻止害虫种群繁殖进入下一个季节。需要有选择地使用农药，同时进行充分的监管调节，还要准备具体的宣传沟通活动。
- ▶ 在问题出现时，分析疫情爆发的根本原因，并据此制定相应的策略。问题或许是各种因素共同作用的结果，当根源出在集约化措施时，例如，种植密度不合理或杂草草种因耕作而散开，就需要改变这些做法。面对蝗虫等害虫入侵时，在源头采用生物控制或病害抑制方法是比较有效的。
- ▶ 确定生产受到威胁的程度，以进行规模适宜的疫情防控行动或活动。超过10%的作物面积遭受侵扰（非损失）时属于虫害爆发，需要有一个快速的政策反应。但是，虫害风险往往被高估，而作物在某种程度上又能从生理上抵消虫害的侵害。因此反应需要准确。
- ▶ 实时监视跟踪疫情变化，并调整行动。用于监控植物虫害的地理坐标定位系统利用固定地点采集的数据，同时使用流动调查数据、绘图及分析工具。

## 促进节约与增长的办法

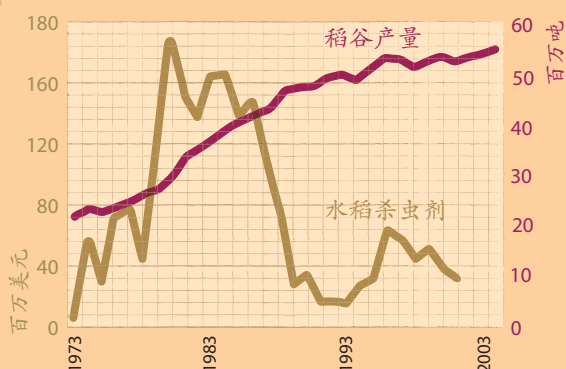
在各类种植系统中, 生态系统方法为许多大规模虫害治理战略的成功实施做出了贡献。例如:

### 减少水稻中杀虫剂的使用

在集约化生产方式下, 大多数热带水稻作物不需要使用杀虫剂<sup>9</sup>。通过使用改良品种、化肥和灌溉技术, 水稻产量已从每公顷3吨增加至每公顷6吨。1988年至2005年<sup>10</sup>, 印度尼西亚大幅削减

了水稻生产中杀虫剂的支出。然而在过去的五年中, 随着廉价杀虫剂增多、对农民教育及基于田地的生态研究资助的减少, 使得杀虫剂的使用又达到了一个新的高峰, 随后虫害便大规模爆发, 尤其是在东南亚地区<sup>11</sup>。

印度尼西亚稻米产量和农药支出的变化情况



Gallagher, K.D., Kenmore, P.E. & Sogawa, K. 1994. Judicial use of insecticides deter planthopper outbreaks and extend the life of resistant varieties in Southeast Asian rice. In R.F. Denno & T.J. Perfect, eds. *Planthoppers: Their ecology and management*, pp. 599-614.

Oudejans, J.H.M. 1999. Studies on IPM policy in SE Asia: Two centuries of plant protection in Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Wageningen Agricultural University Papers 99.1*. Wageningen, the Netherlands.

Watkins, S. 2003. The world market for crop protection products in rice. *Agrow Report*. London, PJB Publications.

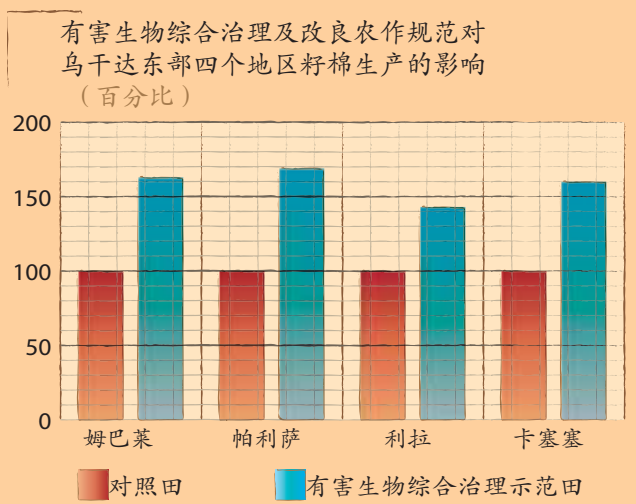
### 对木薯虫害的生物控制

在木薯起源中心拉丁美洲, 害虫数量通常处在良好的自然调控之下。然而, 如果杀虫剂使用不当, 或作物及害虫被迁移到另一个有效天敌缺失的区域, 如非洲或亚洲, 害虫就会造成严重的损失。由国际热带农业研究所倡导实施的一项生物控制行动, 成功地控制住了撒哈拉以南非洲大部分地区的木薯绿蚜和水蜡虫。

这一成功的控制由来自拉丁美洲的天敌实现, 19世纪80年代在非洲曾得到过广泛使用, 如今正被引入到亚洲<sup>12, 13</sup>。



木薯



Hillocks, R., Orr, A., Riches, C. & Russell, D. 2006. Promotion of IPM for smallholder cotton in Uganda. DFID Crop Protection Programme, Final Technical Report, Project R8403. Kent, UK, Natural Resources Institute, University of Greenwich.

### 棉花虫害的天敌

棉花生产系统中, 害虫的天敌种群多种多样, 也包括普通的捕食者。它们可通过自然控制的方式完全抑制刺吸性害虫, 如白蝴蝶和叶蝉。作物生长周期中, 棉花对这些害虫的抵抗力会有所变化, 控制阈值也会随作物生长阶段和存在的天敌数量变化而不同。在病虫害综合治理系统中, 棉花周围交错种植的各类作物发挥着重要的作用, 因为邻近作物如果是甜瓜和西红柿, 就可能会成为害虫来源, 而如果是饲料作物, 如苜蓿 (alfalfa), 则可以成为害虫的天敌。此外, 由转基因苏力菌棉花 (Bt Cotton) 带给寄主植物的有效抗性, 已大幅减少了杀虫剂的使用<sup>14</sup>。

### 对抗柑橘病的生态系统方法

传统上, 中国和越南的农民依靠对蚂蚁的控制来防止柑橘树木免遭各类虫害。近段时间, 澳大利亚、厄立特里亚、以色列和美国由于过度使用杀虫剂喷液, 扰乱了自然发生的生物控制, 导致柑橘病害爆发。虽然“黄龙病” (HLB) 还没有找到好的解决方法, 但一些生态系统方法已经缓解了感染的影响, 它们包括母树认证程序, 在安全的防虫网室内进行地理隔离的苗圃生产。在商品性种植园中, 使用化学杀虫剂控制害虫载体, 而且如果适用, 还可利用生物控制手段或与番石榴等防虫植物进行间作。同时还要移走受感染树木, 以减少黄龙病传染源<sup>15, 16</sup>。



柑橘

## 西红柿病毒病的控制

在过去的10到15年中, 由白蝴蝶数量过多引起的病毒性疾病流行困扰着西非的西红柿生产, 严重降低了产量。在一些情况下, 西红柿种植不再经济可行。一个拥有多个合作伙伴的国际公私研究合作组织帮助马里实施了一个病虫害综合治理项目, 包括地域广泛的清除受感染寄主植物的行动, 然后种植高产早熟品种, 通过多种努力保持环境卫生, 在收获后移走、销毁西红柿和椒类植物。该项目对新型早熟抗病品种进行筛选评价, 对白蝴蝶数量及病害发生实行月度监控, 以此评估控制措施的效果。结果是, 近期西红柿产量达到了15年中的最高值<sup>17</sup>。

上述范例表明了集约型生产系统中可采用各种手段来抑制或避免植物虫害的发生:

- ▶ **虫害。**重要的是要保护捕食者、寄生者和有益病原体, 避免二次害虫发生。还要调节作物营养水平来降低害虫繁殖, 采用抗病品种, 有选择地使用杀虫剂。
- ▶ **植物病害。**重要的是要组织种子系统供给清洁的种植材料, 采用抗病能力持久的品种。使用清洁灌溉水有助于保证病原体不会四处扩散, 同时作物轮作也有利于抑制病原体, 促进土壤和植根



番茄

健康。农民需要调控植物害虫的对抗者, 以加强生物控制。

- ▶ **杂草。**杂草管理要求适时、有选择地采取以下措施: 人工杂草控制、轮作和作物覆盖、最小化耕作、间作, 以及化肥控制, 包括有机改良剂。在有针对性、有选择的控制措施中可以使用除草剂, 同时要对其进行管理, 以防杂草抗药性增加。

## 前进之路

许多国家和农民依旧采取“一切照旧”的害虫管理方法，这就限制了他们实现作物生产可持续集约化的潜力。改进农业生态系统管理有助于避免当地虫灾的爆发，有效地应对害虫入侵，减少杀虫剂对于人类健康和环境的危害。改良生态系统虫害控制的切入点包括：

- ▶ 某种主要病虫害爆发威胁到粮食安全；
- ▶ 农产品中农药残留高引起的对食品安全的担忧；
- ▶ 环境污染或人类中毒事件的发生；
- ▶ 有益物种遭受严重损失，如传粉昆虫或野鸟等；
- ▶ 农药管理不善，如过期农药储备扩散。

每种情况下，都需要有一个可持续的、不会产生不良副作用的虫害控制战略。当采用病虫害综合治理控制住一个确认的国家性或地区性虫害问题后，政策制定者和科技人员通常对这个方法的接受程度就会大大提高，且更愿意对政策和制度做出必要的调整，会长期支持它。这些调整可能包括取消农药补助，加强农药法规执行力度，鼓励当地生产中的病虫害综合治理投入，如修建自然捕食者的养虫室。

各国在产品注册过程中应优先考虑危害较小的农药，还应确保在充分收集生态信息的基础上做出决策，决定由谁在何种情况下使用或销售哪种农药。最后一点，印度于1994年率先实行的农药使用费或农药税，可能会用于资助开发其他虫害管理措施，并为之实施提供补贴。

在本地、地区或国家范围内，政策制定者可以通过病虫害综合治理项目支持作物生产可持续集约化。然而他们应该意识到，利用病虫害综合治理技术有效地成功实践虫害管理，最终依靠的还是农民。在控制病虫害时，是农民做出了关键性的防治决定。政策手段包括：

## 对包括病虫害爆发在内紧急事件的不同认知

认知	“一切照旧”	生态系统方法
紧急情况	▶ 虫灾突然爆发, 情况严重	▶ 农业生态系统功能损害, 导致严重虫害爆发
指标	▶ 虫害高发 ▶ 可见的作物损害 ▶ 产量损失, 农民收入减少	▶ 害虫种群年龄结构变化 ▶ 出现对杀虫剂的抗药性, 次生虫害反常爆发 ▶ 杀虫剂使用呈螺旋式上升 ▶ 产量损失, 农民收入减少
起因	▶ 对杀虫剂的抗药性 ▶ 新害虫出现 ▶ 杀虫剂供应不足 ▶ 天气条件	▶ 杀虫剂使用过量 ▶ 作物管理不善 ▶ 天气条件 ▶ 新害虫出现
应对	▶ 提供更多或不同的杀虫剂	▶ 分析害虫问题的起因, 制订农业生态系统功能恢复战略, 重整机构能力, 指导恢复工作 ▶ 避免提供拖延问题的解决方法 ▶ 通过人力资本投资, 提高病虫害综合治理能力


- ▶ 为农民提供技术支持和推广帮助, 采用基于生态考虑的管理措施, 开发和改进技术, 将其拥有的本土知识、社会学习网络和条件考虑在内。
- ▶ 在一些领域进行有针对性地研究, 如寄主植物对病虫害的抗性, 实际监控和检查方法, 田间虫害管理的创新方法, 以及有选择性地使用农药 (包括生物杀虫剂) 和生物控制。
- ▶ 规范私营部门, 包括建立有效的农药登记和供销管理系统 (尤其是《国际农药供销与使用行为守则》所规定的部分)。
- ▶ 取消不当补贴, 例如农药价格或运输补助, 不必要的农药储备 (这可能会鼓励使用农药) 和农药特惠关税。

大规模采用生态系统方法可以为小型地方企业提供机会。生态虫害治理措施的广泛实施可以增加很多需求，包括贸易监测工具，生物控制媒介，如捕食者、寄生者或无菌生物，授粉服务，微生物还有生物农药。目前，针对治理对象细菌、病毒、真菌、原生动物和线虫，私人企业在2003年一年就生产出1000多种生物产品，价值5.9亿美元<sup>18</sup>。随着更多地向采用生态系统为中心方法的转变，这一本地产业会得到大规模的发展。

从食品加工业的角度来看，农业生态系统越稳定，可持续性越高，无农药残留的农产品供应就更加持续可靠。此外，对生产者来说，如果食物产品带有病虫害综合治理或类似的标签，则有利于确保进入新的市场。

持续的病虫害综合治理战略需要有效的咨询服务，需要与能反应农民需求的研究相联系，需要支持增加对病虫害综合治理的投入，还需要有效规范控制化学杀虫剂的供给和销售。在地方层面上提高知识水平的最有效方法之一是开设农民田间学校，它是支持当地学习，鼓励农民利用本土知识改进病虫害综合治理技术的一个途径。农业社区需要有快速获取相关病虫害综合治理合理投入信息的渠道。例如，通过利用移动电话来补充拓宽传统服务（如推广、媒体活动和经销商的地方投入）的范围，就可加快病虫害综合治理的发展步伐。





第七章

# 政策与制度

若要鼓励小农采纳作物生产可持续集约化方式，就需要从根本上改变农业发展政策和体制。



**农**业面临的空前挑战，包括人口增多、气候变化、能源匮乏、自然资源退化，以及市场的全球化，迫使人们要重新思考农作物生产集约化的政策与制度。过去所采用的集约化模式经常引发代价极大的环境破坏，因此需要加以改进才能实现更好的可持续性。“一切照旧”显然不是一个好的选择，那么有可行的替代方案吗？

问题的焦点在于要确定那些使小农生产者，尤其是低收入发展中经济体的农民，能够采纳作物生产可持续集约化的条件、政策与制度。同时也应该考虑一些不仅会影响作物生产可持续集约化，还对促进并支持这一生产方式的农业部门的发展有重要意义的综合性问题。还应认识到，促进作物生产可持续集约化计划的实施应超越“农业”制度，并应成为其他政策制定的基点。

## 过去的经验，未来的趋势

**绿**色革命主要由公共部门投资支持，其中几乎所有有关现代品种的研究与开发活动都是在国际或国家研究中心开展进行的。种子、肥料及农业化学制品是通过政府赞助的项目、以价格补贴的形式得到推广的。

从20世纪80年代中期开始，农业研究与开发的中心已迅速从公共部门转向跨国私营部门<sup>1</sup>。对植物创新方面知识产权保护力度的加大，分子生物学的迅速发展，以及全球农业投入与产出市场的整合，大大刺激了私人部门对农业研究与开发的投入<sup>2</sup>。迄今为止，针对农业研发的投资主要集中在发达国家。同时，发展中国家公共部门对农业研究与开发的总体投资增长显著下降。在非洲撒哈拉以南地区，投资额在20世纪90年代期间实际上在减少<sup>3</sup>。

从20世纪80年代到90年代中期，许多发展中国家实施了结构性调整方案，目的是消除无效的公共部门活动，让有活力的

私人部门来促进农业的发展。结果喜忧参半：许多情况下，有活力的私人部门并没有出现，或者只在很有潜力或高度商业化的生产领域中发展，而在更加边缘的领域，对农业的服务和投入则有所下降<sup>4</sup>。最近，已呈现出向重新定义公共部门的角色，以支持私人部门的发展，并且提供发展所需要的公共品的方向转变<sup>5</sup>。

有组织、国际化的食品价值链的延长是另一个主要转变，蕴含着对作物生产可持续集约化会有重要的影响。这些链条为小农生产者创造了增加新收入的机会，但也导致了新的市场准入壁垒的产生。也有人担心，市场势力集中于链条中的某些环节上，会降低链条中其他参与者的收入，尤其是小农生产者<sup>6, 7</sup>。

实现增加农业系统的经济回报，同时又减少对环境和社会的影响，还有很大的潜力。但这需要农业技术和市场发展模式的改变。尽管高投入、大规模、专门化的农业系统能更快实现生产力的提高，但最可能实现改善生计、促进公平的却是小规模、多样化的生产系统<sup>8</sup>。

在发展中国家，考虑到未来供需状况的不确定性，可以制定一系列促进实现可持续集约化的可行方案。而可能会引起与基线增长路径偏离的重要因素包括：

- ▶ 气候变化。气候变化给全球农业带来的潜在影响是巨大的。但评估过程较为复杂，涉及到对潜在气候变化及它们对生产影响的预测，也涉及到人口增长、饮食结构、市场、贸易和价格变化等因素的相互影响<sup>9</sup>。国际粮食政策研究所<sup>10</sup>最近分析了一直到2050年气候变化对农业的影响。分析指出，气候变化会对生产力产生极大的消极影响，还会降低所有发展中地区的食物供给和人类的福祉。再加上因为收入增加和人口增长带来的需求增加，很有可能会导致2010到2050年间，实际农业价格多少会有明显上涨，具体情况则取决于方案的实施结果。报告估计，每年至少需要70亿美元的公共资金用于三种可提高生产力的投资，包括生物研究、农村道路扩张、灌

溉增加和效率改善，以弥补2050年之前气候变化带来的生产力损失。其他研究结果差异相对不大，表明到2050年，气候变化对全球粮食价格的总体影响在7%到20%间不等<sup>11</sup>。由于农业也是温室气体排放的主要来源，所以财政支持和激励选择低排放的农业发展路径会变得越来越重要。减少单位生产的排放量将会成为作物生产可持续集约化的一个重要方面<sup>12, 13</sup>。

- ▶ 自然资源退化。可用于实现作物生产集约化的耕地和水资源的质量，对许多地区计划实施作物生产可持续集约化具有重要意义<sup>14</sup>。过去，人们总是优先考虑在适宜的生产区域进行作物集约化生产。如今，集约化越来越多地需要在更边缘的区域进行。这些区域的生产条件多变，包括土壤与水的质量、水供给状况，还有地形与气候。在这种背景下，一个重要的问题就是生态系统退化，这对作物生产可持续集约化而言，会减少自然资源供给，降低自然资源生产率。恢复退化的生态系统需要花费大量的金钱与时间，将需要有长期的资金支持。
- ▶ 食物损耗的减少与食物消费模式的改变。联合国粮食与农业组织报告称，收获之后的食物损耗高达50%。由于防止这类损耗的行动会减少对生产率提高的需求，降低整个供应链的成本，提高产品质量，所以它应成为作物生产可持续集约化政策与战略的一部分。另一项有利于环境可持续性和人类健康的方案是，减缓对牲畜产品需求的增长，由此会减少对饲料需求的增加。
- ▶ 市场的整合。要对农民有吸引力，作物生产可持续集约化就必须使市场价格有利可图。资源约束部分刺激了农业价格的上涨趋势，也推动着作物生产向可持续集约化发展，还将提高投资集约化的盈利水平。另一方面，在封闭的市场状态下，地方层面生产率的快速提高，可能会引发市场过剩，驱使当地价格下降。价格影响也同样会受到价值链状况的调节。农业价值链的扩展必须以提高小农生产者采用作物生产可持续集约化的能力为目标，还要进行相应的激励。

## 促进节约与增长的政策

**作**物生产可持续集约化战略的成功实施，需要从根本上改变传统和现代知识的管理方式、各项制度、农村投资和农村人口。所有这些方面的政策都需要对不同的利益相关者和参与者提供激励，尤其是对参与作物生产可持续集约化发展的农村人口。

### 投入与产出定价

要做到有利可图，作物生产可持续集约化就需要一个有活力、有效率的投入和服务市场，以及最终产品市场。农民支付的投入价格和农业产出的回报价格或许是他们选择实施作物集约化的程度、类型还有持续性的主要决定因素。

投入的价格对作物生产可持续集约化战略尤为重要，而为了提高效率和影响技术选择，也需要有创新性的政策。一个例子就是重新引入“市场机伶”补贴，目的在于帮助扩大需求，支持代金券和拨款参与投资市场。这种方法试图利用补贴来避免过去出现的问题，如低效率、对环境的消极影响、对财政资源的浪费，而这些财政资源又是其他主要公共品（如研究与农村基础设施）投资所需要的<sup>5</sup>。

相对而言，对环境有害的补贴，也就是所谓的“不当补贴”，鼓励的是一种破坏生物多样性的自然资源利用方式<sup>15</sup>，因而需要对它们进行认真的评估，并在适当的时机重新制定或取消。在全世界，这种不当补贴估计每年有5000亿到1.5万亿美元之多，是一种造成环境破坏、经济效率低下的强大力量<sup>16</sup>。

当然，大多数刺激政策并不是为了“不当”制定出来的，而是为了帮助特定的社会或经济部门受益<sup>17</sup>。因此当计划取消它们时，重要的是要考虑刺激政策的多重目的，还要考虑不同部门之间复杂的相互影响，这些部门都因此受到了积极的还是消极的影响。一些国家已获得了成功：新西兰从20世纪80年代

起，废除了农业补贴<sup>18</sup>；巴西减少了亚马逊流域的牲畜放养；而菲律宾则彻底取消了化肥补贴<sup>17, 19</sup>。

考虑到过去几年商品市场变化无常，稳定农产品价格对于作物生产可持续性集约化来说是越来越重要的条件。对于那些依赖于农业收入的农民来说，价格反复变化就意味着收入的较大波动和更大的风险，会降低他们投资可持续生产系统的能力，促使他们变卖自然资本以寻求保障。

要应对价格的变化无常，短期的微观政策往往失败。而更具连贯性的宏观层面政策，如可出口量与进口需求的透明化，可能会提供更加有效的解决途径。也需要改革现有手段，如国际货币基金组织的补偿贷款办法和外部冲击基金。通过提供有条件限制的进口贷款或担保，它们可能成为全球的保障<sup>18</sup>。

### 种子部门的管理

实现作物生产可持续集约化同样依赖于种子部门有效的管理，以保障农民能有获取满足其生产、消费和销售条件的高质量种子的途径。这种获取途径指的是具有支付能力，能够获取一系列适合的品种原料，还能获得品种适应性的相关信息<sup>21</sup>。

发展中国家的多数小农生产者从非正式种子部门获得种子，而这些部门提供的是农民选育的传统品种和改良品种的保留种。农民依赖非正式种子部门的主要原因之一是，适合他们生产条件的这些种质资源的可供性。在边缘农业环境下，一些当地品种可能优于改良品种<sup>22</sup>。因此，对非正式部门的支持是有利于农民获得适合作物生产可持续集约化种植原料的一个手段。

但是，非正式种子部门缺乏可行的手段来告知农民不同品种种子所具有的适应性、种植特征，以及基因纯度和自然性质<sup>23</sup>。某些情况下，仅通过观察邻家田地的作物生长状况，来获得一些必要的信息。但这在与陌生人交易或非本地种源交易时并不是一个可行的选择。

正式部门的种子在遗传基因上具有一致性，通过科学的植物育种技术培育而得，且必须达到证书标准。来自正式部门的种子一般由专门的农业经销商、农业企业或政府经销店售卖，接受规范管理。任何有利于帮助农民获得新品种和优质种子的综合战略，都应该支持拓展正式种子部门，并加强与非正式部门间的联系。

### 环境服务补偿

生态系统服务和生物多样化市场价格的缺失，意味着在做决策时这些产品产生的收益会被忽视或者低估<sup>24</sup>。在农业部门中，食物价格不包括任何与食物生产相关的环境成本。没有机构为降低的水质或者土壤侵蚀收取费用。如果农场交货价格反映了全部的生产成本，农民支付了自己造成的实际环境破坏费用，食物价格很可能会升高。除了对造成农业损害的行为收费外，政策还应当奖励那些进行可持续种植的农民，例如，可通过环境服务补偿机制来实施。

越来越多的人赞成将环境服务补偿作为有利于促进可持续农业和农村发展政策环境的一部分。世界银行建议，环境服务补偿计划应由地方和国家政府还有国际社会一起实施<sup>5</sup>。在全球环境基金和世界银行更加广泛的农村发展和保护组合项目中，环境服务补偿正在不断整合成为一项可持续的资金来源<sup>25</sup>。粮农组织认为，对农业景观环境服务的需求将会增加，而环境服务补偿将会成为刺激服务供给的重要手段。但是环境服务的有效供给将有赖于地方或国际层面上有利的政策和制度，但多数情况下它们还未落实到位<sup>26</sup>。

目前，环境服务补偿机制对可持续性农业的支持作用非常有限。环境服务补偿机制主要关注点在土地用途转换项目上，而在农业生产系统中的应用经验则相对较少。环境服务补偿机制只有为大量生产者与地区所采用，实现交易成本和风险管理的规模效益，其益处才能广泛为人所知。将环境服务补偿与农业发展项目更好地结合是减少交易成本的重要途径。



考虑到公共财源的有限性，应该创新形式，从私人来源或其他来源寻求额外资金，尤其是能清楚辨明环境服务补偿的私营受益者。例如，最近粮农组织对环境服务补偿在不丹的可行性评估发现，政府对森林保护和再造林的资助占农业部预算的三分之一左右<sup>27</sup>。一半的流域管理资金用于人工造林上<sup>28</sup>。如果更多的投资责任能转移到森林保护的直接受益企业，那么节省下来的公共资金就可以投入到资金缺乏的活动中，如作物多元化、牲畜改良、可持续土地管理，而这些活动能够提高农田生产率和增强对气候变化的适应能力<sup>29, 30</sup>。

## 农业投资

要实现作物生产可持续集约化，私人部门，包括农民、农产品加工者和零售商，都需要足够的公共基础设施和服务。这不仅可以保证地方农业和销售能与进口商品竞争，还能确保消费者能有买得起本地产食物的渠道。对政府来说，确保投入获得、产品营销、自然资源获取、信息、培训、教育和社会服务等方面的低交易成本尤为重要。这就需要有充足的维护和净投资资金。

发展中国家的农业部门需要对人力、自然、金融和社会资本进行大量持久的投资，以实现作物生产可持续集约化。据粮农组织估计，为了实现增产的需求，以2009年不变价格计算，到2050年，初级农业（例如土壤肥力、农用机械和牲畜）和下游部门（储藏、销售和加工）平均每年需要总投资2090亿美元。而农业研究与开发，农村基础设施和社会保障还需要额外的公共投资<sup>21</sup>。

当前发展中国家的农业投资明显不足。自20世纪80年代后期以来，国内资金不足的状况因官方农业发展援助的减少而加剧。与此同时，这些投资赤字在近20年来还导致了农业发展资金的急剧减少。如果要实现作物生产可持续集约化，必须加大农业投资的力度。

为适应和减缓气候变化的资金投入与作物生产可持续集约化密切相关。例如，适应气候变化的一个重要方法是，通过利用扩展的植物育种及种子系统选育出的新品种，来提高农业生产系统的适应能力，而这也同样是可持续集约化的重要组成部分。由此，作物生产可持续集约化可从分配给适应气候变化的资金中受益。另外，通过增加可持续管理下土壤中的碳储存，以及更有效地利用肥料和灌溉来减少碳排放，可持续集约化在减缓气候变化中也能发挥重要作用。

关于向发展中国家农业提供大规模缓解气候变化基金的途径问题，目前全球还没有达成协议或设定框架。但在联合国气候变化框架公约谈判中，在发展中国家“国家适当减缓行动”背景下，它确实是一个方面的讨论议题<sup>12, 21</sup>。

## 有效的促进制度

**制**度能力和功能的缺失是发展中国家农业的一个普遍限制因素，它在地方层面上制约着政策的有效实施。作物生产可持续集约化的制度有两项基本功能：确保所需要的自然资源、植物投入材料、知识与资金等重要资源的质量与数量，还要保证小农生产者能够获得这些资源。下文中，这些制度将主要分成两类：与作物生产可持续集约化所需重要资源相联系的制度，以及影响农产品市场（包括价值链）功能的制度。

### 重要资源的获取

**土地。**向作物生产可持续集约化生产方式的转变，需要提高土壤肥力，加强侵蚀控制，改善水管理。只有农民能在足够长的时间里被授权从自然资本的价值增长中获益，他们才会从事这些活动。但是，这些权利的界定往往界限模糊，或者与其他权利重叠，或者不够正式化。增加农民，尤其是那些越来越多地参与生产决策的女性拥有土地和水资源的权利，是激励他们采用作物生产可持续集约化的重要因素。

许多发展中国家的土地所有权计划都将关注的焦点集中在土地权利的正式化或私有化, 但却很少关注惯有的和集体的所有权制度。政府应该加强对这些制度体系的认可, 因为越来越多的证据表明, 它们不仅可以保障(土地所有权的)的安全, 还能提供有效的投资激励<sup>31</sup>。然而, 建立在传统社会等级基础之上的惯有制度体系或许不够公平, 无法为可持续集约化提供所需要的条件。尽管对习惯土地所有权的认可还没有单一的“最佳实践”模式, 但最近的研究已总结出一种以习惯所有权制度能力为基础, 用于进行相应应对政策选择的类型组合<sup>32</sup>。

**植物遗传资源。**作物改良对作物生产可持续集约化非常重要。在绿色革命中, 国际系统开发新作物品种是以开放性使用植物遗传资源为基础。现在, 国家与国际政策越来越支持植物遗传资源私有化和通过利用知识产权来进行植物育种。响应世界贸易组织的《与贸易有关的知识产权协定》, 为植物品种提供法律保护的国家数量迅速增多。这份协定规定其成员必须通过“专利或有效、独特的系统”来提供保护<sup>33</sup>。

植物品种保护系统典型的做法是授予新品种培育者暂时的专有权, 防止其他人仿造和出售同一品种的种子。保护系统涉及规定相当严格的专利体系, 也涉及在国际植物新品种保护联盟下更为开放的体系, 其中包括了所谓的“培育者豁免”, 凭此“以培育其它新品种为目的的行为可不受任何限制”。

知识产权刺激了私人部门农业研发资金的迅速增长。仅仅20年前, 大多数研发行为都由工业化国家的大学或公共实验室承担, 一般用于公共领域。如今投资则主要集中在六家公司<sup>34</sup>。有证据表明, 研发投资水平高的少数国家和投资水平非常低的多数国家之间的差距越来越大<sup>3, 35</sup>。更重要的是, 以商业前景而不是公共利益最大化为目的的研究计划还推动了技术从工业国向发展中国家的溢出。

私人植物育种和种子产业的高度集中，以及开发和授予生物创新技术专利权所带来的高成本，引起了更多的担忧。人们担心，引入不适当的知识产权将会限制公共部门开展新植物育种行动对所需要植物遗传资源的获取<sup>34, 36</sup>。有争议的是，分散化的知识产权所有权和高交易成本，可能会引发一种“反公共地”现象，使得拥有破碎化知识产权的创新得不到充分利用，进而阻碍新品种的开发<sup>37</sup>。

因此，国际与国家层面上，都需要有能够保证作物生产可持续集约化利用植物遗传资源的机制。一个全球性保护和利用植物遗传资源的体系正在形成，并将为支持作物生产可持续集约化提供必要的国际框架（详情请参见第四章：作物与品种）。还有一些国家层面的知识产权制度，它们有着不同的责任与获取等级<sup>38</sup>。各国应该采用知识产权制度，来确保利用国家育种项目来获取作物生产可持续集约化所需的植物遗传资源。

**研究。**要实现作物生产可持续集约化，应用农业研究必须更有效地促进耕地使用和耕作系统发生重大转变。通常，农业研究系统不能充分做到以开发为中心，也没能把穷人的需要与优先权与其工作结合起来。许多研究系统资源不足，即使有一些研究系统资金充足，却没有与更广泛的发展过程充分联系起来<sup>39</sup>。以下是加强作物生产可持续集约化研究所需要的最重要的措施：

- ▶ **增加资金。**需要逆转农业研发公共投资减少的趋势。国际农业研究磋商组织各中心和国家农业研究系统的资金必须大大增加，而公共与私人研究部门之间的联系也应该加强。
- ▶ **加强研究系统的建设，从地方开始。**要找出与当地民众有联系，可为民众所接受，且具有吸引力的解决办法，有关作物生产可持续集约化实践的研究必须在国际层面的支持下从地方和国家层面开始。尽管国际农业研究磋商组织的研究工作很重要，但却“既不能取代也不能代替只有国家机构和它们的工作人员可以且必须做的复杂、情况多样、一线所需的战略制订、计划安排、统筹实施、问题解决和研究学习等常规

性工作”<sup>39</sup>。通过合理的制度安排,将农民的传统知识与基于科学的创新联系起来,具有很大的潜力,但未得到充分的利用。同样的道理也适用于改良后自然资源管理的规划、实施和监控,可以将社区主动性和外部专业知识联系起来。

- ▶ 作物生产可持续集约化研究在高低潜力地区并重。高潜力地区依然会是许多国家粮食的主要供应者。然而,在一些地区,耕地与水资源的生产能力已达到上限,不足以保证粮食安全。因此,未来粮食产量增长中有许多要在所谓的低潜力地区或边缘地区实现。而这些地区恰是数亿最贫困、食物最不安全人们的家乡。作物生产可持续集约化以及相关的农村就业会为他们提供最现实的希望,改善他们的营养,提高他们的生活水平。
- ▶ 优先考虑有益于小农生产者的研究。在收入低、粮食需要进口的国家,小规模生产者、农场工人还有消费者将直接受益于重点针对主要粮食作物的可持续集约化生产进行的研究。这种研究具有比较优势。在人口稠密的边缘地区,应优先考虑农业生产力的提高和自然资源保护;为了提高、稳定农民收入,应当优先考虑实现具有更高价值产品的多样化;还应当优先考虑改进相应措施,提高无地或接近无地的农村劳动力的劳动报酬<sup>40</sup>。
- ▶ 从成败中学习。国际粮食政策研究所一项最新研究,强调了一系列关于农业发展的成就<sup>10</sup>,如世界范围内培育的抗锈小麦和改良玉米,非洲木薯的改良品种,布基纳法索农民主导的“重绿萨赫勒”活动,以及阿根廷与印度恒河平原的免耕农作。这些成就是众多因素共同作用的结果,包括持续的公共投资、个人动力、实验研究、当地评估、社会参与和专注的领导力在内。而在所有情况中,科学与技术是决定性因素。
- ▶ 研究与推广相结合。当前需要大范围解决生产力低和自然资源退化问题,但作物生产可持续集约化作为应对措施却因跨度大、具体情况多样而受到限制。因此,将地方、国家和国际研究与具体区域的推广服务相结合尤其重要。为促进作物生产可持续集约化发展,研究与推广系统还必须与农民合作,一同应对多重挑战。

**技术与信息。**能否成功应用作物生产可持续集约化将有赖于农民明智选择技术、考虑其短期、长期影响的能力。农民还需要充分理解农业生态系统功能的作用。全世界农民与当地社区所拥有的传统知识财富已得到广泛记载，特别是由《国际农业知识与科技促进发展评估》报告所记载<sup>8</sup>。需要建立制度来保护这些知识，促进知识交流，使之应用于作物生产可持续集约化战略。

还必须建立起确保农民能获得相关外部知识，并有助于将这些外部知识与传统知识相联系的制度。农村咨询和农业推广服务是传播新知识的主要渠道，无论是传播给农民，还是在一些情况下从农民那里来。然而很长一段时间以来，许多发展中国家的公共推广系统都在减少，私人部门也没能满足低收入生产者的需求<sup>12</sup>。而基于技术转移和供给的标准、公共部门及供给拉动型的农业推广模式，已经在许多国家消失了，特别是在拉丁美洲<sup>41</sup>。

推广也已私有化和分散化，目前的活动涉及到众多参与者，包括农业企业、非政府组织、生产者组织和农民间的交流，还有一些新的通讯渠道，如手机和网络<sup>42</sup>。由此得到的一个重要教训是，个人化推广联系所产生的高交易成本是小规模和低收入生产者面临的一个主要障碍。促进作物生产可持续集约化的咨询服务需要建立在农民组织和网络、公共与私人合作的基础之上<sup>12</sup>。

粮农组织利用农民田间学校这个参与式方法，为农民提供教育和促进权利下放。农民田间学校的目标在于提高农民分析其生产系统、发现问题、寻找可能的解决办法及采用合适方法与技术的能力。在亚洲和撒哈拉以南非洲地区，特别在肯尼亚和塞拉利昂，田间学校成效斐然。在这些地方，学校涵盖了包括营销在内的一系列广泛的农业活动，即使没有捐赠资金也已证明能持续进行。

农民如果想要合理决策种植对象与销售地点，还需要获得相关市场价格的可靠信息，包括中期变化趋势。如同推广服务一样，政府的市场信息服务同样还存在许多不足<sup>43</sup>。利用短信信息服务和因特网，市场信息方面目前出现了一些新的提供者和商机。

**农民的财力资源。**贷款对于提升作物生产可持续集约化所需的技术与经营能力非常重要。特别是长期贷款，对于自然资本（例如土壤肥力）的投资来说不可或缺，有利于提高效率，促进有效的农业实践活动，增加产量。虽然许多新型的机构，如贷款联盟、储蓄合作社和小额信贷机构，近年来已经普及到发展中国家的农村地区，但大部分小农生产者仍然受到限制或者根本没有办法获得。地方金融机构无力提供长期贷款，加之农民缺乏抵押物，作物生产可持续集约化会受到影响。

保险可以鼓励农民采纳更具生产潜力和盈利效益的生产系统，但也存在着更大的金融风险。近年来，作物保险试点项目作为一种风险管理工具被引入到许多发展中国家的农村社区。（天气）指数保险产品，是对重大天气事件引起的损失进行赔偿，例如干旱或降水过度，而不对农田损失评估进行赔偿，已获得了捐赠者和政府的大力支持。由国际农业发展基金与世界粮食计划署做出的36个天气指数保险试点项目的评估表明，它们具有作为风险管理工具的潜力<sup>44</sup>。

保险的替代品，尤其是储蓄金积累制和其他可出售资产往往受到忽视。同样还需要认真考虑利用实地防范措施和工具来减少面临的风险。

**有效的社会保障。**社会保障措施包括现金转移，粮食、种子和工具的配给<sup>45</sup>。这些是为了确保人们能获得最低限度的食物和其他必要的社会服务。最近的倡议行动包括埃塞俄比亚的生产安全保障项目和肯尼亚的饥饿安全保障项目。对于这些项目是否会带来产生依赖，削弱当地市场的风险，仍然存在争议。然

而，近来有证据表明，保护与发展之间的利弊权衡还不明确<sup>46</sup>。反而，安全保障项目可以是一种形式的社会人力资本投资，例如营养和教育，也可以是一种生产资本，帮助家庭采取旨在实现更高生产率的高风险策略<sup>27</sup>。

政策制定者需要清楚家庭层面脆弱性的决定因素是什么，并设计出有效的保障措施，以抵消外部冲击和相应应对策略之间产生的恶性循环。后者包括出售资产、减少对自然资源的投资，让孩子们辍学。而所有这些都破坏可持续性。安全保障措施也正越来越多地与保护食品安全权利的方法联系在一起<sup>47</sup>。

### 农业营销机构与价值链

发展中国家食物营销部门的发展，通过拓宽小农生产者对投入供应商和产品经销商的选择，以及帮助他们获得贷款和培训，为其提供了新的机遇<sup>48, 49</sup>。但事实证明，许多小农生产者依旧难以进入投入和产出市场，他们在这种新的农业经济中依然处于边缘地带<sup>50-53</sup>。

小农生产者如何适应某种具体的农业价值链，很大程度上取决于该价值链和他们农业生产过程的潜在成本结构<sup>54</sup>。小农生产者主要的成本优势在于，他们能够向劳动密集型作物种植提供低成本的劳动力。当小农生产者在生产中不具明显的比较优势时，农业企业会寻求替代的组织生产结构，例如纵向整合或直接从规模大的持有者处购买。这些情况下，面临的挑战就在于如何为小农生产者创造比较优势，或者在从众多产量较小的农民手中购买粮食时，如何减少交易成本。要同高价值市场建立联系，小农生产者就需要组织起来，成立可以减少交易成本的机构组织，并提供有关市场需求的信息<sup>48, 49, 54, 55</sup>。

合同耕作提供了农民和购买者之间的纵向协调机制，它为一些主要的协商因素：价格、质量、数量和交货时间提供了相当程度的保证<sup>56</sup>。虽然农民可从合同协定中受益，但也有大量证据表明，生产规模最小的农民一般不能进入正式的协议安



排中<sup>55</sup>。完善合同的法律和制度框架可大大减少交易成本<sup>55, 57</sup>。然而, 随着农村非农就业的增加, 或迁移进入城市地区, 农田合并不可避免。

通过更合理的组织和更广泛的合作, 小农生产者可以更好地进入市场。这不仅涉及到农民, 还涉及到大量利益相关者, 包括农业支持服务的提供者、非政府组织、研究者、大学、地方政府和国际捐赠者。一个例子是厄瓜多尔的协商平台(Plataforma de Concertación), 它帮助农民实现了更高的产量, 提高了总利润, 同时减少了有毒农药的使用。但它自筹资金的能力还有待检验<sup>54</sup>。

## 前进之路

从一开始, 政策制定者就应该长期认真地审视过去和目前的集约化生产经验, 以进行明确的选择, 并确定目前促进作物生产可持续集约化实施所需要的行动步骤。要选出最适合的政策和制度, 并不存在一套“百试百灵”的建议, 但还是可以确定作物生产可持续集约化支持政策和制度环境的主要特征。

- ▶ 公共与私人部门的支持相结合。在增加投资资金供给、促进效率提高、完善问责制度、确保参与式和透明的政策过程方面, 私人部门和公民团体起着重要的作用。资源流动应该考虑到作物生产可持续集约化可能提供的所有产品和服务。可持续生产系统带来的生态系统服务补偿, 或许也可成为投资资源的重要来源。
- ▶ 将自然资源价值和生态系统服务纳入农业投入和产出价格政策中。这可以通过建立现实可行的环境标准, 消除不当的激励(例如对化肥、水和农药的补贴), 提供积极的激励(例如环境服务补偿, 或价值链中的环境标签)来实现。
- ▶ 加强合作, 降低交易成本。小农生产者要完全投入到作物生产可持续集约化的发展中, 需要通过合作来降低进入投入、产

出市场的交易成本，还需要有推广和环境服务补偿。因此能促进参与的机构与技术，包括农民小组、社区组织、惯有的集体行动形式和现代通讯技术，都是作物生产可持续集约化的重要需求。

- ▶ 根据范围较广的生产和营销情况，建立管理、研究和咨询体系。作物生产可持续集约化代表着从高度统一和单一的农业生产模式向允许并鼓励多样性的管理框架转变，例如，将非正式的种子系统纳入到种子管理政策中，将传统知识融入与研究推广中。
- ▶ 认可并将惯有做法和管理实践与作物生产可持续集约化行动计划相结合。评估并加强当前惯有体系获取作物生产可持续集约化所需投入的能力，同时评估并加强当地农业管理系统的能力，这两点都非常重要。

作物生产可持续集约化的政策和计划将直接涉及许多部门，以及众多利益相关者。因此，实现作物生产可持续集约化的战略应是国家发展战略的一个相关组成部分。在推动实施作物生产可持续集约化中，对于政策制定者而言，一个重要步骤就是，要启动实施一个将作物生产可持续集约化战略纳入并使其成为国家发展目标主流的进程。作物生产可持续集约化应该成为国家发展计划不可或缺的一部分，如减贫战略进程、食品安全战略与投资，包括2009年意大利拉奎拉八国峰会上提出的促进食品安全承诺而采取的后续行动。

在发展中国家，作物生产可持续集约化各项工作的展开，需要在国家与国际层面上有协调一致的行动，需要有政府、私人部门和民间团体的参与。目前，多方利益相关者进程被认为是影响各层次食品安全的关键。从全球来看，粮农组织和它的发展合作伙伴将起到一个重要的支持作用。

# 参考文献

## 第一章：面临的挑战

1. FAO. 2004. *The ethics of sustainable agricultural intensification*. FAO Ethics Series, No. 3. pp. 3-5. Rome.
2. Kassam, A. & Hodgkin, T. 2009. *Rethinking agriculture: Agrobiodiversity for sustainable production intensification*. Platform for Agrobiodiversity Research (<http://agrobiodiversityplatform.org/climatechange/2009/05/14/rethinking-agriculture-agrobiodiversity-for-sustainable-production-intensification/>).
3. Royal Society. 2009. *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. RS Policy document 11/09. London.
4. Hazell, P.B.R. 2008. *An assessment of the impact of agricultural research in South Asia since the green revolution*. Rome, Science Council Secretariat.
5. Gollin, D., Morris, M. & Byerlee, D. 2005. Technology adoption in intensive post-green revolution systems. *Amer. J. Agr. Econ.*, 87(5): 1310-1316.
6. Tilman, D. 1998. The greening of the green revolution. *Nature*, 396: 211-212. DOI: 10.1038/24254
7. World Bank. 2007. *World Development Report 2008*. Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development and World Bank.
8. FAO. 2011. FAOSTAT statistical database (<http://faostat.fao.org/>).
9. FAO. 2009. *The State of Food Insecurity in the World: Economic crises – impacts and lessons learned*. Rome.
10. Bruinsma, J. 2009. *The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Paper presented at the FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, 24–26 June 2009. Rome, FAO.
11. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. & Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671–677.
12. FAO. 2010. *The State of Food Insecurity in the World: Addressing food insecurity in protracted crises*. Rome.
13. FAO. 2009. *Food security and agricultural mitigation in developing countries: Options for capturing synergies*. Rome.
14. IFAD. 2010. *Rural Poverty Report 2011. New realities, new challenges: New opportunities for tomorrow's generation*. Rome.
15. United Nations. *World urbanization prospects, the 2009 revision population database* (<http://esa.un.org/wup2009/unup/>).
16. Rosegrant, M.W., Ringler, C. & Msangi, S. 2008. *International model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): Model description*. Washington, DC, IFPRI.
17. FAO. 2003. *World agriculture: Towards 2015/2030*, by J. Bruinsma, ed. UK, Earthscan Publications Ltd and Rome, FAO.
18. FAO. 2009. *Feeding the world, eradicating hunger*. Background document for World Summit on Food Security, Rome, November 2009. Rome.
19. Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A.G. & Kaltenborn, B.P., eds. 2009. *The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment*. Norway, United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.
20. IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Synthesis report. A contribution of working groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, by R.T. Watson & the Core Writing Team, eds. UK, Cambridge and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
21. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. An assessment of the intergovernmental panel on climate change*. Geneva, Switzerland.
22. Rosenzweig, C. & Tubiello, F.N. 2006. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: An analysis of potential synergies. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12: 855-873.
23. Jones, P. & Thornton, P. 2008. Croppers to livestock keepers: Livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change. *Environmental Science & Policy*, 12(4): 427-437.
24. Burney, J.A., Davis, S.J. & Lobell, D.B. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107(26): 12052-12057.
25. FAO. 2010. *Price volatility in agricultural markets: Evidence, impact on food security and policy responses*. Economic and Social Perspectives Policy Brief No. 12. Rome.
26. Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., Tokgoz, S., Zhu, T., Sulser, T.B., Ringler, C., Msangi, S. & You, L. 2010. *Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios, results, policy options*. Washington, DC, IFPRI.
27. FAO. 2006. *World agriculture: Towards 2030/2050. An FAO perspective*. Rome.
28. EC. 2007. *Food security thematic programme: Thematic strategy paper and multiannual indicative programme 2007-2010*. Brussels.

29. Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818.
30. FAO. 2010. *Report of the twenty-second session of the Committee on Agriculture, Rome, 29 November – 3 December 2010*. Rome.
31. FAO. 2010. *Sustainable crop production intensification through an ecosystem approach and an enabling environment: Capturing efficiency through ecosystem services and management*. Rome.
32. Foresight. 2011. *The future of food and farming: Challenges and choices for global sustainability*. Final Project Report. London, the Government Office for Science.
33. IAASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, by B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu & R.T. Watson, eds. Washington, DC.
34. Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., de Vries, F. & Morison, J.I.L. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environ. Sci. Technol.*, 40: 1114–1119.
35. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renew. Agric. Food Syst.*, 22: 86–108.
36. Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365(1554): 2959-2971.
37. Warner, K.D. 2006. Extending agroecology: Grower participation in partnerships is key to social learning. *Renewable Food Agric. Syst.*, 21(2): 84-94.
38. Swanson, B.E. & Rajalahti, R. 2010. *Strengthening agricultural extension and advisory systems: Procedures for assessing, transforming, and evaluating extension systems*. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 45. Washington, DC, The International Bank for Reconstruction and Development and World Bank.
39. FAO. 2011. *The State of Food and Agriculture: Women in agriculture – Closing the gender gap for development*. Rome.

## 第二章：农业系统

1. Doran, J.W. & Zeiss, M.R. 2000. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15: 3–11.
2. Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Phil Trans Royal Society of London, B* 363(1491): 447-466.
3. Kassam, A.H., Friedrich, T., Shaxson, F. & Pretty, J. 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *Int. Journal of Agric. Sust.*, 7(4): 292-320.
4. Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818.
5. Pretty, J., Toulmin, C. & Williams, S. 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *Int. Journal of Agric. Sust.*, 9.1. (in press)
6. Shaxson, F., Kassam, A., Friedrich, T., Boddey, R. & Adekunle, A. 2008. *Underpinning the benefits conservation agriculture: Sustaining the fundamental of soil health and function*. Main document for the Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification: The case of soil health, 24–27 July. Rome, FAO.
7. Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E., Herren, H., Husson, O., Laing, M., Palm, C., Pretty, J., Sanchez, P., Sangina, N. & Thies, J., eds. 2006. *Biological approaches to sustainable soil systems*. Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.
8. Montgomery, D. 2007. *Dirt, the erosion of civilizations*. Berkeley and Los Angeles, USA, University California Press.
9. FAO. 2003. *World agriculture: Towards 2015/2030*, by J. Bruinsma, ed. UK, Earthscan Publications Ltd and Rome, FAO.
10. Mrema, G.C. 1996. *Agricultural development and the environment in Sub-Saharan Africa: An engineer's perspective*. Keynote paper presented at the First International Conference of SEASAE, Oct. 2-4, 1996, Arusha, Tanzania.
11. Legg, B.J., Sutton, D.H. & Field, E.M. 1993. *Feeding the world: Can engineering help?* Fourth Erasmus Darwin Memorial Lecture, 17 November 1993, Silsoe.
12. Baig, M.N. & Gamache, P.M. 2009. *The economic, agronomic and environmental impact of no-till on the Canadian prairies*. Canada, Alberta Reduced Tillage Linkages.
13. Lindwall, C.W. & Sonntag, B., eds. 2010. *Landscape transformed: The history of conservation tillage and direct seeding*. Saskatoon, Canada, Knowledge Impact in Society.
14. Friedrich, T. & Kienzle, J. 2007. *Conservation agriculture: Impact on farmers' livelihoods, labour, mechanization and equipment*. Rome, FAO.
15. Giller, K.E., Murmiwa, M.S., Dhlwayo, D.K.C., Mafongoya, P.L. & Mpepereki, S. 2011. Soyabean and sustainable agriculture in Southern Africa. *Int. Journal of Agric. Sust.*, 9(1). (in press)
16. Knuutila, O., Hautala, M., Palojarvi, A. & Alakukku, L. 2010. Instrumentation of automatic measurement and modelling of temperature in zero tilled soil during whole year. In: *Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2010, Towards Environmental Technologies, Clermont Ferrand, France, Sept. 6-8*. France, Cemagref.
17. Owenya, M.Z., Mariki, W.L., Kienzle, J., Friedrich, T. & Kassam, A. 2011. Conservation agriculture (CA) in Tanzania: The case of Mwangaza B CA farmer field school (FFS), Rhotia Village, Karatu District, Arusha. *Int. Journal of Agric. Sust.*, 9.1. (in press)
18. Bruce, S.E., Howden, S.M., Graham, S., Seis, C., Ash, J. & Nicholls, A.O. 2005. Pasture cropping: Effect on biomass, total cover, soil water & nitrogen. *Farming Ahead*.

19. Landers, J. 2007. Tropical crop-livestock systems in Conservation Agriculture: The Brazilian experience. *Integrated Crop Management*, 5. Rome, FAO.
20. Joshi, P.K., Challa, J. & Virmani, S.M., eds. 2010. *Conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment*. New Delhi, New Delhi National Academy of Agricultural Sciences.
21. IFPRI. 2010. Zero tillage in the rice-wheat systems of the Indo-Gangetic Plains: A review of impacts and sustainability implications, by O. Erenstein. In D.J. Spielman & R. Pandya-Lorch, eds. *Proven successes in agricultural development: A technical compendium to millions fed*. Washington, DC.
22. Sims, B., Friedrich, T., Kassam, A.H. & Kienzie, J. 2009. *Agroforestry and conservation agriculture: Complementary practices for sustainable agriculture*. Paper presented at the 2nd World Congress on Agroforestry, Nairobi, August 2009. Rome.
23. Kassam, A., Stoop, W. & Uphoff, N. 2011. Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. *Paddy and water environment*, 9.
- ### 第三章: 土壤健康
1. Hettelingh, J.P., Slootweg, J. & Posch, M., eds. 2008. *Critical load, dynamic modeling and impact assessment in Europe: CCE Status Report 2008*. The Netherlands, Netherlands Environmental Assessment Agency.
2. Cassman, K.G., Olk, D.C. & Dobermann, A., eds. 1997. Scientific evidence of yield and productivity declines in irrigated rice systems of tropical Asia. *International Rice Commission Newsletter*, 46. Rome, FAO.
3. de Ridder, N., Breman, H., van Keulen, H. & Stomph, T.J. 2004. Revisiting a "cure against land hunger": Soil fertility management and farming systems dynamics in the West Africa Sahel. *Agric. Syst.*, 80(2): 109–131.
4. Fermont, A.M., van Asten, P.J.A., Titttonell, P., van Wijk, M.T. & Giller, K.E. 2009. Closing the cassava yield gap: An analysis from smallholder farms in East Africa. *Field Crops Research*, 112: 24–36.
5. Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In R.J. Hillocks, M.J. Thresh & A.C. Bellotti, eds. *Cassava: Biology, production and utilization*, pp. 115–147. Wallingford, UK, CABI Publishing.
6. Allen, R.C. 2008. The nitrogen hypothesis and the English agricultural revolution: A biological analysis. *The Journal of Economic History*, 68: 182–210.
7. FAO. 2011. FAOSTAT statistical database (<http://faostat.fao.org/>).
8. Jenkinson, D.S. Department of Soil Science, Rothamsted Research. Interview with BBC World. 6 November 2010.
9. Miao, Y., Stewart, B.A. & Zhang, F.S. 2011. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (in press)
10. Bot, A. & Benites, J. 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. FAO Soil Bulletin No. 80. Rome.
11. Dudal, R. & Roy, R.N. 1995. *Integrated plant nutrition systems*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 12. Rome.
12. Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J. & Tandon, H.L.S. 2006. *Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16. Rome.
13. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. & Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 4–10.
14. USDA-NRCS. 2010. *Soil quality - Improving how your soil works* (<http://soils.usda.gov/sqi/>).
15. EU-JRC. 2006. *Bio-Bio project: Biodiversity-Bioindication to evaluate soil health*, by R.M. Cenci & F. Sena, eds. Institute for Environment and Sustainability. EUR, 22245.
16. Kinyangi, J. 2007. *Soil health and soil quality: A review*. Ithaca, USA, Cornell University. (mimeo)
17. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokepehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K.D., Smaling, E.M.A., Woomer, P.L. & Sanginga, N. 2010. Integrated soil fertility management - Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture*, 39:17–24.
18. Bationo, A. 2009. Soil fertility – Paradigm shift through collective action. *Knowledge for development – Observatory on science and technology* (<http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/Demanding-Innovation/Soil-health/Articles/Soil-Fertility-Paradigm-shift-through-collective-action>).
19. IFDC. 2011. *Integrated soil fertility management* ([www.ifdc.org/getdoc/1644daf2-5b36-4191-9a88-ca8a4aab93cb/ISFM](http://www.ifdc.org/getdoc/1644daf2-5b36-4191-9a88-ca8a4aab93cb/ISFM)).
20. Rodale Institute. *Soils* (<http://rodaleinstitute.org/course/M2/1>).
21. FAO. 2008. An international technical workshop Investing in sustainable crop intensification: The case for improving soil health, FAO, Rome: 22–24 July 2008. *Integrated Crop Management*, 6(2008). Rome.
22. Weber, G. 1996. Legume-based technologies for African savannas: Challenges for research and development. *Biological Agriculture and Horticulture*, 13: 309–333.
23. Chabi-Olaye, A., Nolte, C., Schulthess, F. & Borgemeister, C. 2006. Relationships of soil fertility and stem borers damage to yield in maize-based cropping system in Cameroon. *Ann. Soc. Entomol. (N.S.)*, 42 (3–4): 471–479.
24. Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A. & Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 6: 3–16.

25. Sanchez, P.A., Shepherd, K.D., Soule, M.J., Place, F.M., Buresh, R.J., Izac, A.-M.N., Mokwunye, A.U., Kwesiga, F.R., Ndiritu, C.G. & Woome, P.L. 1997. Soil fertility replenishment in Africa: An investment. In R.J. Buresh, P.A. Sanchez & F. Calhoun, eds. *Replenishing soil fertility in Africa: Proceedings of an international symposium, 6 November 1996*, pp. 1-46. Madison and Indianapolis, USA, Soil Science Society of America Inc.
26. Sanginga, N. & Woome, P.L. 2009. *Integrated soil fertility management in Africa: Principles, practices, and developmental processes*. Nairobi, TSBF-CIAT.
27. Sanginga, N., Dashiell, K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lysse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S., Singh, B.B., Chikoye, D., Keatinge, D. & Ortiz, R. 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock systems in the dry savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100: 305-314.
28. Sanchez, P.A. 2000. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the topics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 371-383.
29. Garrity, D.P., Akinnifesi, F.K., Ajayi, O.C., Weldesemayat, S.G., Mowo, J.G., Kalinganire, A., Larwanou, M. & Bayala, J. 2010. Evergreen agriculture: A robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security*, 2: 197-214.
30. Dobermann, A. 2000. Future intensification of irrigated rice systems. In J.E. Sheehy, P.L. Mitchel, & B. Hardy, eds. *Re-designing rice photosynthesis to increase yield*, pp. 229-247. Makati City, Philippines and Amsterdam, IIRRI / Elsevier.
31. Byrnes, B.H., Vlek, P.L.C. & Craswell, E.T. 1979. The promise and problems of super granules for rice fertilization. In S. Ahmed, H.P.M. Gunasena & Y.H. Yang, eds. *Proceedings: Final inputs review meeting, Honolulu, Hawaii, 20-24 August 1979*. Hawaii, East-West Center.
32. Craswell, E.T., De Datta, S.K., Obcemea, W.N. & Hartantyo, M. 1981. Time and mode of nitrogen fertilizer application. *Fertilizer Research*, 2: 247-259.
33. Rong-Ye, C. & Zhu Zhao Liang. 1982. Characteristics of the fate and efficiency of nitrogen in supergranules of urea. *Fertilizer Research*, 3: 63-71.
34. Roy, R.N. & Misra, R.V. 2003. Economic and environmental impact of improved nitrogen management in Asian rice. In FAO. *Sustainable rice production for food security. Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission. Bangkok, 23-26 July 2002*. Rome.
35. Thomas, J. & Prasad, R. 1982. On the nature of mechanism responsible for the higher efficiency for urea super granules for rice. *Plant and Soil*, 69: 127-130.
36. Visocky, M. 2010. Fertilizer system revolutionizes rice farming in Bangladesh. *Frontlines*, 12(2010).
37. Peng, S., Buresh, R.J., Huang, J., Zhong, X., Zou, Y., Yang, J., Wang, G., Liu, Y., Hu, R., Tang, Q., Cui, K., Zhang, F.S. & Dobermann, A. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 30(2010): 649-656.
38. Sachs, J., Remans, R., Smukler, S., Winowiecki, L., Sandy, J., Anelman, S.J., Cassman, K.G., Castle, L.D., DeFries, R., Denning, G., Fanzo, J., Jackson, L.E., Leemans, R., Lehmann, J., Milder, J.C., Naeem, S., Nziguheba, G., Palm, C.A., Pingali, P.L., Reganold, J.P., Richter, D.D., Scherr, S.J., Sircely, J., Sullivan, C., Tomich, T.P. & Sanchez, P.A. 2010. Monitoring the world's agriculture. *Nature*, 466: 558-560.
39. Steiner, K., Herweg, K. & Dumanski, J. 2000. Practical and cost-effective indicators and procedures for monitoring the impacts of rural development projects on land quality and sustainable land management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 147-154.
40. FAO. 2010. *Climate-smart agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. Rome.
41. Dumanski, J. & Pieri, C. 2000. Land quality indicators: Research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81: 93-102.
42. Mutsaers, H.J.W. 2007. *Peasants, farmers and scientists*. New York, USA, Springer Verlag.

#### 第四章：作物与品种

1. Fowler, C. & Hodgkin, T. 2004. Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 29: 143-79.
2. FAO. 2010. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.
3. Alexandrova, N. & Atanassov, A. 2010. *Agricultural biotechnologies in developing countries: Options and opportunities in crops, forestry, livestock, fisheries and agro-industry to face the challenges of food insecurity and climate change (ABDC-10)*. Issue paper for the Regional session for Europe and Central Asia – Agricultural biotechnologies in Europe and Central Asia: New challenges and opportunities in a view of recent crises and climate change, Guadalajara, Mexico, 1-4 March 2010.
4. FAO. 2009. *Declaration of the World Summit on Food Security, 16-18 November 2009*. Rome.
5. FAO. 2009. *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: A global treaty for food security and sustainable agriculture*. Rome.
6. CBD. 2006. *Global Biodiversity Outlook 2*. Montreal, Canada.
7. Moore, G. & Tymowski, W. 2005. *Explanatory guide to the International Treaty for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK and Bonn, Germany, IUCN.
8. Jarvis, D., Hodgkin, T., Bhuwon, S., Fadda, C. & Lopez Noriega, I. 2011. *A heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production systems. Critical reviews in plant sciences*. (in press)

9. Hunter, D. & Heywood, V., eds. 2011. *Crop wild relatives. A manual of in situ conservation*. London, Bioversity International, Earthscan.
10. Street, K., Mackay, M., Zeuv, E., Kaul, N., El Bouhssine, M., Konopka, J. & Mitrofanova, O. 2008. *Swimming in the gene pool – A rational approach to exploiting large genetic resource collections. Proceedings 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane*. Sydney, Sydney University Press.
11. Ceccarelli, S., Grando, S., Shevtsov, V., Vivar, H., Yayaoui, A., El-Bhoussini, M. & Baum, M. 2001. *The ICARDA strategy for global barley improvement*. Aleppo, Syria, ICARDA.
12. Lipper, L., Anderson, C.L. & Dalton, T.J., eds. 2010. *Seed trade in rural markets: Implications for crop diversity and agricultural development*. Rome, FAO and London, Earthscan.
- ### 第五章：水管理
1. IIASA/FAO. 2010. *Global agro-ecological zones (GAEZ v3.0)*. Laxenburg, Austria, IIASA and Rome, FAO.
2. French, R.J. & Schultz, J.E. 1984. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean type environment. I: The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35(6): 743–764.
3. Sadras, V.O. & Angus, J.F. 2006. Benchmarking water use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 847–856.
4. UNDP. 2006. *Human Development Report 2006*. New York, USA.
5. Wani, S.P., Rockstrom, J. & Oweis, T., eds. 2009. Rainfed agriculture: Unlocking the potential. *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture 7*. Wallingford, UK, CABI Publishing.
6. FAO. 2011. AQUASTAT statistical database ([www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm)).
7. Perry, C., Steduto, P., Allen, R. & Burt, C. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(2009): 1517–1524.
8. Batchelor, C., Singh, A., Rama Rao, M.S. & Butterworth, J. 2005. *Mitigating the potential unintended impacts of water harvesting*. UK, Department for International Development.
9. Liniger, H.P., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C. & Gurtner, M. 2011. *Sustainable land management in practice – Guidelines and best practices for Sub-Saharan Africa*. Rome, TerrAfrica, WOCAT and FAO.
10. FAO. 2002. *Deficit irrigation practices*. Water reports No. 32, 51: 87-92.
11. Oweis, T., Hachum, A. & Kijne, J. 1999. *Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas*. SWIM Paper 7. Colombo, Sri Lanka, ICARDA/IMWI.
12. ICARDA. 2010. *ICARDA Annual Report 2009*. Aleppo, Syria.
13. FAO. 2010. *Mapping systems and service for multiple uses in Fenhe irrigation district, Shanxi Province, China*. Rome.
- ### 第六章：植物保护
1. Rana, S. 2010. *Global agrochemical market back in growth mode in 2010*. Agrow ([www.agrow.com](http://www.agrow.com)).
2. Lewis, W.J., van Lenteren, J.C., Phatak, S.C. & Tumlinson, J.H. 1997. A total system approach to sustainable pest management. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94(1997): 12243–12248.
3. Wood, B.J. 2002. Pest control in Malaysia's perennial crops: A half century perspective tracking the pathway to integrated pest management. *Integrated Pest Management Reviews*, 7: 173-190.
4. Pimentel, D. & Levitan, L. 1986. Pesticides: Amounts applied and amounts reaching pests. *BioScience*, 36(2): 86-91.
5. Stern, V.M., Smith, R.F., van den Bosch, R. & Hagen, K.S. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.
6. FAO. 1966. *Proceedings of the FAO Symposium on Integrated Pest Control, Rome, 1965*. Rome, FAO.
7. Smith, R.F. & Doult, R.L. 1971. The pesticide syndrome—diagnosis and suggested prophylaxis. In C.B. Huffaker, ed. *Biological Control. AAAS Symposium Proceedings on Biological Control, Boston, December 1969*, pp. 331-345. New York, Plenum Press.
8. IAASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, by B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu & R.T. Watson, eds. Washington, DC.
9. Way, M.J. & Heong, K.L. 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice: A review. *Bulletin of Entomological Research*, 84: 567-587.
10. Gallagher, K., Ooi, P., Mew T., Borromeo, E., Kenmore, P.E. & Ketelaar, J. 2005. Ecological basis for low-toxicity: Integrated pest management (IPM) in rice and vegetables. In J. Pretty, ed. *The Pesticide Detox*, pp. 116-134. London, Earthscan.
11. Catindig, J.L.A., Arida, G.S., Baehaki, S.E., Bentur, J.S., Cuong, L.Q., Norowi, M., Rattanakarn, W., Sriratanasak, W., Xia, J. & Lu, Z. 2009. In K.L. Heong & B. Hardy, eds. *Planthoppers: New threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*, pp.191- 220, 221-231. Los Baños, Philippines, IRR.
12. Neuenschwander, P. 2001. Biological control of the cassava mealybug in Africa: A review. *Biological Control*, 21(3): 214-229.
13. Bellotti, A.C., Braun, A.R., Arias, B., Castillo, J.A. & Guerrero, J.M. 1994. Origin and management of neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*, 2(4): 407-417.
14. Luttrell, R.G., Fitt, G.P., Ramalho, F.S. & Sugonyaev, E.S. 1994. Cotton pest management: Part 1. A worldwide perspective. *Annual Review of Entomology*, 39: 517-526.
15. Bove, J.M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1): 7-37.

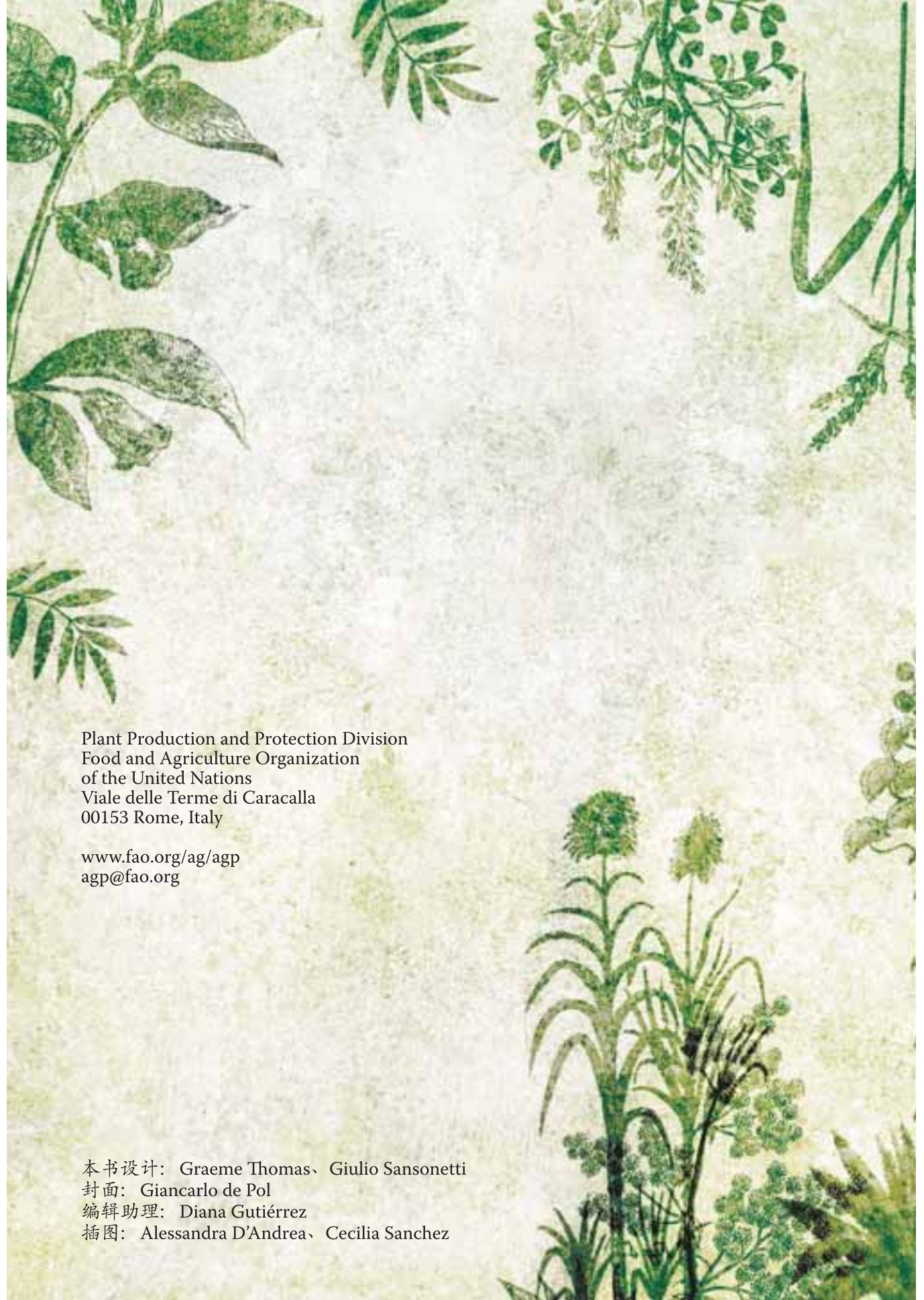
16. Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of Citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*, 48: 119-139.
17. Gilbertson, R.L. 2006. *Integrated pest management of tomato virus diseases in West Africa* (www.intpdn.org/files/IPM Tomato Bob Gilbertson UC Davis.pdf).
18. Guillon, M. 2004. *Current world situation on acceptance and marketing of biological control agents (BCAS)*. Pau, France, International Biocontrol Manufacturer's Association.
- 第七章：政策与制度**
1. Pingali, P. & Raney, T. 2005. *From the green revolution to the gene revolution: How will the poor fare?* ESA Working Paper No. 05-09. Rome, FAO.
2. Pingali, P. & Traxler, G. 2002. *Changing locus of agricultural research: Will the poor benefit from biotechnology and privatization trends*. Food Policy, 27: 223-238.
3. Beintema, N.M. & Stads, G.J. 2010. *Public agricultural R&D investments and capacities in developing countries: Recent evidence for 2000 and beyond*. Note prepared for GCARD 2010.
4. Crawford, E., Kelley, V., Jayne, T. & Howard, J. 2003. *Input use and market development in Sub-Saharan Africa: An overview*. Food Policy, 28(4): 277-292.
5. World Bank. 2007. *World Development Report 2008*. Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development and World Bank.
6. De Schutter, O. 2010. *Addressing concentration in food supply chains: The role of competition law in tackling the abuse of buyer power*. UN Special Rapporteur on the right to food, Briefing note 03. New York, USA.
7. Humphrey, J. & Memedovic, O. 2006. *Global value chains in the agrifood sector*. Vienna, UNIDO.
8. IAASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, by B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu & R.T. Watson, eds. Washington, DC.
9. Alexandratos, N. 2010. *Expert meeting on "Feeding the World in 2050". Critical evaluation of selected projections*. Rome, FAO. (mimeo)
10. IFPRI. 2010. *Proven successes in agricultural development: A technical compendium to Millions Fed*, by D.J. Spielman & R. Pandya-Lorch, eds. Washington, DC.
11. Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2009. *Can technology deliver on the yield challenge to 2050?* Paper presented at the FAO Expert Meeting: How to Feed the World in 2050, 24-26 June. Rome, FAO.
12. FAO. 2010. *Climate smart agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. Rome.
13. FAO. 2009. *Food security and agricultural mitigation in developing countries: Options for capturing synergies*. Rome.
14. Hazell, P. & Fan, S. 2003. *Agricultural growth, poverty reduction and agro-ecological zones in India: An ecological fallacy?* Food Policy, 28(5-6): 433-436.
15. CBD. 2010. *Perverse incentives and their removal or mitigation* (www.cbd.int/incentives/perverse.shtml).
16. UNEP/IISD. 2000. *Environment and trade: A handbook*. Canada, IISD.
17. OECD. 2003. *Perverse incentives in biodiversity loss*. Paper prepared for the Ninth Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA 9). Paris.
18. Rhodes, D. & Novis, J. 2002. *The impact of incentives on the development of plantation forest resources in New Zealand*. Information Paper No. 45. New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.
19. DNR. 2008. *Environmental harmful subsidies - A threat to biodiversity*. Munich, Germany.
20. FAO. 2010. *Price volatility in agricultural markets: Evidence, impact on food security and policy responses*. Economic and Social Perspectives Policy Brief No. 12. Rome.
21. FAO. 2009. *Feeding the world, eradicating hunger*. Background document for World Summit on Food Security, Rome, November 2009. Rome.
22. Ceccarelli, S. 1989. Wide adaptation. How wide? *Euphytica*, 40: 197-205.
23. Lipper, L., Anderson, C.L. & Dalton, T.J. 2009. *Seed trade in rural markets: Implications for crop diversity and agricultural development*. Rome, FAO and London, Earthscan.
24. TEEB. 2010. *The economics of ecosystems and biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Malta, Progress Press.
25. Wunder, S., Engel, S.Y. & Pagiola, S. 2008. Payments for environmental services in developing and developed countries. *Ecological economics*, 65(4): 663-852.
26. FAO. 2007. *The State of Food and Agriculture 2007: Paying farmers for environmental services*. Rome.
27. FAO. 2010. *The State of Food Insecurity in the World: Addressing food insecurity in protracted crises*. Rome.
28. GNHC. 2009. *10th five year plan 2008-2013*. Main document, vol. I. Royal Government of Bhutan.
29. Wilkes, A., Tan, J. & Mandula. 2010. The myth of community and sustainable grassland management in China. *Frontiers of Earth Science in China*, 4(1): 59-66.
30. Lipper, L. & Neves, B. 2011. Pagos por servicios ambientales: ¿qué papel ocupan en el desarrollo agrícola sostenible? *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 228(7-8): 55-86.
31. Donnelly, T. 2010. *A literature review on the relationship between property rights and investment incentives*. Rome, FAO. (mimeo)
32. Fitzpatrick, D. 2005. Best practice: Options for the legal recognition of customary tenure. *Development and Change*, 36(3): 449-475. DOI: 10.1111/j.0012-155X.2005.00419.x
33. FAO. 2010. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.



34. Piesse, J. & Thirtle, C. 2010. Agricultural R&D, technology and productivity. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365(1554): 3035-3047.
35. Pardey, P.G., Beintema, N., Dehmer, S. & Wood, S. 2006. *Agricultural research: A growing global divide?* IFPRI Food Policy Report. Washington, DC, IFPRI.
36. United Nations. 2009. *Promotion and protection of human rights: Human rights questions, including alternative approaches for improving the effective enjoyment of human rights and fundamental freedoms* (UN GA Doc A/64/170). New York, USA.
37. Wright, B.D., Pardey, P.G., Nottenberg, C. & Koo, B. 2007. Agricultural innovation: Investments and incentives. In R.E. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, vol. 3. Amsterdam, Elsevier Science.
38. Helfer, L.H. 2004. *Intellectual property rights in plant varieties*. Rome, FAO.
39. GAT. 2010. *Transforming agricultural research for development*. Paper commissioned by the Global Forum on International Agricultural Research (GFAR) as an input into the Global Conference on Agricultural Research for Development (GCARD), Montpellier, 28-31 March 2010.
40. Hazell, P., Poulton, C., Wiggins, S. & Dorward, A. 2007. *The future of small farms for poverty reduction and growth*. 2020 Discussion Paper No. 42. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
41. IFAD. 2010. *Rural Poverty Report 2011. New realities, new challenges: New opportunities for tomorrow's generation*. Rome.
42. Scoones, I. & Thompson, J. 2009. *Farmer first revisited: Innovation for agricultural research and development*. Oxford, ITDG Publishing.
43. Shepherd, A.W. 2000. *Understanding and using market information*. Marketing Extension Guide, No. 2. Rome, FAO.
44. IFAD/WFP. 2010. *The potential for scale and sustainability in weather index insurance for agriculture and rural livelihoods*, by P. Hazell, J. Anderson, N. Balzer, A. Hastrup Clemmensen, U. Hess & F. Rispoli. Rome.
45. Devereux, S. 2002. Can social safety nets reduce chronic poverty? *Development Policy Review*, 20(5): 657-675.
46. Ravallion, M. 2009. *Do poorer countries have less capacity for redistribution?* Policy Research Working Paper No. 5046. Washington, DC, World Bank.
47. FAO. 2006. *The right to food guidelines: Information papers and case studies*. Rome.
48. Shepherd, A.W. 2007. *Approaches to linking producers to markets*. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper, No. 13. Rome, FAO.
49. Winters, P., Simmons, P. & Patrick, I. 2005. Evaluation of a hybrid seed contract between smallholders and a multinational company in East Java, Indonesia. *The Journal of Development Studies*, 41(1): 62-89.
50. Little, P.D. & Watts, M.J., eds. 1994. *Living under contract: Contract farming and agrarian transformation in Sub-Saharan Africa*. Madison, USA, University of Wisconsin Press.
51. Berdegue, J., Balsevich, F., Flores, L. & Reardon, T. 2003. *Supermarkets and private standards for produce quality and safety in Central America: Development implications*. Report to USAID under the RAISE/SPS project, Michigan State University and RIMISP.
52. Reardon, T., Timmer, C.P., Barrett, C.B. & Berdegue, J. 2003. The rise of supermarkets in Africa, Asia, and Latin America. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5): 1140-1146.
53. Johnson, N. & Berdegue, J.A. 2004. *Collective action and property rights for sustainable development: Property rights, collective action, and agribusiness*. IFPRI Policy Brief, 2004. Washington, DC.
54. Cavatassi, R., Gonzalez, M., Winters, P.C., Andrade-Piedra, J., Thiele, G. & Espinosa, P. 2010. *Linking smallholders to the new agricultural economy: The case of the Plataformas de Concertación in Ecuador*. ESA Working Paper, No. 09-06. Rome, FAO.
55. McCullogh, E.B., Pingali, P.L. & Stamoulis, K.G., eds. 2008. *The transformation of agri-food systems: Globalization, supply chains and smallholder farmers*. Rome, FAO and London, Earthscan.
56. Singh, S. 2002. Multi-national corporations and agricultural development: A study of contract farming in the Indian Punjab. *Journal of International Development*, 14: 181-194.
57. Dietrich, M. 1994. *Transaction cost economics and beyond: Towards a new economics of the firm*. London, Routledge.

## 缩略语

<b>CBD</b>	生物多样性公约
<b>DNR</b>	德国自然保护联盟
<b>EC</b>	欧盟委员会
<b>FAO</b>	联合国粮食及农业组织
<b>GAT</b>	全球作者小组
<b>GNHC</b>	国民幸福总值委员会
<b>HLB</b>	黄龙病
<b>IAASTD</b>	国际农业知识与科技促进发展评估
<b>IDFC</b>	国际肥料开发中心
<b>IFAD</b>	国际农业发展基金会
<b>IFPRI</b>	国际粮食政策研究所
<b>IISD</b>	国际可持续发展研究所
<b>N<sub>2</sub>O</b>	一氧化二氮
<b>TEEB</b>	生态系统和生物多样性经济学
<b>UDP</b>	尿素深置法(尿素深层施肥)
<b>UN</b>	联合国
<b>UNDP</b>	联合国开发计划署
<b>UNEP</b>	联合国环境规划署
<b>USDA-NRCS</b>	美国农业部自然资源保护局



Plant Production and Protection Division  
Food and Agriculture Organization  
of the United Nations  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italy

[www.fao.org/ag/agp](http://www.fao.org/ag/agp)  
[agp@fao.org](mailto:agp@fao.org)

本书设计: Graeme Thomas、Giulio Sansonetti  
封面: Giancarlo de Pol  
编辑助理: Diana Gutiérrez  
插图: Alessandra D'Andrea、Cecilia Sanchez



ISBN 978-92-5-506871-3



9 789254 068714

I2215Ch/3/11.12