

粮食安全和营养问题高级别专家组报告之三

粮食安全与气候变化

粮食安全和营养高级别专家组 2012 年 6 月 报告





# 粮食安全和营养问题高级别专家组报告之三

## 粮食安全与气候变化

粮食安全和营养高级别专家组 2012 年 6 月 报告

## 高专组指导委员会成员（2012年6月）

MS Swaminathan（主席）

Maryam Rahmanian（副主席）

Catherine Bertini

Tewolde Berhan Gebre Egziabher

Lawrence Haddad

Martin S. Kumar

Sheryl Lee Hendriks

Alain de Janvry

Renato Maluf

Mona Mehrez Aly

Carlos Perez del Castillo

Rudy Rabbinge

唐华俊

Igor Tikhonovich

Niracha Wongchinda

## 高专组项目组成员

Gerald Nelson（组长）

蔡祖聪

Rashid Hassan

Charles Godfray

Maureen Santos

Hema Swaminathan

粮食安全与营养高级别专家组（以下简称高专组）的本报告已经高专组指导委员会批准。

本报告提出的观点不一定代表世界粮食安全委员会、其成员、与会代表或秘书处的官方意见。

本报告向公众发布，欢迎复制和传播。非商业用途将根据申请予以免费授权。为转售或其他商业用途（包括教育目的）的复制行为可能需要付费。复制或传播本报告的申请，应发送电子邮件至[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)，同时抄送[cfs-hlpe@fao.org](mailto:cfs-hlpe@fao.org)。

本报告检索：

高专组，2012年。粮食安全与气候变化。世界粮食安全委员会粮食安全和营养高级别专家组报告，罗马，2012年。

# 目 录

前 言 .....	7
概要和建议 .....	11
主要观点 .....	11
建 议 .....	14
1. 统筹粮食安全与气候变化关切 .....	14
2. 提高粮食系统对气候变化的适应力 .....	15
3. 制定不危及粮食安全的低排放农业战略 .....	18
4. 当地采集信息，全球共享知识，调整研究重点，谋求实现一整套更为复杂的目标 .....	20
5. 为所有利益相关者参与决策和实施工作提供便利 .....	21
6. 对粮安委的建议 .....	23
引 言 .....	25
1 气候变化对当今粮食和营养安全的影响：脆弱性评估 .....	27
1.1 当前粮食安全形势 .....	27
1.2 脆弱性、粮食不安全与气候变化 .....	28
1.2.1 粮食系统与气候变化 .....	31
1.2.2 妇女在农业生产中的作用 .....	33
1.2.3 气候变化对作物、牲畜和农业系统的生物学效应 .....	34
1.2.4 气候变化对农业生产影响的证据 .....	36
1.2.5 气候变化影响与从收获至消费者各环节的粮食安全措施 .....	37
1.2.6 气候变化与生计 .....	38
1.3 政策思路 .....	40
2 评估气候变化对今后粮食和营养安全的影响：对未来的合理情境推想 .....	41
2.1 引 言 .....	41
2.2 气候情境与粮食和营养安全对气候变化的脆弱性 .....	42
2.3 情境结果：脆弱区域、系统和人口 .....	43
2.3.1 脆弱区域 .....	44
2.3.2 脆弱系统 .....	44
2.3.3 农场规模 .....	45
2.3.4 城市化 .....	46
2.3.5 冲 突 .....	46

2.4	结合生物物理和社会经济结果的情境 .....	46
2.4.1	当前脆弱性与未来可供量相结合 .....	46
2.4.2	结合生物物理与社会经济前景的情境 .....	47
2.5	数据和建模问题 .....	48
2.6	政策思路 .....	49
<b>3</b>	<b>适应：应对气候变化对粮食安全挑战的选项 .....</b>	<b>51</b>
3.1	引言 .....	51
3.2	当前的适应 .....	52
3.3	增强粮食系统的总体适应力 .....	53
3.4	农民能够在适应气候变化中发挥何种作用？ .....	55
3.5	如何支持粮食生产者适应气候变化 .....	56
3.5.1	对气候变化风险和脆弱性进行定期评估 .....	56
3.5.2	推广服务的现代化 .....	56
3.5.3	改善遗传资源利用渠道，提高对遗传资源特点的认识 .....	56
3.5.4	利用信息技术的不断普及 .....	57
3.5.5	促进小规模经营者的投资 .....	57
3.5.6	挖掘创新型保险计划在天气风险管理方面的潜力 .....	58
3.5.7	制定采用景观方法的综合性土地利用政策 .....	58
3.5.8	确保民众提高对因气候变化而放大的供水风险的适应力 .....	59
3.5.9	气候变化与沿海地区用水 .....	60
3.6	食物链的气候变化适应 .....	61
3.6.1	着眼气候适应力，改善运输和市场基础设施 .....	61
3.6.2	促进仓储 .....	62
3.6.3	评估膳食结构变化作为气候变化适应手段的潜力 .....	62
3.6.4	批准有助于气候变化适应的国际贸易制度 .....	62
3.7	气候变化适应对科研的挑战 .....	63
3.8	政策思路 .....	64
<b>4</b>	<b>农业与温室气体排放：兼顾粮食安全的缓解选项 .....</b>	<b>67</b>
4.1	引言 .....	67
4.2	目前农业在温室气体排放中所占比重 .....	67
4.2.1	农业的甲烷排放 .....	68
4.2.2	农业的一氧化二氮排放 .....	69
4.3	土地用途变化造成的温室气体排放 .....	69

4.4	缓解选项与粮食安全 .....	70
4.4.1	减少以农业为目的的土地用途变化 .....	71
4.4.2	采用能够增加退化土壤中土壤碳的耕作方法 .....	71
4.4.3	改进牲畜和粪便管理 .....	71
4.4.4	改善水管理 .....	72
4.4.5	养分管理 .....	72
4.4.6	作物残茬管理 .....	73
4.4.7	耕作制度和产品的对比 .....	73
4.4.8	对粮食消费实行管理，降低排放并提升粮食系统效率 .....	73
4.4.9	生物燃料是一种缓解选项吗？ .....	74
4.4.10	对缓解和粮食安全进行共同评估的成本和尺度 .....	76
4.4.11	帮助农民顺应变化 .....	76
4.5	政策建议 .....	77
<b>5</b>	<b>粮食安全与气候变化政策和行动的协调和统筹 .....</b>	<b>79</b>
5.1	四项政策和行动原则 .....	79
5.2	为气候敏感型农业研究和开发构建透明、公平和高效的伙伴关系 .....	80
5.2.1	推动有关气候变化背景下公共和私营部门在保障粮食安全方面作用的辩论 .....	80
5.2.2	开展合作，推动研究 .....	81
5.2.3	开展合作，促进推广 .....	81
5.2.4	能力建设 .....	81
5.3	强化政策制定的证据基础 .....	82
5.3.1	提高数据采集的数量、质量和协调水平 .....	82
5.3.2	对措施的评估和对表现的监测 .....	83
5.3.3	调整研究重点，谋求实现一整套更为复杂的目标 .....	83
5.4	气候变化谈判与农业 .....	84
5.5	对粮安委的建议 .....	85
	<b>参考文献 .....</b>	<b>87</b>
	<b>致谢 .....</b>	<b>95</b>
	<b>附录 .....</b>	<b>97</b>
A1.	高专组项目周期 .....	97

## 配图目录

图 1.	1980—2008 年气候趋势对主要生产国作物平均单产和全球产量的净影响估算 .....	37
图 2.	全球粮食链中的损失、转化和浪费——从田间到家庭净消费 .....	38
图 3.	年均降水量变化（毫米），2000—2050 年，A1B IPCC 情境 .....	43
图 4.	单产效应，雨育玉米，A1B IPCC 情境 .....	45
图 5.	与生长期长短变化相关的脆弱性 .....	47
图 6.	生物燃料产量，1980—2011 .....	74
图 7.	高专组项目周期 .....	98

## 表格目录

表 1.	部分贫困和粮食安全统计数据 .....	27
表 2.	全球营养不足（饥饿）形势估算，1969—2010 年 .....	28
表 3.	贫困的演变 .....	30

## 插文目录

插文 1.	何为小规模农户？ .....	32
插文 2.	加纳的极端天气对妇女造成异常严重的影响 .....	33
插文 3.	野生收获食物与气候变化 .....	38
插文 4.	有关适应的术语 .....	52
插文 5.	当前的适应：两个实例 .....	53
插文 6.	气候变化适应的选项 .....	55
插文 7.	印度地下水枯竭 .....	59
插文 8.	巴西半干旱地区的 100 万个农村水窖 .....	60
插文 9.	耐盐植物 .....	61
插文 10.	改变水稻管理模式，降低甲烷排放 .....	72

## 前言

粮食安全与营养高级别专家组（高专组，HLPE）成立于 2010 年，是世界粮食安全委员会（粮安委）改革的组成部分。高专组的主要作用是根据粮安委的要求提供以政策为导向的分析和建议，支持政策制定和粮安委的工作。因此，高专组发挥着粮安委科学和政策接口的作用，从而有助于在科学与公共政策和行动之间形成协同力。高专组通过一个由来自世界各地的 15 位知名专家组成的指导委员会来发挥职能，我有幸在该指导委员会担任主席。

我们的报告是根据需要撰写的，具体由粮安委提出要求并在起草后在粮安委年度全会上进行讨论。2010 年高专组编写了两份报告，一份针对“土地权属和国际农业投资”，另一份针对“价格波动与粮食安全”。这两份报告为 2011 年 10 月粮安委第三十七届会议的政策辩论提供了素材，在现实相关性和实施可行性方面都得到了高度评价。

粮安委在 2010 年召开的会议上要求高专组编写有关“气候变化与粮食安全”和“社会保护促进粮食安全”的报告，即今年提交的这两份报告。

---

与以往任何时候相比，粮食不安全和气候变化都愈发是人类面临的两大全球性挑战，而气候变化也日益被看作是对粮食安全的最大挑战之一。这正是 2010 年粮安委要求高专组在“气候变化与粮食安全”方面开展研究的原因，具体要求是对有关气候变化对粮食安全与营养影响的现有判断和举措进行审评，重点放在受影响最严重和最脆弱的区域和人群以及气候变化与农业生产力之间的相互关系方面，包括粮食安全与营养领域的各项适应和缓解政策和行动的挑战和机遇。

本报告，即《气候变化与粮食安全》，在 2012 年 6 月 5—8 日俄罗斯圣彼得堡召开的指导委员会会议上由指导委员会进行了定稿和批准。

高专组对报告编写过程<sup>1</sup>的重视程度不亚于对报告本身的重视程度。高专组借助电子方式进行了广泛的公开磋商，保持了透明度和开放性。我们相信这是确保报告质量、相关性和科学合理性的关键所在。

负责编写本报告的项目组由 Gerald Nelson 博士（美国）牵头，成员包括蔡祖聪（中国）、Charles Godfray（英国）、Rashid Hassan（苏丹和南非）、Maureen Santos（巴西）和 Hema Swaminathan（印度）。指导委员会对本项研究的监督工作由唐华俊教授召集。我代表指导委员会向项目组以及唐华俊教授和指导委员会全体委员表示谢意，感谢他们在本报告编写和定稿工作中的积极参与。我也衷心感谢高专组

---

<sup>1</sup> 附件对程序进行了更为详尽的说明。

协调员兼高专组秘书处主任 Vincent Gitz 的不懈努力和出色工作，没有他的努力工作本报告就无法在既定时间内完成。尤为重要的是我们要感谢参加我们的公开电子磋商会的“幕后英雄”和各位匿名同行评审专家。他们都提出了宝贵的意见和建议，这无疑强化了我们工作的水平和质量。

---

政府间气候变化专门委员会（IPCC）正在对气候变化对地球生命的多维度影响问题进行深入研究，1992年在里约热内卢通过的《联合国气候变化框架公约》的缔约方会议年会也对该问题不断进行着讨论。今年是里约会议20周年，我们发布本报告之时恰逢里约+20会议刚刚对气候变化缓解和气候变化后果适应方面取得的进展进行了广泛的讨论，这些后果包括平均气温上升、降水格局不利变化、海平面升高以及对干旱、洪涝和沿海风暴等极端气候事件发生频率的担忧等。由于人类活动因素是造成当前全球变暖的主要成因，因此只有人类采取行动和干预措施才能有助于缓解气候变化的不利影响。

1979年，我应世界气象组织（WMO）邀请在日内瓦举行的世界气候会议上做了题为“气候与农业”的全会演讲。1989年，我再次应世界气象组织之邀做了一次全会演讲，但该次主题是“气候变化与农业”。因此在这十年当中，在世界气象组织气候会议上，气候变化问题在讨论中开始占据主导地位。政府间气候变化专门委员会创设于1988年，目的是就世界气候现状及其对人类福祉的影响做出科学评估。归功于该委员会的工作，有关气候变化及其潜在表象的了解把握目前已大为丰富。该委员会也推动提高了认识并把气候变化问题提升至政策议程重中之重的地位。

我们希望本报告将有助于提高对统筹粮食安全和气候变化关切的首要重要性的认识。这些挑战之间存在着千丝万缕的联系，因此我们认为全世界的应对措施也应当是相互密切关联的。

本报告提请对在所有各级采取行动的迫切需求给予重视，从各地社区层面一直延伸到全球各组织。每个国家都将需要制定自身的气候变化和风险应对战略。贫穷者的应对能力应得到增强，因为贫穷国家和所有国家的贫穷人口将是气候不利变化首当其冲的受害者。需要采取未雨绸缪的行动，保护沿海社区的生命安全和生计。各国在必要时还应做好重新安置“气候难民”的准备。要最大限度地使粮食生产不受气候变化的影响，因为农业是多数发展中国家农村地区的主要谋生来源。非洲撒哈拉以南地区和南亚是最易于受到气温和降水格局变化影响的区域。这两个区域也是营养不良负担最重的区域。因此，国际社会采取协调行动将是避免气候变化演变成成为重大灾祸所必不可少的。

希望我们的研究能够在粮安委成员国制定具有气候适应力的农业和粮食安全战略方面有所帮助。今年，《联合国气候变化框架公约》项下发起了一个关于“农业与粮食安全”的对话。有关讨论于 2012 年 5 月在伯恩开始并将于年底在多哈继续进行。我希望在所有这些讨论中我们的建议都能够得到妥善考虑，从而促进粮食安全、气候智能型农业以及具有气候适应力的粮食系统。如果气候变化适应和缓解战略出现偏差，粮食、水和生计安全都将受到危及，对地球上数以百万计男女老幼的生命安全和生计带来严重的后果。

最后，我谨对粮安委主席和成员以及粮安委主席团和顾问小组的指导和鼓励表示谢意。

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. S. Swaminathan". The signature is fluid and cursive, written in a dark color.

M S Swaminathan, 2012 年 6 月 22 日



## 概要和建议

实现可持续粮食安全所需的许多资源已经捉襟见肘，粮食安全面临巨大挑战。气候变化将使克服这些挑战的任务更为艰巨，因为它将降低大多数现有粮食系统的生产力并损及本已易受粮食不安全影响的民众的生计。《联合国气候变化框架公约》谈判在坎昆确定了平均气温上升幅度不超过 2°C 的目标，但随着时间的推移，世界各国能够实现这一目标的可能性日渐降低。如果围绕全球气候政策的谈判失败，不能排除到本世纪末气温升高 4°C 左右的情况发生，而这是政府间气候变化专门委员会对较高排放量设想的最乐观估计。虽然有人可能从中受益，但平均气温和降水的变化对某些区域民众的影响将大于其他区域。此外，还存在变率幅度和极端事件增加的概率，这意味着无论是在当地还是在国际层面风险管理的意义甚至比目前还要重大。

人口增长的趋势将持续到 2050 年，随之而来的是前所未有的城市化速度。这些变化大多将发生在当今的发展中国家，其中不少国家很可能将达到中等收入水平。其结果是对食物数量和质量的需求迅速提高。旨在提高生物燃料在能源消费中占比的政府政策也增加了对我们共同实现可持续粮食安全能力的挑战。

当前的气候变化是人类活动排放温室气体（GHG）的后果。根据政府间气候变化专门委员会的观点，20 世纪中叶以来全球平均气温升高大部分很可能是由人类活动产生的温室气体浓度提高所造成的。农业活动，包括森林砍伐和其他形式的土地利用转换产生的间接影响，约占到目前温室气体排放带来的全球变暖总潜能的三分之一，因此减少农业的直接和间接排放是加大力度减缓气候变化速度方面不可或缺的组成部分。

### 主要观点

1. 粮食安全对气候变化的脆弱性首先体现在单个农户层面，表现为对植物和动物及其管理系统的生物物理影响。这些影响直接改变着农村的生计状况，也间接改变着城镇地区的生计状况。国际市场能够把气候变化的效应传导至其他地方并能通过撬动国内价格和生计的方式对局部粮食安全产生或积极或消极的影响。
2. 气候变化对植物、动物和自然系统的影响方式多种多样。气温和降雨格局的变化可能对农业生产产生较大影响。平均气温的效应十分重要，但也存在其他的气温效应。总体而言，有关气候变化对作物、牲畜和鱼类病虫害的影响我们知之甚少，但这些影响可能十分重大。在今后数十年中，气候变化将造成对许多农业和水生系统中动物和植物的多重胁迫。关于这些胁迫将如何共同发挥作用仍有大量问题有待了解。降水失常已经对大量农村家庭的生计和生产产生了影响，预计在气候变化的背景下降水失常的问题将愈发严重。
3. 要了解特定个人、家庭或社区在粮食不安全风险方面存在差异（即便他们处于同一个地理区域）的原因，就必须采取社会脆弱性的视角。对粮食不安全的脆弱性既来自生物物理原因也来自社会经济原因，对营养和生计也都将产生影响。原本已经

存在脆弱性状况使得贫困人口更易于受到气候变化的影响，因为随着气候变化的加剧，社会、经济和农业环境状况可能变得更加严峻。

4. 贫困者和其他弱势群体很可能受到气候变化引发的粮食不安全的严重威胁。谁是贫困者？贫困者是那些拥有资产甚少且创收潜力低的人群。他们包括农村的小规模经营者和没有土地的人以及边缘化少数民族和土著人群。目前他们很可能是生活在农村地区，其中女性和儿童占很大比例，但城市贫困的比重正在提高，而且贫困者的城市化速度高于总人口的城市化速度。从地域角度看，绝大多数贫困者生活在两个区域——非洲撒哈拉以南地区和南亚——这两个区域气候变化可能表现得尤为显著。但据称即便是在最富裕的国家也存在粮食不安全现象，而且可能存在这种情况，即造成不平等现象加剧的发展路径会忽视边缘化群体，或引起环境的退化，从而使今后有更多的民众易于因气候变化而陷入粮食不安全。小农和没有土地的体力劳动者所拥有的资源有限，同时公共和私人活动对他们提供的服务也不足，因此尤其易于受到气候变化的社会经济效应的影响，特别是在面对变率加大却没有同步改善社会安全网措施的情况下（参阅《高专组社会保护与粮食安全报告》）。干旱和半干旱区域生活着世界 40% 以上的人口，其中包括 6.5 亿以上的最贫困人口和粮食最不安全人口，这些区域的旱地农业特别易于受到气候变化和变率（尤其是旱灾）的威胁。在世界某些区域，大量农业生产活动是在沿海低地地区进行的，而且目前这些地区的人口密度很大。在这些区域，其中特别是在小规模岛国，气候变化的一个重大威胁即来自盐碱化、海平面上升和泛滥增加。

5. 粮食系统的适应将要求对粮食生产、加工和消费进行复杂的社会、经济和生物物理方面的调整。这些调整对于最贫困和最弱势的区域和人口来说难度最大。再者，气候变化模型显示对热带区域的影响可能十分严重，尤其是预计热带干旱地区将进一步趋于干旱。众多最贫困国家就在这些区域，因此适应能力最差的国家可能就是受影响最大的国家。因此如果希望在有关贫困和饥饿的千年发展目标方面取得实质进展，就要求最不发达国家能够成功进行适应。但最终所有国家都将面临气候变化的挑战。

6. 关于气候发生变化的方式还存在很大的不确定性，这些不确定性在做出每个具体决定的区域和当地层面进一步得到放大。因此应当在打造一个适应力更强的粮食系统的更广泛背景下看待适应问题。粮食生产缺乏可持续性是对适应力的一个重大威胁，因此应当加以解决，方式既包括改变粮食生产方式、控制对食物的需求（如反刍动物产品，其生产在温室气体排放中所占比重尤其大），也包括对各国和国际粮食系统治理的设计进行调整。查找和扶持资源效率较高且环境外部性较低的粮食生产和流通实践应当是一项高度优先的工作。考虑到从事粮食生产的环境和社会条件的多样性，提高可持续性的方案也将各异。没有哪一种方法放之四海而皆准，要为实施最适当和最切合具体实际的措施提供指导，就需要具备更完善和更成熟的证据基础。粮食不安全风险最大的社区往往处于低收入国家。推行可持续发展且侧重改善社会最贫困阶层生计的多数举措都将提高总体适应力并有助于对气候变化的适应。

7. 以社区为基础的适应战略的实例包括改进水资源管理方式，例如为更高效的灌溉系统及小规模集水、蓄水和用水建造基础设施；采取保护土壤墒情、有机质和营养物的作法；使用短周期品种并建立以社区为单位的种子和粮食库等。农民和粮食生产者不能独自成功实现对气候变化的适应。他们需要得到政府和私营部门的支持，民间社会组织在其中也能发挥重要作用。

8. 农业是气候变化的一个重要推手。从全球角度看，种植业和畜牧业占到目前排放总量的约 15%。农业的直接温室气体排放包括来自水稻田和牲畜的甲烷（CH<sub>4</sub>）排放；来自有机和无机氮肥的一氧化二氮（N<sub>2</sub>O）排放；以及农业活动造成的耕地土壤有机碳丧失和放养密度增加造成的草场土壤有机碳丧失而产生的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放。农业还造成归于其他产业（工业、运输和能源供应等）名下的排放，通过化肥、除草剂、杀虫剂的生产和运输以及通过耕作、灌溉、施肥和收获的能源消费等。土地用途的变更在很大程度上是由农业用地扩张所推动的，也占到温室气体排放的另 15% 至 17%。如果不能为农业找到低排放的增长战略，那么未来的收入和人口增长还将大大增加农业的排放。

9. 土地用途变更对温室气体排放的影响巨大<sup>2</sup>，这凸显了寻找适当的农业发展战略、减少非农土地向农业生产转化的重要性。

10. 在未来，预计农业温室气体排放最为直接的增长将发生在种植业和畜牧业生产增长的区域，从而导致甲烷和一氧化二氮排放量的增加。因此，旨在对甲烷和一氧化二氮排放进行管理的政策和计划将尤为重要。

11. 在比较各种实践和系统时，有必要对直接和间接产生的所有排放都加以考虑。迫切需要对各种耕作系统进行更准确的评估，对所有直接和间接的排放加以考虑。

12. 利用植物材料和饲料从事畜产品生产涉及生物学进程以及有关的能源需求和损失，这意味着每 1 卡路里的畜产品都需要上游生产 1 个卡路里以上的植物来源饲料用来饲喂家畜。因此某种膳食中的畜产品比例便成为其排放量的重要推手之一。减缓全球畜产品消费增长速度将有助于降低农业和粮食产业排放的增长速度。但许多人的生计有赖于畜牧业，而反刍动物因其能够消化纤维素和农业残余物而具有很重要的价值。此外，在当地膳食包括有动物蛋白的发展中国家，来自畜产品（奶、肉、蛋）的优质蛋白有助于改善营养水平。

13. 降低粮食损失和浪费也将大大有助于减少温室气体排放。

14. 过去十年用于种植生物燃料（包括乙醇和生物柴油）作物的耕地数量大幅增加。生物燃料政策受到批评的原因包括这些政策可能导致粮食价格上涨（因此降低粮食安全水平）以及它们基本上不能降低、甚至还会增加温室气体的排放。能够证明目前涉及第一代生物燃料的政策有助于缓解气候变化的证据微乎其微。高专组在将于 2013 年发表的一项研究中将对生物燃料在粮食安全方面的作用进行评述。

---

<sup>2</sup> 其他负面后果包括生物多样性的丧失以及地下和地表水保有量的变化。

## 建议

### **1. 统筹粮食安全与气候变化关切**

针对气候变化设计的政策和计划应该补充，而不是独立于可持续粮食安全所需的政策和计划。气候变化是粮食安全面临的各种各样的威胁之一。旨在提高粮食系统整体适应力的各项举措极有可能也有助于对气候变化的适应。仅仅以增加气候变化适应方面的开支为目的的工作最好能够着眼于增加对可持续粮食安全的整体开支，其中尤其侧重那些需要目前采取行动（公共、私人和其他部门的行动）的来自气候变化的特有和不确定威胁。在这一方面，应当把农民放在核心位置，设计出确保社区需求的因地制宜的方法并充分利用当地社区的知识。

#### **1 a) 当机立断增加对粮食安全和气候变化适应力的投资**

即便是在没有气候变化威胁的情况下，实现粮食安全目标也需要大量增加投资，提高生产力。这些投资也应着眼于提高粮食系统的总体适应力。

对实体基础设施进行投资，使粮食生产者与市场联系起来并向面积广大的城镇地区提供食物，这对于粮食系统的总体适应力和粮食安全十分关键。要改善运输和市场流通基础设施需要进行投资。

极端事件的发生频率很可能将提高，这将增加供应网络遭受破坏的风险，因此对货源供应多样化的重视程度大为提高。粮食链中间商和零售商可能需要获得更大量储备的渠道。也应当在便利库存和降低粮食损耗方面进行投资。

#### **1 b) 调整气候变化适应和缓解研究的重点，谋求实现一整套更为复杂的目标，并对气候变化的公共研究进行投资。**

农业研究应当对气候适应和缓解问题进行全面统筹。尽管针对提高单产的研究对于实现更广泛的粮食安全目标不可或缺，但也需要继续和加快调整研究的重点，谋求实现一整套更为复杂的目标，从而应对可持续粮食生产的挑战并对气候变化采取对策。应当更加重视评定被忽视的作物、水果和蔬菜的生产力；复合胁迫效应；生物多样性和农业系统效率以及有效提供生态系统服务等问题。

对缓解策略的研究应当兼顾其对粮食安全的影响。

调整研究重点将要求从一开始就与农民和既定受益者进行有效接洽并吸纳他们参与，开展名副其实的对话了解他们的需求，其中要考虑听取妇女和弱势群体意见时可能存在的困难。

#### **1 c) 推广服务的现代化**

要应对气候变化对粮食安全的挑战，就迫切需要配备重焕生机的现代推广服务，这些推广服务应当建立在各种不同的资金安排模式之上，能够吸收公共、私人 and 民

间社会各部门的参与。要确保提升生产力和适应力的技术得以应用，推广方案应当以负责做出管理决定的人为对象。21 世纪的推广服务应当与科研及私营部门和民间社会密切协作，提升可持续增产和应对气候变化挑战的技能。

### **1 d) 能力建设**

在许多国家，应对气候变化和粮食安全挑战的物质、制度、社会、生物和人员能力并不充分。对人力资本的投资也至关重要，尤其是在建立对粮食不安全的适应力以及对气候变化风险加以认识和有效应对的教育和卫生基础设施方面。

气候变化适应和缓解方面的信息是培养适应力的一个基本要素，也是民众和各国参与和管理气候变化问题的能力的重要组成部分。有关气候变化的知识体系随着对更多信息和科研成果的掌握而不断发展和出现。政府和其他参与者应当强化自身在反应灵敏和创新性的信息采集、管理和发布系统方面的能力，这些系统应当惠及所有人，其中特别要侧重最脆弱群体。

迫切需要有意识地开展建立这些能力的工作。

## **2. 提高粮食系统对气候变化的适应力**

在某些区域气候变化的不利影响已经十分显见，其对所有区域的最终影响很可能都将十分负面。必须在从农田到景观生态再到市场各级都提高粮食系统的适应力。这一般涉及一整套综合性举措并需要加以协调。农民和粮食生产者不能独自成功实现对气候变化的适应。他们需要得到政府和私营部门的支持，民间社会组织在其中也能发挥重要作用。气候变化适应无疑将要求大多数甚至全体粮食生产者及整个粮食链中所有其他参与者在其生计战略中采取新作法并做出调整，这涉及农民、粮食链中的零售商和中间商、涉农企业、金融部门和民间社会。这就要求各国政府、各国际组织以及关心粮食安全和粮食主权、饥饿及可持续发展的各民间社会组织采取行动并加以监督。适应措施务必要根据各地的具体情况因地制宜。气候变化适应必须兼顾社会弱势群体、性别差异，特别是妇女作为决策者在粮食系统中的作用。以下许多建议即便是在不考虑气候变化的情况下也有助于实现可持续粮食安全，因此落实这些建议将百利而无一害；所有这些建议都提高了针对日趋严重的气候变化影响的迫切性。

### **2 a) 根据对风险和脆弱性的评估采取适应措施**

对气候变化的前瞻性适应要求对风险和脆弱性都进行定期评估并随着所掌握信息的增加加以更新。中等和高收入国家越来越多地开展着定期评估工作，但不具备这一能力的国家还需要外部援助。向政策制定者和更广泛的参与者认真通报无法避免的不确定性的工作十分重要。

## **2 b) 推动经验交流**

以社区为基础的适应战略的实例包括改进水资源管理方式，例如为更高效的灌溉系统及小规模集水、蓄水和用水建造基础设施；采取保护土壤墒情、有机质和营养物的作法；使用短周期品种并建立以社区为单位的种子和粮食库等。这一方面的主要问题是发布已经掌握的信息和知识，提高人员和社会能力并实施支持行为规范的政策。

## **2 c) 推动提高农业多样性，更加开放遗传资源的获取渠道**

生产多样性是在不确定性日渐增加的环境中提高农业系统抗冲击能力的一个途径。高效的适应要求开放遗传资源的获取渠道（既包括有形渠道也包括借助适当的知识产权规则的法律渠道），其中既涉及现有作物、牲畜及其野生亲缘，也涉及今后可能利用的品种。应当对作物的耐旱和耐涝基因进行甄别和共享。各种不同条件下物种的单产稳定性状是尤为重要的科研领域，需要加强了解和研究。粮食生产者、公共和私营机构、科研界和政府应当加强合作并确保知识的发布、传播和创生以及技术的转移，对原生境及种子库、种质资源库和有关设施中遗传资源进行鉴定、保护和整理，支持气候变化的适应工作。必须尽一切可能最大限度地降低原生境和基因库中现有生物多样性的遗传侵蚀。《粮食和农业植物遗传资源国际条约》获得所有国家通过以及其第 5 条（保护）、第 6 条（可持续利用）和第 9 条（农民的权利）得到刻不容缓地实施将是这一方面的积极步骤。要增加农业生物多样性，采取措施为利用不足的物种培育市场并对消费者开展膳食多元化重要性的教育将不无益处。粮食和农业遗传资源委员会可以考虑在用于气候变化适应的遗传资源的保护和利用方面确定重点措施并制定一项行动计划。关于目前的知识产权制度是支持抑或是阻碍动植物改良品种的开发和利用以及农业生物多样性的问题，现在正在进行辩论。粮安委可以建议把包括知识产权和农民权利在内的遗传资源问题作为高专组的一个研究课题。

## **2 d) 向农民提供天气预报服务**

气候变化的一个挑战可能在于需要应对更多变的天气格局。获取天气预报能够提高农民应对更加反复无常的情况和极端事件的能力，条件是有关信息能够及时传达给需要这些信息的人。资金充足且设计得当的信息和通讯技术能够为各国气象部门建立起这种联系。

## **2 e) 为气候变化适应制定综合性土地利用政策**

高效的气候变化适应将更加重视综合性土地利用政策的制定。降雨格局的变化（特别是极端事件的频率）和季节性江河径流的变化将提高在集水和蓄水层面优化水资源的重要性。保护森林和红树林等被动政策措施与主动政策干预措施可能同等

重要。“减少毁林和森林退化所致排放量（REDD）”（旨在保护森林）等机制和其他生态系统用益支付手段也应被纳入提高生态系统和社区对气候变化适应力的手段之中。城市和城郊农业也能够在城市的气候变化适应工作中发挥重要作用。

#### **2 f) 为农民获取金融服务提供便利**

为帮助农民对各自的生产系统做出必要调整，政府应创造条件，更便于小规模经营者利用金融市场。这包括改善信贷和保险服务渠道，对这些投资进行覆盖并更有效地管理天气风险招致的经济损失。

#### **2 g) 推行整合粮食安全理念并有助于粮食系统适应力的国际贸易制度**

2008年粮食危机过后，与以往相比粮食安全已经成为农业贸易谈判中更为重要的一个问题。今天，获取粮食的理念已经被认为与传统的市场准入（获取市场）的理念同等重要。目前的世贸组织条款和规则在粮食安全事务方面不够明确或存在缺失，而且多哈谈判授权中并没有留下太大余地能够在解决这些关注方面取得进展。此外，气候变化将大大提高实现粮食安全的挑战难度，而全球粮食贸易显然将在面临气候变化的当今世界发挥重要作用。在今后的农业贸易谈判中整合所有这些重要问题将成为迈向正确方向的一个步骤。

#### **2 h) 优先安排“国家适应行动计划（NAPAs）”中拟议的行动**

使农业适应气候变化和制定国家适应计划在全球范围内都十分重要。最不发达国家向《联合国气候变化框架公约》提交的“国家适应行动计划”把农业和粮食安全投资作为一项优先重点。这些计划为新开展的国家投资的优先排序提供了一个出发点。对最不发达国家在其“国家适应行动计划”中设计的优先重点措施应安排资金并予以实施。各国应吸取“国家适应行动计划”的经验，制定本国的国家适应计划。

#### **2 i) 内陆地区的粮食安全和用水安全**

设立干旱应急基金和建立区域战略粮食储备以及农户和家庭层次的储粮设施，对于在气候变化背景下保障粮食安全具有重要意义。

增加用水供给和对用水需求进行管理应同时得到重视，以便强化作物、牲畜、家庭需要和工业的用水安全。应当为每个农业生态区开发一个可持续的用水安全系统。应当具备一个包括农户在内的参与式用水管理系统，以便在当地社区与节约用水及可持续和平等用水之间都建立起利益关系。

#### **2 j) 确保提高民众对因气候变化而加剧的供水风险的适应力**

水是一种有限的自然资源，也是一种生命和健康的根本性公共产品，对于实现充足食物权不可或缺。粮安委和各国政府应当促进和制定科研和支持计划，推动农

村地区普遍享有优质和足量的用水。参与式方法和各社区的领导作用是形成洁净水收集、储存、管理和分配的高效和平等手段的重要要素，这些手段的实施方式应尊重和**保护生物群落、维护自然资源并促进已退化地区的复原。**

## **2 k) 气候变化与沿海地区用水**

全人类人口中有近三分之一生活在沿海地区。海平面上升很可能将对沿海农业和沿海社区的**生计安全都造成不利影响。**需要未雨绸缪地开展研究和其他行动，使沿海社区做好应对海平面上升和海水入侵的准备。沿海生态和生计安全方面的前瞻性行动计划应包括以下几个方面：**(i) 与农业气候区划相匹配的沿海红树林生物屏障；(ii) 培育耐盐碱稻米和其他作物品种；(iii) 开发农用林业和沿海水产养殖的土地和水管理系统；(iv) 耐盐植物（适应较高盐浓度的植物）的养护和利用。**可以鼓励对口组织（如国际农业研究磋商组织）对此类举措给予支持并进行参与。

全球水资源中有近 97% 是海水，因此有必要开展涉及推广种植业和水产养殖兼营农场的海水农业研究。种植具有经济价值的耐盐植物和养殖耐盐鱼类品种将有助于增强沿海社区的粮食和生计安全水平。因此我们建议在沿海地区和小岛屿着手推行设计科学的海水农业举措，促进沿海地区繁荣发展。

## **3. 制定不危及粮食安全的低排放农业战略**

按照“一切照旧”的设想，粮食产量的提高将不可避免地造成排放量的增加，但存在不少备选方案可以把粮食安全与排放脱钩。在研究农业领域的缓解政策和计划时，应注意选用那些不对粮食安全产生负面影响的方案。令人欣慰的是，其中许多方案能够在缓解气候变化与增强粮食安全之间形成合力。

来自农业的相当一部分温室气体排放可以通过提高资源利用效率（特别是土地、牲畜和化肥）及采取科学管理作法的方式得到减少，在很多情况下科学管理作法还能提高生产力和适应力。公共政策和计划应当有的放矢地开发和发布这些作法和系统。

气候变化缓解的方案决不能增加对粮食不安全的脆弱性。针对脆弱群体且能降低排放和增强气候变化适应力的激励性制度具有多方面的益处。

### **3 a) 减少以农业为目的的土地用途变更**

土地用途由大面积地上碳（尤其是森林）的形式向其他形式变更是仅次于矿物燃料排放的第二大大气层二氧化碳来源，其中大量转化为耕地和草场。提高已经投入耕作的土地的作物单产在降低农业温室气体排放方面基本上都比扩大耕地面积更为有效。叫停大多数把森林开垦为耕地的行为应当成为降低排放的优先重点之一。任何新投入生产的土地都应遵循下文所述的行为规范。

### **3 b) 采用适当的耕作和放牧作法，以防止土壤碳的丧失，建立土壤碳库，预防土地退化**

农业用地中的土壤有机碳含量在很大程度上取决于管理方式。采用精挑细选的农业生态作法可以使退化土地得到复原，从而通过增加碳汇的方式推动粮食安全、气候变化适应和缓解。去除污染物的城市有机废弃物应当还田，以便提高农业生产力和缓解气候变化，当然也要顾及这种作法的直接和间接成本。能够提高氮肥利用效率的政策和计划具有多重益处——可以同时降低农业投入成本、直接和间接温室气体排放以及对农业以外的环境破坏。

### **3 c) 提高牲畜和粪肥管理水平**

随着人口增长和膳食结构的变化，畜牧业产生的排放很可能迅速增加。提高生产力，帮助农民大幅降低单位产出（肉和奶）的温室气体排放应当成为一项优先重点工作。借助沼气设施把家畜产生的甲烷转化为生物能源和粪肥益处不少，包括降低净排放量、增加当地能源供应和提高肥料质量等。这一方面还需要开展进一步的研究。

### **3 d) 提高稻田用水管理水平**

改变灌溉方式能够大大降低稻田的排放量，同时还能在不降低单产的情况下实现节水。

### **3 e) 对耕作制度进行评估和对比**

迫切需要对各种耕作制度进行更准确的评估和对比，要把所有的直接和间接排放都纳入考虑。

### **3 f) 对食物消费进行管理，降低粮食系统的排放量**

膳食结构变化在降低温室气体最集中的食物类型的需求方面的作用需要得到更大程度的重视。政府应促进负责任的消费方式、贯穿整个粮食链的效率和减少食物浪费。应鼓励私营部门开发能够降低温室气体排放的产品和配送系统。

### **3 g) 评估各种生物燃料对气候变化缓解和粮食安全的贡献**

计算生物燃料的温室气体效率十分复杂且充满了诸多不确定性，原因是生物燃料被直接或间接用于灌溉、投入品、运输、加工，特别是生产第一代生物燃料对氮的使用，而且为种植生物燃料作物而把森林、湿地和富含碳的土地转化为耕地也导致了土地碳储量的损失。针对生物燃料对包括生物多样性在内的其他环境挑战的影响问题也提出了关切，这些影响往往涉及向单一作物制度转变，涉及森林砍伐的增加、对自然保护地的威胁以及对供水和水质问题的压力加大等等。对各种类型生物燃料对气候变化缓解的贡献进行评估的工作十分重要，必须要继续坚持下去。

### **3 h) 扶持农民采用具有多重效益的技术**

应当扶持农民采取能够增强其适应力和粮食安全水平、同时能带来长期气候效益的作法。实施这些调整一般都要求具备有利环境，包括负责向农民提供支持的部门和机构，如推广服务部门等。再者，即便新作法能够提高今后的收入水平，但采用时也不无障碍：前期成本、收入损失或过渡期风险增加等。这些成本需要得到弥补。

在增加资金来源方面，碳融资被寄予很大希望，由发达排放国向农民个体提供资金，以此交换排放量或碳贮存的减扣。但经验表明这些机制难以实施且并不十分适用于小规模农业，因为经营规模小会增加交易成本、提高衡量和报告的难度和成本以及加大碳价格的波动幅度。在各种金融工具中，正在针对各种治理方案（自愿性碳计划、“绿色基金”等）探索采用各种市场和非市场机制。无论采取何种支持或激励措施来提高粮食系统的总体效率并对涉及温室气体排放和碳汇的外部性进行内化，建议这些机制既要兼顾小规模经营者的实际情况，也要顾及对提高粮食安全水平、促进气候变化缓解的措施进行优先化的必要性。

## **4. 当地采集信息，全球共享知识，调整研究重点，谋求实现一整套更为复杂的目标**

要缓解气候变化对粮食安全的影响，推动有关政策和计划制定工作的现有信息基础严重不足。各国政府需要加大工作力度。但也有必要开展气候变化及其影响方面的国际数据采集，以便改进有关脆弱社区、人群和区域的信息。

如果能够把当地的经验教训对外进行交流，那么其价值将得到极大提升。农民在目前条件下行之有效的作法方面获得的知识可能成为今后其他地方农民的宝贵借鉴。但气候变化的某些后果却并不在人类近期经验的范畴之内，因此需要进行针对性和系统性的数据生成工作，以便制定有效对策。鉴于知识收集和共享具有跨越国界的裨益，因此不单各国需要实施各自的计划，也需要进行全球协调。

需要大幅提升政策制定者所掌握的生物物理、经济和社会数据的质量和数量水平。具体的挑战包括(i) 采用全球元数据标准在现有与未来的数据来源之间建立联系；(ii) 利用现代技术（信息通讯技术、遥感）采集实时数据；(iii) 为分项数据的采集创造条件，包括家庭内部层面的分项数据，以便厘清粮食安全社会脆弱性的成因以及气候变化缓解和适应的挑战；(iv) 改进从数据采集、分析到帮助政策制定的流程。

### **4 a) 采集更多的生物物理数据**

我们用作食物的动植物中含有大量遗传多样性，但在一系列农业气候条件下的表现情况还没有得到系统化评价。应当采集更多的表现情况信息，对现有的实验试验数据加以补充，并开展新的试验工作，掌握当前气候区间以外的表现特性。目前

掌握的当前和历史天气数据的质量参差不齐，各国的数据采集和发布工作水平存在差异。需要增加数据采集的数量，更应大大增加可自由获取的数据的数量。

#### **4 b) 对现有的作法和表现进行监测**

气候变化适应是一个不断学习的进程。在利用粮食生产的现有社会、经济和生物物理知识促进农业对气候变化的适应方面大有可为。目前适用于某个区域的技能和知识可能对今后另一个区域具有重要意义。要确保气候变化缓解和适应措施不会造成意料之外的负面后果，就需要认真评价其对相关结果以及粮食安全的影响。利用现代信息通讯技术提供的前所未有的机遇对这些信息进行系统化采集和广泛发布是必不可少的作法。

#### **4 c) 改进有关脆弱社区/人群和区域的信息**

信息方面存在的重大缺失会影响我们了解把握气候变化对脆弱区域或群体影响的能力。成功的适应要求极大地改进有关谁是脆弱者以及他们生活在何处的知识。

#### **4 d) 对模型进行改进，为了解气候变化对农业的影响提供便利**

需要对模型进行改进并整合有关脆弱社区、人群和区域的信息。气候模型能生成有关未来可能走向的数量浩瀚的数据，但其总结归纳方式并不总是能够有助于了解把握气候变化对农业系统和脆弱人群的潜在影响情况。需要大幅度增加在气候变化结果与生物物理效应、再进而与人类福祉之间建立关联的模型的开发工作力度。这一方面的少量投资就能够向世界各地的政策制定者提供巨大支持。

在各种模型和设想的采用方面需要开展能力建设，内容包括对其有限性和不确定性的正确认识。

#### **4 e) 组织区域性经验和知识共享**

气候变化规划是由各国主导的工作，但在中期至长期需要方面，有必要推动次区域和区域层面在跨界问题（如水、遗传资源、渔业、跨界病虫害等）方面的意见交流、经验共享、合作和协调。

#### **4 f) 调整研究重点，谋求实现一整套更为复杂的目标**

参阅建议 1 b)。

### **5. 为所有利益相关者参与决策和实施工作提供便利**

谋划粮食安全和气候变化问题要求众多参与者、农民、私营部门以及各国和国际公共部门、民间社会和非政府组织以统筹协调的方式参与和采取行动。尤其具有挑战性的是它们之间存在千差万别、甚至是相矛盾的利益诉求，因此需要从长远眼光出发开展工作，而它们大多数首先考虑的往往是短期成效。

### **5a) 促进有关公共和私营部门在气候变化的背景下维护粮食安全的作用的辩论**

社会各界的行动在塑造粮食安全和气候格局方面都各自发挥着作用。今后的一个重要问题是社会的不同部门如何才能朝着世界粮食安全和气候变化的相同方向共同开展工作并互为补充。

气候变化意味着更大程度地着眼于长远问题及社会经济和环境脆弱性。由于对气候变化背景下公共和私营部门在粮食安全方面的作用演变存在争论，明智之举应该是通过对现有经验进行总结，从而促进关于公共—私人伙伴关系实际有效性的更热烈辩论。

应当确保受影响社区参与这一进程，包括事先在知情的基础上进行关于风险以及对小规模农业经营者和农村社区适应力直接和间接影响的磋商。

### **5 b) 吸纳所有利益相关者参与公共部门决策进程**

气候变化适应和缓解所需做出的实际调整将由销售链条上从生产者到消费者的众多参与者具体承担。公共部门负责培育和落实政策和计划环境，而私营部门在这一环境中做出决策。民间社会在诸多方面发挥着关键作用，从对政府和私营部门的行为进行监督，到对各种不同利益进行调和，再到进行制度创新。应对气候变化的各项活动应旗帜鲜明地解决弱势群体的需求；尤为重要的是要重视妇女作为农业决策者的作用，因此她们的作用应成为应对气候变化对粮食安全挑战的各项政策和计划的规划、设计和实施的固有组成部分。

### **5 c) 鼓励公共部门之间的信息和技术共享伙伴关系，共享所开发的公共产品和当地获得的知识的益处**

各国政府之间在气候变化适应和缓解最佳作法以及可持续的技术转移方面的国际合作是应对气候变化对粮食安全影响所必不可少的。区域性气候变化与粮食安全计划可以作为区域一体化举措的一部分加以实施。如果国家计划能够在全区域范围行之有效，那么学习交流其成功经验就能帮助各国制定本国的计划。但今天某个区域的经验可能对今后其他区域具有重要意义。气候变化适应和缓解都将需要有能够在国际间传播知识的机构。

### **5 d) 增加透明度和民间社会的参与度，提高效率和平等**

公共部门在进行气候变化适应和缓解政策和计划的决策时应具有透明度，这对提高效率和平等至关重要。农民、渔民和林业人员的参与使他们能够在提高资源利用效率的设计方面具有发言权。民间社会的参与能够使可能受气候变化影响（直接影响或经由他人行为的影响）的其他群体更充分地了解潜在活动的情况，并引导工作进程向实现更平等成果的方向推进。

政府应确保所有利益相关者都拥有发言机会，以便确保在与粮食安全和气候变化政策和行动相关的问题方面开展的流程、信息和经验交流工作具有透明度。

## **6. 对粮安委的建议**

### **6 a) 把气候变化建议纳入《全球粮食安全与营养战略框架》之中**

粮安委目前正在起草一份《全球粮食安全与营养战略框架》。我们积极鼓励把本文提出的建议作为重要内容纳入该框架。

### **6 b) 鼓励在《联合国气候变化框架公约》活动中对粮食安全给予更明确的认可**

在过去几年《联合国气候变化框架公约》的谈判中，农业适应和缓解气候变化的必要性变得更为突出。在德班的第 27 届缔约方会议上，谈判代表请求成员国和观察员就农业相关问题发表看法，目的是在多哈的第 28 届缔约方会议（2012 年 12 月）上达成一项决定。《联合国气候变化框架公约》“科学技术咨询附属机构”农业领域的工作计划若能更明确地阐述针对各种适应和缓解措施及其可能与粮食安全形成的合力的正反两方面意见，就既可以为组织与谈判相关的现有研究工作、也可以为促动开展新的研究工作提供一个论坛。我们建议将该工作方案投入实施。我们也建议进一步推动“损失和损害工作方案”的进展工作，把重点放在气候变化在农业和粮食安全的不利影响方面。最后，粮安委应当要求《联合国气候变化框架公约》责成各国政府就以下事项进行报告：作为“国家气候变化行动计划”和“国家适应行动计划”的一部分拟议的举措和政策以何种方式也兼顾到粮食安全工作。

作为《联合国气候变化框架公约》项下《哥本哈根协议》和《坎昆协议》的一部分，发达国家已经承担了向发展中国家的气候变化适应活动提供资金支持的义务。粮安委应批准这一立场并鼓励各国设计各自的支持措施，使之对可持续粮食安全也给予帮助。

### **6 c) 在国际贸易谈判中支持气候变化适应和缓解**

世界贸易组织有关改进世界贸易制度的谈判正在进行（“多哈回合”）。由于气候变化造成农业生产更为反复无常，而且贸易流通具有部分补偿气候引发的农业冲击的潜力，因此我们建议粮安委支持把认可这一作用的谈判成果纳入世贸组织。同样，我们建议粮安委鼓励世贸组织对推动而不是阻碍气候变化缓解的贸易政策改革给予支持。

### **6 d) 增强民间社会的作用**

在联合国各组织当中，粮安委的独特之处在于民间社会在其中具有法定作用。我们鼓励粮安委强化粮安委顾问委员会等现有参与渠道，并对涉及粮安委的更多民

间社会活动给予支持，例如粮安委和联合国正式会议（特别是《联合国气候变化框架公约》会议）的会外活动，以便更有力地加大高专组发布的报告和粮安委做出的决定的宣传力度并推动有关辩论。

**6 e) 支持制定一项关于气候变化和粮食安全国际数据采集的数据共享机制**

气候变化的后果不以国家边境为限。只有采用公认的元数据标准对数据采集工作进行国际协调才能做到切实有效。此外，在造福最脆弱区域和人群方面通过对粮食安全数据采集与气候变化数据采集进行协调能够实现巨大合力。粮安委应当为开展关于改进全球气候变化和粮食安全数据采集工作的对话提供便利。

## 引言

联合国世界粮食安全委员会（粮安委）在 2010 年 10 月的年会上要求其高级别专家小组（高专组，HLPE）开展一项关于气候变化与粮食安全的研究，目的是：

“对有关气候变化对粮食安全与营养影响的现有判断和举措进行审评，重点放在受影响最严重和最脆弱的区域和人群以及气候变化与农业生产力之间的相互关系方面，包括粮食安全与营养领域的各项适应和缓解政策和行动的挑战和机遇。”

我们对这一任务的理解是为各国和国际政策制定者、私营部门和民间社会编写一份文件，对下列问题进行阐述：

- 气候变化物理效应——气温和降水平均值和变率的变化——在当前和未来对粮食安全的挑战，重点放在受影响最严重和最脆弱的区域和人群方面（第 1、2 章）。
- 在当今世界许多粮食生产系统已承受重压且难以为继、粮食安全已经面临着来自人口和收入增长巨大挑战的背景下有关农业对气候变化适应的知识现状和必要性（第 3 章）。
- 农业在当前温室气体排放中所占份额以及农业在满足不断增长的粮食需求的同时在气候变化缓解方面的潜力（第 4 章）。
- 各国和国际上在共同应对粮食安全和气候变化挑战方面协调和连贯的政策战略和行动（第 5 章）。

气候变化对粮食安全的影响方式多种多样。短短一份报告无论是对粮食安全挑战的范围还是对气候变化的威胁都无法全面囊括<sup>3</sup>。因此，高专组本报告目的是对现有的研究结果加以概括阐述<sup>4</sup>并对主要问题予以重点说明，帮助各国和国际政策制定者设计出切实有效和公平合理的政策，应对气候变化对全球粮食安全的更大挑战。

---

<sup>3</sup> 例如，水是粮食安全的关键要素。农业是用水大户。降水和气温的不利变化是气候变化时代需要加以重视的挑战之一。因此本报告从粮食安全着眼，对涉及粮食安全和农业的用水安全的某些层面的问题进行了探讨。但本报告未在用水安全和气候变化方面具体考查不同行业需求（水电、城市、工业等）之间的相互关系。

<sup>4</sup> 近期专门论及有关农业、气候变化和粮食安全问题的一些报告也提出了有益的观点（Foley 等，2011 年；Giovannucci 等，2012 年；Beddington 等，2012 年）。



# 1 气候变化对当今粮食和营养安全的影响：脆弱性评估

## 1.1 当前粮食安全形势

1996年世界粮食首脑会议<sup>5</sup>通过了对粮食安全的以下定义：

“粮食安全系指所有人在任何时候都能通过物质和经济手段获得充足、安全和富有营养的食物，满足其膳食需要和饮食偏好，过上积极和健康的生活。”

上述定义中所隐含的粮食安全的四大支柱是：可供量<sup>6</sup>、获取<sup>7</sup>、利用<sup>8</sup>和稳定性<sup>9</sup>。营养维度是粮食安全概念的固有组成部分（粮农组织，2009a）。

无疑我们尚未成功实现这一目标。即便是千年发展目标在饥饿方面提出的较为保守的目标——在1990年至2015年期间将饥饿人口减半——在全球范围内实现的可能性也不大，尽管个别国家将能够实现。如表1和表2所示，在降低全球营养不足发生率方面的进展速度已经放缓：发展中区域营养不足人口的比例在1990年至2000年从20%下降至16%之后就基本维持在这一水平上下（联合国，2010），而在本世纪前十年后期开始的全球金融危机期间这一比例很可能又有所提高。营养不足人口比例最高的区域是非洲撒哈拉以南地区，其次为南亚。<sup>10</sup>

表 1. 部分贫困和粮食安全统计数据

<b>营养不足人口数量（2006 - 2008）<sup>1</sup>：</b>	<b>8.50 亿</b>
发达区域	1060 万
发展中区域	8.394 亿
<b>5 岁以下体重不足儿童的比例（2009）<sup>1</sup></b>	<b>18 %</b>
<b>贫困线以下人口数量（1.25 美元/天）（2008）<sup>2</sup></b>	<b>12.89 亿</b>
南亚	5.707 亿
非洲撒哈拉以南	3.86 亿
东亚	2.844 亿
拉丁美洲和加勒比	3690 万

资料来源：1—FAOSTAT <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/fs-data/ess-fadata/en/>。

2—世界银行，贫困与平等数据 <http://povertydata.worldbank.org/poverty/home#>。

展望未来，人口增长及随之而来的前所未有的高速城市化趋势将持续到2050年。这些变化大多将发生在当今的发展中国家，其中不少国家很可能将达到中等收入水平。其结果是对食物数量和质量的需求迅速提高。旨在提高生物燃料在能源消

<sup>5</sup> 1996年世界粮食首脑会议行动计划，可见：[http://www.fao.org/wfs/index\\_en.htm](http://www.fao.org/wfs/index_en.htm)。

<sup>6</sup> 可供量是粮食安全的供给面，由产量、库存量和贸易量决定。

<sup>7</sup> 获取受收入、市场和价格影响。

<sup>8</sup> 利用侧重于人体对各种营养素的利用，受护理和喂养方法、食物制备、膳食多样性和家庭内部分配方式的影响。

<sup>9</sup> 稳定性系指时间维度。粮食可供量的周期性短缺是粮食不安全的一个迹象，即便当前消费量充足。

<sup>10</sup> 同时，世界许多地方营养过剩正日益成为问题。全球有10亿多人受到超重影响，而肥胖至少影响到3亿人。1980年以来，全世界肥胖人口数量翻了一番以上，增加了两倍及以上的地区有北美部分地区、英国、东欧、中东、太平洋岛国、澳大利亚和中国（参阅世卫组织网站：<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311>）。

费中占比的政府政策也增加了对我们共同实现可持续粮食安全能力的挑战。由于实现可持续粮食安全所需的许多资源已经捉襟见肘，粮食安全面临巨大挑战。

**表 2. 全球营养不足（饥饿）形势估算，1969 - 2010 年**

时 期	营养不足人口数量 (百万)	发生率 (百分比)
1969—71	875	33
1979—81	850	25
1990—92	848	16
1995—97	792	14
2000—02	836	14
2006—08	850	13
2009	1023*	18
2010	925*	16

资料来源：粮农组织，2010（1969—71 时期和 1979—81 时期），FAOSTAT（其他）  
（<http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/fs-data/ess-fadata/en/>）。\* 2009 年和 2010 年数据由粮农组织根据美国农业部的预测使用外推法计算得出。

气候变化已经开始对粮食安全产生影响。气候系统变暖已是不争事实，对全球平均气温和海水温度上升的观测、积雪的大面积融化以及全球海平面上升目前都能证明这一点（IPCC，2007a）。来自所有大洲和多数大洋的观测证据均显示，许多自然系统正在受到区域气候变化的影响，特别是温度上升的影响：20 世纪前半叶期间平均温度上升了约 0.3℃，到 21 世纪初之前的后半叶又上升了 0.5℃（IPCC，2007a）。20 世纪中期以来所观测到的全球平均温度的上升极有可能大多是由人类活动造成的温室气体浓度提高所导致（IPCC，2007a）。

随着影响日渐显著，气候变化将使实现粮食安全的挑战变得更为艰巨。它对粮食生产和供销的影响可能加剧贫困和不平等，从而对生计和营养造成影响。

## 1.2 脆弱性、粮食不安全与气候变化

本报告的主题之一是气候变化对粮食安全<sup>11</sup>和营养的影响，主要侧重受影响最严重和最脆弱的区域和人群。

根据粮农组织的定义<sup>12</sup>，粮食不安全是指人们无法确保获得充足和安全的膳食并制约其过上积极健康的生活。此外，目前粮食有保障的人可能在日后变得易于受到粮食不安全的影响。已经身陷贫困的人易于受到饥饿的影响，因为他们缺乏满足日常基本需求所需的资源（面临慢性粮食不安全）。他们也极易受到即便是小规模冲击的影响，使之更加陷入赤贫、饥饿甚至生命的夭折。对于目前并不贫困但未来面临贫困风险的人，如果这些风险一旦变为现实且得不到适当保护的话，他们也易于陷入饥饿（面临暂时性粮食不安全）。

<sup>11</sup> 粮农组织，2008，对粮食安全（包括脆弱性）的基本概念进行了有益的探讨。

<sup>12</sup> <http://www.fao.org/hunger/en/>。

脆弱性是一个复杂的概念，需要以不同尺度和各种维度加以考查（Carpenter 等，2001）。围绕脆弱性的概念框架及其在环境变化中的应用已经进行了十分充分的研究探讨（如参阅 Cutter 等，2009；Janssen 和 Ostrom，2006；Adger，2006）。

在本报告中，我们考查的是农业系统、社区、家庭和个人对气候变化的脆弱性以及这些脆弱性可能以何种方式导致对粮食不安全的脆弱性提高。脆弱性受到农业系统、社区、家庭和个人对气候变化的暴露程度的影响。通常认为它包含三个层面：风险暴露程度、风险量级以及风险敏感度，它们不但决定着影响的强度，也决定着应对和适应的能力，或称适应力。

家庭一级的脆弱性往往与对生计的威胁有关。这或是由于资源制约和生产力低下（如农民土地太少或缺乏化肥供应）而造成谋生手段不足，或是谋生手段存在风险而易于破产（如干旱造成歉收）。值得注意的是，许多国家从事粮食生产的小规模经营者大多数是粮食净购买者（估计占埃塞俄比亚小规模经营者的 73%，印度的 74%），因此他们既易于受到生产性风险也易于受到市场性风险的影响（de Janvry 和 Sadoulet，2011）。生计冲击可能波及个人（疾病、事故、缩衣节食），也可能波及整个社区（洪涝、流行病、家畜疫病）（Dercon，2005），抑或整个经济体（金融危机、自然灾害、冲突、大范围粮价飞涨（Lustig，2000）。资产雄厚且多样化（包括社会网络）的家庭比资产少且缺乏社会支持体系的家庭更有条件经受生计冲击的影响。如果家庭反复经受冲击，资产不断消耗，那么随着时间的推移脆弱性可能增加。社会保护的作用之一就是打造一个预防这种局面发生的“安全网”（高专组，2012），例如通过在危机期间或每年“青黄不接”时节提供现金或粮食转移支付或公益就业机会的方式，使贫困家庭能够在不出卖生产性资产换取粮食的情况下就能度过难关。尚未得到充分认识的脆弱性的一个特征是脆弱性具有持续性和经常性，有时还呈现周期性（如季节性）。

气候变化对粮食安全的潜在影响既包括直接的营养影响（消费数量和构成的变化）也包括对生计的影响（就业机会和获取足够营养的成本的变化）。气候变化对这些层面均能产生影响。生物物理和社会脆弱性在气候变化对粮食安全的影响方面都十分重要。社会脆弱性研究特定人群的人口学、社会学、经济学和其他特征，这些特征影响他们的风险暴露程度以及他们应对负面冲击的能力。要弄清为何特定个人、家庭或社区（即便他们身处同一地理区域）在感受影响方面存在差异的原因，采取社会脆弱性视角必不可少。

影响的性质。气候变化对粮食安全脆弱性的影响首先体现在其对作物、牲畜和耕作系统生产力的生物物理影响方面（详见第 2 章）。气温和降水均值的变化和变率的提高将转化为粮食产量平均水平和变率的变化，这将对粮食生产者的收入以及农村地区的净购买者和城市消费者的粮食购买力带来后续影响。气候变率的预期提高将造成粮食生产变率的加大，导致价格和收入波动幅度增加。粮食系统的所有参与者，从个人到家庭再到国家对风险进行管理将变得更为重要。

影响的量级。对农业系统、社区、家庭和个人的影响量级在很大程度上取决于对气候变化效应的暴露程度和敏感度，而各区域和人群在这一方面存在差异。气温和降水均值及分布的变化对某些区域的负面影响可能将大于其他区域，而且有可能某些区域将受益，至少起初将受益。这些影响在农村将得到直接感受并通过价格上涨和波动幅度的加大间接影响至城市地区。这些影响既有通过当地降水和气温变化而导致的直接影响，也有通过影响当地生计的其他地方的生物物理变化（如通过世界价格变动）而导致的间接影响。某些群体所受到的影响可能大于另一些群体，原因或者是他们依赖农业生产作为收入来源，或者是他们用于食物的收入支出比例较高。

应对能力。从植物和动物，再到农业系统直至个人、家庭、社区和国家之间，对气候变化的适应力具有不同的内涵。对植物和动物个体气候变化脆弱性的定义相对明确，下文将详尽探讨。提高农业系统适应力的方式包括改变操作方法、调整播种日期和调整不同物种配比等。人的适应力来自个人或家庭所支配的资源，包括物质、社会或财力资源。

贫困者很可能特别易于陷入气候变化导致的粮食不安全境地。富裕者有能力“买到”粮食安全，至少在短期内是如此。但粮食不安全即便是在最富裕的国家今天也有发生，原因可能是如果选择的发展道路会加剧不平等或会造成环境恶化，那就将使今后有更多人易于受到气候变化导致的粮食不安全的影响（Pieter 等，2011）。

贫困者往往在多个方面都缺乏资源，而不只是缺乏资金。谁是贫困者？如表 1 所示，世界人口有 20% 以上生活在每天不足 1.25 美元的贫困线以下（约 13 亿人）。他们主要位于两个区域——非洲撒哈拉以南地区和南亚，这两个区域气候变化可能表现得尤为显著（参见第 2 章）——但世界其他许多地方也有分布。

今天他们多生活在农村地区，且妇女和儿童占很大比重。如表 3 所示，虽然贫困者的城市化速度快于总人口的城市化速度，但目前发展中国家的贫困仍主要集中在农村地区（Ravallion 等，2007）。但 Ravallion 等人（2008）的另一项研究发现，随着城市化的推进，城市贫困率大有提高之势。气候变化可能主要通过影响粮食可供量和成本的方式大大增加这些贫困者发生严重营养不足的风险。对于农村贫困者来说，气候变化对农业生产力的影响又增添了另一个挑战。

**表 3. 贫困的演变**

		贫困者数量 (百万人)			发展中世界 生活在各贫困线以下的 人口百分比			贫困者中 城市人口比例 (百分比)
		城市	农村	合计	城市	农村	合计	
1 美元/天	1993	236	1 036	1 272	13.5	36.6	27.8	<b>18.5</b>
	2002	283	883	1 165	12.8	29.3	22.3	<b>24.2</b>
2 美元/天	1993	683	2 215	2 898	39.1	78.2	63.3	<b>23.6</b>
	2002	746	2 097	2 843	33.7	69.7	54.4	<b>26.2</b>

资料来源：摘编自 <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2007/09/ravalli.htm>。  
数据来自：Ravallion 等，2007。

除经济状况外，气候变化也可能加深围绕若干社会轴心的现存不平等现象的断层带——性别、种族、年龄、婚姻状况等<sup>13</sup>。性别是一个重要因素，下文将进行详细探讨。年幼的儿童和年迈者可能由于在经济上或身体上依赖家庭其他成员而面临更大风险。历史上就处于劣势或边缘化的社区在贫困者中所占比例往往较高。即便这些社区从经济意义上衡量算不上贫困，但由于社会地位较低，他们仍易于陷入粮食不安全。这些特征之间相互作用会增加对粮食不安全的脆弱性，而仅凭其中的某一项特征可能无法把握个中的复杂性。

粮食的获取渠道也受到社会和政策领域权力不平衡的制约。例如，在气候变化引发的经济困难时期，对社区主导的举措（如粮食银行和国家出资的粮食供销体系）的支持力度可能降低。

贫困人口与脆弱人口之间往往存在很大程度地重叠，处于粮食不安全境地的人口与受到气候变化影响的人口之间往往也存在很大程度的重叠。气候变化增加了改善其福祉的挑战。但贫困和对脆弱人群的挑战还有许多其他决定因素。企图孤立地应对气候变化问题可能造成资源利用效率低下，丧失形成合力的机会。同时，气候变化所带来的特有挑战要求对现有的粮食安全努力进行新的思考。因此，一个重要的政策建议是，应对气候变化的各项计划和政策必须成为旨在减少贫困和不平等以及加强粮食安全的可持续发展工作的一部分。

在世界资源制约已经限制了某些地方的生产力增长的背景下，人口增长成为对可持续粮食安全的威胁之一，其中主要是收入不断增长的当今的发展中国家。气候变化使来自其他威胁的挑战更为复杂。粮食安全的所有四个支柱都受到气候均值变化和变率加大的影响。在经由市场连接生产者与消费者（无论是身处当地还是遥远国度）的整个体系中都将感受到这些影响，因此也必须在这整个体系中加以应对。当地的社会环境系统将感受到气候变化的最直接影响，因此也是气候变化的社会整体响应的主要参与者。但全球、本国以及当地的社会和政治机构都将在管理气候变化对粮食安全的影响中发挥重要作用，它们需要共同想方设法降低风险并为所有人保障粮食安全和营养。

### 1.2.1 粮食系统与气候变化

气候变化对粮食安全产生影响的一个重要方面在于农业生产模式之间的差异，其中既包括当地农业生产模式之间的差异，也包括某个具体区域和全球范围内农业生产模式之间的差异。

粮食可供量的多寡首先取决于世界各地数以百万计的农户。农民利用土地、自家劳动力（还可能包括其他家庭的劳动力）以及各种设备对生产粮食的流程实施管理。他们凭借自身支配的自然资源（包括土壤质量和气候）和能够获得的投入品（灌溉系统等前期投入以及种子和种畜等现期投入）并根据市场形势选择生产何种

---

<sup>13</sup> 针对影响气候变化脆弱性的社会特征的问题已有相当广泛的研究，参阅 Cutter 等（2009）。

产品。他们生产的部分产品被他们本身或贸易商被运送到加工厂或者是本国或国外的中转市场或最终市场。这一系列从农户到餐桌的活动即构成了粮食系统。

粮食系统千差万别，各个国家内部和国家之间都存在巨大差异。气候变化对各种系统的影响并非整齐划一，因此需要对各种政策和计划的方式加以评估。同时政策选择也对农业系统的发展演变产生影响，这可能对气候变化和粮食安全造成影响。

粮食系统之间的差别体现在很多层面。在农户一级，这些层面包括农户经营规模、产品商品化程度、农业作业在何种程度上主要由自家和其他劳动力承担抑或是大量采用机械劳动、以及各种产品的配比程度（不同作物、作物与畜产品以及其他生态系统服务<sup>14</sup>），有时称之为多功能性。<sup>15</sup>

一个常用的组织方法是把农业系统描述为小规模农业经营与大规模经营之间的对立统一体。“国际农业知识与科技促进发展评估（IAASTD）”报告（2008）称，“这两个系统之间在资源消耗量、资本集约度、市场渠道和就业机会等方面存在巨大差异”（IAASTD，2008，第44页）。规模的一个核心要素是某个农民所掌控的农业用地面积，土地面积大小本身就是一个重要因素，另外也在于面积的大小往往与农户经营的其他因素相互关联，例如资本类资源的利用和获取、产品销售的比重、单一作物与多种作物耕作制度的比例以及关于新投入品和管理技能的信息等。全球所有农场/农户中有近四分之三规模小于1公顷（von Braun，2005）。根据对农场大小的某些假设，估计本世纪头十年之初规模在20公顷及以下的农场占到全球耕地总面积的约25%。但这一全球范围的平均水平隐藏着巨大的差异性。亚洲和非洲农场/农户的平均规模远远低于10公顷，而北美洲的平均规模则大大高于100公顷。在非洲和拉丁美洲，小规模农业约占所有农场/农户的80%（Nagayets，2005）。在拉丁美洲，小规模农场的产量占到总产的67%并创造了农业就业岗位的77%（粮农组织，2011d）。<sup>16</sup>

#### 插文 1. 何为小规模农户？

我们所指的小规模农业名称五花八门，定义各不相同。有时还称之为小农、小经营者、家庭农户或自耕农、温饱型和家庭农业。小规模农业的参与者包括家庭农场主、游牧民和牧民、无地农工、林区居民、渔民、园艺工人、土著人群和传统社区等（行动援助，2009）。

政府必须把关于小规模农业的这些定性概念转化为官方定义，以便政策实施。各国对小规模农业的官方定义存在加大差异，包含的要素各有不同。在亚洲，耕地面积是一个有代表性的衡量尺度，常用的门槛是2公顷。在巴西，对家庭农场（基本等同于小规模农场）的官方定义为5-110公顷，取决于所处该国哪个区域，主要使用自家劳动力并占到家庭收入的主体。在美国，定义的依据是销售额，销售额不足5万美元的被认定为小规模农场。

<sup>14</sup> 人们从生态系统中获得的用益（Alcamo 等，2003）。这包括食物和水等生活物资；洪涝和疫病防控等调控服务；精神、娱乐和文化用益等文化服务；以及维持地球生命条件的营养循环等辅助服务。

<sup>15</sup> 多功能性的概念强调农业作为一项多产出活动的内在关联性，它不仅生产食物、饲料、纤维和要用产品等用于出售的产品，还能产生不用于销售的产出，例如景观效果、地下水管理和地表水管理以及生物多样性变化等（IAASTD，2008）。

<sup>16</sup> 这些统计数据的来源在小规模农场方面的定义不尽相同。

小规模农业经营在解决脆弱人口需求方面发挥着若干关键作用。它们在喂养世界大部分人口的同时也“喂养着贫困社区——包括它们自身”（IAASTD, 2008, 第 22 页）。它们管理着很大一部分农业用地，雇用了很大比例的贫穷劳动力，在当地和区域层面提供着粮食获取渠道，而且有时其对环境的负面影响相对较少。根据粮农组织统计（FAOSTAT, 2010），农业从业人口数量从 2000 年的 25 亿上升至 2010 年的 26 亿，但农业人口总数量的比例则从 42% 降至 38%。全球平均数字隐藏了各国之间的巨大差异。根据普遍规律，随着国家的发展和人均收入的提高，农业从业人口的比重呈下滑趋势。因此小规模农业今天必须在应对气候变化挑战中发挥重要作用。同时也务必要认识到，世界所有地方城市化都在快速推进。根据联合国人口和城市化的中位变差估算<sup>17</sup>，到 2050 年世界人口的近 69% 将生活在城镇地区，农村人口将从 2010 年的 34 亿下降至 2050 年的 29 亿。至少在世界某些地区，农场的数量将减少而规模最终将扩大。高专组正在进行一项关于小规模经营者投资制约因素的研究并将于 2013 年发布。

#### 插文 2. 加纳的极端天气对妇女造成异常严重的影响

加纳东北部的一项研究显示，女性温饱型农民受干旱和洪涝的影响异常严重。缺乏家庭劳力从事稻米等劳动密集型作物种植的单身妇女尤为脆弱。她们也无法得到已婚妇女能够从社区获得的支持，即帮助她们建房和修葺等（Glazebrook, 2011）。

我们对所种植的作物和养殖的牲畜以及管理措施以何种方式随着规模的变化而变化知之甚少，因此无法对全球格局做出一致性的判断，但通常认为小规模农场更有可能开展种植业和畜牧业的多种经营，这样做对气候变化的适应力更强。另一方面，小规模经营享受推广服务、获取新投入品和种子以及获得经营所需的贷款的可能性较低。增进对各种农业活动之间的差异以及对气候变化的脆弱性的认识对于提高粮食安全水平以及应对气候变化对农业生产力和稳定性的挑战都具有十分重要的意义。

### 1.2.2 妇女在农业生产中的作用

为应对气候变化对农业的直接挑战，政策和计划务必要针对参与农业生产的方方面面。据世界银行、联合国粮食及农业组织和国际农业发展基金会的一份联合报告（2009）估计，妇女占到粮食总产的 60% 至 90%。从发展中国家整体看，妇女约占到农业劳动力的 43%，从拉丁美洲的 20% 至东南亚和非洲撒哈拉以南地区的 50% 不等（粮农组织，2011a）。<sup>18</sup>因此，旨在提高农业生产的各项计划既应针对男子也应针对妇女。向负责管理农业经营活动的妇女提供推广咨询似可作为一种经济有效的途径，传播有关改进农业实践的一般性信息、尤其是关于气候变化应对的专门信息，但这一途径在实践中却鲜有采用（IAASTD, 2008）。

<sup>17</sup> <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>。

<sup>18</sup> 这些数字可能暗示妇女的劳动生产率大大高于男子，但几乎没有证据能够证明这一点。

除获取信息的问题之外，妇女在农业的其他方面一般都处于劣势地位，例如对生产性投入品和服务的获取以及土地所有权等。妇女与男子相比一般难以享有同等的农业投入品获取渠道（Agarwal, 2011 所援引的 Dey-Abbas, 1997; Quisumbing, 1996; Thapa, 2008）及其他生产性投入品和服务，包括信贷、技术、设备、推广服务、化肥、水和农业劳动力；这些投入品都是应对气候变化所必需的（世界银行, 2009; 粮农组织, 2011a）。虽然有关土地等重要资产所有权的系统性性别分项数据少得可怜，但为数不多的现有研究（详见粮农组织, 2011a）显示在土地占有方面存在巨大差距。在西亚和北非的所有农业用地户主中妇女的比例不足 5%，而非非洲撒哈拉以南地区这一数字约为 15%。从各区域看，拉丁美洲的女性农业户主平均比例最高。近期的一项研究发现，印度卡纳塔克邦农村人口中的总体土地所有权有 39% 属于男子，属于妇女的只有 9%（Swaminathan 等, 2011）。有证据显示，从平均水平看，女性户主家庭占有的土地面积小于男性户主家庭。妇女在牲畜所有权方面也受到制约。

与性别有关的这些制约因素直接影响到妇女的农业生产力。据粮农组织称（2011a），通过解决农业领域的性别差距，发展中国家的生产力能够提高 2.5% 至 4%，营养不足人口将相应减少 12—17%。虽然该项研究未专门论及气候变化，但如果把气候变化的效应考虑在内的话，生产力的提升幅度可能会更大。

无论是从提高效率还是从增加福利的角度来看，在政策和计划的设计中都应针对妇女制定整体性粮食安全计划并专门设计与气候变化相关的活动。

### 1.2.3 气候变化对作物、牲畜和农业系统的生物学效应<sup>19</sup>

作物对与它们演化过程相类似的环境（中美洲的玉米、安第斯地区的马铃薯、中东的小麦、南亚的稻米）和气候条件的响应最为积极。育种工作延伸了环境可能性的范畴，尤其是对于遗传多样性较为丰富或商业需求巨大的作物来说。与根茎、园艺作物和饲料作物等相比，有关气候变化对粮食作物影响的研究较多，而且我们掌握的关于其在温带气候条件下影响的信息比在热带条件下影响的信息要丰富得多，关于在陆基系统中影响的信息比在海基系统中影响的信息要丰富得多。

气候变化对植物、动物和自然系统发挥影响的方式多种多样。总体上说，平均气温升高将加速植物的生长和发育。多数牲畜物种的适温区间在 10—30℃ 之间，若气温高于这一水平，则气温每升高一度牲畜的饲料摄入量就会减少 3—5%。除降低牲畜生产外，气温升高也对繁殖力有负面影响。气候变化对牲畜的其他一些影响是通过它们食用植物的影响而造成的。

---

<sup>19</sup> 本节大量内容摘编自 Thornton 和 Cramer（即将出版，2012）并对其研究结果进行了总结说明。

气温升高并非一成不变只有负面作用：例如，气温升高将造成热带高原和高纬度地区作物生产力提高，目前这些地区的低温抑制了作物生长。

平均气温的效应十分重要，但也存在其他的气温效应。例如，夜间温度升高会降低稻米单产，干季最低温度每高 1℃单产最高可下降 10%。最高气温升高可能导致许多单产严重下降和繁殖障碍。例如，对于玉米来说，在干旱状态下 30 摄氏度以上每度/日可能造成单产下降 1.7%。气温升高也与臭氧浓度升高存在关联。臭氧对所有植物都有害，但对大豆、小麦、燕麦、绿豆、胡椒和某些类型棉花的为害最大。

温度和降雨格局的变化可能对农业生产以及森林和农用林业系统提供的生态系统调配服务产生较大影响，而这些森林和农用林业系统正是许多民众赖以谋生的手段。目前有关气候变化对生物多样性以及相应对林业或农用林业系统生产力的影响我们掌握的信息不多。

从全球角度看，气候变化对淡水系统的负面影响预计将超过地球变暖造成全球降水总量增加带来的好处。大气二氧化碳浓度已经从工业化之前的 280ppm 提高至 2010 年的约 392ppm，并且在过去十年还在以每年约 2ppm 的速度提高。许多研究显示三碳作物存在与二氧化碳有关的单产提升效应（“二氧化碳肥效”），但这种效应在玉米和高粱等四碳作物中则有限，甚至微乎其微。有关典型单产条件下二氧化碳浓度提高对植物生长的影响问题还存在较大的不确定性。虽然二氧化碳浓度增加可能对单产产生有利影响，但也可能对作物的营养物成分具有负面影响（参阅下文讨论），而且也取决于植物生长是否受到水或养分等其他因素的制约。<sup>20</sup>对豆类等某些作物来说，已经发现在植物的二氧化碳响应方面存在遗传差异，这一特性可以通过育种加以利用。二氧化碳浓度升高直接导致海洋酸化，这与海平面和温度的上升共同发挥作用，已经对珊瑚礁和依赖珊瑚礁保障粮食安全的社区造成了较大的不利影响。

蔬菜一般都对极端环境条件和高温较为敏感，而土地墒情不足是热带单产低下的主要原因。气候变化使这一问题得到进一步放大（Peña 和 Hughes, 2007）。

有关气候变化对作物、牲畜和鱼类病虫害的影响我们知之甚少，但这些影响可能十分重大。在一定限度内，气温升高使昆虫的繁殖速度加快，而且在温带地区越冬的可能性加大。许多杂草在二氧化碳浓度升高的条件下表现良好。

---

<sup>20</sup> 2006 年一份有关二氧化碳增肥效应的“自由大气二氧化碳浓度增加（FACE）”实验的报告发现，在实地的效应比在密封容器内进行的实验低约 50%。另一份报告（Zavala 等，2008）发现大气二氧化碳浓度的提高将造成大豆植株更易受到日本丽金龟的侵害，玉米也更易受到玉米根螟叶甲的侵害。最后，2010 年的一项研究（Bloom 等，2010）发现二氧化碳浓度增加会抑制有机氮化合物对硝酸盐的吸收。“自由大气二氧化碳浓度增加”实验的配置了足量的氮。但当氮成为一种限制因素时，二氧化碳增肥效应就大幅降低。Ainsworth 等人（2008）的研究对实地（自由大气二氧化碳浓度增加）和实验室（密闭环境）实验之间的不一致性以及模型模拟的结果进行了阐述。

例如，已知山药和木薯等作物对于干旱和高温胁迫都具有很高适应力（Jarvis 等，2012），但我们推断这些作物在气候变化的条件下易受病虫害侵扰，因此可能严重影响其未来的生产力和区域。马铃薯是另一种受到病虫害严重影响的作物，我们尚不了解气候变化可能对此产生的影响（包括降雨强度增加带来的问题）。

在今后数十年中，气候变化将造成对许多农业和水生系统中动物和植物的多重胁迫。关于这些胁迫将如何共同发挥作用仍有大量问题有待了解。例如，对稻米来说，有一些证据显示高温胁迫和盐碱胁迫共同作用所造成的生理效应大于其中每一种胁迫单独作用的效应。

对气候变化对种植业生产生物效应的多数研究都是针对单产开展的。<sup>21</sup>但对其另一个影响，即对粮食和饲料质量影响的研究则要少得多；也就是说各种食物中的营养物成分以及随着作物和牲畜对气候变化响应方式的不同食物配比构成不断变化的可能性。粮食作物受到的关注最多——二氧化碳水平和气温的升高都影响到粮食质量。例如，Hatfield 等（2011）对有关研究进行了总结，结果显示二氧化碳高浓度会造成小麦蛋白质含量下降。根据 Ainsworth 和 McGrath（2010）及尔达等（2005）的报告，在美国和中国进行的“自由大气二氧化碳浓度增加（FACE）”实验均显示，对于本世纪中叶可能达到的二氧化碳浓度来说，非豆类粮食作物的蛋白质含量以及铁和锌等矿物质都将大幅下降。Wrigley 的报告（2006）称二氧化碳浓度升高一倍造成的小麦单产增长来自麦粒数量的增加而非麦粒个体的增大，同时蛋白质含量降低，淀粉含量提高。国际水稻研究所（IRRI，2007）的报告称气温升高将影响稻米质量品性，例如垩白、淀粉酶含量以及糊化温度等。

针对温度和降水变化对各种作物、牲畜和鱼类影响的系统性研究目前尚处于起步阶段，需要进一步开展研究才能弄清有关后果并找到提升生产力和适应力的行之有效的投资方式。

迫切需要开展研究，对主要农业和水产养殖系统的“复合胁迫”及各种非生物与生物胁迫之间的相互作用加以探究。

#### 1.2.4 气候变化对农业生产影响的证据

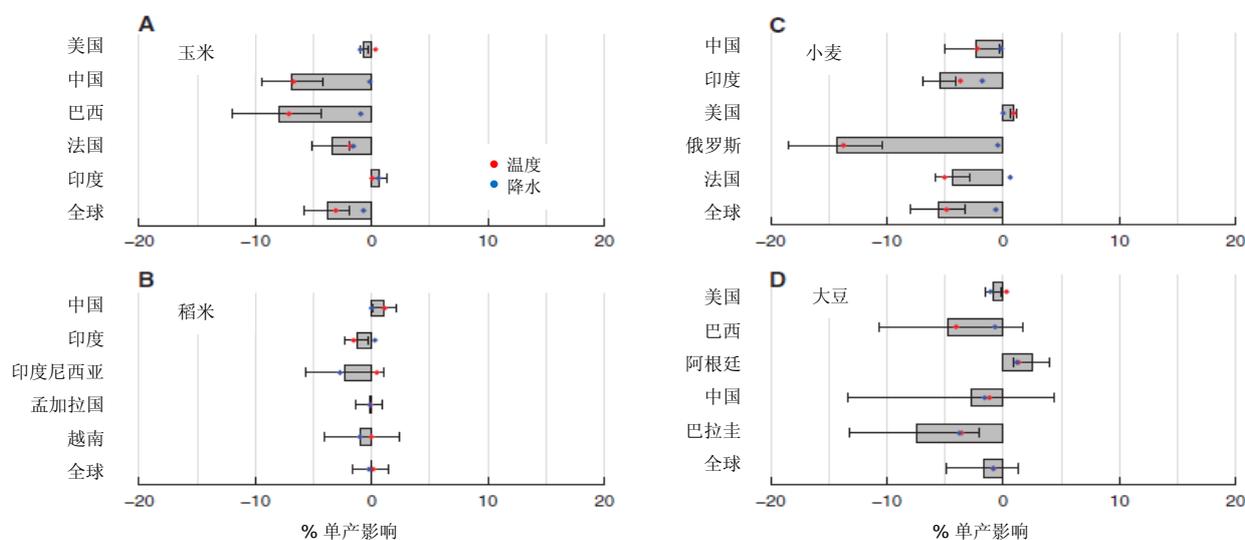
越来越多的证据表明，在人类造成的温室气体排放、气候变化及其对农业生产影响之间存在关联。例如，David Lobell 及其同事近期的一项研究（Lobell 等，2011）确切表明，20 世纪下半叶和 21 世纪最初几年所出现的气温上升以及与之相随的降水格局的变化已经对全球各地的农业造成了明显和不同程度的影响。根据这些研究结果，过去一个时期（1980—2008）在生长季节的气温变化方面存在巨大的区域性差异：北美洲的变化不大，而世界其他地方则出现了大幅升高，特别是欧洲和中国。它对作物单产造成的变化之间存在巨大差异，详见图 1。以玉米为例，所

---

<sup>21</sup> 有关气候变化对粮食质量影响的详细探讨请参阅 [http://climate.engineering.iastate.edu/Document/Grain\\_percent20Quality.pdf](http://climate.engineering.iastate.edu/Document/Grain_percent20Quality.pdf)。

观测的气候变化对美国单产趋势的影响基本为零，而对于中国、巴西和法国，单产增幅出现明显放缓。但也有一些国家的区域作物产量从气温升高中得益，对这一观点形成支持的例子包括美国玉米种植区域北移（Hatfield 等，2011）、中国稻米种植区域北移（Hijmans，2007）以及俄罗斯小麦种植区域北移（Ivanov，2004；Ivanov 和 Kiryushin，2009）等。温室气体排放量迅速增加（特别是在发展中国家），加之越来越多证据表明气候变化对农业存在负面影响、气温对单产可能造成非线性影响的可能性以及极端天气事件发生频率的负担不断加重的迹象，这些因素都预示将对可持续粮食安全构成极其严峻的挑战。

图 1. 1980 - 2008 年气候趋势对主要生产国作物平均单产和全球产量的净影响估算



灰色柱体表示中位估算值；误差条表示 5% 至 95% 置信度。红色和蓝色点分别表示温度趋势和降水趋势影响的中位估算值。

资料来源：Lobell 等（2011）。

### 1.2.5 气候变化影响与从收获至消费者各环节的粮食安全措施

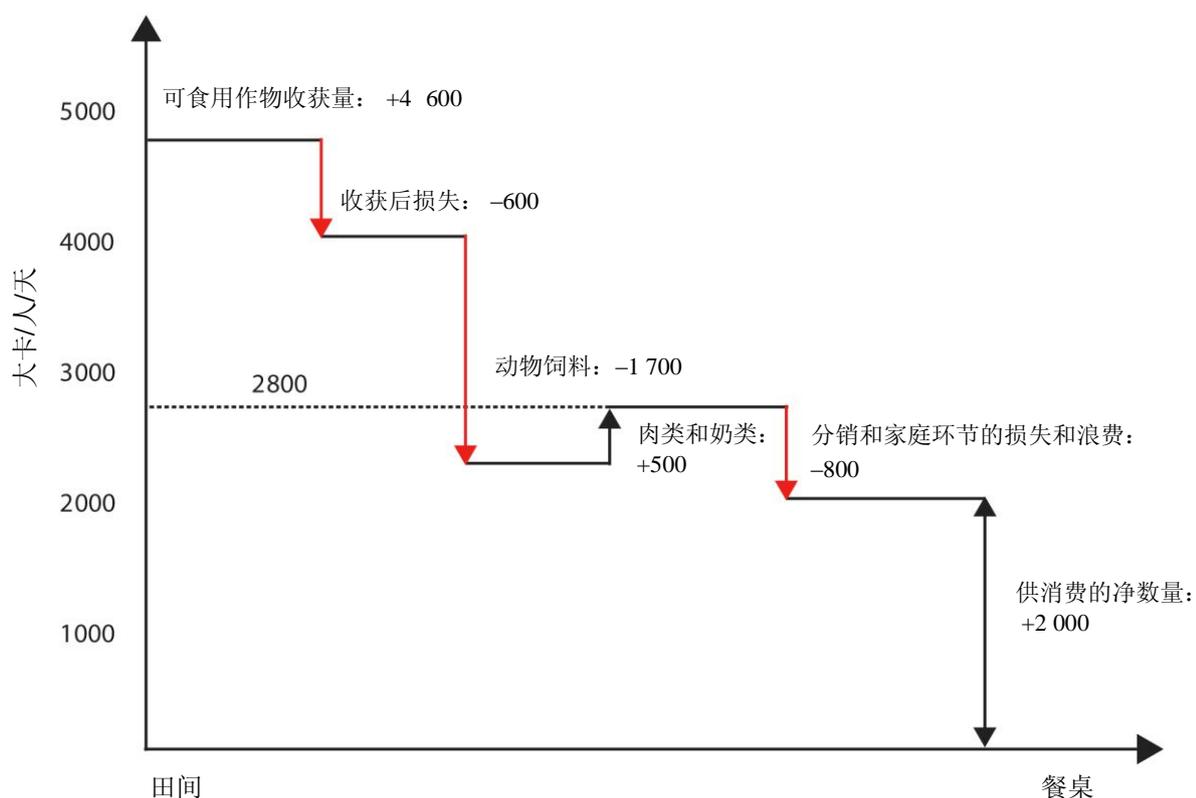
图 2 显示了通过收获后的干预措施加强粮食安全水平的潜力，这些措施能够减少气候变化的负面影响并降低粮食生产对气候变化的影响。根据 Smil（2000）的一项分析，农场环节的收获损失，从收获作业到贮藏不当，占到收获产量的 13%，而且主要发生在发展中国家。气候变化造成的温度和湿度升高将为虫害和真菌对储粮形成更大损害创造了更适宜的条件。而动物食用又占到收获量的另外 37%。分销环节的损失和浪费（发达国家尤为突出）占到收获量的 17%。气候变化造成的温度升高将使食物分销网络采取冷藏措施的必要性增加。

在降低收获后损失方面进行投资也能减少农业的温室气体排放。在目前已对人类健康有害无益的地区采取减少肉类消费的政策和计划能够大幅度降低饲料用量，从而使更多粮食能够供人类直接消费并缓解扩大农业用地的压力。

形成更大损害创造了更适宜的条件。而动物食用又占到收获量的另外 37%。分销环节的损失和浪费（发达国家尤为突出）占到收获量的 17%。气候变化造成的温度升高将使食物分销网络采取冷藏措施的必要性增加。

在降低收获后损失方面进行投资也能减少农业的温室气体排放。在目前已对人类健康有害无益的地区采取减少肉类消费的政策和计划能够大幅度降低饲料用量，从而使更多粮食能够供人类直接消费并缓解扩大农业用地的压力。

**图 2. 全球粮食链中的损失、转化和浪费——从田间到家庭净消费**



资料来源：摘编自 Lundqvist 等（2008），基于 Smil（2000）。

### 1.2.6 气候变化与生计

由于生计受到扰乱和主粮价格波动，因此粮食的获取可能受到气候变化的影响。面临粮食不安全高风险的个人主要集中在从事粮食生产的农村地区，因此他们的生计将受到气候变化当地效应的直接影响和世界其他地方气候变化效应的间接影响。

#### 插文 3. 野生收获食物与气候变化

根据 Arnold 等人的研究（2011），约有 10 亿人（大多为最贫困者）依赖野生收获的产品作为食物和收入来源。例如，Nasi 等人的研究（2011）所提供的数据显示，每年单是从刚果盆地森林中猎取的野生肉类即达约 450 万吨。野生动物和植物类食物不仅提供了较大数量的热量，也提供了宝贵的蛋白质和微量营养素。随着气候变化对生态系统功能发挥的改变，贫困者的这些重要食物来源有可能受到负面影响。也有这样一种可能性，即在自然灾害、干旱和洪涝期间这一食物来源可能作为一种更为重要的应对战略。

除数量外，食物有效利用的决定因素还包括洁净水获取和膳食多元化以及对母亲的儿童营养教育（Smith 和 Haddad，2000）。因为极端事件（包括干旱和洪涝）会对供水系统形成压力，所以气候变化可能使正常提供洁净水的挑战变得更为艰巨。

根据营养学家的推荐，应消费一系列新鲜水果和蔬菜以及适量的蛋白质来源（来自蔬菜、畜产品或水产品）和淀粉类主食。但世界各地的膳食趋势却倾向于消费更多的加工食品，这些食品富含糖、脂肪和油，因此导致对营养过剩和肥胖负面影响日益担忧，即便在发展中国家也是如此（世界卫生组织，2011）。从历史角度看，缓解饥饿的工作主要侧重于提供充足热量（卡路里值）的食物，公共部门的研究资源也主要用于提高主要粮食作物的生产力，特别是稻米、小麦和玉米。这三大作物目前占到全球热量消费总量的 50%，其中发展中国家的比重还要高得多（FAOSTAT）。致力于水果和蔬菜的研究资源较少。但水果和蔬菜在解决微量营养素缺乏问题方面具有极高价值。与其他主粮作物相比，它们在单位面积土地上为小规模农业创造收入和就业方面效果也高出许多（AVRDC，2006）。过去四分之一世纪世界蔬菜产量翻了一番，全球蔬菜贸易额已经赶超谷物贸易额（AVRDC，2006）。在气候变化对水果和蔬菜生产力的影响方面需要加大研究力度。

周期性的粮食获取不足是粮食不安全的成因之一并会造成营养状况的减损（粮农组织，2008）。作物生产具有周期性，收获后时期的粮食供应需要由当地储粮或来自其他区域（国内或国际）的货源来满足。淡季的粮食获取需要有供应量和收入来加以存储或采购。

当地粮食价格和获取的稳定性还可能受到其他地区气候变化效应的影响。例如，国际粮食流通长期以来被看作是至少能够部分弥补气候变化造成的变率加大的一种机制。2008 年开始的粮价飞涨就是部分由天气事件推动的，而这些天气事件很可能将随着气候变化而更加频发。某些国家所采取的不当反应是限制粮食出口数量，加剧了对粮食供应的影响并造成世界其他地方价格上涨。在高专组关于价格波动与粮食安全的报告（HLPE，2011a）中包含有一项有关透明、负责任和以规则为基础的贸易制度在管理粮价波动方面重要作用的建议。随着气候变化效应日益显现，该建议的相关性更为突出。

粮食安全风险最大的社区通常是在低收入国家。促进可持续发展并侧重改善社会最贫困阶层生计的多数措施都将增强整体适应力并间接有助于气候变化的适应。直到最近，作为发展援助的组成部分对农业进行投资仅被给予较低的优先度。现在局面正在改观。在国际舞台上，发达国家 2009 年批准了《全球粮食安全拉奎拉倡议》，目的是在 3 年期间投资 200 亿美元用于促进贫穷国家的农村发展。在区域一级，非洲国家通过“非洲农业综合发展计划”协定（《马普托宣言》）承诺把政府

开支的 10%用于农业。尽管如此，过去几十年对粮食生产系统的投资都处于低水平，因此需要更加强调这种投资的重要性，它可以作为多层面方法的组成部分，创造可持续和具有适应力的农村生计手段。对实现这些目标的各种战略进行监测和评价至关重要。大规模城市中心区和“超大城市”的扩张，特别是在低收入国家，为粮食安全提出了非同寻常的问题，特别是在培育具有适应力的供应链和应对粮价波动的手段等方面。为解决城市的粮食不安全问题而提高对城市和城郊农业的重视程度，可以改善城市人口的食物供应量和获取。

### 1.3 政策思路

应对气候变化的计划和政策必须作为减少贫困和加强粮食安全的各项举措的组成部分。针对气候变化脆弱性采取各自为战的作法存在资源使用效率低下和丧失形成合力机会的风险。同时，气候变化带来的特有挑战要求对现有的各项粮食安全计划进行调整。

提升生产力是应对粮食安全挑战所不可或缺的。气候变化要求我们对能够适应各种反复无常情况和极端事前的作物、牲畜和系统进行研究。

粮食生产系统之间千差万别，这种差异性在单个国家内部和各国之间都普遍存在。气候变化对各种系统的影响各有不同，因此有必要采取一系列不同的政策和计划策略。小规模农场在当今全球农业用地和农村就业中占有很大比重，且常常由妇女经营。她们往往更倾向于开展种植业和畜牧业多种经营，这种作法对气候变化的适应力可能更强。另一方面，小规模经营不易于享受推广服务、新投入品和种子的市场渠道以及生产经营所需的贷款。旨在解决小规模农民限制因素以及确保妇女有机会平等获取信息和资源的各项政策不但总体上说对粮食安全、而且具体来说对应对气候变化都能够在提升生产力、适应力和减贫方面带来重要益处。以妇女为导向开展总体的粮食安全计划和具体的气候变化活动既有效率方面的原因也有福利方面的原因。

要有效应对气候变化对粮食安全的诸多方面挑战，所掌握的信息还不足。在两个领域掌握更多信息对降低气候变化的脆弱性尤为宝贵，因此我们着重予以说明。

- 气候变化对植物和动物生产力和生产稳定性的生物物理效应，包括对病虫害的效应，这些效应会对粮食生产和收获后营销系统产生影响。我们所掌握的信息大多涉及大宗主粮作物，但畜牧业（包括渔业）方面的信息较少，水果和蔬菜方面的信息就更少。
- 作物和牲畜及其管理实践以何种方式随着规模和性别不同而存在差异以及它们以何种方式受到气候变化的影响。

## 2 评估气候变化对今后粮食和营养安全的影响：对未来的合理情境推想

### 2.1 引言

第一章阐述了过去和目前气候变化对各区域和不同群体（特别是最脆弱群体）粮食和营养安全的影响方式。本章则着眼于气候变化在未来可能以何种方式对粮食和营养安全发挥影响，包括对气候变化风险较高的区域和粮食系统中脆弱人群的社会、经济和生物物理影响。

由于在气候、生态系统变化、粮食生产、供销、利用；整体社会经济发展、制度变更及人类福祉和贫困各层面之间存在复杂的动态关系，采用情境推想的方式有助于探究未来可能出现的结果。“情境是对未来将以何种方式进行发展的合理且往往是简化的描述，其基础是有关主要推动力和相互关系的一整套具有条理性和内在连贯性的前提假设。”（“千年生态系统评估”，2005）。情境推想处于事实与臆测之间的中间地带，其复杂性和不确定性不容小觑。采用根据各种合理动因区间构建的一系列不同情境，最有助于更好地把握未来可能走向的范围。

情境推想首先从确定未来可能出现的结果开始，提高对这些结果的认识水平可能有助于为今天做出更合理的政策调整创造条件。气候变化界已广泛采用情境方法来评估能够决定人为温室气体排放水平的诸多经济、社会和制度动因（Nakicenovic等，2000）。这些情境中所隐含（有时是显见）的是形成社会生态基础构架的自然、经济和社会系统的变化，而这些基础构架又与经济发展、扶贫和人类福祉息息相关。因此在气候情境的基础上还需要对一系列非气候变量（人口、收入、技术）的未来可能走势进行推想，才能提炼出包含气候变化效应在内的粮食安全情境。<sup>22</sup>

粮食和营养安全对气候变化的脆弱性是所有上述动因共同作用的结果。气候变化的生物物理变化通过供给影响（如平均单产的变化和变率的加大）和对生产者生计带来的挑战等方式对粮食可供量发挥影响。气候变化也对粮食供销和获取具有重要影响，因为粮食的供销和获取有赖于对气候具有适应力的道路基础设施、市场及其他社会和经济机构。除了这些供给面的影响之外，气候变化还可能影响利用量（消费者的需求），影响方式不仅在于其对收入的影响，还在于其对消费行为的影响。对粮食供应稳定性的最终影响可能来自极端事件发生频率增加，导致短期粮食短缺更为频发，对资源保有量产生压力，从而引发政治动荡。

---

<sup>22</sup> 另有一些群体利用情境推想来探究其他主题，包括生态系统挑战（千年生态系统评估，2005）、未来能源（壳牌国际公司，2008），以及水稀缺（Alcamo和 Gallopin，2009）。

本章将首先考查气候变化对温度和降水影响的情境及其对粮食生产和可供量的影响。然后对近来的情境推想情况进行阐述，这些情境推想对社会经济情境和气候变化情境进行了综合考量，以求评判其对粮食和营养安全的其他支柱及人类福祉各个层面的影响。

## 2.2 气候情境与粮食和营养安全对气候变化的脆弱性

政府间气候变化专门委员会（IPCC）定期发布评估报告，阐述我们对气候科学以及与海洋、陆地和人类活动相互关系的认识现状。<sup>23</sup>虽然我们对大气温室气体浓度增加的总体后果的认识水平日益提高，但在气候变化效应将以何种量级在各具体地点发生作用方面仍存在极大的不确定性。目前还没有哪个排放情境被认为是最有可能发生的。此外，采用相同温室气体排放情境的各种不同全球气候模型所得出的气候结果之间存在很大差异，从中进行挑选并无现成依据。

所有的全球气候模型结果都显示温度和降水普遍升高。<sup>24</sup>但全球气候模型得出的全球平均值隐藏了较大的区域差异性和季节性格局变化。在预测未来降水趋势方面全球气候模型结果之间的分歧尤为鲜明。图 3 显示的是 CSIRO 和 MIROC 全球气候模型利用 A1B<sup>25</sup>情境所得出的 2000 年至 2050 年期间的年均降水变化情况。这两个模型对世界许多区域的预测都存在很大差异。例如，虽然 MIROC 全球气候模型采用 A1B 排放路径所得出的结果预测全球平均降水量将大幅增加，但该模型预测巴西东北部和美国东半部等一些区域未来要干燥得多。而东部非洲和孟加拉国未来降水量则将大幅增加。若这一情境变为现实，将对这些区域的农业生产造成较大负面影响。

---

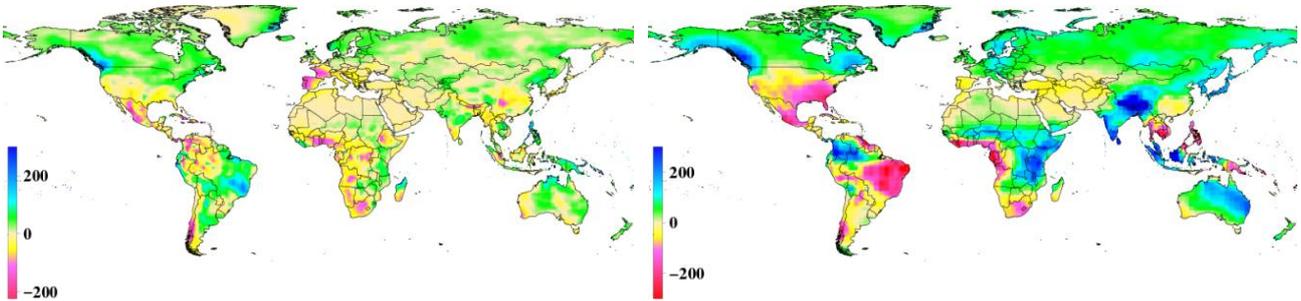
<sup>23</sup> 综合评估模型（IAMs）模拟的是人类与其环境之间的相互关系，包括工业活动、运输及农业和其他土地用途；这些模型对各种温室气体的排放量进行估计。综合评估模型的排放模拟结果作为改变大气化学的输入信息用于全球气候模型。最终结果是一整套对全球降水量和温度值的估算。

<sup>24</sup> 有关温度和降水结果区域性差异的信息请参阅 Nelson 等（2010）的表 A2.3。

<sup>25</sup> 政府间气候变化专门委员会在作为其第三次评估活动的一部分而编写的有关排放情境的专门报告中提出了若干情境，A1B 情境即是其中之一（Nakicenovic 等，2000）。A1 思路 and 情境族设想未来世界经济高速增长，全球人口在世纪中叶达到峰值并随后回落，而且新的更高效技术得到迅速采用。A1B 情境设想在所有能源来源方面的技术进步大体相当。

图 3. 年均降水量变化（毫米），2000 - 2050 年，A1B IPCC 情境

左图：CSIRO 模型，右图：MIROC 模型



绿色/蓝色表示降水增加。粉色/红色表示降水减少。

资料来源：Nelson 等，（2010），基于 <http://www.cgair-csi.org/data/item/54-futureclim> 提供的简化气候数据编制。

各种气候变化适应决策是在区域和地方层面做出的，因此全球层面的情境不确定性在区域和当地层面会有所放大。这对世界各地以充分信息为基础的政策制定和决策构成了严峻挑战，但对于依赖降水（旱地农业）且生活着世界上众多最脆弱人口的区域和生产系统来说尤其如此。根据某个地区是否需要解决旱情或涝情可能增多的问题，适用的适应战略可能存在较大差异。

### 2.3 情境结果：脆弱区域、系统和人口

气候变化对农业和粮食安全的影响首先在于生产力的损失。在多数地方，降水和温度的变化将造成平均单产的下降和产量变率的加大。在某些地方，温度和降水变化的综合作用可能造成农业活动的彻底丧失；另一些地方则可能转而具备开展农业生产的条件。多项研究均在作物生长模拟模型中采用了气候情境模型的结果，用于评估对单产的潜在影响（Reilly 等，2003；Parry 等，2004；Cline，2007；Challinor 等，2009；Nelson 等，2010），根据作物、区域、全球气候模型和气候变化情境的不同，潜在的结果也千差万别。图 4 显示了各种不同的气候情境可能对单产造成的极具差异影响的情况。在采用相同的温室气体排放路径（A1B 排放情境）的情况下，MIROC 全球气候模型推断 2000 年至 2050 年期间美国玉米带和巴西部分地区雨育玉米单产将大幅下滑，而印度部分地区单产将有较大幅度提高，CISRO 全球气候模型得出的单产效应则没有这么负面，全球差异也较小。在 Nelson 等人（2010）所模拟的各种作物和气候情境中间，单产效应包括一些地方将增产，而有的地方则将减产 30% 之多。从更整体的角度来看，作物模型的结果倾向于低估气候变化的生物物理效应，因为这些模拟没有考虑病虫害胁迫的因素。但它们却会夸大气候变化的破坏，因为在没有同时采用社会经济模型的情况下它们不能充分考虑农业生产者所做出的适应响应。提高对气候变化对农业生产力潜在影响（特别是未来降水方面的不确定性）的认识水平对于为不同区域和系统制定适当的适应战略至关重要。

政府间气候变化专门委员会的第四次评估报告（IPCC，2007e）认为，“近期现就显示，高温胁迫、干旱和洪涝的更加频发对作物单产和畜牧业的负面影响程度超出了平均气候变化的影响水平，从而有可能造成意外事件的发生，其发生影响的规模和时间可能较仅采用平均变量本身做出的预测来的更严重、更提前。这一情况对低纬度的温饱型农业尤为突出。气候变率和变化还将造成火灾和病虫害暴发风险的变化，对粮食、纤维和林业生产造成影响。”

### 2.3.1 脆弱区域

研究显示，未来可能面临气候变化威胁的区域、热带干旱和半干旱地区、特别是非洲撒哈拉以南的萨赫勒地区、南亚和西亚、北部非洲、印度及拉丁美洲部分干旱的安第斯地区都是最为脆弱的区域，这些区域对于干旱的进一步加剧尤为脆弱（Swaminathan 和 Kesavan，2012）。“发展中世界的干旱地区面积约占 30 亿公顷，生活着 25 亿人口：这占到地球陆地面积的 41%和人口的三分之一以上。这些人口中约有 16%生活在长期贫困之中。”（CRP 1.1，2011）。

### 2.3.2 脆弱系统

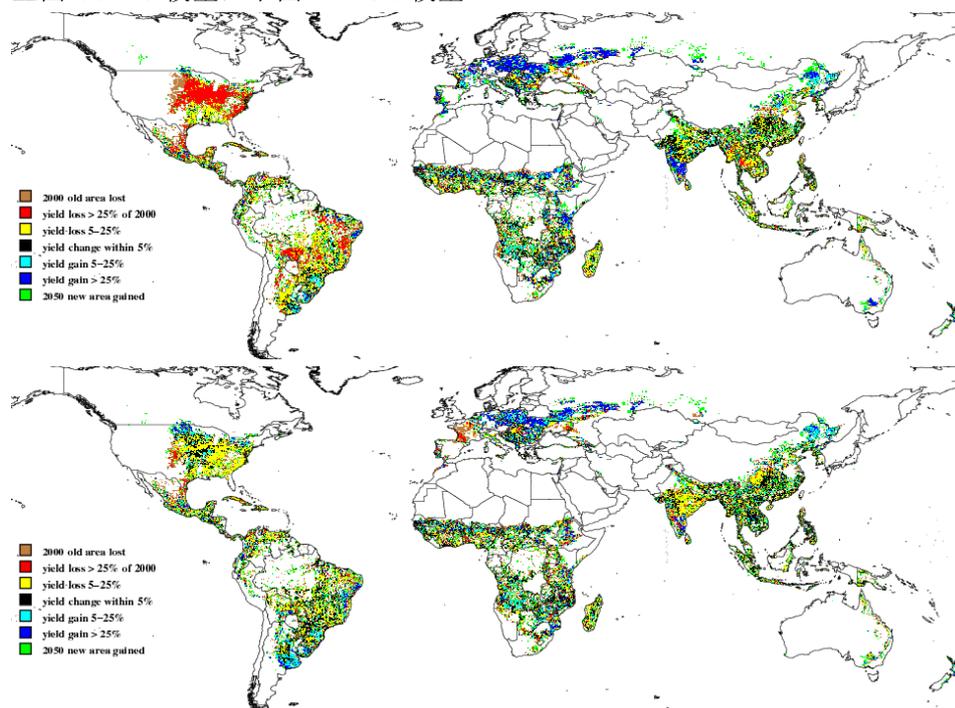
最脆弱的系统包括干旱地区拥有大量庄户的牧民和小规模农户的系统，预计它们的脆弱性将随着气候变化而不断恶化。Cline（2007）的研究结果显示，预计印度和非洲的作物生产力下滑最为严重。预测气候变化将对生产力造成类似不利影响的领域还有畜牧业（Nienaber 和 Hahn，2007；Thornton 等，2008）和海洋渔业（A. L. Perry 等，2005）。Thornton 等（2008）预测对气候变化脆弱性最高（包括生物物理和社会脆弱性）的是非洲的牧场畜牧业及种植业—畜牧业兼作的雨育干旱—半干旱系统。

在 11 个非洲国家进行的一项对整个非洲大陆气候变化对农业影响的研究涵盖了各主要农耕系统和农业生态区，这项研究显示，专一型种植业和畜牧业系统（单一品种系统），尤其是在干旱和半干旱地区的旱地，对未来气候变化破坏最为脆弱（Hassan，2010；Dinar 等，2008）。

世界人口中约有 40%生活在沿海生态系统中，这些系统面临泛滥和海平面上升的风险（Agardy 和 Alder，2005；Nicholls，2004）。越南、孟加拉国和埃及等大量农业生产活动处于沿海低洼地区的国家以及小型岛国可能因泛滥和海水侵入而蒙受重大生产损失。近期关于气候变化对渔业生产力影响的评估在全球层面总效应是负面抑或是正面的问题上没有达成一致的定论，但都揭示了巨大的空间差异。普遍共识是预测接近两极的区域（格陵兰、挪威、阿拉斯加和俄罗斯）捕捞量潜力将提高，但预测偏南地区（印度尼西亚、智利、美国和中国）的基本渔业生产力将有较大幅度下滑。预测海洋渔业生产脆弱性最高的属热带国家（Cheung 等，2010，R. I. Perry，2010；Rice 和 Garcia，2011）。

图 4. 单产效应，雨育玉米，A1B IPCC 情境

上图 CSIRO 模型，下图 MIROC 模型。



红色和黄色：单产下降。深蓝和浅蓝：单产提高。

资料来源：Nelson 等（2010），图 9 和 10。

### 2.3.3 农场规模

在农场规模方面，各区域的情况（参阅 1.2.1）和趋势各不相同。越来越多的证据显示不仅美国、加拿大和澳大利亚的农场规模不断扩大，而且世界上许多其他地方的农场规模也在不断扩大，这主要是经济增长的结果（Hazell，2011）。非洲撒哈拉以南部分国家土地相对充裕且近期大规模土地并购的趋势似乎可以佐证有关非洲撒哈拉以南地区农场规模可能扩大的预测（Deininger 和 Byerlee，2011；Eastwood，2010）。同时，非洲撒哈拉以南地区小农场的数量一直处于增加态势（Jayne，2012）。

气候变化之所以能够增加小农场的脆弱性是由于在推广和信贷体系方面存在缺失，使得它们往往缺乏获取适应气候变化的技术的渠道。因此在制定国家农业政策时应对此加以考虑。如果这些土地交易还造成森林和林地转为农业用途，那么温室气体排放问题将恶化。

在这一方面，高专组关于土地权属和国际农业投资的报告（高专组，2011b）中提出的建议尤其具有相关性：政府应强化和保障目前对自身资源权属不明晰的数以百万计的土地使用者的土地权利。近期获得粮安委批准的《国家粮食安全范围内

土地、渔业及森林权属负责任治理自愿准则》<sup>26</sup>进一步指出（第 23.1 段），“依据相关气候变化框架协议，各国应确保在遵循相关气候变化框架协议中规定的自身相关义务的前提下，通过旨在防止和应对气候变化影响的法律、政策、战略和行动，尊重和保护所有可能受影响的个人、社区及民众对土地、渔业及森林资源的合法权属权利，特别要注重农民、小规模粮食生产者和弱势群体及边缘化群体。”。

### 2.3.4 城市化

城市化将改变气候变化适应的性质。随着城市人口的预期增长，且变化大多发生在当今的发展中世界，为城市贫困和脆弱民众的粮食和营养安全提供支持将需要采取专门的适应战略（皇家学会，2012；Satterthwaite 等，2010）。按照一切照旧的情境，城市需求的增长很可能将不是由小型家庭农户来满足，而是经由漫长的粮食供应链条由地处遥远的产粮区的大规模商业化生产系统来满足（Deininger 和 Byerlee，2011）。此外，随着城市化的推进以及膳食结构更多转向加工食品和动物蛋白占比提高趋势的加快，预测市场集中度将提高。如果这些过程造成当前土地、能源和温室气体高排放的农业生产及供销链条模式被如法炮制，那就将使得气候适应的挑战变得愈发严峻（Bezemer 和 Headey，2008；Timmer，2009）；（皇家学会，2012；Satterthwaite，2010）。除了创新性城市农业的潜力之外（Redwood，2009；Lee-Smith，2010），近来分散化城市发展的趋势；即在绿色环保地点选址的拥有完善基础设施的较小规模城市（皇家学会，2012；Satterthwaite 等，2010）可能提供一种更为气候友好型的替代模式。

### 2.3.5 冲突

预计气候变化将造成围绕土地和水等资源的获取和掌握的冲突增加。它还可能加剧资源获取渠道受限区域的社会和政治不稳定性（例如西亚和中亚的水资源以及发展中世界许多地方的牧民流动性）。《国家粮食安全范围内土地、渔业及森林权属负责任治理自愿准则》中包含有旨在防止和解决土地冲突的重要条文（参阅第 25 段）。

## 2.4 结合生物物理和社会经济结果的情境

为评估未来可能出现的前景已经做出了不少努力。我们在此阐述两点。

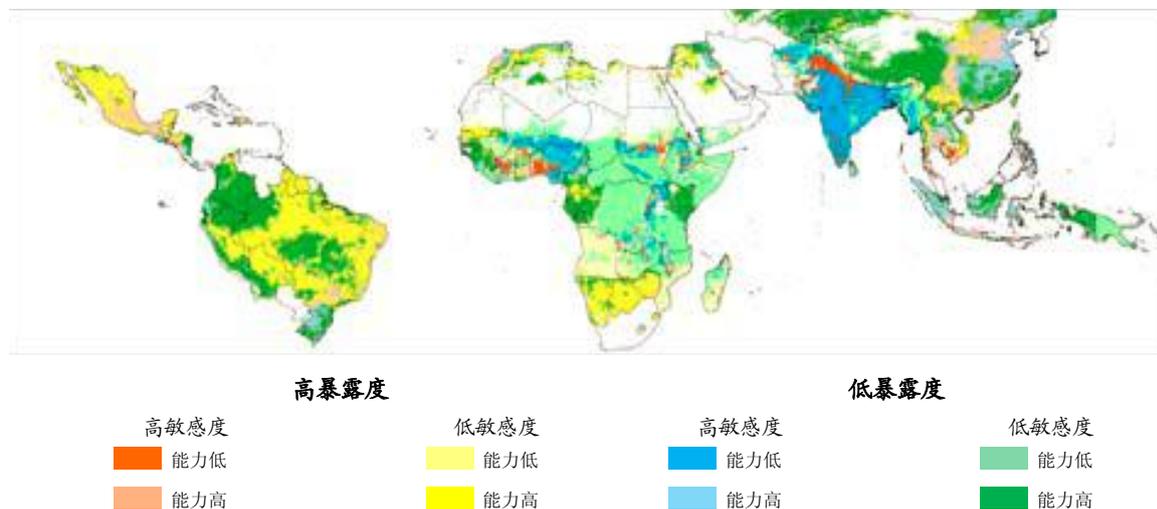
### 2.4.1 当前脆弱性与未来可供量相结合

一些研究试图构建出能够通过结合已知的当前脆弱性现状与未来可供量变化的方式对获取结果进行描述的情境。Ericksen 等人（2011）近期的一项研究即采用这一思路，在脆弱性的三个要素（暴露程度、敏感度和应对能力）的基础上对发展中国家的总体脆弱性开展了基于域的阈值（高和低）评估。例如，图 5 显示了与生长

<sup>26</sup> [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/nr/land\\_tenure/pdf/VG\\_Final\\_May\\_2012.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nr/land_tenure/pdf/VG_Final_May_2012.pdf)。

期长短变化有关的脆弱性。在最为脆弱的领域，有 1420 万公顷土地可能将出现较大的生长期长短变化，影响波及总人口 4.01 亿。他们发现气候变化的其他效应将以不同的方式对脆弱区域和人口构成挑战。

图 5. 与生长期长短变化相关的脆弱性



深红区域脆弱性最高：高暴露度（>5%）、高敏感度而应对能力低。

深绿区域脆弱性最低：低暴露度（<5%）、低敏感度而应对能力高。

资料来源：Ericksen 等（2011）。

## 2.4.2 结合生物物理与社会经济前景的情境

有若干研究既纳入了社会经济动因也纳入了气候变化动因，并考虑了气候变化适应的某些因素。此处我们援引其中一项研究的结果，用以说明可能出现的结果的范围。Nelson 等人（2010）根据五种不同的气候前景将一系列作物生产力情境与三种人口和国内生产总值前景（人口低增长—国内生产总值高增长、人口高增长—国内生产总值低增长及人口—国内生产总值中速增长的情境）进行了综合分析，对粮食安全和人类福祉的一系列可能出现的结果进行了评估。该项研究既采用了因数（人均收入、日均热量占有量）也采用了对粮食不安全的直接测量（五岁以下儿童营养不良数量）。

### 平均热量占有量

在当今的低收入发展中国家，平均热量占有量仅为最富裕国家占有量的三分之二。展望 2050 年，该研究发现，在人均收入高增长和不发生气候变化的条件下，这一类别国家的平均热量占有量将达发达国家水平的近 85%。但在人口高增长—国内生产总值低增长的情境下，到 2050 年所有区域的平均热量占有量都将下降。

### 五岁以下儿童营养不良数量

对于低收入发展中国家来说，在人口低增长—国内生产总值高增长的情境下儿童营养不良的人数将下降 36.6%，但在人口高增长—国内生产总值低增长的情境下，这

一数字将增加 18%以上——即营养不良儿童的数量将增加近 1 700 万。对于中等收入发展中国家来说，在人口低增长—国内生产总值高增长的情境下营养不良儿童的数量将下降 50%，但在人口高增长—国内生产总值低增长的情境下下降幅度仅为 10%。

气候变化使减少营养不良儿童数量的挑战变得更为艰巨。相对于未来不发生气候变化的情况而言，在人口低增长—国内生产总值高增长的情境下气候变化将造成 2050 年营养不良儿童数量增加约 10%，在人口高增长—国内生产总值低增长的情境下则将增加 9%。在低收入国家，在人口低增长—国内生产总值高增长的情境下气候变化将使营养不良儿童的数量增加 9.8%；在人口高增长—国内生产总值低增长的情境下增加 8.7%。气候变化的这些效应相对较小，对价格（和其他因素）影响的差异也相对较小，因为国际贸易流通在部分上发挥了补偿作用。例如，从 2010 年至 2050 年期间发达国家谷物净出口量的变化角度看，从气候变化影响得到妥善缓解的情境下增加 500 万吨至减少近 1.4 亿吨不等。贸易量的变化将部分抵消气候变化对当地生产力的影响，从而使得负面效应较小的区域向负面效应较大的区域供应粮食。有两个政策思路十分明确。基础广泛的可持续经济发展是降低脆弱性的关键。要应对气候变化效应空间分布不均匀的问题，粮食跨越国界的相对自由流动可以成为适应气候变化的重要手段（之一）。在这一方面，高专组在有关价格波动的报告中建议“各国政府应继续着眼于构建一个透明、负责任和基于规则的多边贸易体系。但这些规则应当更广泛地包容有关粮食安全的公共政策关切、更妥善地兼顾世界贸易组织（世贸组织）成员国之间的异质性并考虑贫穷和脆弱国家或社会群体的特殊需求。”

以上这些全球性情境推想工作均未着力研究各国内部的分布问题以及气候变化对脆弱人群产生异乎寻常的影响的可能性。

## 2.5 数据和建模问题

虽然过去几十年我们在利用模型模拟气候变化在生物物理和社会经济方面的复杂情况并生成合理情境推想的能力大幅提升，但仍存在一些重大缺陷，制约着我们了解把握气候变化对脆弱区域和人群将带来的后果的能力。尽管各全球气候模型都普遍一致预测全球温度将升高，但在降水结果方面却存在很大分歧。对可能出现的气候变化未雨绸缪并对其后果进行谋划需要具备准确的气候和气候影响模拟。迫切需要有更优秀的气候模型，能够对其进行“规模缩小”，使之适用于地域较小的区域，而且还能够更准确地预测对农业的后果。这些模型的验证和完善所要求获得的资源应大大优于目前现有的水平。作物模型能够准确再现作物对现有范围内的天气和温度的响应情况，但这些模型在未来结果的范围内发挥作用的能力则远没有把握。而且在评估气候变化可能造成的病虫害压力变化的影响方面这些模型的表现乏善可陈。

社会经济情境模型，特别是那些包含了气候变化效应的模型，在某种程度上较气候或作物模型还要复杂。它们必须考虑生物物理效应并将其作为人类系统复杂行

为的一个组成部分。在许多方面这些模型仍是我们了解把握粮食系统对气候变化脆弱性的最为薄弱的一环。

对气候变化的定量情境推想还没有涉及气候变化引起的变率增加的后果。虽然气候科学家们坚信根据大气物理的基本原理将发生变率增加的情况，但目前还没有专门设计能够提供有关变率必要数据的全球气候模型的产出结果，而这些数据是用于评估气候对农业生产力影响的作物模型所需要的。要填补这项空白就迫切需要开展跨学科的工作。

到目前为止开展的研究都是侧重平均变化而非变率和极端事件的变化情况。这些研究大多没有考虑适应措施的因素，无论是自我适应抑或是前瞻性适应。它们无一例外地只着眼于气候变化而没有考虑到社会经济因素（收入、人口、政府政策和计划等等）。

用于构建气候变化效应以及有关脆弱人群的其他因素的情境的所有三种类型的模型——气候、作物和社会经济——均存在弱点，这意味着在全球、各国和当地各层面对气候变化的政策和计划应对方面面临巨大的不确定性。要改进各个模型的功能及其互动水平需要做大量工作。此外，构建这些模型所需的数据的质量不高，而且数据采集工作需要大量资源和多个机构之间的广泛协作，这需要得到适当政策举措的扶持。在改善气候信息提供者（预警机构、气象部门）与使用者（农民、资源管理者、粮食安全计划等）方面需要有适当的平台和机制。

## 2.6 政策思路

合理的气候和社会生态变化情境可以作为设计适当的应对方案、确保未来粮食安全和人类福祉的宝贵工具。

气候变化对脆弱群体的影响很大，但这决不是可持续粮食安全所面临的惟一威胁。能够实现基础广泛的经济增长的可持续发展工作是解决脆弱民众和脆弱区域需求所不可或缺的。鉴于气候变化在各地方和各区域造成结果的不确定性，因此建立在具体气候情境基础上的政策和计划可能产生适得其反的效果。相反，应当把力气下在既能够提供可持续经济发展、又能够提高对一系列潜在气候变化威胁的适应力的活动上来。

随着时间的流逝，世界各国能够实现在坎昆《联合国气候变化框架公约》谈判中设定的平均气温升高幅度不大于 2°C 的目标的可能性日渐降低。如果全球气候政策谈判无疾而终，就不能排除到本世纪末气温升高 4°C 左右的可能性，而这一水平与对政府间气候变化专门委员会较高排放情境所做的最佳估算相当。

亚洲、非洲和拉丁美洲干旱和半干旱区域的旱地农业尤其易于受到气候变化和变率（特别是干旱）风险的影响。干旱地区最为脆弱的人群是采用粗放系统的牧民

和小规模农民，预计它们的脆弱性将随着气候变化而不断恶化。设立干旱应急基金以及农场和农户一级的存储设施并采取适当的可持续农业适应战略和建立区域战略储备等措施将成为这些区域重要的粮食安全政策。

目前人口密度大且经济资产集中的沿海地区将面临预期海平面上升和泛滥增加的较大风险，其中小规模岛国面临高风险。热带国家的渔业生产力很可能尤其易于受到未来气候变化和变率的影响。

预测在 2050 年之前人口数量增长将伴随着速度空前的城市化，其中增长大多是在今天的发展中国家，从而导致对食物数量和质量需求的大幅提高。为快速增长的城市人口提供食物对降低温室气体排放尤其构成了挑战，因为这一需求的满足很可能不是通过小规模家庭农场而是高投入的大规模生产系统和消耗大量能源的漫长供应链来实现。城市贫民和弱势群体的粮食和营养安全将需要采取专门的适应战略，包括挖掘创新性城市农业和分散式城市发展的潜力。

情境推演面临着方法论和数据方面的重大制约。一项重要挑战在于当前的气候模型是否有能力预测气候变化效应将以何种量级在各具体地点发生作用，特别是在降水的不确定性方面。

### 3 适应：应对气候变化对粮食安全挑战的选项

#### 3.1 引言

政府间气候变化专门委员会（2007d）对适应的定义是：

“降低自然和人类系统相对于实际或预期气候变化效应的脆弱性的举措和措施。适应存在多种类型，例如前瞻性适应和反应性适应、私人适应和公共适应以及自我适应和计划适应等。实例包括提高江河或沿海堤坝、用高温抗耐性更强的植物替代敏感植物等等”。

自最近一次冰川时代之后农业诞生以来，人类不得不根据不断发展变化的环境调整适应他们的粮食生产、加工和消费方式。因此需要在目前已经全球化的粮食系统所赖以存在的不断发展变化的生物物理和社会经济环境背景中来看待气候变化带来的挑战（和机遇）。但粮食系统适应气候变化的必要性具有若干独特的特征。首先，气候变化将影响全球，因此所有粮食生产系统都需要做出调整。其次，需要在粮食系统已经承受诸多其他压力的时代进行适应：例如全球人口数量和财富增长带来的需求增长、对水、土地和其他投入的竞争不断加剧以及能源价格近乎必然的不断上涨（且波动幅度加大）。

粮食系统的适应将要求对粮食生产、加工和消费做出复杂的社会、经济和生物物理方面的调整。这些调整对于最贫困和最脆弱的区域和人群来说最为困难。此外，气候变化模型显示热带区域将感受到尤为严重的效应，特别是预计热带干旱地区的旱情将加剧。许多最贫穷国家就位于这些区域，因此适应能力最低下的国家可能就是那些受影响最严重的国家。所以，若还抱有在有关贫困和饥饿的千年发展目标方面取得实质性进展的希望，就要求最不发达国家实施成功适应。但所有国家最终都将面临气候变化的挑战。

气候变化适应的第一步是对某个具体系统的风险和脆弱性、气候变化改变这些风险的方式以及它对粮食安全的影响进行评估。在适应问题上很少有惟一的某一种最佳方法。而且适应未必需要采用新技术，而往往是朝着某个不同的方向调动组织现有的作法和资源。适应可能要求对粮食系统做出较大调整，因此需要建立在综合性方法的基础之上。

农业和粮食系统的任何调整都会产生一系列后果，所有这些后果都必须加以考虑和兼顾。必须对社会弱势群体、性别差异、特别是妇女在粮食系统中的关键作用给予特别考虑。在这一过程中应采取细致精到的方式，例如要认识到妇女并非是一个一成不变的群体，而且也存在脆弱男子群体。在预见拟议的适应措施对各性别的劳动负担的影响后果以及是否可能加大男子和妇女之间现有的不平等现象、抑或是被用作保持现有的性别规范（既包括家庭内部也包括社区）方面必须审慎从事。应当抓住利用弱势群体和妇女作为变革媒介的机遇。应当大力强调制度和社会适应所具有的极端重要性。

气候变化适应需要采取许多不同的形式。本报告中我们做出若干概念上的区分（参阅插文 4）。

#### 插文 4. 有关适应的术语

- **一般性措施与具体措施。**除了气候变化之外，粮食系统还将受到其他因素的影响，这些因素既有一般性变化（例如人口增长造成争水现象的加剧），也有波动幅度的加大（对能源价格的预期）。一般性措施能够提高粮食系统对各种压力的适应力，将有助于气候变化的缓解。但气候变化也将带来自身的问题（少数情况下也会带来机遇）：特别是形成新的天气格局。粮食生产者将根据这些新情况做出具体调整。
- **反应性适应与预见性适应。**粮食生产者可以简单地对不断变化的气候做出反应，也可以采取措施对可能发生的变化加以提前应对。尽管预见似乎是最有效的战略，但它受到我们预测气候变化进程能力的制约所限，在社会政治层面也受到应对尚未显现威胁的措施代价高昂、因此难以实施的限制。生产者（包括小规模农民组织和妇女生产者团体）对预见性规划的直接参与可能提高获得成功实效的可能性。要利用好最新的生物物理和社会经济建模工作成果，还需要改进预警系统。包括了对不断发展变化的环境做出灵活响应的“适应性管理”战略在一定程度上可以发挥过渡性作用。
- **自我适应与计划适应。**社区和小规模粮食生产者将自发地对当前和预见的气候变化做出响应。当地的种子和粮食库为维持和传承对自我适应具有价值的经验性知识提供了机制。另一种方式是由政府或参与规划工作的其他机构制定适应战略。结合以上两种战略的方法可能最为高效。
- **认识现有当地知识的价值，实施最佳作法和创生新知识。**利用现有知识和作法能够在适应气候变化中发挥巨大作用，包括农民个人通过对具体地点最有效措施的多年田间研究琢磨而得出的经验，其中还要兼顾当地的社会、经济和环境背景。这一方面的主要问题是现有信息和知识的传播、人力和社会资本建设以及制定实施支持最佳作法的政策等。但气候变化适应的挑战将要求在粮食系统所涉及的整个自然和社会科学领域都要获得新的知识。

气候变化适应势必将要求在多数甚至全体粮食生产者及整个粮食链的其他参与者的生计战略方面采用新的作法和变革。但要求做出的变革应具有更高的系统性，必须容纳农民、粮食链中的零售商和中间商、涉农企业、金融行业以及民间社会参与其中。这将要求政府、国际组织及关心粮食安全和主权<sup>27</sup>、饥饿和可持续发展事业的民间社会组织采取行动和进行监督。

### 3.2 当前的适应

虽然越来越强有力的证据表明人类活动造成的气候变化已经开始发生，但其对粮食系统的影响到目前为止还比较轻微，而且难以与其他因素相厘清。北美洲玉米和中国稻米生产区域的北移可能是受到了气候变化的影响，但也可能受到了生物燃料政策和膳食结构变化等其他因素的影响。随着气候变化效应开始加速，建立对各种适应方法进行监测和评价以及对最佳作法加以学习和传播的系统将越来越重要。

<sup>27</sup> 粮食主权的定义是“人和主权国家通过民主方式决定自身农业和粮食政策的权利”（IAASTD，2008）。

粮食系统的各部分已经有效适应了其他变化因素并最终提升了适应力和强化了粮食安全，这些都为应对气候变化提供了大量借鉴。适应措施应当采取各种作法和技术解决粮食系统的脆弱性问题，从最新的生物技术、精准农业工程和现代畜牧业手段，直至农业生态和农用林业方法，这些方法包含的要素诸如土壤有机质强化（也有助于温室气体缓解）、水资源管理、复种或多种经营系统、利用当地遗传多样性以及可持续利用农业生物多样性等（如参阅粮农组织，2011b；Altieri 等，2011；IAASTD，2008；联合国大会，2010；Clements 等，2011）。此处篇幅所限不便就这一广泛主题加以阐述，但插文 5 简要介绍了两个实例。

#### 插文 5. 当前的适应：两个实例

全球变暖增加了大气中的热量，飓风和台风等极端事件的密度很可能将提高（IPCC，2012）。粮食生产者，特别是脆弱的低收入国家和地区的粮食生产者，需要采取适当作法，最大限度降低更严苛的天气条件造成的负面后果。尼加拉瓜的研究已经显示，农民在采用了一系列的农业生态实践（例如轮作、绿肥、使用天然肥料、沟垄覆盖、作物多样化和减少焚烧频率等）之后，与发生严重飓风之后的同等对照情况相比损失的耕地面积减少 18%，保持的表层土增加 40%，而且土壤质量改善（Holt-Giménez，2002）。

由于用于农业的水资源过度开采，一些区域出现了土壤盐碱化大幅增加的情况。这一趋势很可能将因为气候变化带来的降水格局的变化而进一步加剧。而随着海平面上升造成咸水入侵频率增加，土壤盐碱化可能将加重。澳大利亚科学家近期研发了一种硬粒小麦，能使在盐碱土壤中的单产提高 25%（Munns 等，2012）。发挥作用的基因是从小麦的一种野生亲缘物种上发现的并采用非转基因技术移植到作物当中。

这些事例说明了当前适应的经验可能在规划未来对气候变化的应对方面发挥如何宝贵的作用。它们说明“低科技”和“高科技”都能够在应对这些挑战方面发挥重要作用。当然，要使创新为最贫困和最脆弱社区造福，这些创新必须经济可行并在相关的作物、牲畜或农艺实践中加以应用。向非洲的脆弱社区提供节水玉米的举措<sup>28</sup>为如何开展这项工作提供了一个实例（HMG，2010；Conway 等，2010）。

### 3.3 增强粮食系统的总体适应力

粮食价格在经历了长时间相对较低和相对稳定的态势之后，过去五年价格涨势和波动幅度都达到了上世纪 70 年代以来所未曾出现的水平。围绕原因到底何在正在开展着热烈的辩论，但很可能涉及需求的长期增长和供应面的压力。如第 2 章所探讨的那样，分析人士大都预测，供求关系的趋势如果得不到解决，就会带来全球粮食系统受到严重扰乱的风险。近期的一系列报告（粮农组织，2011c；Foresight，2011；Paillard 等，2011；Oxfam，2011）对这些问题进行了探究并提出了如何提高全球粮食系统适应力、从而抵御各种扰动（包括气候变化引起的扰动）的问题。

本报告的侧重点和本章大半篇幅的主题专门针对的是气候变化适应的必要性为政策制定者带来的挑战。但需要在构建适应力更强的粮食系统这一更广泛范畴内考

<sup>28</sup> <http://www.aatf-africa.org/wema/en/>。

虑气候变化适应问题。由于篇幅所限此处不对这一十分宏大的主题做详细探讨，但将在此着重提出部分主要问题，请读者参阅上文所列的各篇报告，了解探讨的详情。

根据目前趋势采用外推法对本世纪中叶粮食需求量的各种预测显示，只有全球粮食增产 70%（粮农组织，2009b），某些区域甚至需要增长 100%，才能使粮食的实际价格保持在不至于对贫困社区造成严重影响的限度之内。研究结论认为整个粮食系统都需要采取行动，以便增加供给、缓解相对高收入消费者的需求压力、减少粮食系统的浪费以及改进粮食系统的效率和治理水平。如果粮食生产者拥有对价格信号做出响应的资源，如果在经济和实体基础设施方面（市场改革和市场准入）进行适当投资，现有农田利用现有知识完全能够生产出更多粮食。增加供给涉及到提高现有知识的利用水平（尤其是通过振兴推广事业）以及对新知识进行投资，提高可持续生产力。大量开垦新土地用于粮食生产不应当是增加产量的一个主要手段，因为这将对温室气体排放产生后果（Foley 等，2011；Godfray 等，2010）。应当把退化和半退化农田的恢复或改良作为一个优先选项。

在农民的权利和需求未得到充分重视的地方，增加粮食产量的努力应当对此保持敏感。粮食价格的不断上涨已经导致海外企业和主权财富基金在非洲大宗购买土地。虽然这种投资可能为农业带来宝贵的资本，但可能因此导致丧失土地和其他侵犯人权的行为的危险很大。确保所有大宗土地收购的透明度以及完善物权制度是避免出现此类不当行为发生的优先措施（参阅第 2 章的探讨）。这些问题在高专组关于土地权属和国际农业投资的第 2 份报告中进行了进一步探讨（高专组，2011b）。

有些价格波动是能够在粮食系统中加以避免的，但要采取措施防止市场放大冲击（包括天气事件引发的冲击），保护脆弱群体和社区免受价格大幅涨跌的影响。政策制定者需要研究应如何对现代商品交易进行最有效的监管（详见高专组，2011a），公共和私营部门的最佳透明度水平是什么，以及建立实体或虚拟干预储备的建议是否有益等。社会保护计划可以在保护社会贫困阶层（无论是在相对富裕还是相对贫穷的国家）发挥关键作用（高专组，2012a）。

粮食生产缺乏可持续性是对适应力的一个重要威胁，需要通过改变粮食生产方式、调节对环境不利的食物类型的需求以及对各国和国际的粮食系统治理进行设计等途径加以解决。重中之重是查明和支持那些资源效率较高而且环境外部性较少的粮食生产和供销作法。如果能够兼顾粮食生产所处的环境和社会背景的多样性，那么提高可持续性的解决方案就能发挥作用。没有哪一种方法放之四海而皆准，因此需要大幅提高证据基础的水平 and 精准度，帮助指导实施最适用、最符合具体客观实际的措施。下文我们将探讨与气候变化适应直接相关的各种具体战略（第 4 章将探讨与缓解相关的战略）。

### 3.4 农民能够在适应气候变化中发挥何种作用？

除了作为对粮食系统的一个总体压力来源之外，气候变化将呈现各种具体的表现形式，粮食生产者需要加以适应（Fischer 等，2002）。

随着气候的变化，粮食生产者已经习以为常的平均天气格局将发生改变，更为极端的事件发生频率和分布也将改变（Gornall 等，2010）。每个农民都需要采取一套措施对这些变化加以适应，具体措施的细节要视不同情况而定。尽管如此，具有普遍性的适应方案也是有迹可循的，粮食生产者需要对插文 6 中有关适应选项的问题加以考虑（Lobell 等，2008；粮农组织，2007）。

#### 插文 6. 气候变化适应的选项

- 种植不同品种或物种的作物，或者养殖不同品种或物种的牲畜（或水产养殖中的鱼类）。可能需要采用环境适应度不同的品种，或者具有广泛环境抗耐性的品种。应当考虑采用目前被忽视或稀有的作物和牲畜品种。
- 在天气变率加大的情况下考虑增加品种或作物的多样化，预防单个作物歉收的风险。利用包括畜牧和/或水产养殖在内的综合体系系统，提高适应力。
- 在一年不同时节播种作物（包括原料和饲料）；调整季节性养殖作法，使之适应不同的天气格局。
- 改变灌溉方式；在许多地区，气候变化的主要挑战将是不同原因造成的供水量下降，包括降水减少；更多降雨是在极端事件中发生的，因此难于集水；冰川消退造成的江河径流变化以及温度升高环境下对水资源的争夺加剧等。这些挑战在某些重要的主粮产区可能尤为严重，大量人口聚居地的粮食安全依赖这些产区。粮食生产者需要采取强化节水措施，使用边际化资源并更多利用雨水收集手段。在某些地区，降水增加可能使得原本无法开展农业生产的地方适于从事农耕或非灌溉农业。
- 改变农艺实践方式；降水的变化可能更适于减少耕耘，以便减少水分损失，还宜于采用粪肥和复合肥及覆盖栽培等其他土地利用技术，增加土壤有机质，从而改善保水。牲畜饲喂方式和载畜量需要与不断发展变化的环境条件相适应。
- 防备极端事件发生频率增加。普遍采取的节水措施在发生干旱时尤为重要，而改善土壤有机质等战略则有助于在发生暴雨之后对水分进行保留。暴雨发生频率的增加将要求改进排水和农田设计，避免土壤流失和冲蚀。沿海地区的农田应当对咸水入侵频率增加的情况加以适应，而较为干旱地区则应对山火更为频发加以适应。
- 调整虫害、杂草和病害管理战略；不同的作物和牲畜病虫害对气候变化的反应方式不同，并不是总不利于粮食生产者。但在农民应对现有病虫害的技能的范畴内，考虑到虫害天敌对虫害的自然调节可能受到气候变化的扰乱，粮食生产者面临的局面很可能是这一类型的挑战将更多、而不是更少。类似考虑也适用于传粉生态系统服务的扰乱。
- 调整收获后作法，例如粮食的干燥要求水平以及产品收获后的储藏方式。
- （尽可能）考虑增加针对极端事件的保险。
- 考虑新的天气格局对农业工人健康和福利的影响。
- 与其他粮食生产者进行接洽，交流最佳作法和经验，加强以社区为基础的适应。<sup>29</sup>

<sup>29</sup> “农民对农民系统（PCaC）”是生产者之间知识共享的一个例子，该系统在十年之内演变为一个新的工作样板，通过实施一系列涉及绿色粪肥、覆盖栽培的新管理模式的方式促进了当地耕作方法和农民知识的转型，并在不进一步扩大土地面积的前提下确保了粮食安全。该系统首先产生于尼加拉瓜的 Siuna，但中美洲和加勒比一些其他国家加以了采用。通过教授农民该系统提供的工具的使用方法等方式，在该区域建立了一个信息共享和强化治理的网络，从而不断进行旨在提高适应力的新方法的实验和开发，同时与传统农耕方法进行对比印证（Cuñalvar 和 Kandel，2005）。

除了农业和水产养殖之外，大量人体蛋白质来自捕捞渔业，目前捕捞渔业占到人类消费的鱼品的近乎 50%（粮农组织，2009c）。气候变化可能增加新的渔场（例如在海冰不断融化的北冰洋），也可能造成现有渔场的迁移。从事捕捞渔业的人员需要了解这些变化并能够做出响应（R. I. Perry, 2010）。

最后，许多民众，特别是较不发达国家的民众，利用种类众多的野生动植物来补充膳食（Barucha 和 Pretty, 2010）。这些物种也将受到气候变化的影响，影响方式尚难以预测。这些人群中将进行自我适应和反应性适应，但政策制定者应认识到，气候变化可能（虽然并不必然）对这些重要的生态系统用益产生负面影响。

### **3.5 如何支持粮食生产者适应气候变化**

农民和粮食生产者自身难以成功适应气候变化。他们需要得到来自政府和私营部门的协助，民间社会组织也能在其中发挥重要作用。本节我们将探讨一系列能够降低气候变化脆弱性的举措。

#### **3.5.1 对气候变化风险和脆弱性进行定期评估**

气候变化的前瞻性适应要求对风险和脆弱性都进行评估（Howden 等，2007）。中等和高收入国家正越来越多地进行定期评估，但不具备这一能力的国家则需要外部援助。无法避免的不确定性的情况以审慎的方式向政策制定者和更广泛的其他方面进行沟通十分重要。

#### **3.5.2 推广服务的现代化**

十分重要的是粮食生产者能够拥有利用技能基础的渠道，即气候变化适应所需的人力资本。利用各种资金模式（可以吸收公共、私营和民间社会部门参与），通过现代新生推广服务提升对粮食生产者的信息和培训服务水平，这一点已作为提高总体适应力的手段给予了强调。这些推广部门必须妥善配备，提供有关气候变化适应的适当咨询建议（某些情况下可以以现有成功模式为基础，例如在管理天气风险方面），并兼顾妇女和弱势群体的特殊需求。除了正规推广服务之外，还有农民田间学校等措施能够在农业和其他粮食生产群体中共享最佳作法和知识，这可以有助于促进自我适应。虽然适应的国家规划必不可少，但重点应当放在实际发生变化的社区的参与方面。

#### **3.5.3 改善遗传资源利用渠道，提高对遗传资源特点的认识**

高效的适应需要获取遗传资源的渠道（既包括实体渠道也包括通过适当知识产权规则的法律渠道），其中既包括现有作物、牲畜及其野生亲缘的遗传资源，还包括未来可能利用品种的遗传资源（有关国际知识产权权利规范状况的讨论请参阅 Blakeney（2011））。例如，应当鉴别和共享耐受干旱和涝渍的作物基因。多变条件下物种的稳产特性是需要加强了解和研究的尤为重要的领域。

应尽一切可能最大限度地减少原生境和基因库中剩余生物多样性的基因侵蚀。粮食生产者、公共和私营部门机构、科研界以及政府需要加强合作和确保知识的传播、发布和创生及技术转移，对种子库、种植资源库和相关设施中的遗传资源进行养护和管理并对气候变化适应提供支持。所有国家通过《粮食及农业植物遗传资源国际条约》并刻不容缓地实施其第 5 条（养护）、第 6 条（可持续利用）和第 9 条（农民权利）将是这一方面的积极步骤。

为增加农业生物多样性，开展利用不足物种的市场开发和对消费者进行有关膳食多元化重要性教育的措施将发挥有益作用。

粮食及农业遗传资源委员会<sup>30</sup>可以考虑在为气候变化适应目的养护和利用遗传资源方面确定优先措施并制定一项行动计划。

关于当前的知识产权制度支持还是阻碍动植物良种和农业生物多样性开发和利用的问题目前正在进行辩论。遗传资源的问题（包括知识产权和农民权利）是粮安委可以建议高专组开展研究的一个主题。

### **3.5.4 利用信息技术的不断普及**

气候变化的挑战之一很可能在于应对更为多变的天气格局。获取天气预报服务能够提高农民应对变率加大和极端事件的能力，条件是要把信息及时传递给需要的人。即便是在最贫穷国家移动电话及有关技术都近乎无处不在，这为粮食生产者、特别是小规模经营者提供信息和咨询服务提供了一个新手段。资源配置和设计得当的信息和通讯技术能够为各国气象部门提供这一桥梁。

### **3.5.5 促进小规模经营者的投资**

随着时间的推移，气候变化的后果将日渐显现。气候变化适应要求在结果发生之前就着手投资。在这种意义上说，适应既要求有物质投资也要求有非物质投资（知识），而且粮食生产者应当有获取金融资本的渠道。在较为发达的国家，这些投资可以由私营部门提供，而作为农村扶持计划的一部分国家也可能提供辅助。

“绿色银行”及有关举措可以根据自身的汇款情况投资于气候变化适应，尤其是与缓解相关的适应工作。在推动可持续或“绿色”经济发展方面气候变化适应有可为的机会，特别是在构建了能够把价格信号响应与提高公共福利生产相统筹的管理环境的条件下。较不发达国家的资本获取问题难度较大。这是一个普遍性问题，可能通过各种方式解决，包括调整国家预算的优先重点、调整发展援助侧重点，或者是通过私营部门和民间社会的金融计划，例如专门针对小规模粮食生产者的小额信贷。

---

<sup>30</sup> 粮食及农业遗传资源委员会秘书处针对气候变化和遗传资源问题布置编写了若干背景文件，可参阅 [http://www.fao.org/nr/cgrfa/cgrfa-back/en/?no\\_cache=1](http://www.fao.org/nr/cgrfa/cgrfa-back/en/?no_cache=1)。

在脆弱地区，气候变化适应投资（包括对动植物新品种、灌溉、粮食储存和运输基础设施的投资）将要求享有越来越高的优先度。如上文所强调的那样，尤其需要重视透明度和小规模农民权利的保护问题。还应确保这些措施能够解决务农妇女的特殊需要，并且不能歧视脆弱群体。

### 3.5.6 挖掘创新型保险计划在天气风险管理方面的潜力

粮食生产的性质意味着现金流随着时间而各有不同，而且当发生干旱、洪涝和海水入侵等不利天气事件时还面临风险。气候变化将增加此类极端事件发生的可能性及作物、牲畜损失的风险，因此生产者掌握适当的风险应对工具变得越发重要。在较富裕国家，保险业能够使粮食生产者（及其消费者）对不确定性进行对冲，其中大多往往是在政府补贴的保险计划框架下，但在较贫穷国家，这些机制往往不存在或效率低下。目前发展中国家正在进行以天气指数为依据的保险计划的试验工作，这些国家已经查明此类计划的益处以及实施中的问题（例如参阅 Giné 等，2007；Giné 和 Yang，2009）。关于如何最妥善地向贫穷粮食生产者提供金融保障的问题还需要研究，例如采取当特定天气条件满足时自动赔付的计划，而不需要进行复杂的损失调整。

但气候变化可能出现的一个后果是天气冲击频率提高且空间范围扩大，影响波及整个区域和各国，这可能大大提高天气指数计划的成本。应当研究专门针对这些挑战设计的创新型解决方案，例如覆盖本国的主权保险方案。在灾害管理规划和为受严重粮食短缺影响的民众提供紧急救济进行设计时应尤其关注气候变化引发的极端事件可能性增加的情况和这些事件的类型。

### 3.5.7 制定采用景观方法的综合性土地利用政策

高效的气候变化适应将更加凸显制定综合性土地利用政策的重要性。降水格局（特别是极端事件的频率）和江河季节性流量的变化将使得在流域和含水层层面的水资源管理优化工作显得更为重要。当江河流域包含若干国家时，应制定实施解决跨界争端的法律和条约基础，最好是在问题出现之前就到位。无论是否发生气候变化，这种协议都十分重要；如果没有这些协议，那么要求事先确定水资源权利的水资源定价工作就无从谈起。在评估未来气候（和其他因素）方面不可避免地存在不确定性，这将要求采用适应性管理程序。

作为制定综合性土地利用政策的一部分，应考虑开展旨在提高农田保护水平、使其不受极端事件为害的经济有效的民用工程项目。这可能涉及为小规模岛国和大量农业生产活动接近海平面的国家修建堤坝和海岸防护带，以及采取收集极端事件降水的措施，而且还包括“软性”景观工程，例如种植沿河防护林，改善洪涝防控水平。保护森林和红树林等被动政策措施可能与主动干预措施同样重要。（旨在保

护森林的)“减少发展中国家毁林和森林退化排放”(REDD)和生态系统服务的其他支付手段也应包括在提高生态系统和社区对气候变化的适应力的工具之中。虽然在开发这些工具方面开展了大量工作,但这些机制的政治和资金方面基础构架还需要投入相当大的开发力度。

需要对各地最脆弱社区给予特殊关注,还应随着气候数据的积累和中等规模气候建模工作更趋完善制度实施风险评估系统。当前的模型显示,半沙漠环境下的牧民社区很可能尤其易于受到气候变化的影响,原因包括传统的季节性放牧路线可能不再可行。

### 3.5.8 确保民众提高对因气候变化而放大的供水风险的适应力

降水量不足和失常已经对大量农村家庭的生计和生产造成了影响,预计在气候变化的作用下将继续恶化。全球的粮食、油籽、水果、蔬菜和其他作物收成需要大量用水。例如每生产一吨小麦需要消耗约 1 000 吨淡水。全球供水量的 70% 以上用于了农业。从全世界角度看,农业生产的 40% 来自于非灌溉土地 (Bruinsma, 2008)。未来的生产将严重依赖灌溉,但灌溉所用的淡水供应是有限的而且已经显露出脆弱性的迹象,而这恰逢我们对其依赖性即将提高之际。世界各地许多主要江河和主要地下蓄水层正受到过度开发之累(参阅插文 7)。

#### 插文 7. 印度地下水枯竭

地下水灌溉已经取代地表水灌溉成为印度种植业的主要供水来源。目前地下水支撑着该国灌溉面积的近 60%。泰米尔那德邦、北古吉拉特邦以及旁遮普邦和哈里亚纳邦大部分地区严重依赖地下水,但这些地区地下水存量有限。在印度西部地区,原本使用的水井目前已有半数废弃。这一数字随着这些地区地下水位以每年 0.6 至 0.7 米的速度下降还将不断提高。在印度南部地区,泰米尔那德邦的地下水枯竭问题十分严重,该邦的地下水位自上世纪 70 年度以来已经下降了 30 米。事实上,根据国际水资源管理研究所的估算,如果地下水过度开发块体的数量继续以当前每年 5.5% 的速度增加,那么到 2018 年印度将有约 36% 的块体面临严重的地下水枯竭问题,这将对粮食生产和饮用水供应都产生影响。

与粮食和营养安全相关的水资源获取和利用是多层面问题。半干旱地区的水资源政策需要考虑四个主要层面:家庭用水、生产用水、农村地区和小规模社区用水、城市用水。

水有多种用途。水被“经济、社会和文化权利委员会 (CESCR)”认定为是一种公共产品。<sup>31</sup>水对实现充足食物权至关重要。为加强作物、牲畜、家庭和工业用水的安全,增加供给和需求管理应得到同等重视。应当为每一个农业生态区都制定一项可持续供水安全制度。

<sup>31</sup> 总体意见第 15 号 (2002), CESCR, 可见: [http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/CESCR\\_GC\\_15.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/CESCR_GC_15.pdf)。

### 插文 8. 巴西半干旱地区的 100 万个农村水窖

巴西半干旱地区的家庭供水是通过收集雨水的水窖得到保障的。根据社会网络的一项提议，2003 年启动以来在国家水资源局的支持下，“一百万农村水窖”计划被社会发展及战胜饥饿部纳入了全国粮食和营养安全体系。其目的是开发和推广获取水资源的技术，为在水资源方面处于社会环境脆弱状态的家庭和社区服务，其中首要是联邦政府“社会计划名册”中在册的水稀缺地区的所有偏远农村家庭。该计划对地方政府和民间社会组织提交的项目提供支持。合作条件定期由“国家粮食和营养安全（CONSEA）”批准，该机构还参加对计划实施的监督工作。2003 年 1 月至 2011 年 12 月期间共修建了 60 多万个水窖，惠及巴西东北部由于水稀缺而处于脆弱状态的 300 万人。该计划采用了参与式方法，包括向符合条件的受益人提供培训，内容涉及建设和设备安装以及为人类消费和粮食生产目的对水加以合理利用和可持续管理的方法。此后行动进一步扩展，又包括了用于粮食生产（特别是蔬菜，以便推动膳食多元化）、自身消费和学校等方面的供水，目前已执行了 11 000 套。这些行动的主要核心在于：作为粮食和营养安全的组成部分对饮用水的获取；水资源获取的民主化，选用分散式获取方案，利用半干旱地区通俗生活常识为参照，对民间社会参与和控制的优先化以及加强社会技术理念等（Maluf 和 da Silva Rosa，2011）。

应当建立农村家庭参加的参与式水资源管理体系，以便当地社区能够在水资源保护及可持续和平等利用中有一席之地。参与式方法和社区的牵头作用应当成为构建收集、储存、管理和供应优质水资源的替代手段过程的组成部分，这些手段应该尊重和保护生物群落、保持自然资源并有利于已退化地区的恢复。

粮安委和各国政府应该制定研究和扶持计划，以便促进农村地区对优质充足供水的广泛获取。

### 3.5.9 气候变化与沿海地区用水

人类人口有近三分之一生活在沿海。海平面上升可能既对沿海农业又对沿海社区的生计安全造成不良影响。

根据联合国政府间气候变化专门委员会《第四次评估报告》（IPCC，2007e），估计 21 世纪海平面将上升 18 至 38 厘米（低情境）到 26 至 59 厘米（高情境）。海平面上升的影响意味着数十万平方公里的沿海湿地和肥沃的冲积区等其他低地将被海水淹没。咸水将向陆地推进并上行回灌江河入海口，从而威胁供水、生态系统和农业。在许多发展中国家，海平面上升的社会经济影响将十分严重。其中很多国家的人口增长迅速且大量人口居住在沿海低洼地区。海平面上升一米就将淹没孟加拉国面积的 15% 之多，毁坏稻田并威胁湄公河三角洲的水产养殖，淹没许多住有居民的珊瑚岛礁。在埃及，目前有近 20% 的人口和农田在海平面以上不足两米，这意味着他们将受到海平面上升的严重影响。

耐盐植物（插文 9）需要生长在高含盐环境中，能够与红树林一起种植在海水养殖场，也有助于加强沿海水域的捕捞渔业（每年每公顷红树林能使鱼类捕捞量增加约 1 吨）。

沿海盐碱地可以用海水灌溉，内陆盐碱荒漠可以用含盐湖水灌溉，而干旱地区可以在有条件时用淡盐水灌溉。

## 插文 9. 耐盐植物

*Aster tripolium* (俗称: 海紫菀) 等耐盐植物在荷兰、比利时和葡萄牙通常用作蔬菜。碱蓬属 (*Suaeda*) 物种 (俗称: 盐蒿) 在许多欧洲国家和日本经常用作沙拉。这些耐盐植物中最有潜力的物种是盐角草 (*Salicornia*, 俗称: 海蓬子或海芦笋)。它是一种无叶、多汁的一年生植物, 通过大量生产种子的方式在盐碱泥沼中大批繁殖。种子含油量和蛋白质含量高 (分别为 30% 和 35%), 与大豆和其他油料作物十分接近, 而含盐量不足 3%。它的油属于高度多元不饱和性。其中一种海蓬子, 即 *Salicornia bigelovii*, 每平方米能够生产 1.7 公斤生物质和 0.2 公斤油籽, 高于大豆和其他用淡水灌溉的油籽的单产水平。它可以耐受每升 100 克的含盐度。海蓬子是在盐水灌溉方面具有潜力的耐盐作物之一。其他值得关注的耐盐植物有滨藜 (*Atriplex*, 俗称: saltbush) 和碱蓬 (*Suaeda*)。这两种植物都是很好的牧草作物, 可以作为牲畜饲料混配中的一部分加以利用。

因此值得关注的以盐水为基础的两种不同类型的农业系统是:

- i) 耐盐植物农场, 利用海水或咸水灌溉栽培耐盐植物
- ii) 综合性红树林渔业养殖系统, 整合红树林、耐盐植物和鱼类。

栽培耐盐植物的盐水或海水农业与数十年前开发的原型阶段相比并没有取得太大进展。

要使偏远沿海社区应对海平面上升和盐水入侵的挑战将需要采取前瞻性研究和举措。有关沿海生态和生计安全的前瞻性行动计划应包括以下内容: (i) 在沿海岸带应建立红树林生物屏障; (ii) 培育耐盐碱稻米和其他作物品种; (iii) 开发土地和水资源管理的农用林业和沿海水产养殖系统; (iv) 养护和利用耐盐植物。

有必要开展涉及推广种植业和水产养殖兼营农场的海水农业研究。种植具有经济价值的耐盐植物和养殖耐盐鱼类品种将有助于增强沿海社区的粮食和生计安全水平。因此我们建议在沿海地区和小岛屿着手推行设计科学的海水农业举措, 促进沿海地区繁荣发展。

### 3.6 食物链的气候变化适应

气候变化的最直接效应是对粮食生产本身, 但适应工作也需要进一步延伸至整个食物链。当然, 如上文所强调的那样, 各种冲击和扰动的发生频率和量级将进一步受到气候变化的影响, 而提高对它们的总体适应力将要求在整个食物链都有所作为。

#### 3.6.1 着眼气候适应力, 改善运输和市场基础设施

对实体基础设施进行投资能够把粮食生产者与市场联系起来并为广大城市地区供应粮食, 这些投资对于粮食系统的总体适应力和粮食安全至关重要。气候变化对基础设施建设提出了一些特殊的民用工程挑战。在许多地方, 气温升高要求道路表面更加耐用, 而洪涝和暴雨大增的风险在设计桥梁、港口和有关设施时也需要加以考虑 (Margulis, 2010)。运输和储存粮食的物流设施可能受到气候变化的影响, 例如增加了对冷藏或收获后烘干的要求。

气候变化将在成某些地区粮食生产潜力的下降，但也将有利于另一些地区开展粮食生产。同样，海洋渔场的位置也可能发生变化，使得渔获可能需要在不同港口上岸。虽然这些变化的发生可能十分缓慢，但需要在食物供应网络中采取适应行动，也可能需要在食物的国际贸易路线方面进行适应。

### 3.6.2 促进仓储

极端事件发生频率很可能提高，这将更频繁地对供应网络造成扰乱，使得货源多元化的重要性更加突出。粮食链条中的中间商和零售商可能需要更大量的储备库存。在确保对较不发达国家大城市和城市圈供应的连续性方面尤其面临挑战。

### 3.6.3 评估膳食结构变化作为气候变化适应手段的潜力

气候变化将改变不同地区所能够栽培的作物的类型。如果这些作物是用于市场销售（而不是粮食生产者自身消费），那么此类适应措施的可行性将取决于消费者对新作物的接受度如何。例如，在某些热带国家，与玉米相比小米被视为一种不甚理想的食物，尽管后者在缺水地区较为容易种植。政府可能需要制定消费者意识增强和教育计划，提高他们的接受度并挖掘与粮食加工企业的伙伴关系。我们尚不知道是否气候变化将改变不同社区的粮食供应范围且是否这将对热量占有量以外的营养状况产生负面影响。需要对此加以监测并挖掘采取协同行动的机会。例如，为应对气候多变而实行作物栽培多样化也可能增加营养的多元化，也可以在联合育种计划中研发具有多重效益的新品种。

### 3.6.4 批准有助于气候变化适应的国际贸易制度

农产品贸易在过去 50 年中显著增长，且呈现出发达国家削减（但并非取消）农业补贴和贸易壁垒而贸易集中在越来越少的跨国企业手中的趋势。虽然最近（但尚未结束）的“多哈”回合国际贸易谈判号称“向贫穷者倾斜”，但无论是对于当前和拟议的全球粮食贸易治理体系的社会正义和平等、还是其缺乏对环境问题的考虑都存在关切；后者可能损及各国在提高可持续性方面的努力。全球粮食贸易在气候变化适应中的确是大有可为（Huang 等，2010）。我们很可能将目睹极端事件更加频发、影响波及更大地域范围的局面。高效运转的国际贸易体系能够使一个区域对另一个区域发生的生产冲击进行补救。但务必要采取措施，确保国际贸易不会导致可能加重环境破坏的不利刺激。

在 2008 年的粮食危机之后，与以往相比粮食安全已经愈发成为农业贸易谈判中的一个重要问题。今天享有供给渠道的理念已经与享有市场准入的传统理念同等重要。目前的世贸组织规定和规则在粮食安全事务方面不够明确或存在缺失，而多哈谈判授权也没有为在解决这些关切方面取得进展流出太大空间。再者，气候变化将大大增加实现粮食挑战的难度，显然全球粮食贸易在世界面临气候变化的背景下将发挥重要作用。把所有这些重要问题都纳入未来的农业贸易谈判将是朝正确方向迈进的一个步骤。

### 3.7 气候变化适应对科研的挑战

利用现有知识和技术促进粮食系统对气候变化的适应大有可为，但也十分需要开展科研，为现有和可预见的挑战提供新的解决方案。必须在近期公共部门对粮食系统科研投资呈减少趋势的背景下看待这一必要性。粮食不安全和气候变化的共同威胁要求对科研优先重点进行重新审视，也需要重新评估如何能使各国和国际公共部门资助的科研工作与私营部门进行最紧密的衔接。我们在此对扩大科研规模和领域的呼吁不应被视作当前无所作为的借口和指望将来的“技术补救”。成功的适应既需要利用现有手段当机立断地采取行动，也需要进行投资，寻找应对巨大挑战的新途径。

务必特别重视如何能够通过科研和知识创生应对世界上最贫穷和最弱势粮食生产者的需求。这将要求与既定受益人进行切实接触并开展名副其实的对话，了解他们的要求，其间要兼顾在征求妇女和弱势群体意见方面可能存在的困难。

虽然提高单产方面的研究对于实现更广泛的粮食安全目标必不可少，但也需要不断加快研究重点的调整，使其谋求实现一整套更为复杂的目标，迎接气候变化的挑战。有助于气候变化适应的新品种包括那些能够更灵活地应对多变的天气条件且用水效率更高、或能够在盐碱土壤中栽培的适宜新温度条件的作物和其他植物。同样，对气候胁迫适应力更强的动物品种也将具有优势。在某些情况下，对于因气候变化影响而变得不十分适宜从事农业的土地，需要利用新的或未受重视的动植物物种来维持其生产力。近期在遗传学领域的进步（既包括转基因和包括非转基因技术）使得现代动植物育种能够应用于比新近可能的范畴多得多的物种。高粱、小米、木薯和非洲栽培的玉米品种等物种都是潜在的领域，地方性水果和蔬菜品种也是如此。在设计此类育种计划时一开始就吸收目前正在或可能种植这些作物的农民的参与十分关键。

需要调整农艺实践来应对气候变化，需要开展研究来验证哪些战略具有巨大的实用性。在保持对基础性农学研究的重视之外，包括保护性农业、永续栽培、农业生态和有机农业等在内的其他新方法也无疑十分有助于气候变化适应，但这些方法的应用往往受到缺乏明确证据基础的阻碍。应当把开发提高灌溉和保水效率技术的土壤科学和农业工程研究作为一个优先重点。适当时可以包括精准农业等先进技术方法，但也必须采用针对低收入国家农民的方法。寻找途径，把各类粮食生产——种植业、畜牧业、水产养殖业——统筹起来，能够提高资源的利用效率和对天气冲击的适应力。

气候变化适应要求农民在现有知识存在不确定性的情况下在掌握一定信息的基础上做出决定。需要开展社会科学研究，提高对如何促成最终使农民受益的变革的认识。迫切需要研究应如何对旨在促进气候变化适应的各种社会经济措施进行妥善监测和评价。

关于气候变化对捕捞渔业可能造成何种影响的认识严重不足，需要对这一问题加以研究，还应该对如何把气候变化纳入渔业的生态系统和适应性管理方法开展研究。

最后，极为重要的是对各种适应战略进行监测和评价，以便在最佳作法的基础上学习提高。对照农艺和社会目标进行进展评估所需的资源应包括在适应计划当中，提高监测和评估水平本身也应当是一个研究目标。

### 3.8 政策思路

- 一个实力和适应力强的粮食系统将更有能力抵御各种扰动，包括气候变化引起的扰动。因此，旨在实现供求平衡的综合性粮食系统政策，只要能够提供对价格波动实施更有效管理的工具，只要能减少浪费和提高效率，只要能鼓励对可持续作法的投资，就都将提高粮食系统的适应力，就能够更有效地抵御气候变化冲击。
- 面临气候变化效应时粮食安全风险最高的社区大多往往是在发展中国家，特别是在较为干旱的区域、富裕社会中的最贫困阶层以及某些社会中（性别、民族或文化等原因造成）的弱势群体。气候变化适应需要针对这些群体对症下药，因为他们应对挑战的能力最薄弱。需要特别重视寻找用于气候变化适应投资的资金、增强实施适应的人力和社会资本以及在适应达不到预期效果时提供安全网。
- 虽然气候变化在开始时将有利于某些地区开展粮食生产，但所有区域的净效应最终可能是十分负面的。利用有关粮食生产的社会经济和生物物理方面的现有知识促进农业对气候变化的适应可以大有作为，目前适用于一个区域的技能和知识可能随着气候的变化而在将来对另一个区域具有重要意义。利用现代信息通讯技术对这些知识进行传播和实施十分关键。但可能发生的变化的量级和步伐也将要求具备新知识，因此应当把对相关社会和自然科学的投资作为一项优先重点。但如果不对生产、供销和消费模式进行大幅调整，从而降低温室气体排放，那么这些措施最终仍将不足以解决问题。
- 全球农业和粮食系统对预期气候变化的成功适应将要求调动所有农业模式的最有效作法，要认识到没有哪一种或哪一套解决方案能够在所有地方都适用。常规、农业生态、有机和高科技粮食生产技术都需要加以采用。对环境和社会背景以及不同价值体系具有敏感性的多元化循证方法不可或缺。
- 以社区为基础的气候变化适应战略的例子包括：建立以社区为单位的种子和粮食库，改进水资源管理措施（例如为更有效的灌溉系统和小规模集水、蓄水和用水修建基础设施），采用保持土壤墒情、有机质和养分的作法以及采

用短周期品种等。这一方面的主要问题是对现有信息和知识的传播、培育人和社会资本并制定实施支持最佳作法的政策。

- 在布置科研任务与实地应用新知识之间存在较长的时间间隔。对于比较“接近实地”的课题来说一般要花费五年左右，但对于更为基础性的研究来说可能需要几十年。对旨在解决明天的问题的科研工作，今天就应当进行投资。
- 有关气候变化适应的研究横跨自然科学和社会科学的诸多领域。这项工作应当成为所有各领域科研资助者的一个优先重点。作物和牲畜改良、农学、粮食储存以及加工和供销等领域课题的研究都应当包含对新气候格局的适应需要。横跨自然科学和社会科学的跨学科研究尤为重要。
- 成功的适应要求具备最脆弱民众所生活的区域所能获得的最高水平的知识。需要大幅提高政策制定者所掌握的生物物理、经济和社会数据的质量，以及更为先进和可资利用的分析和建模手段。其中挑战特别是在于(i) 采用全球元数据标准在现有数据来源与未来数据来源之间建立关联；(ii) 利用现代技术（信息通讯技术、遥感）采集实时数据；(iii) 开发进行对比和对相关模型的不同类型进行更有效验证的工具；以及(iv) 改善数据采集、分析与帮助政策制定之间的流程。
- 使农业适应气候变化并制定全国适应规划在全球都具有重要意义。由最不发达国家向《联合国气候变化框架公约》提交的“国家适应行动计划”把农业和粮食安全投资作为优先重点进行了强调。这为对新的国家投资进行优先排序提供了一个立足点。最不发达国家在其“国家适应行动计划”中设计的优先措施应得到资金支持并加以落实。各国应参照“国家适应行动计划”的经验制定国家适应计划。
- 最后，在《联合国气候变化框架公约》谈判的框架下，我们建议进一步推动“损失和损害工作方案”的进展工作，着重应对农业和粮食安全领域气候变化的不利影响的缓慢显现，加强“内罗毕适应工作计划”和“适应基金”中对农业问题的覆盖并制定一项农业领域的“科学技术咨询附属机构”工作计划，以便支持改进有关农业适应和缓解的知识基础。。最后，粮安委应当要求《联合国气候变化框架公约》责令各国政府就以下事项进行报告：作为“国家气候变化行动计划”和“国家适应行动计划”的一部分拟议的举措和政策以何种方式兼顾到粮食安全工作。



## 4 农业与温室气体排放：兼顾粮食安全的缓解选项

### 4.1 引言

如第 1 章和第 2 章所探讨的那样，气候变化将增加实现粮食和营养安全的挑战。但农业同时也是造成气候变化的温室气体排放的重要推手之一：2005 年种植业和畜牧业占总排放量的约 15%。<sup>32</sup>这包括约 2% 的排放来自其他行业，包括化肥、除草剂、杀虫剂生产，以及耕作、灌溉、施肥和收获所消耗的能源。<sup>33</sup>土地用途变化大多由农业用地面积扩张造成，再占到 15—17%。<sup>34</sup>正如第 3 章所指出的那样，如果找不到农业的低排放战略，未来的收入和人口增长将使农业的排放量大幅增加。

本章探讨农业温室气体排放的来源和农业的缓解选项。缓解方法既能够对粮食安全和扶贫产生积极效应，也可能产生负面效应；因此务必要做到有的放矢。为缓解目的做出的选择必须与适应和适应力相联系，不应以粮食安全为代价进行缓解。值得庆幸的是存在不少既能降低排放又能强化粮食安全的选项。我们特别强调土地利用政策、为减少毁林而采取的生产集约化、消费模式调整以及效率提升，力求在适应与缓解之间形成合力。

### 4.2 目前农业在温室气体排放中所占比重

20 世纪后半叶和 21 世纪初二氧化碳排放量稳步增加（IPCC，2007d）。另两种温室气体——一氧化二氮和甲烷——也呈类似上行趋势，而这些气体排放主要来自农业活动。多种农业活动会释放一氧化二氮，其中氮基化肥是尤为重要的来源（Park 等，2012）。甲烷是由牛和其他反刍动物（野生和家养）的消化过程和经由灌溉稻田等无氧状态下植物体分解而释放的。

农业活动造成温室气体排放有两个途径：

- 来自土地用途变化的排放（土壤和生物质碳储量损失），这是由农业活动扩张占用草原或林地而造成的。随着农民把自然生态系统转化为农业用途，地上植被的丧失导致大量二氧化碳排放。此外，在不采取改良管理措施的情况下，温带气候条件下土地转化为耕地之后表层土壤在 25—50 年之内将丧失原土壤有机碳的约 50%，热带气候条件下仅需 5—10 年（Lal，2004）。由于以往农业用地面积的扩大而产生了大量二氧化碳排放。目前，农业扩张引起的土地用途变化仍然在排放中占有较大比重，其中既有地上来源也有地下来源。
- 来自农业耕作（非土地用途变化）的排放，这是由所使用的投入品和管理方式造成的。来自农业耕作的直接温室气体排放包括灌水稻田和牲畜的甲烷排放、使用氮肥造成的一氧化二氮排放以及耕地土壤有机碳丧失造成的二氧化碳排放，土壤有机碳丧失有农业耕作导致的，也有在牧区因放牧密度增加而

<sup>32</sup> 参阅 IPCC（2007c,d），Bellarby 等，（2008）和 Herzog（2009），获取农业温室气体排放估算数。

<sup>33</sup> 参见 Bellarby 等（2008），根据 Lal 发布的数据（2004b）做出的计算。

<sup>34</sup> 参阅 IPCC（2007c,d）和 Houghton（2010），获取土地利用方式转变造成的全球二氧化碳排放估算数。

导致的。能源供应、工业和运输等其他行业温室气体排放主要是二氧化碳，农业则有所不同，其温室气体排放主要是甲烷和一氧化二氮，而二氧化碳排放主要是间接农业排放，例如投入品和能源使用造成的排放。在《联合国气候变化框架公约》的归属框架下，这些二氧化碳排放被正式列在工业、化学品、能源和运输行业名下，而不是农业名下。视农业系统和管理类型的不同，这些间接二氧化碳排放数量可能较大（West 和 Marland, 2002）。

降低甲烷和一氧化二氮排放尤为重要，因为它们对全球变暖的影响潜力大于二氧化碳<sup>35</sup>，特别是从较短时间周期看。

但诸如预防生物质和土壤碳丧失等二氧化碳控制措施也十分重要，因为二氧化碳在大气中的平均驻留时间长于甲烷和一氧化二氮，因此大气中的二氧化碳排放易于在较长时间内造成暖化。农业耕作既可能降低、也可能增加农田的碳汇数量。在农业管理方式导致土壤有机碳减少而且投入的有机质不足以弥补土壤有机碳分解的地区，预计耕地将呈二氧化碳净排放状态。这些管理方式还会导致适应力的下降，因为土壤有机质能够保住养分和土壤墒情，使之能够在较长时间内得到利用。在世界某些地区，采用合理的管理方式促进了土壤碳的增加（Cai, 2012）。例如在中国，1980—2000 年期间耕地土壤有机碳增加了约 400Tg C（Huang 和 Sun, 2006）。美国也呈现类似趋势（Ogle 等, 2010）。因此，首要的政策启示是农民采用能够增加碳汇的良好管理方式十分重要。这些管理方式中有许多、甚至全部都能提高对气候变化的适应力，从而带来气候变化适应方面的好处。下文将对这些作法进行举例说明。

#### 4.2.1 农业的甲烷排放

农业甲烷排放占人类活动甲烷排放总量的 50%以上（IPCC, 2007a）。农业甲烷排放目前约有三分之一来自水稻生产（每年 28—44 Tg CH<sub>4</sub>），三分之二来自反刍动物（每年 73—94 Tg CH<sub>4</sub>）。动物粪便是另一个重要的甲烷来源。其排放量因管理方式和堆放时间的不同而存在很大差异。

亚洲季风地区占全球稻米生产的 90%以上，因此在世界稻田甲烷排放中所占比重也相当于这一水平。由于灌溉水稻的收获面积增加缓慢，因此预计稻田甲烷排放的增量也不大。<sup>36</sup>

今后，农业甲烷排放的最直接增长很可能将来自反刍动物。过去五十年反刍动物数量大幅增长，特别是在东亚，预计随着发展中国家人口和收入的增加以及膳食结构转向消费更多的肉类和奶制品，反刍动物数量还将进一步增加。牲畜数量的增加意味着动物粪便增加，这是甲烷的另一个重要来源。

<sup>35</sup> 在大气中瞬时释放 1 公斤甲烷（或 1 公斤一氧化二氮）在存储热量和 100 年期间造成累积温室效应的强度方面是释放 1 公斤二氧化碳的 25 倍（或 298 倍）（IPCC, 2007d）。

<sup>36</sup> 此外，稻田至少有一部分是从湿地转化而来，这也排放甲烷，但这被划归自然排放。因此水稻的实际净排放增长甚至可能小于政府间气候变化专门委员会的估算。

## 4.2.2 农业的一氧化二氮排放

氮是农业所不可或缺的。植物生长需要氮。但它会产生一氧化二氮，这是一种高效能的温室气体，它是作为氮转化过程的一种中间物或副产品而产生的。农业在人类活动导致的一氧化二氮排放中占 60% 以上 (IPCC, 2007a)。化学和有机氮肥都能造成一氧化二氮排放。平均来看，施入土壤的氮约有 1% 直接作为一氧化二氮被排放 (IPCC, 2007a)，但有报告称存在该比例高达 22% 的情况 (Denmead 等, 2007)。不同的耕作制度、气候和其他变量下排放比例也各不相同。例如，水稻田的排放率仅为旱地的约三分之一 (IPCC, 2007a)。一氧化二氮排放随着降水的增加而增加 (Lu 等, 2006)。产生一氧化二氮的其他来源还有通过径流、淋滤、氨水挥发而从农田中损失的氮以及有机氮分解等。估计这些间接排放的数量与直接排放的量级相类似。除了对一氧化二氮的影响之外，氨基肥料，特别是氮肥，会抑制土壤对甲烷的氧化，因此造成了大气中甲烷的增加。动物不直接排放一氧化二氮，但牲畜粪便是一氧化二氮的重要来源，这也是为减少排放而进行畜牧业管理之所以重要的另一个原因。

在将来，预计农业温室气体排放最直接的增长点将在种植业和畜牧业生产增长的地区，这将导致甲烷和一氧化二氮排放的增加。

旨在管理甲烷和一氧化二氮排放的政策和计划将尤为重要。

## 4.3 土地用途变化造成的温室气体排放

陆地生态系统，包括地上和地下各组成部分，是一个巨大的碳库<sup>37</sup>，而且在陆地生态系统与大气之间每年都发生着大量的二氧化碳交换<sup>38</sup>。因此陆地生态系统碳储量或陆地生态系统与大气之间二氧化碳交换率的小幅变化都将造成大气二氧化碳浓度的较大幅度变化。

稳定的生态系统与大气之间的二氧化碳输入和输出基本上是平衡的，但土地用途变更打破了这一平衡。把富含有机碳的自然生态系统，特别是林地、湿地和泥炭地转变为农业和放牧会造成碳的流失，这不仅是由于地上生物质被移除，也是由于土壤有机碳含量下降。估计 1850—2000 年期间土地用途变化造成的二氧化碳排放总量约为 156 Pg C (Houghton, 2003)。

土地用途变化也影响到甲烷和一氧化二氮的排放。据估计，由于湿地面积减少，甲烷排放量下降了 10% (Houweling 等, 2000)，这部分上被二氧化碳排放量的增加所抵消。把土地变为水稻田会增加甲烷排放，原因既在于水不饱和土地能从大气中吸收甲烷 (估计数量约为每年 30 Tg CH<sub>4</sub>)，也在于水稻生产的厌氧分解会释放甲烷。当自然生态系统转变为耕地或牧场后一氧化二氮的排放量也将增加，但目前尚没有对其量级的可靠估算。

<sup>37</sup> Prentice 等 (2001) 估计植物的储存数量为 350—550 Pg C，Batjes (1996) 估计土壤的储存数量为 1 500—2 400 Pg C。

<sup>38</sup> 估计约为每年 120 Pg C。

土地用途变化对温室气体排放的巨大效应<sup>39</sup>凸显了寻找能够减少把非农用地转为农业活动用途的农业发展战略的重要性。

#### 4.4 缓解选项与粮食安全

由于预测发展中国家的农业生产将增长，因此农业排放也将增加。据政府间气候变化专门委员会（2007c）估计，由于土地转为农业用途导致排放增加，预测到2030年一氧化二氮排放量将增加35—60%，甲烷增加60%。

在《联合国气候变化框架公约》关于稳定大气温室气体排放的谈判中，农业所处的位置不同于其他行业。从国际谈判一开始（《联合国气候变化框架公约》第2条，<sup>40</sup>里约热内卢，1992）就已明确，采取缓解气候变化和稳定大气温室气体的行动的“时间安排应确保粮食生产不受威胁”。因此确保粮食安全和粮食生产是有关气候变化缓解的谈判的一个目标。即便是从气候变化政策的角度看，这就把粮食安全作为了一个谈判目标，而不仅仅是一个需要考虑的普通议题。

按照“一切照旧”的作法，粮食生产势必会造成排放的增加，但有不少可行的选项，能够使提高粮食安全水平与排放增加相脱钩。在研究农业的缓解政策和计划时，应当注意选用那些不对粮食安全造成负面影响的方案。与其他行业一样，农业在缓解温室气体排放方面也存在一系列选项。庆幸的是，这些选项中有许多都能够缓解气候变化与加强粮食安全之间形成合力。

据政府间气候变化专门委员会（2007c）估计，从技术角度看到2030年全球农业的缓解潜能为每年5.5—6.0 Pg CO<sub>2</sub>-eq。土壤碳汇在这一潜能中占89%，甲烷排放缓解占9%，一氧化二氮排放占2%。经济的缓解潜能较小，而且既取决于技术的改进，也取决于开发挖掘更有利的碳金融机会。

通过提高农业的能源利用效率减少矿物燃料用量被认为在2030年之前也有每年770 MtCO<sub>2</sub>-eq的潜能（IPCC，2007c）。通过提高粮食链的效率（包括降低收获后损失）也有减少排放的潜能。

对粮食安全和环境保护具有积极效应（从而有助于气候变化适应）的农业缓解选项包括能够增加土壤有机碳储量和改进氮和水的利用效率的管理模式（参阅第3章）。如果设计得当，这些作法能够形成温室气体排放缓解和加强粮食安全双赢的局面，同时能够增加收入和强化环境保护。

以下段落我们将着重对能够缓解温室气体排放、降低脆弱性、同时有助于可持续粮食安全的几类重要活动进行阐述。

---

<sup>39</sup> 其他负面后果包括丧失生物多样性及地下水和地表水保有量的变化。

<sup>40</sup> [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/background/items/1353.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php)。

#### 4.4.1 减少以农业为目的的土地用途变化

对拥有大面积地上碳的系统（特别是森林）进行土地用途变更是仅次于矿物燃料排放的大气二氧化碳来源，而且其中很大部分是转变为耕地和牧场。为满足不断增长的食物需求，可以选择提高现有已耕作土地的单产（集约化）、扩大土地种植面积（延展化）或减少农田到消费者环节的损失。集约化和延展化都将增加温室气体排放，但集约化在缓解农业温室气体排放方面效果相对较好。例如，据 Burney 等（2010）估计，1961 年以来提高单产的径效应已经避免了多达 161 Pg C 的排放，而且相对于 1961 年的技术水平来说，目前在农业单产方面每投资一个美元都能减少排放 68 kg C。因此，农业缓解政策和计划的侧重点应当放在提高现有土地的生产力并能够加强粮食安全的选项、而不是扩大耕地面积的选项上。

生产力低下往往与严重贫困和粮食不安全相关联，这是可能形成合力的一个重要领域。因此，旨在提高生产力且针对穷人的努力能够实现双赢。

#### 4.4.2 采用能够增加退化土壤中土壤碳的耕作方法

农业用地中的土壤有机碳含量在很大程度上取决于管理方法。如果能妥善选用农业生态作法，就可能使土壤有机碳恢复历史碳丧失量的 50—66%（Lal, 2004）。开发这一田间潜力的方法包括：

- 增加对耕地的有机投入，例如以适当方式利用作物残余物和施用有机粪肥。不含污染物的城市有机废弃物应当还田，用于提高农业生产力和缓解气候变化。
- 利用浅耕或免耕等做法减少对土壤的扰动，以及降低放牧密度。
- 采用土壤流失防治和定期休耕等做法恢复已退化耕地和草场。
- 泥炭地重新灌水。
- 通过对养分和灌溉的合理管理提高作物单产。
- 农用林业的作法。

重要的是这些作法也能通过提高土壤质量和肥力以及提高气候变化适应力的方式提高生产力。

需要设计适当的公共政策和计划，减少现存的制约因素并提供创新性的激励手段，鼓励各种具体农业管理模式的开发和推广，预防土壤碳的流失，建立土壤碳库并防止退化。

#### 4.4.3 改进牲畜和粪便管理

来自反刍动物的甲烷排放在人类活动导致的甲烷排放中占很大比重。从动物个体的角度看缓解反刍动物的甲烷排放似乎并非易事，但改进饲喂方式和提高草场生产力、根据饲养情况添加不同助剂和饲料添加剂以及动物育种等将有助于缓解单位畜产品（奶和肉）的甲烷排放（Herrero 等，2011）。

在缓解来自动物粪便的甲烷和一氧化二氮排放方面存在很大潜力（防止氨挥发、动物粪便在堆放时进行通风、缩短粪便堆放时间），或者利用动物粪便生产生物能

源/沼气和肥料（例如通过沼气池），从而缓解甲烷排放并部分替代或避免能源和化肥生产所带来的排放。

随着人口和收入的增长，发展中国家对畜产品的需求增加。要减缓排放的增长并减少畜牧业经营者的贫困现象，能够提高牲畜生产力并降低单位产品排放的政策和计划十分重要。

#### 4.4.4 改善水管理

水管理是影响稻田甲烷排放的一个关键因素。在不种植水稻时避免水饱和以及在水稻生长季节缩短持续灌水的时间是缓解稻田甲烷排放的有效作法。<sup>41</sup>

能够降低甲烷排放的灌溉管理制度将增加一氧化二氮排放，反之亦然。例如，生长季节中期进行排水能够缓解甲烷排放，但却会增加一氧化二氮排放，在这种情况下累积效应为冷却效应，即便是在已经考虑到这两种气体在全球变暖潜能中的差异的情况下。

土壤墒情急速反复是一氧化二氮排放的一个动因。因此，避免对高地的不必要灌溉不仅能够节约灌溉用水和能源，还能够降低高地的一氧化二氮排放。

在通过采取适当的水管理措施缓解农业温室气体排放方面存在很大潜力，还能在不降低单产的情况下发挥提高水利用效率的益处。在许多地方，对这些作法加以简单示范即足以促进广泛采用。

#### 4.4.5 养分管理

施用氮肥是人类一氧化二氮排放的主要因素（Park 等，2012）。释放到大气或地下水中的氮从农民的角度来说是一种资源浪费。“平均来看，全球农业每使用 100 个单位的氮，其中仅有 17% 作为作物、奶制品或肉制品被人类消费。普遍认为，全球氮利用效率，按第一年回收效率衡量（即施肥作物氮吸收—未施肥作物氮吸收/氮施用量），在多数田间情况下不足 50%。”（Reay 等，2012，第 413 页）。挑战在于施用氮肥时要控制好正确时间、适当数量和正确形式，这样才能降低转化为一氧化二氮的数量以及向生态系统的流失，从而对其他地方产生负面效应。提高利用效率还能减少氮肥生产造成的排放。关于各种氮来源在人类活动诱发的一氧化二氮排放方面的差异情况尚不明朗（Snyder 等，2009）。通过更准确控制氮肥施用时间和不同配方的方式提高其利用效率能够减少施肥数量，这将降低田间的一氧化二氮排放，也能减少化肥生产造成的间接二氧化碳排放，还可能提高作物单产。合理套种豆科作物也行之有效。

#### 插文 10. 改变水稻管理模式，降低甲烷排放

国际水稻所正在与南亚和东南亚国家的研究院所和农民合作，进行有关通过在灌溉稻田进行干湿交替作业降低甲烷排放的研究。印度的“稻米集约化系统”计划减少了灌溉水稻的灌水量，这有望降低甲烷排放和节约用水，还有可能降低一氧化二氮排放。

<sup>41</sup> 据估计，如果在生长期期间至少对稻田排水一次，就可能每年缓解 4.1 Tg CH<sub>4</sub>（Yan 等，2009）。

#### 4.4.6 作物残茬管理

据估计，每年七大作物——玉米、大麦、燕麦、水稻、小麦、高粱和甘蔗所产生的作物残茬达 1.5Pg (Seungdo 和 Dale, 2004)。残留在地表的作物残茬在一年内就基本上完全分解并向大气释放二氧化碳。把废弃作物和作物残茬翻埋在土壤中能够减缓其分解并增加土壤有机碳储量。任何能够把植物材料翻埋入土壤的作法都能够延长碳汇过程的时间。根据法国国家农业研究院研究人员的计算，随着深度的增加，土壤中有有机碳的平均驻留时间显著增加，接近地表的周转速度很快（数日至数月），但 20 厘米以下则长达 2000 至 10000 年 (Fontaine 等, 2007)。

作物残茬的另一个用途是作为生物炭，它是在密封容器内缺氧或无氧条件下对植物残余物进行加热而产生的，这一过程称为高温热解。所产生的富含碳的产品在混入土壤后十分稳定。目前我们认识到，亚马逊地区的“黑土 (terra preta)”是人类改良土壤质量活动的结果，已经有千百年的历史 (Barrow, 2012)。但有关生物炭对土壤肥力的影响目前还存在争议，实验结果呈现积极、负面或没有益处的不一而足（例如参阅 Hammes 等, 2008; Major 等, 2011; Sparkes 和 Stoutjesdijk, 2011; Zimmerman, 2010）。对土壤肥力的益处取决于土壤和作物类型和管理方式、植物残余物的来源以及采用的具体高温热解工艺。

#### 4.4.7 耕作制度和产品的对比

如上所述，在《联合国气候变化框架公约》的排放归属框架下，农业和粮食系统造成的排放只有一部分被列入了农业名下。要对各种作法和系统进行对比，就需要对所产生的所有直接和间接排放都加以考虑。耕作制度之间的对比往往会因为先入为主的理念和考虑不周全而存在缺陷，例如对各种制度的能源用量进行对比并将其作为温室气体排放的代换量，而没有考虑土地用途和甲烷排放问题。对排放量的估算大多得自对单项产品（主要是工业化国家的单项产品）进行的生命周期分析。还有一些研究对集约化（此处是指每公顷产量增加）的影响进行了评估，显示其对毁林减少的积极效应大于因使用合成肥料而造成的排放量的增加。对耕作制度进行对比的研究并不多。粮农组织开展的一项针对牛奶的研究 (Pierre Gerber 等, 2010) 显示，奶牛的使用效率（在生产率、健康、饲料转化方面）越高，每升奶的排放就越少。

迫切需要对各种耕作制度进行更妥善的评估，把所有直接和间接的排放都考虑进去。

#### 4.4.8 对粮食消费实行管理，降低排放并提升粮食系统效率

粮食系统在农场以外的环节也会产生排放，特别是在存放（冷链）、加工、运输和烹制等环节。目前没有哪项对世界各地整体粮食系统的排放量进行量化 (Garnett, 2011)。据 2006 年的一项研究估计，欧盟温室气体排放的 31% 与粮食

系统有关（欧洲委员会，2006）。减少粮食损失和浪费可以大大有助于温室气体排放的缓解。

利用植物性和饲料投入生产畜产品涉及生物过程并会产生能源需求和损失，这意味着每 1 个卡路里的畜产品都需要上游生产 1 个卡路里以上的植物来源饲料用来饲养家畜。因此某种膳食中的畜产品比例便成为其排放量的重要推手之一。据粮农组织预测，到 2050 年，人均肉类消费量将比 2010 年增加 40%（发展中国家增加 70%，Alexandratos，2009）。

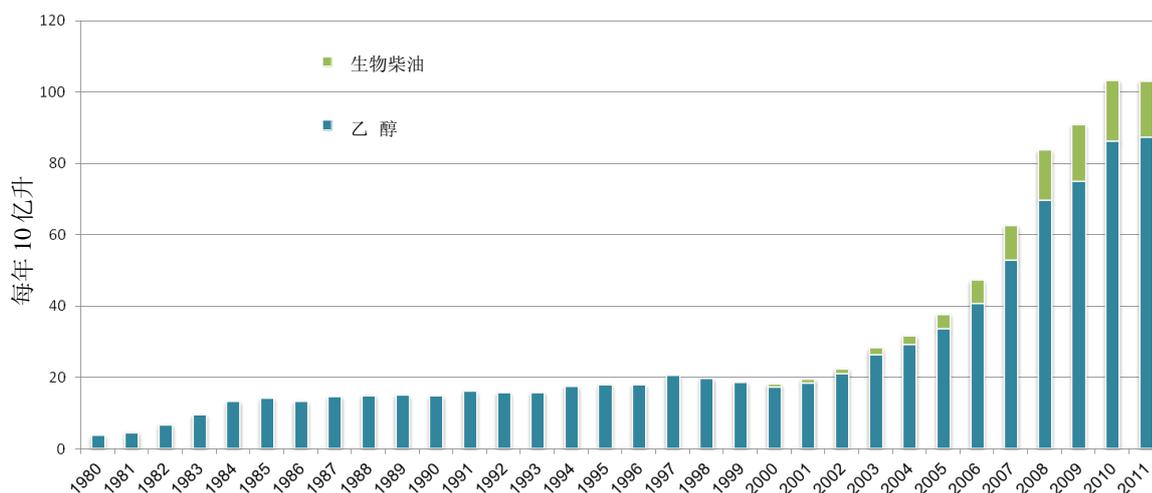
虽然围绕完全植物性膳食相对于包含部分肉制品的膳食的优点问题仍然存在争议，但对过度肉食消费有害健康的观点却鲜有异议。旨在减少过度肉奶制品消费并鼓励对水果和蔬菜的更多元化消费的政策和计划既有健康方面的益处也能降低温室气体排放。

需要更加重视膳食结构变化在减少温室气体排放强度较大的食物类别的需求方面的作用。各国政府应促进负责任消费、减少食物浪费并提高整个粮食链的效率。应鼓励私营部门开发造成温室气体排放较少的产品和供销系统。

#### 4.4.9 生物燃料是一种缓解选项吗？

过去十年用于生产生物燃料（乙醇和生物柴油；参见图 6）作物的耕地面积急剧增加。这些所谓的“第一代”生物燃料是从碳水化合物（来自甘蔗和甜菜的糖以及主要来自玉米和木薯的淀粉）和油脂（特别是棕榈油）中加工提炼的。

图 6. 生物燃料产量，1980 - 2011



资料来源：国际能源机构（1980-2010，2011 为估算）。

鼓励使用生物燃料的政策是由两个关切推动的——能源安全和寻找更偏碳中性的能源来源。为使其具有经济可行性，几乎所有生物燃料作物都需要给予补贴，但巴西的甘蔗是一个主要的例外。

生物燃料政策之所以受到批评，是由于它们可能导致粮食价格上涨（因此降低粮食安全水平），而且在降低温室气体排放方面好处不大，甚至还会增加排放。因此造成的高价格反过来刺激生产，而增加生产可能来自集约化，也可能来自延展化，或者兼而有之。有人认为用作生物燃料生产的土地面积增加是过去五年粮食价格上涨和价格波动幅度加大的根源之一。

某些潜在的生物燃料作物，诸如麻风树，能够在不适于农耕（但可能适于放牧）的土地上栽培。这即便是在这些地方，也可能对农业产生间接影响，例如在灌溉用水方面，或者在攫取地下水和可能造成生物多样性丧失方面。

计算生物燃料的温室气体排放效率十分复杂，掺杂着诸多不确定性，原因是在灌溉、投入品、运输、加工等方面对能源的直接和间接使用，特别是对于第一代生物燃料的氮来说，还包括为种植生物燃料作物而把森林、湿地等富含碳的土地转化为耕地所造成的土壤碳储量的丧失。针对生物燃料对其他环境挑战的影响问题也提出了关注，这包括生物多样性（这往往是由于转为开展单一作物栽培造成的）、森林砍伐增加、对自然保护区的威胁以及对供水和水质量问题的压力加大等等。

用于证明生物燃料有助于减少温室气体排放的计算方法受到了严重质疑（如 Searchinger 等，2009；T. Searchinger 等，2008；Wang 和 Haq，2008；Fargione 等，2008）。首先，用于种植和加工生物燃料的直接投入可能造成温室气体排放，这会使从大气中固碳的许多优势化为乌有。其次，种植生物燃料的间接土地利用后果也可能导致大量的温室气体排放。这十分难以衡量，因为一个区域发展生物燃料可能导致完全是另一个区域的土地转变为农业用途，从而导致粮食价格上涨。在评估生物燃料的温室气体排放后果时不但必须考虑土地用途变化造成的温室气体排放，还要考虑在土地不转变用途的情况下可能发挥固碳作用的机会成本。

因此，没有太多证据表明当前大多数第一代生物燃料政策和计划有助于气候变化缓解或是粮食安全。

第二代生物燃料涉及利用某些人认为是废弃物的纤维素和其他植物材料。这同样涉及与第一代生物燃料相同的问题，只是用于粮食和燃料的土地用途之间的矛盾可能不那么突出。到目前为止，事实证明有关技术还不足以商业化。

从更广泛的角度看，植物在把阳光转化为可用能源方面的效率不高。它们受到叶绿素利用辐射效率限度的制约，而且它们只能在存活时对阳光加以利用。相反，目前商业化光伏电池的技术效率要高得多且能终年运转（有关这些问题的详细探讨请参阅 Nelson，2009）。

评估各种类型生物燃料对缓解的贡献率的工作十分重要，必须继续开展下去。

高专组将在 2013 年发布的一项新研究报告中更为详尽地探讨生物燃料的粮食安全问题。

#### 4.4.10 对缓解和粮食安全进行共同评估的成本和尺度

气候的质量是一个全球公共产品，在排放问题上受到许多不同行业的影响，而且不同国家在其中发挥着不同作用。

在面临一个具有各种选项的问题时，又鉴于解决这一问题的资源存在制约，标准经济理论倾向于选用那些成本效益最高的方案且要把所有成本都考虑在内（前期成本、交易成本、转型成本、机会成本等）。

在温室气体排放的背景下，采用这一理论意味着各项缓解努力应该在缓解成本最低的行业加以实施。根据这一理论，发展中国家的农业产业和土壤碳汇被看作是世界范围内成本最低的选项（IPCC，2007c；McKinsey&Company，2009），但这一结论在两个方面值得强烈质疑：

- 首先，作为可资利用的依据，对成本的评估必须囊括所有成本（前期成本、交易成本、转型成本、机会成本……）。由于目前在有关农业缓解成本的充分地域和系统覆盖面方面缺乏可靠数据，而且现有的缓解成本曲线也不够健全，因此在使用当前的研究结果作为“最优”气候政策依据时应十分慎重。

- 其次，在需要同时谋求实现两个全球性公共目标时（气候变化和粮食安全），实现其中一个目标的最低成本选项未必是实现另一个目标的最低成本选项。对气候变化和粮食安全统筹兼顾就需要把其中的经济问题重新确定为：以最低的“粮食安全成本”降低排放；以最低的“气候成本”提高世界粮食安全。

庆幸的是也的确存在能够降低粮食不安全脆弱性的缓解方案。但如果缓解方案对粮食安全具有负面影响则有可能出现冲突。

从实际角度看，这意味着需要提出以下问题：什么是衡量与降低粮食不安全脆弱性相兼容的农业缓解努力的适当尺度？如先前所述，按照“一切照旧”的作法，粮食增产势必会造成排放的增加，但挑战在于找到能够使提高粮食安全水平与排放增加脱钩的途径。从粮食安全的角度出发对降低排放进行评估的一个相关尺度在于按提高温室气体排放的预计效率、而不是绝对降幅的标准加以衡量。在“一切照旧”的情境下，对预计效率进行评估时要考虑各国和各区域维持粮食安全和保障食物权的需要，同时也要考虑气候变化的影响。对缓解行动的评估应当考查相对于这一基线的偏离程度，例如考查粮食生产和粮食链的效率增益、农业占用林地或湿地数量的下降程度、或是退化土地的恢复情况（碳储量增加、植被改善）。

#### 4.4.11 帮助农民顺应变化

应当支持农民采用既能够提高他们的适应力和粮食安全又能够带来长期气候益处的作法。实施这些改变一般都要求具备一个扶持性环境，包括对农民提供支持的服务部门和机构（如推广部门）。同时，即使新作法能够提高未来的收入，但在采

用时也存在障碍：前期成本、转型期损失的收入或额外风险等。这些成本应加以解决。在争取新增资金方面碳融资被寄予很大希望，但经验表明这些机制并不十分适用于农业，原因是经营规模小会增加交易成本、提高衡量和报告的难度和成本以及碳价格存在波动。在各种金融工具中，也正在针对各种治理方案（自愿性碳计划、“绿色基金”等）探索采用非市场机制。无论采取何种支持或激励措施来提高粮食系统的总体效率并对涉及温室气体排放和碳汇的外部性进行内化，都建议这些机制既要兼顾小规模经营者的实际情况，也要顾及对提高粮食安全水平、促进气候变化缓解的措施进行优先化的必要性。

#### 4.5 政策建议

在《联合国气候变化框架公约》关于稳定大气温室气体排放的谈判中，农业所处的位置不同于其他行业。从 1992 年国际谈判在里约热内卢启动开始（《联合国气候变化框架公约》第 2 条，<sup>42</sup>）就已明确，采取缓解气候变化和稳定大气温室气体的行动的“时间安排应确保粮食生产不受威胁”。因此确保粮食安全和粮食生产是有关气候变化缓解的谈判的一个目标。即便是从气候变化政策的角度看，这就把粮食安全作为了一个谈判目标，而不仅仅是一个需要考虑的普通议题。

发达国家和发展中国家都需要采取农业低排放战略。实现任何旨在使全球温度保持在安全限度之内的排放目标不但要求发达国家降低排放，也要求发展中国家降低排放增长速度。应当在每单位温室气体缓解成本（从财政和可持续粮食安全两个角度衡量）最小化和效益最大化的领域开展缓解行动。对成本的评估应同时考虑直接排放和间接排放。这可能造成某些缓解活动需要在历史或当前排放量相对较低的国家进行。应当注意这些活动不会对粮食安全产生负面后果。针对脆弱群体且能够缓解排放和提高气候变化适应力的激励性制度具有多重益处。

虽然目前发展中国家人均排放量低，但如果不采取农业领域的低排放制度、作法和技術，排放量很可能将快速增长。如果今天作为总体发展努力的一部分采取这些措施，成本将大大低于今后采取各自为战的作法。支持农业缓解的国家公共政策是确保全球开展高校缓解活动的一个不可或缺的要害。同样重要的是通过设立政策和资金激励机制支持这些变革，包括与农业的需求（特别是小规模经营者需求）相适应的市场和非市场机制，还应设计支持适应和缓解的全球贸易和援助政策。

通过采用合理的管理模式能够大幅降低农业的温室气体排放，在很多情况下这些作法也能提高生产率和适应力。公共政策和计划应当首先着眼于开发和推广能够实现双赢的这些作法。与扩大耕地面积相比，提高现有已垦殖土地的作物单产在缓解农业温室气体排放方面往往更为有效。叫停大多数把土地转为农业用途的作法应

---

<sup>42</sup> [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/background/items/1353.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php)。

当作为一项优先的缓解措施。由于人口增长和膳食结构改变，畜牧业造成的排放很可能将快速增加。针对能够提高生产力和帮助农民大幅降低单位产出（肉和奶）的温室气体排放的各种制度、作法和技术的研究工作应当成为一项优先重点。

在本章中，我们阐明了有关在加强粮食安全的同时妥善开展农业缓解工作的政策建议。此处做一个小结。如果不积极探索有助于可持续粮食安全的低排放战略，那么发展中国家的农业和土地用途变化排放很可能将迅速增加。农业的独特之处在于某些作法能够吸附二氧化碳并能在地上和地下对碳进行汇集。采用合理的管理模式能够缓解农业的温室气体排放，而且这些作法大多能够提高生产力和对气候变化的适应力。重要的是设计出适当的国家和国际政策和计划，在开发和推广与农业经营者相关的具体措施方面减少现有制约因素并提供创新性激励手段。

土地用途变化对温室气体排放的巨大效应凸显了寻找能够减少把非农用地转为农业活动用途的农业发展战略的重要性。农业缓解政策和计划的侧重点应当放在提高现有土地的生产力并寻找能够加强粮食安全的选项、而不是扩大耕地面积的选项上。重要的是设计出适当的公共政策和计划，在开发和推广旨在提高退化土壤有机碳含量的具体农业管理模式方面减少现有制约因素并提供创新性激励手段。

通过采用适当的水管理措施缓解农业温室气体排放具有很大潜力，特别是在稻米生产方面，还能带来提高用水效率的益处。

提高氮肥使用效率能够减少施肥量、降低一氧化二氮排放，还可能提高作物单产。能够提高氮利用效率的政策和计划具有多重益处——可以同时降低施肥量和农业投入成本、减少直接和间接温室气体排放以及对农业以外环境的破坏。需要进一步开展研究，寻找能源密集度较低的化肥生产方式及降低动物废弃物和水稻温室气体排放的手段。

随着人口和收入增长造成对畜产品需求的增加，提高牲畜生产率和降低单位产品排放的政策和计划势在必行。降低动物废弃物排放也十分重要。

膳食结构变化在降低温室气体最集中的食物类型的需求方面的作用需要得到更大程度的重视。旨在减少发达国家畜产品消费量和鼓励对水果和蔬菜的更多元化消费的政策和计划既有助于改善健康也能降低温室气体排放。降低粮食损失和浪费大大有助于缓解温室气体排放。应鼓励私营部门开发能够降低温室气体排放的产品和粮食系统。

没有太多证据表明当前大多数的生物燃料政策和计划有助于气候变化缓解或是粮食安全。

## 5 粮食安全与气候变化政策和行动的协调和统筹

针对具体国家、区域或者群体提供详细的政策建议并不可行。在某些地方和国家完全适用的举措在其他地方或国家可能全然不适用。我们首先阐述一套共四个总体政策原则，然后对一系列政策思路进行说明，为制定与各国相关、同时也能有助于开展国际活动的政策和计划提供指导。

### 5.1 四项政策和行动原则

应当用四项原则指导各项政策和计划的制定，降低气候变化对粮食安全的负面影响并形成支持农业对温室气体排放做出贡献的发展战略。

**统筹粮食安全与气候变化工作。**旨在应对气候变化的各项政策和计划应当与可持续粮食安全的政策和计划相辅相成，而不是相互独立。气候变化是对粮食安全的一系列威胁之一，旨在提高粮食系统总体适应力的措施很可能也有助于推动气候变化适应。仅着眼于增加气候变化适应支出的努力最好能够转而用于谋求增加对可持续粮食安全的整体开支，其中对目前就需要采取行动（包括公共、私营和其他部门的行动）的来自气候变化的特有和不确定威胁给予特殊关注。

**当地采集信息，全球共享知识。**农业领域的气候变化适应和缓解活动在数百万个农场中实施，而且往往是由最脆弱的人具体承担。如果能够把当地的经验教训对外进行交流，那么其价值将得到极大提升。农民在目前条件下行之有效的作法方面获得的知识可能成为今后其他地方农民的宝贵借鉴。但气候变化的某些后果却并不在新近人类经验的范畴之内，因此需要进行有针对性和系统性的数据生成工作，以便制定有效对策。鉴于知识收集和共享具有跨越国界的裨益，因此不单各国需要实施各自的计划，也需要进行全球协调。

**吸收所有利益相关者参与决策。**气候变化适应和缓解所需做出的实际调整将由销售链条上从生产者到消费者的众多参与者具体承担。公共部门负责培育和落实政策和计划环境，而私营部门在这一环境中做出决策。民间社会在诸多方面发挥着关键作用，从对政府和私营部门的行为进行监督，到对各种不同利益进行调和，再到进行制度创新。公共与公共部门之间以及公共与私营部门之间的伙伴关系对于以平等高效的方式应对气候变化对粮食安全的新挑战的所有要素十分重要。这将要求提高透明度以及社会所有方面都发挥新作用，包括私营部门和民间社会。

**侧重弱势群体的需求和贡献。**最后，应对气候变化的各项活动应旗帜鲜明地解决弱势群体的需求。这一原则适用于所有具有气候变化脆弱性的人，但尤为重要的是要重视妇女作为农业决策者的作用，因此她们的作用应成为应对气候变化对粮食安全挑战的各项政策和计划的规划、设计和实施的固有组成部分。在有关发展议题的讨论中，妇女往往被看作是受益者而不是能够参与谋划的人。至关重要的是要提升妇女在有关粮食安全的总体问题的决策以及气候变化适应需求的具体应对方面的

领导力和参与。同时，要恰如其分地看待性别问题就必须认识到妇女并非是一成不变的同质群体。性别不平等受到阶级和各种文化及其他社会经济因素的影响。

在所有社会各级、各行业（农业、卫生和教育）以及各当地和全球粮食系统都需要开展针对气候变化的能力开发和强化（人员能力、基础设施能力和机构能力）。

要跟上这种知识开发的步伐就要求具备响应灵敏的知识管理和传播体系，还需要向粮食系统的各种参与者提供一系列切实有用的信息和知识。

也需要具备采用新技术和新做法的能力。把工作延伸到最脆弱和边缘化社区将需要审慎从事。需要有实体和制度基础设施才能对气候变化进行监测和评价，才能对气候变化在从农场到全球治理的各环节中的影响加以缓解和管理。

应当采用适当的媒体工具建立响应灵敏的信息采集、管理和传播系统，这些系统的覆盖范围应该延伸至最需要这些信息的人。

## **5.2 为气候敏感型农业研究和开发构建透明、公平和高效的伙伴关系**

谋划粮食安全和气候变化问题要求众多参与者、农民、私营部门以及各国和国际公共部门、民间社会和非政府组织以统筹协调的方式参与和采取行动。尤其具有挑战性的是它们之间存在千差万别、甚至是相矛盾的利益诉求，因此需要从长远眼光出发开展工作，而它们大多数首先考虑的往往是短期成效。这就要求所有利益相关者都参与其中。适应努力应建立在优先顾及脆弱社区的方法的基础之上。

### **5.2.1 推动有关气候变化背景下公共和私营部门在保障粮食安全方面作用的辩论**

气候的质量被公认为是一个公共产品。同样，全球粮食安全也越来越广泛地被看作是一种公共产品。公共和私营部门以及民间社会组织和农民的行动共同决定着这些产品的供给。因此未来的一个重要问题是如何做到劲往一处使以及如何实现互补。

公共—私营部门之间伙伴关系的问题在基础设施和卫生等领域已经得到了积极推动，也越来越多地被看作是解决农业发展问题的一个不可或缺的组成部分。在气候变化方面，公私伙伴关系正在得到推动，目的是确保小规模经营者的市场渠道 (Beddington 等，2012) 和规避气候不确定性，例如由私营部门参与出资的保险计划。

在农业的所有领域——从科研到推广再到生产和供销各环节，私营部门的作用都正在得到促进。这样做的依据是，由于公共部门无力对所有这些服务都进行充分投资，私营部门必须要介入进来。

这一观点受到了不同群体的挑战，包括许多发展中国家的政府和民间社会成员，他们认为公共部门应发挥重要作用并质疑私营部门在提供公共产品方面的能力和有效性。公共—私营部门伙伴关系的批评者认为，私营部门对利润的追逐无法与减少

饥饿和贫困等目标相调和。再者，政府资金可以用于对私营部门的利益进行补贴。这些伙伴关系可能导致意料之外的负面外部性，或者公共资金可能被用在未必能够兑现的积极外部性方面。

鉴于存在这些争论，明智的作法可能是通过考查实践经验的方式进一步促进有关公共—私营部门伙伴关系的实际有效性的辩论。气候变化正在改变着人们如何看待粮食安全的视角。气候变化是可能改变我们对这些伙伴关系的态度的因素之一，因为气候变化迫使我们侧重于长远问题和脆弱性问题。与谋求短期利益的私营部门相比，公共部门更能够平衡短期和长期利益并回应脆弱群体的需求。

应确保受影响社区的参与，包括在通报信息的情况下开展有关风险以及对小规模农民和农村社区适应力的直接和间接影响的事先磋商。

### **5.2.2 开展合作，推动研究**

粮食不安全和气候变化的共同威胁要求重新评估如何能使各国和国际公共部门资助的科研工作与私营部门进行最紧密的衔接。必须在近期公共部门对粮食系统科研投资呈减少趋势、而私营部门的研究仅集中在有限几种作物和区域的背景下看待这一必要性。新的公共部门研究应强调对粮食安全具有重要意义但私营部门重视程度较低的那些作物、牲畜和系统。公共部门的研究和推广工作务必要与私营部门和民间社会衔接起来。

务必特别重视如何能够通过科研和知识创生应对世界上最贫穷和最弱势粮食生产者的需求。这将要求与既定受益人进行切实接触并开展名副其实的对话，了解他们的要求，其间要兼顾在征求妇女和弱势群体意见方面可能存在的困难。

### **5.2.3 开展合作，促进推广**

在世界许多地方，在处于所有发展水平的国家，目前推广服务都不适于发挥传授农民需要的各种知识技能、从而适应气候变化并推动缓解的作用。要应对这些挑战，就迫切需要配备重焕生机的现代推广服务，这些推广服务通常是由公共和私营部门的资源共同出资的。要确保提升生产力和适应力的技术得以应用，推广方案应当以负责做出管理决定的人为服务对象。21 世纪的推广服务应当与科研及私营部门和民间社会密切协作，还包括农民之间的信息和知识共享网络，以便提升可持续增产和应对气候变化挑战的技能。

### **5.2.4 能力建设**

为适应气候变化和推动气候变化缓解，对气候变化的脆弱性进行评估（包括对不确定性和时间进度的正确把握）并寻找提高粮食系统效率和适应力的途径就要求开展有针对性的能力建设，这种能力建设应着眼当地和国家各级决策者和利益相关者的需要。

在很多国家，应对气候变化和粮食安全挑战的物质、机构、社会、生物学和人员能力不足。对人力资本的投资也十分重要，特别是对教育和卫生基础设施的投资，以便培养对粮食不安全的适应力以及对气候变化风险意识和有效反应。

气候变化适应和缓解方面的信息是培养适应力及民众和各国预测和管理气候变化的能力所不可或缺的一个要素。气候变化领域的知识体系是动态的，随着信息和研究的增加而不断产生。政府和其他各方需要增强自身开展反应灵敏的创新性信息采集、管理和发布系统，这些系统应当能够覆盖每个人，其中要特别关注最脆弱群体。

迫切需要着力培养这些能力。

### **5.3 强化政策制定的证据基础**

#### **5.3.1 提高数据采集的数量、质量和协调水平**

对环境和社会背景以及不同价值体系具有敏感性的循证式方法不可或缺。全球农业和粮食系统对气候变化的成功适应以及与粮食安全相辅相成的成功缓解将要求调动所有各种农业模式的最有效作法，没有哪一种或哪一套解决方案能够在所有地方都适用。常规、农业生态、有机和高科技粮食生产技术都需要进行评价，判断它们在不同地方的适宜性。

要降低气候变化对粮食安全的影响，推动有关政策和计划制定工作的现有信息基础严重不足。各国政府需要加大工作力度。但也有必要开展气候变化及其影响方面的国际数据采集，以便改进有关脆弱社区、人群和区域的信息。

需要大幅提升政策制定者所掌握的生物物理、经济和社会数据的质量和数量水平。其中挑战特别是在于(i) 采用全球元数据标准在现有与未来的数据来源之间建立联系；(ii) 利用现代技术（信息通讯技术、遥感）采集实时数据；(iii) 开发不同类型的气候变化模型的评价工具；(iv) 为分项数据的采集创造条件，包括家庭内部层面的数据，以便厘清粮食安全社会脆弱性的成因以及气候变化缓解和适应的挑战；以及(v) 改进从数据采集、分析到帮助政策制定的流程。

采集更多的生物物理数据。我们用作食物的动植物中蕴含着大量遗传多样性。但它们在一系列农业气候条件下的表现情况尚未得到系统化评价。应当采集更多的表现信息（包括有关被忽视作物的信息），对现有的实验性试验数据加以补充，还应开展新的试验，了解把握当前气候区间之外的表现特性。有关当前和历史天气状况的现有数据的质量参差不齐，有些国家在数据采集和发布方面做得较好。还需采集更多数据，而在免费提供这些数据方面有待开展的工作则更多。

改善有关脆弱社区/人群和区域的信息。成功的适应要求大大改进有关谁是脆弱者以及他们生活在何处的知识。开发更先进的手段，对脆弱性及风险、敏感度和反应能力等内容进行描绘，这应当作为一项优先重点工作。

在气候变化和粮食安全的所有层面对数据采集进行整合。各国和国际气象、统计和数据部门需要得到强化并充分利用现代技术进步（包括遥感和信息通讯技术）。近期开展了大量计划，目的是在小规模、中等规模和大规模空间范围内采集环境、土地利用和人文地理数据。必须通过采用通用的元数据标准的方式把这些数据联系起来，以便最大程度地挖掘所有可能形成合力。

对模型进行改进，促进了解气候变化对农业的影响；支持有关模型利用的能力建设。气候变化模型生成大量有关未来可能出现的结果的大量数据，但其总结归纳方式并不总是有助于了解把握其对农业系统的潜在影响。能够在气候变化结果与生物物理效应、然后与人类福祉之间建立起联系的模型还需要投入大量开发工作。少量投资就能够向世界各地的政策制定者提供巨大支持。

### 5.3.2 对措施的评估和对表现的监测

气候变化适应是一个学习的过程。利用有关粮食生产的社会经济和生物物理方面的现有知识促进农业对气候变化的适应可以大有作为。目前适用于一个区域的技能和知识可能随着气候的变化而在将来对另一个区域具有重要意义。但对现有作法及其表现进行监测十分重要。需要对缓解和适应措施的效果进行缜密评价，弄清其对相关结果和粮食安全的影响，从而确保不产生意料之外的负面后果。对这一信息进行系统化采集和广泛发布十分重要，现代信息通讯技术为此提供了前所未有的机遇。

气候变化适应要求农民在现有知识存在不确定性的情况下在掌握一定信息的基础上做出决定。需要开展社会科学研究，提高对如何促成最终使农民受益的变革的认识。迫切需要研究应如何对旨在促进气候变化适应的各种社会经济措施进行妥善监测和评价。

### 5.3.3 调整研究重点，谋求实现一整套更为复杂的目标

粮食不安全和气候变化的共同威胁要求对科研的优先重点进行重新审视。

必须要推动前瞻性和参与式研究，增强农户的应对能力。农业领域的研究必须全面整合气候适应的各个方面。要在极端事件更加频发的情况下维持生产力，要对作物、牲畜和管理系统对温度和降水变化的不同反应做出调整，要应对农业以外的气候变化效应，就需要开展这些研究。作物和牲畜改良、农艺及粮食储存、加工和供销等课题的研究均应包含适应新气候格局的要求。由于保持作物和牲畜遗传多样性对在新的环境条件下推动单产和效率的提高具有重要意义，因此也需要在气候变化对被忽视作物的影响、特别是对水果和蔬菜生产力的影响方面开展更多研究。

迫切需要开展研究，对主要农业和水产养殖系统的“复合胁迫”及各种非生物与生物胁迫之间的相互作用加以探究。

对缓解措施的研究必须考虑这些措施对粮食安全的影响。

研究工作必须特别关注小规模农民目前所处的状态和面临的制约因素。目前他们在全球农业土地利用、某些区域的粮食生产和农村就业方面占有很大比重，而且常常由妇女负责经营。她们往往更倾向于开展种植业和畜牧业混合经营。

由最不发达国家向《联合国气候变化框架公约》提交的“国家适应行动计划”大多强调要进行科研和推广方面的农业和粮食安全投资，这为对新的国家投资进行优先排序提供了一个立足点。最不发达国家在其“国家适应行动计划”中设计的优先措施应得到资金支持并加以落实。各国应参照“国家适应行动计划”的经验制定国家适应计划。迫切需要尽快开展这些投资，因为改良工作的开发和向农民进行推广都需要时间。

## 5.4 气候变化谈判与农业

《联合国气候变化框架公约》是 1992 年在里约热内卢召开的第一次“联合国环境与发展大会”上创设的。其最初目标是把温室气体排放稳定在防止其对人类福祉造成危险影响的水平上，其时间安排应“确保粮食生产不受威胁”（第 2 条）。虽然气候变化对农业和粮食安全的影响很大，而且农业在温室气体排放中占有较大比重，但在《联合国气候变化框架公约》议程的最初一些年农业和粮食安全问题没有受到太大重视。随着 2005 年关于影响、脆弱性和适应的“内罗毕工作计划”的正式启动，对农业的重视程度开始提高。此后，许多国家都在各自的“国家适应行动计划”中包含了农业和粮食安全项目。耕地和牧场管理属于“土地利用和土地利用变化与林业（LULUCF）”项下的活动，附件 I 的缔约方可以选择将其作为《京都议定书》降低排放义务的一部分加以采纳，但已经这样做的国家非常少。<sup>43</sup>

2007 年《联合国气候变化框架公约》年度缔约方大会巴厘会议上启动了关于达成一项具有约束力的全球协议的谈判，作为该谈判的一部分，农业的地位变得更为突出。关于是否能够孤立地应对农业问题，抑或在采取任何具体行业性举措之前是否需要首先就一项协作型行业性方法的总体框架达成共识的问题出现了较大分歧。<sup>44</sup>

在 2008 年发布的有关一份有关“长期协作行动工作组 (AWG-LCA)”面临的农业行业缓解挑战和机遇的技术文件以及 2009 年召开的一次研讨会上，有关各方讨论了农业对温室气体缓解的具体贡献问题。有关农业适应的问题还没有进行正式讨论。“长期协作行动工作组”之下设立了一个起草小组，任务是为农业起草案文，要求根

<sup>43</sup> 《联合国气候变化框架公约》第 16/CMP.1 号决定，可见 <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cmp1/eng/08a03.pdf>。

<sup>44</sup> 据称一段有关贸易的文字是阻碍行业性方法框架获得批准的主要分歧事项之一。

据《公约》第 4.1(c)条<sup>45</sup>制定农业领域的“科学技术咨询附属机构”工作计划。<sup>46</sup>2009 年哥本哈根第 15 届缔约方大会 (COP) 和 2010 年坎昆第 16 届缔约方大会均未批准该草案。在德班举行的第 17 届缔约方大会上，谈判代表同意于 2012 年 5 月在伯恩举行的届间会议上讨论有关农业的问题，目的是继续在第 4.1(c)条的框架下，“交流意见并由缔约方大会在其第十八届会议上通过一份有关该事项的决定”。

《联合国气候变化框架公约》谈判的部分观察员对制定农业领域的“科学技术咨询附属机构”工作计划表示支持。例如，粮农组织已经提交多份文件<sup>47</sup>，强调了农业的特殊性及妥善应对粮食安全和农业问题的重要性，另一些观察员也力主制定一项既包括适应也包括缓解的工作计划。第 16 届缔约方大会上获得批准的“坎昆适应框架”在各工作流程中把农业和粮食安全作为了其中一项内容，这些流程包括“内罗毕工作计划”的第二阶段以及新启动的“损失和损害工作方案”，后者专门涉及逐渐显现的温度升高问题。<sup>48</sup>农业在“适应框架”以及“内罗毕工作计划”和“损失和损害工作方案”等正在执行的计划项下将继续得到谋划。在根据《京都议定书》新制定的四项工作计划以及“科学技术咨询附属机构”有关“减少毁林和森林退化所致排放量”的工作计划项下，农业也将作为一项重要的讨论内容；在后一项工作计划中各国将考虑农业在推动森林砍伐方面的作用问题。<sup>49</sup>但正如第 2—4 章所讨论的那样，在农业的适应需求和缓解可能性方面仍存在科学和技术的较大不确定性，尤其集中在降低全球农业排放的比重方面。

## 5.5 对粮安委的建议

把气候变化建议纳入《全球粮食安全与营养战略框架》之中。粮安委目前正在起草一份《全球粮食安全与营养战略框架》。我们积极鼓励把本文提出的建议作为重要内容纳入该框架。

---

<sup>45</sup> 巴厘行动计划 1(b)(iv)的说法是：“为强化《公约》第 4 条第 1(c)段实施的协作型行业性方法和各行业行动”。

<sup>46</sup> 科学技术咨询附属机构 (SBSTA) “[.....]是《公约》缔约方/《京都议定书》缔约方设立的两个《公约》常设附属机构之一。任务是通过及时提供涉及《公约》或《京都议定书》的科学和技术事务的信息和建议的方式支持《公约》缔约方和《京都议定书》缔约方的工作。[.....]该附属机构在政府间气候变化专门委员会等专业来源提供的科学信息与《公约》缔约方以政策为导向的需求之间建立联系方面发挥着重要作用。它与政府间气候变化专门委员会密切协作，有时还要求后者提供具体信息或报告；它还与怀有可持续发展这一共同目标的其他相关国际组织开展合作。” (<http://unfccc.int/bodies/body/6399.php>)。内罗毕工作计划即是科学技术咨询附属机构工作计划的一个实例。

<sup>47</sup> 参阅 <http://unfccc.int/resource/docs/2010/smsn/igo/081.pdf>、<http://unfccc.int/resource/docs/2011/smsn/igo/121.pdf> 和 <http://unfccc.int/resource/docs/2012/smsn/igo/73.pdf>。

<sup>48</sup> 参阅《联合国气候变化框架公约》第 1/CP.16 号决定，可见：<http://unfccc.int/resource/docs/2005/cmp1/eng/08a03.pdf>。

<sup>49</sup> 参阅第 2/CMP.7 号决定，可见：[http://unfccc.int/meetings/durban\\_nov\\_2011/session/6250/php/view/decisions.php](http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/session/6250/php/view/decisions.php) 和第 1/CP.16 号决定，可见：[http://unfccc.int/meetings/cancun\\_nov\\_2010/session/6254/php/view/decisions.php](http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/session/6254/php/view/decisions.php)

鼓励在《联合国气候变化框架公约》活动中对粮食安全给予更明确的认可。在过去几年《联合国气候变化框架公约》的谈判中，农业适应和缓解气候变化的必要性变得更为突出。在德班，谈判代表请求成员国和观察员就农业相关问题发表看法。“科学技术咨询附属机构”农业领域的工作计划若能更明确地阐述针对各种适应和缓解措施及其可能与粮食安全形成的合力的正反两方面意见，就既可以为组织与谈判相关的现有研究工作、也可以为促动开展新的研究工作提供一个论坛。我们建议将该工作方案投入实施。我们也建议进一步推动“损失和损害工作方案”的进展工作，把重点放在气候变化在农业和粮食安全的不利影响方面。最后，粮安委应当要求《联合国气候变化框架公约》责成各国政府就以下事项进行报告：作为“国家气候变化行动计划”和“国家适应行动计划”的一部分拟议的举措和政策以何种方式也兼顾到粮食安全工作。

作为《联合国气候变化框架公约》项下《哥本哈根协议》和《坎昆协议》的一部分，发达国家已经承担了向发展中国家的气候变化适应活动提供资金支持的义务。粮安委应批准这一立场并鼓励各国设计各自的支持措施，使之对可持续粮食安全也给予帮助。

在国际贸易谈判中支持气候变化适应和缓解。世界贸易组织有关改进世界贸易制度的谈判正在进行（“多哈回合”）。由于气候变化造成农业生产更为反复无常，而且贸易流通具有部分补偿气候引发的农业冲击的潜力，因此我们建议粮安委支持把认可这一作用的谈判成果纳入世贸组织。同样，我们建议粮安委鼓励世贸组织对推动而不是阻碍气候变化缓解的贸易政策改革给予支持。

增强民间社会的作用。在联合国各组织当中，粮安委的独特之处在于民间社会在其中具有法定作用。我们鼓励粮安委强化粮安委顾问委员会等现有参与渠道，并对涉及粮安委的更多民间社会活动给予支持，例如粮安委和联合国正式会议（特别是《联合国气候变化框架公约》会议）的会外活动，以便更有力地加大高专组发布的报告和粮安委做出的决定的宣传力度并推动有关辩论。

支持制定一项关于气候变化和粮食安全国际数据采集的数据共享机制。气候变化的后果不以国家边境为限。只有采用公认的元数据标准对数据采集工作进行国际协调才能做到切实有效。此外，在造福最脆弱区域和人群方面通过对粮食安全数据采集与气候变化数据采集进行协调能够实现巨大合力。粮安委应当为开展关于改进全球气候变化和粮食安全数据采集工作的对话提供便利。

## 参考文献

- ActionAid. (2009). UK HungerFree campaign: Brief on sustainable agriculture.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3) (August): 268-281. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378006000422>.
- Agardy, T. and Alder, J. (2005). Coastal Systems. In *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, ed. The Millennium Ecosystem Assessment. <http://www.millenniumassessment.org>.
- Agarwal, B. (2011). Food Crises and Gender Inequality. [http://www.un.org/esa/desa/papers/2011/wp107\\_2011.pdf](http://www.un.org/esa/desa/papers/2011/wp107_2011.pdf).
- Ainsworth, E.A., Leakey, A.D.B., Ort, D.R., Long, S.P. 2008. FACE-ing the facts: Inconsistencies and interdependence among field, chamber and modeling studies of elevated [CO<sub>2</sub>] impacts on crop yield and food supply. *New Phytologist*. 179:5-9.
- Ainsworth, E. and McGrath, J. M. (2010). Direct effects of rising atmospheric carbon dioxide and ozone on crop yields. *Global Change Research*: 109-130. doi:10.1007/978-90-481-2953-9\_7.
- Alcamo, J., Bennett, E. M. and Millennium Ecosystem Assessment (Program). (2003). *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press.
- Alcamo, Joseph, and Gallopin, G. (2009). *Building a 2nd Generation of World Water Scenarios*. Change. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001817/181796E.pdf>.
- Alexandratos, N. (2009). *World Food and Agriculture to 2030/50, Highlights and Views from mid-2009*. Rome.
- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F.R. and Petersen, P. (2011). *Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty*. INRA and Springer-Verlag.
- Arnold, M., Powell, B., Shanley, P. and Sunderland, T.C.H. (2011). Editorial: Forests, biodiversity and food security. *International Forestry Review* 13 (3): 259-264. <http://www.cifor.org/nc/online-library/browse/view-publication/publication/3576.html>.
- AVRDC. (2006). Why vegetables are important? <http://www.avrdc.org/index.php?id=116>
- Barrow, C. J. (2012). Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography* 34 (May): 21-28. doi:10.1016/j.apgeog.2011.09.008. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622811001780>.
- Barucha, Z., and Pretty, J. (2010). The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365: 2913-2926.
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47 (2) (June): 151-163. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>.
- Beddington, J., Asaduzzaman, M., Clark, M., Fern ández, A., Guillou, M., Jahn, M., Erda, L., Mamo, T., Van Bo, N., Nobre, C. A., Scholes, R., Sharma, R., Wakhungu, J. (2012). *Achieving food security in the face of climate change*. Copenhagen: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). <http://ccafs.cgiar.org/commission>.
- Bezemer, D. and Headey, D. (2008). *Agriculture, Development, and Urban Bias*. Ed. World Bank. *World Development* 36 (8): 1342-1364. doi:10.1016/j.worlddev.2007.07.001. <http://www.mendeley.com/research/world-development-report-agriculture-for-development/>.
- Blakeney, M. (2011). Trends in intellectual property rights relating to genetic resources for food and agriculture. Rome. <http://www.fao.org/docrep/meeting/022/mb684e.pdf>.
- Bloom, A. J., Burger, M., Assensio, R., Salvador, R. and Cousins, A. B. (2010). Carbon Dioxide Enrichment Inhibits Nitrate Assimilation in Wheat and Arabidopsis. *Science* 328: 899-902.
- von Braun, J. (2005). Agricultural economics and distributional effects. *Agricultural Economics* 32: 1-20. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.0169-5150.2004.00011.x>.
- Bruinsma, J., *The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?*, Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2008.
- Burney, J. A., Davis, S. J. and Lobell, D. B. (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (26) (June 29): 12052-7. <http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/0914216107v1>.

- CRP 1.1. (2011). CRP 1.1 – Dryland Systems: Integrated Agricultural Production Systems for the Poor and Vulnerable in Dry Areas. Consultative Group on International Agricultural Research. <http://crp11.icarda.cgiar.org>.
- Cai, Z. (2012). Greenhouse gas budget for terrestrial ecosystems in China. *Science China Earth Sciences* 55 (2) (January 2): 173-182. <http://www.springerlink.com/content/t0074612515344nk/>.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M. and Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4 (765-781).
- Challinor, A. J., Ewert, F., Arnold, S., Simelton, E. and Fraser, E. (2009). Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. *Journal of Experimental Botany* (March): 1-15. doi:10.1093/jxb/erp062.
- Cheung, W., Lam, V. W. Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D. and Pauly, D. (2010). “Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change.” *Global Change Biology* 16 (1): 24-35. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x>.
- Clements, R., Haggard, J., Quezada, A. and Torres, J. (2011). *Technologies for Climate Change Adaptation – Agriculture Sector*. Roskilde.
- Cline, W. R. (2007). *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, D.C.: Center for Global Development. <http://www.cgdev.org/content/publications/detail/14090>.
- Conway, G. and Waage, J. (2010). *Science and Innovation for Development*. London: UK Collaborative on Development Sciences.
- Conway, G., Waage, J. and Delaney, S. (2010). *Science and Innovation for Development*.
- Cutter, S. L., Emrich, C. T., Webb, J. J. and Morath, D. (2009). *Social Vulnerability to Climate the Literature Social Vulnerability to Climate Literature*. Washington D.C.
- Cuellar, N. and Kandel, S. (2005). *The Campesino to Campesino Program of Siuna, Nicaragua: Context, accomplishments and challenges*. Center for International Forestry Research.
- Deininger, K. and Byerlee, D. (2011). *The Rise of Large Farms in Land Abundant Countries: Do They Have a Future?* SSRN eLibrary. SSRN. <http://ssrn.com/paper=1792245>.
- Denmead, O. T., Macdonald, B. C. T., Bryant, G., Wang, W., White, I. and P. Moody. (2007). Greenhouse gas emissions from sugarcane soils and nitrogen fertilizer management: II. *Proceeding Australian Society Sugar Cane Technologists* 29: 29, 97–105.
- Dercon, S. (editor) (2005). *Insurance Against Poverty, UNU-WIDER Studies in Development Economics*. Oxford: Oxford University Press.
- Dey-Abbas, J. (1997). *Gender Asymmetries in Intra-Household Resource Allocation in Sub-Saharan Africa: Some Policy Implications for Land and Labour Productivity*. In *Intrahousehold Resource Allocation in Developing Countries*, ed. Lawrence Haddad, John Hoddinott, and Harold Alderman. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Dinar, A., Somé L., Hassan, R., Mendelsohn, R. and Benhin, J. (2008). *Climate change and agriculture in Africa: impact assessment and adaptation strategies*. Earthscan/James & James.
- Eastwood, R., Lipton, M. and Newell, A. (2010). *Farm size*. In *Handbook of Agricultural Economics*, ed. Prabhu Pingali and Robert Evenson. Elsevier.
- Erda, L., Wei, X., Hui, J., Yinlong, X., Yue, L., Liping, B. and Liyong, X. (2005). Climate change impacts on crop yield and quality with CO<sub>2</sub> fertilization in China. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 360: 2149-2154.
- Ericksen, P., Thornton, P., Notenbaert, A., Cramer, L., Jones, P. and Herrero, M. (2011). *Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics*. Change. Copenhagen. [http://ccafs.cgiar.org/sites/default/files/assets/docs/ccafsreport5-climate\\_hotspots\\_final.pdf](http://ccafs.cgiar.org/sites/default/files/assets/docs/ccafsreport5-climate_hotspots_final.pdf).
- European Commission 2006. *European Commission Joint Research Center, Environmental Impact of Products, EIPRO, 2006*. [http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf).
- FAO. (2007). *Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and priorities*. Rome.
- FAO. (2008). *An Introduction to the Basic Concepts of Food Security. Assessment*.

- FAO. (2009a). Declaration of the World Summit on Food Security. Security. Rome.  
[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final\\_Declaration/WSFS09\\_Declaration.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/WSFS09_Declaration.pdf).
- FAO. (2009b). How to Feed the World in 2050. Rome.
- FAO. (2009c). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome.
- FAO. (2011a). The State of Food and Agriculture. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development. Rome: FAO.
- FAO. (2011b). Climate Change and Food Systems Resilience in Sub-Saharan Africa. Rome.
- FAO. (2011c). Save and grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Rome.
- FAO. (2011d). FAO medium-term strategic framework for cooperation in family agriculture in Latin America and the Caribbean, 2012-2105; Draft. Agriculture. Vol. 2015. Rome.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., and Hawthorne, P. (2008). Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science* 29 February 2008: 319 (5867), 1235-1238.
- Fischer, G., Shah, M. and van Velthuizen, H. (2002). Climate Change and Agricultural, Vulnerability. Laxenburg, Austria.
- Fontaine, S., Barot, S., Barré P., Bdioui, N., Mary, B., Rumpel, C. (2007) Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature*, 450 (7167): 277-280
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennet, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478 (7369) (October 12): 337-342.  
<http://dx.doi.org/10.1038/nature10452>.
- Foresight. (2011). Future of Food and Farming. London.
- Garnett, T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy* 36 (2011) S23–S32.
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B. and Henning, S. (2010). Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment. FAO Report. Rome.  
<http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>.
- Giné X., Townsend, R. M. and J. Vickery. (2007). Statistical Analysis of Rainfall Insurance Payouts in Southern India. *American Journal of Agricultural Economics* 89 (5): 1248–54.
- Giné X., and Yang, D. (2009). Insurance, Credit, and Technology Adoption: Field Experimental Evidence from Malawi. *Journal of Development Economics* 89 (1): 1-11.
- Giovanucci, D., Scherr, S., Nierenberg, D., Hebebrand, C., Shapiro, J., Milder, J. and Wheeler, K. (2012). Food and Agriculture: the future of sustainability. A strategic input to the Sustainable Development in the 21st Century (SD21) project. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development.
- Glazebrook, T. (2011). Women and Climate Change: A Case-Study from Northeast Ghana. *Hypatia* 26 (4): 762-782. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1527-2001.2011.01212.x/abstract>.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas S. M. and C. Toulmin. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K. and Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365: 2973-2989.
- Hammes, K., Torn, M. S., Lapenas, A. G. and Schmidt, M. W. I. (2008). Centennial black carbon turnover observed in a Russian steppe soil. *Biogeosciences*. doi:10.5194/bg-5-1339-2008.
- Hassan, R. M. (2010). Implications of Climate Change for Agricultural Sector Performance in Africa: Policy Challenges and Research Agenda. *Journal of African Economies* 19 (Supplement 2) (July 21): ii77-ii105. [http://jae.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/19/suppl\\_2/ii77](http://jae.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/19/suppl_2/ii77).
- Hatfield, J.L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., Thomson, A. M. and Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal* 103: 351-370.

- Hazell, P. (2011). *Five Big Questions about Five Hundred Million Small Farms*. Rome: International Fund for Agricultural Development.
- Herrero, M, Thornton, P. K., Havlík, P. and Rufino, M. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: mitigation options and trade-offs. In *Climate Change Mitigation and Agriculture*, ed. Eva Wollenberg, A. Nihart, M.L. Tapio-Bistrom, and C. Seeberg-Elverfeldt, 316-332. London.
- Hijmans, Robert. 2007. Relocating rice production in China. *Rice Today* 6 (4): 25.
- HLPE. (2011a). *Price volatility and food security: A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome.
- HLPE. (2011b). *Land tenure and international investments in agriculture: A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome.
- HLPE. (2012a). *Social protection for food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*, Rome 2012.
- HLPE. (2012b). *Key elements*, Rome.
- HMG. (2010). *The 2007/2008 Agricultural Price Spikes: Causes and Policy Implications*. London.
- Holt-Gimenez, E. (2002). Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 87-105.
- Houghton, R. A. (2003). Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B* 55 (2) (April): 378-390. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0889.2003.01450.x/abstract>.
- Houweling, S., Dentener, F. and Lelieveld, J. (2000). Simulation of preindustrial atmospheric methane to constrain the global source strength of natural wetlands. *Journal of Geophysical Research* 105 (D13): 17243-17255. <http://www.agu.org/pubs/crossref/2000/2000JD900193.shtml>.
- Howden, S. M., Soussana, J-F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M. and Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19691-19696.
- Huang, H., von Lampe, M. and van Tongeren, F. (2010). Climate change and trade in agriculture. *Food Policy* 36: S9-S13.
- Huang, Y. and Sun, W. (2006). Changes in topsoil organic carbon of croplands in mainland China over the last two decades. *Chinese Science Bulletin* 51 (15) (August): 1785-1803. <http://www.mendeley.com/research/changes-in-topsoil-organic-carbon-of-croplands-in-mainland-china-over-the-last-two-decades/>.
- IAASTD. (2008). *Agriculture at a Crossroads: The Synthesis Report*. Science And Technology. Washington, DC, USA: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. <http://www.agassessment.org>.
- IPCC, (2007a). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In Group, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor, and H.L. Miller. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- IPCC, (2007b). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES, Japan.
- IPCC, (2007c). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ed. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- IPCC, (2007d). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Change. Geneva, Switzerland.
- IPCC, (2007e). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge: Cambridge University Press.

- IRRI. (2007). Coping with climate change. *Rice Today*: 13.
- Ivanov, A. L., and Kiryushin, V. I. (eds. 2009). *Global climate change and forecast of weather risks in agriculture*. Moscow: Russian Agricultural Academy.
- Ivanov, A. L. (ed. 2004). *Global manifestations of climate change in the agricultural sector*. Moscow: Russian Agricultural Academy.
- Janssen, M. A. and Ostrom, E. (2006). Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change* 16 (3) (August): 237-239. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.003. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378006000380>.
- de Janvry, A. and Sadoulet, E. (2011). Subsistence farming as a safety net for food-price shocks, *Development in Practice* 21(4-5): 449-456.
- Jarvis, A., Ramirez-Villegas, J., Campo, B. V. H. and Navarro-Racines, C. (2012). Is Cassava the Answer to African Climate Change Adaptation? *Tropical Plant Biology* 5 (1) (February 15): 9-29. doi:10.1007/s12042-012-9096-7. <http://www.springerlink.com/content/n36675226277455j/>.
- Jayne, T. (2012). Emerging Land Issues in African Agriculture: Toward the identification of appropriate rural development strategies. <http://foodsecurity.stanford.edu/events/6534>.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304 (5677) (June 11): 1623-7. <http://www.sciencemag.org/content/304/5677/1623.abstract>.
- Lal, R. (2004b). Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30, 981-990.
- Lee-Smith, D. (2010). Cities feeding people: an update on urban agriculture in equatorial Africa. *Environment and Urbanization* 22 (2): 483-499. doi:10.1177/0956247810377383. <http://eau.sagepub.com/cgi/content/abstract/22/2/483>.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P. and Naylor, R.L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319: 607-610.
- Lobell, D. B., Schlenker, W. and Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333 (6042) (July 29): 616-20. doi:10.1126/science.1204531. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21551030>.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D. B., Nosberger, J. and Ort, D. R. (2006). Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO<sub>2</sub> Concentrations. *Science* 312 (5782): 1918-1921. doi:10.1126/science.1114722. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/312/5782/1918>.
- Lu, Y., Huang, Y., Zou, J. and Zheng, X. (2006). An inventory of N<sub>2</sub>O emissions from agriculture in China using precipitation-rectified emission factor and background emission. *Chemosphere* 65 (11) (December): 1915-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.035>.
- Lundqvist, J., de Fraiture, C. and Molden, D. (2008). *Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain*. SIWI Policy Brief. SIWI, 2008, Stockholm. [http://www.siwi.org/documents/Resources/Policy\\_Briefs/PB\\_From\\_Filed\\_to\\_Fork\\_2008.pdf](http://www.siwi.org/documents/Resources/Policy_Briefs/PB_From_Filed_to_Fork_2008.pdf).
- Lustig, N. (2000). Crises and the poor: Socially responsible macroeconomics, *Economía: The Journal of the Latin American and Caribbean Economic Association* 1(1): 1-45.
- Maluf, R., da Silva Rosa, T. (coord., 2011). *Populações Vulneráveis e Agenda Pública no Brasil*. In *Mudanças Climáticas, Vulnerabilidades e Adaptação*, Livro 5, COEP, Rio de Janeiro. <http://www.coepbrasil.org.br/cidadaniaemrede>.
- Margulis, S. (2010). *Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report*. Development. Washington, DC.
- McKinsey&Company, (2009). *Pathways to a low-carbon economy*. Version 2 of the Global Greenhouse gas abatement cost curve. Available at [https://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/contact\\_us/fullreport.aspx](https://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/contact_us/fullreport.aspx).
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. Washington, DC: Island Press.
- Munns, R., James, R. A., Xu, B., Athman, A., Conn, S. J., Jordans, C., Byrt, C. S., Ray, A. H., Tyerman, S. D., Tester, M., Plett, D. and Gilliham, M. (2012). Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na<sup>+</sup> transporter gene. *Nature biotechnology* 30 (4) (March 11): 360-364. doi:10.1038/nbt.2120. <http://www.nature.com/nbt/journal/v30/n4/full/nbt.2120.html>.

- Nagayets, O. (2005). Small farms: current status and key trends. Food Policy. Wye College: IFPRI.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T. Y., Kram, T., La Rovere, E. L., Michaelis, L. and Mori, S. 2000. Special Report on Emissions Scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press, October 3.  
[http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti\\_id=15009867](http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=15009867).
- Nasi, R., Taber, A. and van Vliet, N. (2011). Empty forests, empty stomachs? Bushmeat and livelihoods in the Congo and Amazon Basins. *International Forestry Review* 13 (3) (September 1): 355-368. doi:10.1505/146554811798293872.  
<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1465-5489&volume=13&issue=3&spage=355>.
- Nelson, G. C. (2009). Are Biofuels the Best Use of Sunlight? In *Handbook of Bioenergy Economics and Policy*, ed. Madhu Khanna and David Zilberman, 10. New York: Springer.
- 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. and You, L. (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. [www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rr172.pdf](http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rr172.pdf)
- Nicholls, R. J. (2004). Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14 (1) (April): 69-86.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.007>.
- Nienaber, J. A., and Hahn, G. L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. *52: International Journal of Biometeorology*: 149-57.
- Ogle, S. M., Breidt, F. J., Easter, M., Williams, S., Killian, K. and Paustian, K. (2010). Scale and uncertainty in modeled soil organic carbon stock changes for US croplands using a process-based model. *Global Change Biology* 16 (2) (February): 810-822. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2009.01951.x>.
- Olivier, J. G. J., Janssens-Maenhout, G., Peters, J. A. H. W. and Wilson, J. (2011). *Long-Term Trend in Global CO<sub>2</sub> Emissions 2011 Report: Background Studies*. The Hague.
- Oxfam. (2011). *Growing a Better Future: Food justice in a resource-constrained world*. Oxford.
- Paillard, S., Treyer, S., and Dorin, B. (2011). *Agrimonde: Scenarios and Challenges for Feeding the World in 2050*. Versailles: Quae.
- Park, S., Croteau, P., Boering, K. A., Etheridge, D. M., Ferretti, D., Fraser, P. J., Kim, K-R., Krummel, P. B., Langenfelds, R. L., van Ommen, T. D., Steele, L. P. and Trudinger, C. M. (2012a). Trends and seasonal cycles in the isotopic composition of nitrous oxide since 1940. *Nature Geoscience* 5 (4) (March 11): 261-265. doi:10.1038/ngeo1421.  
<http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n4/full/ngeo1421.html>.
- Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M. and Fischer, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14 (1): 53-67. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VFV-4BDY65D-1/2/0dab1fac37737d687be95c17d2fed5c>.
- Peiter, G., Maluf, R. S. and da Silva Rosa, T. (2011). *Mudanças Climáticas, Vulnerabilidades e Adaptação*. Rio de Janeiro: COEP.
- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R. and Reynolds, J. D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308 (5730) (June 24): 1912-5. doi:10.1126/science.1111322.  
<http://www.sciencemag.org/content/308/5730/1912.abstract>.
- Perry, R. I. (2010). Potential impacts of climate change on marine wild capture fisheries: an update. *The Journal of Agricultural Science* 149 (S1): 63-75. doi:10.1017/S0021859610000961.  
[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0021859610000961](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0021859610000961).
- de la Peña, R. and Hughes, J. (2007). Improving Vegetable Productivity in a Variable and Changing Climate. *Journal of SAT Agricultural Research* 4 (1): 1-22.
- Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Le Quéré, C., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., Jaramillo, V. J., Kheshgi, H. S., Wallace, D. W. R. and Scholes, R.J. (2001). *Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis*; 3. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm).

- Quisumbing, A. R. (1996). Male-female differences in agricultural productivity: Methodological issues and empirical evidence. *World Development* 24 (10) (October): 1579-1595.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00059-9](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(96)00059-9).
- Ravallion, M., Chen, S. and Sangraula, P. (2007). *New Evidence on the Urbanization of Global Poverty*. Washington D.C.
- Ravallion, M., Chen, S. and Sangraula, P. 2008. *Dollar a Day Revisited*. World. Washington D.C.
- Reay, D. S., Davidson, E. A., Smith, K. A., Smith, P., Melillo, J. M., Dentener, F. and Crutzen, P. J. (2012). "Global agriculture and nitrous oxide emissions." *Nature Climate Change* 2 (6) (May 13): 410-416. doi:10.1038/nclimate1458.  
<http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/full/nclimate1458.html>.
- Redwood, M. (2009). *Agriculture in urban planning: generating livelihoods and food security*. Ed. Mark Redwood. *Experimental Agriculture*. Vol. 45. Earthscan. doi:10.1017/S0014479709990408.  
[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0014479709990408](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0014479709990408).
- Reilly, J., Tubiello, F., McCarl, B., Abler, D., Darwin, R., Fuglie, K., Hollinger, S., Izaurrealde, C., Jagtap, S. and Jones, J. (2003). US agriculture and climate change: new results. *Climatic Change* 57 (1): 43-67.
- Rice, J. C. and Garcia, S. M. (2011). Fisheries, food security, climate change, and biodiversity: characteristics of the sector and perspectives on emerging issues. *ICES Journal of Marine Science* 68 (6): 1343-1353. doi:10.1093/icesjms/fsr041.  
<http://icesjms.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/icesjms/fsr041>.
- Royal Society. (2012). *People and the Planet*. London.
- Satterthwaite, D., McGranahan, G. and Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London - Series B: Biological Sciences* 365 (1554): 2809-2820. <http://discovery.ucl.ac.uk/1336480/>.
- Searchinger, T. D., Hamburg, S. P., Melillo, J., Chameides, W., Havlik, P., Kammen, D. M., Likens, G. E., Lubowski, R. N., Obersteiner, M., Oppenheimer, M., Robertson, G. P., Schlesinger, W. H. and Tilman, G. D. (2009). Climate change. Fixing a critical climate accounting error. *Science (New York, N.Y.)* 326 (5952) (October 23): 527-8. doi:10.1126/science.1178797.  
<http://www.sciencemag.org/content/326/5952/527.short>.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. and Yu, T-H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change. *Science*: 1151861. doi:10.1126/science.1151861.  
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1151861v1>.
- Seungdo, K. and Dale, B. E. (2004). Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy* 26: 361-375.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.002>.
- Shell International BV. (2008). *Shell energy scenarios to 2050 1*. The Hague.  
<http://www.shell.com/scenarios>.
- Smil, V. (2000). *Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century*. Cambridge: MIT Press, October 1. <http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?ttype=2&tid=8546>.
- Smith, L. and Haddad, L. (2000). *Explaining child malnutrition in developing countries: A cross-country analysis*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L. and Fixen, P. E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133 (3-4) (October): 247-266.  
<http://www.mendeley.com/research/review-of-greenhouse-gas-emissions-from-crop-production-systems-and-fertilizer-management-effects/>.
- Sparkes, J. and Stoutjesdijk, P. (2011). *Biochar: implications for agricultural productivity*. Production. Canberra, Australia.
- Swaminathan, H., Suchitra, J. Y. and Lahoti, R. (2011). *KHAS: Measuring the Gender Asset Gap*. Bangalore: Indian Institute of Management Bangalore.

- Swaminathan, M. S., and Kesavan, P. C. (2012). Agricultural Research in an Era of Climate Change. *Agricultural Research* 1 (1) (January 31): 3-11. doi:10.1007/s40003-011-0009-z. <http://www.springerlink.com/content/104630341j00u524/>.
- Thapa, S. (2008). Gender differentials in agricultural productivity: evidence from Nepalese household data. <http://ideas.repec.org/p/pramprapa/13722.html>.
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Owiyo, T., Kruska, R. L., Herrero, M., Orindi, V., Bhadwal, S., Kristjanson, P., Notenbaert, A., Bekele, N. and Omolo, A. (2008). Climate change and poverty in Africa: Mapping hotspots of vulnerability. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 2 (1): 24-44. <http://purl.umn.edu/56966>.
- Thornton, P. K. and Cramer, L., (eds. 2012, forthcoming) Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. Copenhagen: CCAFS.
- Timmer, P. (2009). Supermarkets, Modern Supply Chains, and the Changing Food Policy Agenda. <http://www.cgdev.org/content/publications/detail/1421245>.
- United Nations. (2010). The Millennium Development Goals Report, 2010. New York.
- United Nations General Assembly. (2010). Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food, Olivier De Schutter. New York.
- Wang, M. and Haq, Z. (2008); Letter to Science, 14 February 2008; revised on 14 March 2008. [http://www.transportation.anl.gov/pdfs/letter\\_to\\_science\\_anddoe\\_03\\_14\\_08.pdf](http://www.transportation.anl.gov/pdfs/letter_to_science_anddoe_03_14_08.pdf).
- West, T. O. and Marland, G. (2002). A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91 (1-3) (September): 217-232. doi:10.1016/S0167-8809(01)00233-X. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00233-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00233-X).
- World Bank. (2009). Gender in agriculture sourcebook. World Bank Publications. [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=XxBRq6hTs\\_UC&pgis=1](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=XxBRq6hTs_UC&pgis=1).
- World Health Organization. (2011). Global status report on noncommunicable diseases 2010. Global status report on noncommunicable diseases. Geneva: World Health Organization. <http://www.cabdirect.org/abstracts/20113168808.html>.
- Wrigley, C. (2006). Global warming and wheat quality. *Cereal Foods World* 51: 34-36. doi:10.1094/CFW-51-0034.
- Wu, Q. B., Wang, X. K., Duan, X. N., Deng, L. B., Lu, F., Ouyang, Z. Y. and Feng, Z. W. (2008). Carbon sequestration and its potential by forest ecosystems in China. *Acta Ecologica Sinica* 28: 517-524.
- Yan, X., Akiyama, H., Yagi, K. and Akimoto, H. (2009). Global estimations of the inventory and mitigation potential of methane emissions from rice cultivation conducted using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines. *Global Biogeochemical Cycles* 23 (GB2002). doi:10.1029/2008GB003299.
- Zavala, J. A., Casteel, C. L., DeLucia, E. H. and Berenbaum, M. R. (2008). "Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (13): 5129-5133. doi:10.1073/pnas.0800568105. <http://www.pnas.org/content/105/13/5129.abstract>.
- Zimmerman, A. R. (2010). Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). *Environmental science & technology* 44 (4) (February 15): 1295-301. doi:10.1021/es903140c. <http://dx.doi.org/10.1021/es903140c>.

## 致 谢

高专组对向两次公开电子磋商提出十分宝贵意见和建议的所有参与者表示衷心感谢，第一次磋商针对的是拟议的研究范围，第二次磋商针对的是本报告的后期修订稿（零稿）。提出意见和建议者的名单以及该两次磋商的完整文件汇编可在线查阅高专组网站：<http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe>。

高专组也向各位匿名同行审校者对本报告次终稿提出的重要反馈意见表示感谢。



## 附录

### A1. 高专组项目周期

高专组成立于 2009 年，是世界粮食安全委员会改革过程的一部分，其目的是：评估和分析目前粮食安全及营养状况及其深层根源；针对与政策相关的具体问题，提供科学的、有知识依据的分析及建议，同时利用现有的高质量研究、数据和技术研究成果；发现新问题，帮助各成员国确定今后对关键重点领域采取行动和给予重视的优先次序。

高专组接受粮安委的领导，并向粮安委报告。在编写报告、提出建议时，不受各国政府立场影响，以确保全面利用各种分析和建议为辩论过程提供信息，丰富辩论内容。

高专组采取双层结构：

- 指导委员会，由粮安委主席团任命的15位粮食和营养相关领域知名国际专家组成。高专组指导委员会成员以个人身份参与指导委员会的工作，而不是代表各自的政府、机构或组织参与此项工作。
- 项目组，以某一项目为基础设立，由指导委员会挑选人选和负责管理，项目组负责就特定事项开展分析/编写报告。

为确保整个过程的科学性、可靠性、透明度和对各类知识的包容性，高专组按照粮安委确定的具体规则行事。

各份报告由有时限、按话题设立的项目组完成编写工作，项目组成员由指导委员会挑选和管理，并接受指导委员会的指导和监督。

报告的项目周期虽然具有严格的时间限制，但仍明确划分为各个不同阶段，如由粮安委具体提出政治性问题和相关要求，由指导委员会科学立项，由有时限、按具体话题设立的项目组开展工作，公开开展外部磋商来充实知识，接受外部科学评审等（图 7）。

该过程鼓励指导委员会和项目组在整个项目周期中，与高专组人才库以及世界上所有相关人员和对此感兴趣的人员开展科学对话，争取吸收各类不同的科学观点。

正因为如此，高专组要就每份报告开展两次外部磋商：第一次关于研究范围；第二次关于首稿（零草案）。这一做法有利于让所有感兴趣的专家、高专组人才库里的专家（目前共 1 200 名）以及所有利益相关方为本过程做出贡献。随后，项目组将认真审议这些相关意见，包括社会知识，以丰富自己的知识。

报告草案需接受以实证为依据的独立审查。报告随后要经过定稿和讨论，最终由指导委员会开会通过报告。

获得指导委员会通过的报告随后交由粮安委公布于众，为粮安委内部的讨论和辩论提供更多信息依据。

与高专组、其工作流程、以往报告相关的信息均可参阅高专组网站：[www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)。

图 7. 高专组项目周期



CFS 世界粮食安全委员会  
 HLPE 粮食安全与营养高级别专家组  
 StC 高专组指导委员会  
 PT 高专组项目组

资料来源: HLPE, 2012b。



封面照片: ©粮农组织/G.Napolitano

粮安委 **HLPE**  
世界粮食安全委员会  
高级别  
专家组

Secretariat HLPE c/o FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italy

网站: [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe)  
电子邮件: [cfs-hlpe@fao.org](mailto:cfs-hlpe@fao.org)