



第五章

水管理

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

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

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

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

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

雨养种植系统

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

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

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

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

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

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

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

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

灌溉种植系统

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

促进节约与增长的办法

非洲萨赫勒地区的雨水收集⁹

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

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



珍珠粟

实现高产和最大净利润的非充分灌溉¹⁰

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

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



棉花

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

雨养旱地的补充灌溉^{11, 12}

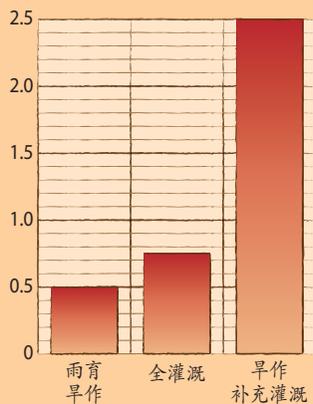
在干旱地区，靠天吃饭的农民利用补充灌溉可以增加谷物产量，这就需要收集雨水径流，并将其储存在池塘、水槽或小水坝内，以便在作物的关键生长阶段备用。补充灌溉的一大好处是使早期种植成为可能，即在旱作农业中，播种日期需要根据降雨来确定，但补充灌溉则能够在选定的具体日期进行播种，从而大大提高生产力。例如，在地中海国家，11月播种的小麦作物通常比1月份播中的作物产量更高，水和氮肥的效用更好。

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

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

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

小麦生产中水的产能
(公斤谷物/立方米)



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

位水的生产率, 并使总产量增长三分之一。

■ 供水系统的多种用途¹³

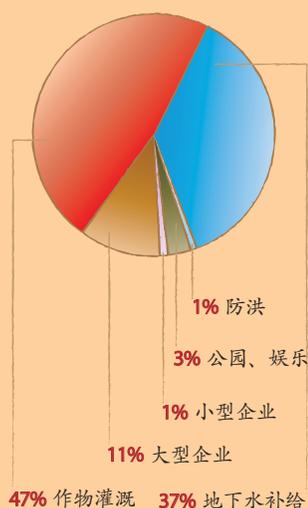
除作物生产用水之外, 灌溉系统和基础设施亦能够提供包括家庭、畜牧生产和发电用水以及运输渠道在内的多项服务。粮农组织对20项灌溉工程所作的分析表明, 非作物用水和灌溉工程在大多数情况下都具有多种功能。

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



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

中国汾河灌区灌溉水的利用
(百分比)



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

前进之路

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

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

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

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

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

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

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



第六章

植物保护

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

病虫害综合治理

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

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

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

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

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

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

促进节约与增长的办法

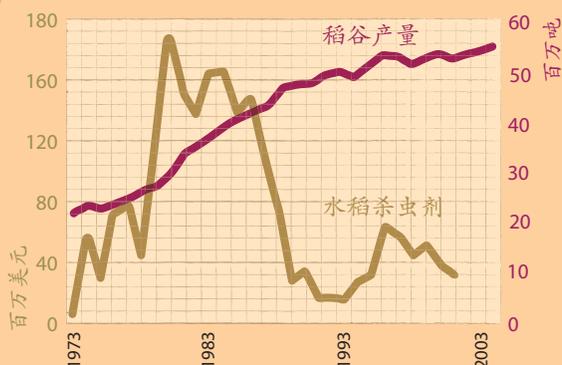
在各类种植系统中, 生态系统方法为许多大规模虫害治理战略的成功实施做出了贡献。例如:

减少水稻中杀虫剂的使用

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

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

印度尼西亚稻米产量和农药支出的变化情况



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

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

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

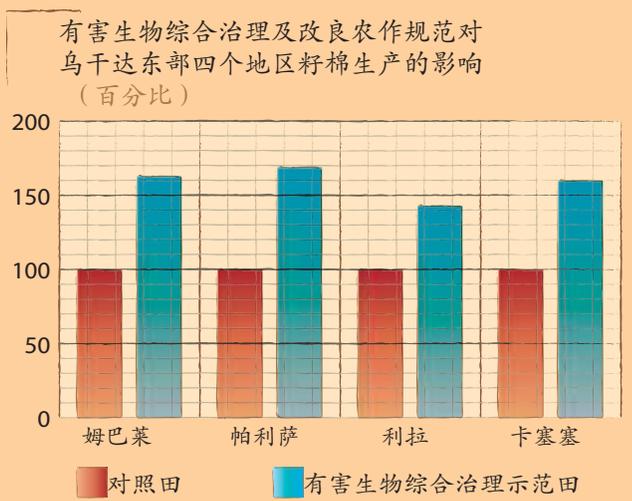
对木薯虫害的生物控制

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

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



木薯



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

棉花虫害的天敌

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



柑橘

对抗柑橘病的生态系统方法

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

西红柿病毒病的控制

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

上述范例表明了集约型生产系统中可采用各种手段来抑制或避免植物虫害的发生:

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



番茄

健康。农民需要调控植物害虫的对抗者, 以加强生物控制。

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

前进之路

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

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

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

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

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

对包括病虫害爆发在内紧急事件的不同认知

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

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

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

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

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



第七章

政策与制度

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

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

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

过去的经验, 未来的趋势

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

促进节约与增长的政策

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

投入与产出定价

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

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

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

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

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

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

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

种子部门的管理

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

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

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

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

环境服务补偿

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

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

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

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

农业投资

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

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

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

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

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

有效的促进制度

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

重要资源的获取

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

农业营销机构与价值链

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

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

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

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

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

前进之路

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

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

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

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

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

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