



一半是天使，一半是魔鬼

撰文 刘学英

在第一次“绿色革命”中，农作物增产的三大要素是高产品种、化肥农药和灌溉，即大面积推广矮秆高产品种，大量使用化肥、农药等化学产品以及合理灌溉，因此也被称为“肥水农业”。然而，这场曾经像天使一样拯救了无数生命的“绿色革命”，虽然对于解决粮食增产问题的贡献毋庸置疑，但是自20世纪90年代以来，其增产效应趋于暗淡，全球粮食产量增速呈明显下降趋势。而资源投入仍在持续增加，利用效率下降，对生态和资源环境的可持续发展造成的负面效

应日益突显，全世界农业逐渐陷入资源短缺、环境污染和生态平衡破坏等重重危机之中。

首先，早在19世纪40年代，有着“有机化学之父”“肥料工业之父”称号的德国化学家尤斯图斯·冯·李比希(Justus von Liebig)就发现了氮素对于植物生长的重要性，土壤中的氮素含量与植物的生长速度密切相关，他主张用化肥代替天然肥料来提高作物的收成。几乎与“绿色革命”同时期甚至更早，化肥开始在农业领域广泛使用，并成为促进农作物生长发育和

增产的重要基础物质，也是成就第一次“绿色革命”的三大要素之一，极大地保证了世界粮食安全。氮肥是生产量和使用量最大的化学肥料。据统计，全世界每年施用氮肥超过1.2亿吨，约占肥料年施用总量的60%，是大多数非豆类作物种植中主要的生产投入。有人曾预测，如果没有氮肥的大量生产和使用，就生产不出那么多粮食，那么目前全世界的人口可能会减半。

现在，几乎所有的水稻、小麦高产品种都携带“绿色革命”基因。但是，这些农作物品种对于土壤中氮营养的敏感性比较弱，不能像传统作物品种一样吸收氮素，氮肥的利用效率低。这样，产量对于氮肥投入的依赖性更大了，为了追求产量，不得不持续施用过量的氮肥。其后果，一方面，由于化肥生产的成本高，且大多依赖化石燃料，持续增加的氮肥投入不仅增加了种植成本，而且造成了巨大的能源消耗。据估计，在过去的40年间，全球每公顷土地的氮肥消耗量增加了6倍。仅2015年，全世界农民就使用了总量大约1.04亿吨的富氮肥料，而生产一吨用于合成氮肥的氨需要消耗2800公斤煤、1600度电。另一方面，由于农作物的氮肥利用效率低，土壤中的氮肥只有约40%能被植物吸收和利用，而很大一部分氮肥或从土壤中流失而进入江河湖海，或渗入地下造成地下水污染，或经过反硝化作用被排入大气。在农业中因氮素流失而造成的氮污染已超过工业和生活污染的总和，导致了土地板结、土壤酸化、水体富营养化和温室效应等一系列生态环境问题，严重地威胁着人类健康和农业的可持续发展。我国是在20世纪70年代末80年代初才开始引入化肥的，虽然晚用了十年，但是我们却消耗了全球32%~35%的化肥。普通农民平均每公顷土地施用化肥超过600公斤，平均化肥施用量是巴西的3倍多，是美国的5倍，平均化肥利用效率仅有35%左右，远远低于发达国家的化肥利用效率。我国的氮肥生产每年约耗费一亿吨标准煤，并以每年1000万吨的速度在增长。

其次，随着“绿色革命”农作物品种遗传改良的巨大成功和单一高产品种的大面积集约化

生产，很多国家驯化并保留了成百上千年的、多种多样的原有传统品种逐渐被这些高产品种所取代而逐渐减少甚至消失，极大地降低了农作物的遗传多样性。据联合国粮食及农业组织估计，20世纪以来，全球3/4的农作物遗传性已经丧失。而我国的农作物品种的数量正以每年15%的速度递减，有相当数量的农作物种质资源如野生种、半野生种、地方品种或传统农家品种等都被长久地封存在实验室或种子库里。加之化肥、农药、除草剂等化学产品的大量使用，全球农作物种质资源多样性、遗传多样性和基因多样性正面临着前所未有的危机。

再次，自第一次“绿色革命”以来，农业灌溉用水激增，尤其在降水较少的广大干旱和半干旱地区则更加过度依赖灌溉水，由此导致了地下水的过度开采和枯竭以及耕地盐碱化程度日趋严重等。据估计，农业消耗了地球淡水抽取量的约70%。另外，工业和农业对水体的污染也日趋严重，一些地方的污染程度甚至到了令人触目惊心的地步。水资源短缺已成为无法回避的世纪挑战。我国的人均水资源本来短缺，人均水资源占有量不足世界平均水平的三分之一，而农业用水几乎占了全部用水的65%。大量的灌溉用水已造成很多地区地下水过度开采，水位下降数十米甚至上百米；而我国工农业对水体污染的严重程度更是超乎想象；加之，水土流失严重、水的利用率低和浪费严重等情况，我国正在承受着日益加剧的水危机的威胁。

改革开放以来，中国人民用不到全球10%的耕地、6%的淡水资源生产的粮食，养活了世界近20%的人口，这绝对是令中华儿女引以为豪的事情，也是让世界叹服的创举。但为此，我们也付出了很高的资源和生态环境的代价，人口、资源、环境的矛盾日益尖锐。未来该怎么做，还需要科研人员和全社会的共同努力。

(责编 桑新华)