

新的绿色革命与环境质量安全

Second Green Revolution and Environment Security

赵建军/ZHAO Kai-Jun

中国农业科学院作物科学研究所,国际水稻研究所中国办事处,北京 100081

Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences; IRRI -China Office, Beijing 100081, China

[摘要] 以推广作物矮化品种为核心的“第一次绿色革命”被称为高投入的石油农业,它在给人类带来巨大利益的同时,也伴随着一些负面效应。世界人口的进一步增加和耕地、水资源不断减少所导致的未来巨大的食物供需矛盾,正引发以基因工程为核心的“第二次绿色革命”。由于发展与生态环境恶化的矛盾,我国必须采取有效措施,以同时保证“粮食供给”和“农业环境”双安全。

[关键词] 绿色革命;食物安全;农业立体污染;环境质量安全

[中图分类号] S511

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)07-0014-03

Abstract: The breeding and broad cultivation of semi-dwarf crop varieties in the 1960s and 1970s dramatically increased the grain production in the world, particularly in Asian countries, which was popularly recognized as the "First Green Revolution". Many factors have shown that the first green revolution has brought some environmental problems as well. The contradiction between the continuous increase of world population and the rapid decrease of farming land and water resources is calling forth a new green revolution marked with modern genetic engineering technology. To guaranty both the food security and environmental safety, the actions that China should take during the second green revolution were discussed.

Key Words: green revolution; food security; agricultural tri-dimension pollution; environment security

CLC Number: S511

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)07-0014-03

1 第一次绿色革命

由于第二次世界大战对社会经济的破坏以及世界人口的迅速增长,印度、中国、巴基斯坦等亚洲国家在20世纪50年代出现大面积的粮食短缺,当时全球约10亿人口面临饥荒,成为国际社会关注的重大问题。在这种背景下,1960年在美国洛克菲勒基金会、福特基金会和菲律宾政府的支持下,国际水稻研究所(IRRI)于马尼拉成立,目的是致力于提高水稻产量,解决粮食问题。

1966年,疾风暴雨横扫亚洲,大片庄稼被毁,国际米价迅速攀升至10年新高,亚洲国家都在为吃饱肚子而挣扎。印度进口了美国1/4的小麦,中国开始“文化大革命”。这一年,亚洲最大的新闻是饥饿。为了让人们铭记稻米供应的重要性,联合国粮农组织(FAO)特将1966年定为“国际水稻年(International Rice Year)”,这在人类历史上,是第一次用单个作物的名字来命名一个国际年。在这一年,亚洲也发生了一件大事,那就是IRRI推出了IR8-288-3水稻材料,这就是后来享誉全球的IR8水稻品种^[1]。

IR8是IRRI成立6年后推出的第一个水稻品种,它不仅比当时所有的热带水稻品种都高产,而且其适应范围是如此之广,以至于被誉为“世界稻(Cosmopolitan rice)”。为此,有作家写到:“强健的IR8就像福特T型汽车,几乎可以去任何地方”。不仅如此,IR8从种到收只需120 d,在许多地区可以每年收获3季,所以当时又被誉为“神稻(Miracle rice)”。

1966年是一个特别的年份,正是在这一年,IRRI的姊妹研究所——国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)在美国洛克菲勒基金会

和墨西哥政府支持下成立。由于洛克菲勒基金会在此前多年就资助诺曼·博洛格博士等在墨西哥开展小麦育种,到20世纪60年代中叶,博洛格等培育出了半矮秆小麦品种。IRRI半矮秆水稻品种IR8和CIMMYT的半矮秆小麦品种的产量潜力可达传统品种的2~3倍,所以自20世纪60年代后期,IR8等水稻品种和半矮秆小麦品种在印度、巴基斯坦等亚洲国家大面积推广,使水稻、小麦的产量大幅度提高。1968年3月,美国国际开发署(USAID)署长William Gaud在撰写年度报告时,用“看上去就像一场绿色革命”的语句来描述发生在巴基斯坦和印度的重大进步。这就是“绿色革命”一词的起因^[2]。

实际上,自从有了农业,人类就一直在改良作物种子以提高产量。但是到20世纪60-70年代,水稻、小麦、玉米等矮化品种的育成和大面积推广,使亚洲和拉丁美洲国家的粮食产量成倍增加,为了强调这种奇迹般的突破,人们将其称之为第一次绿色革命。

2 第一次绿色革命负效应^[3]

第一次绿色革命的核心是作物矮化品种的使用。作物矮化品种大幅度增产的原因,是它们对人工灌溉和化学肥料投入的良好反应,即它们比传统品种更高效地将工业投入转化成粮食。因此,随着第一次绿色革命的推进和发展,石油(能源)及其化学品(化肥和农药)等工业成分,越来越成为农业的重要组成部分,因此也被称为高投入的石油农业。事物总是一分为二的,石油农业在为

收稿日期:2006-03-17

作者简介:赵建军,北京市海淀区中关村南大街12号中国农业科学院作物研究所,研究员,主要研究方向为作物遗传育种与生物技术;
E-mail: zhaokj@mail.caas.net.cn

人类带来众多利益的同时,随之而来的负面效应也逐渐显露出来,主要表现在以下几个方面。

2.1 土壤退化

由于矮化品种对化肥投入具有良好的增产反应,逐渐形成农耕过分依赖化肥的模式,导致土壤的结构和自然肥力遭到破坏。为了获得同样的产量,农民需要施用越来越多的化肥。例如,亚洲近20年稻田施用化肥的增长速度是水稻产量增长速度的3~4倍。我国目前稻田平均施氮量达180 kg/hm²纯氮,比世界平均水平高出75%,氮肥的当季利用率不到50%。长期盲目滥用化肥,破坏了土壤结构,使我国耕地有机质含量已降到1.5%,明显低于欧美国家耕地有机质含量2.5%~4.5%的水平。

2.2 病虫害猖獗

矮化品种密植以及品种单一化大面积种植,利于病虫害发生。在病虫害防治中大量使用有机合成农药,一方面由于土壤有机质减少,缺少拮抗微生物或竞争生物,使得土传病害微生物不断积累;另一方面由于农药大量杀死天敌,破坏生物间食物链,以及病虫产生耐药性等原因,导致病虫害的再猖獗或次要病虫害的大量发生。据统计,世界农药销售额从1960年的8.5亿美元上升到1994年的278.3亿美元,年均递增10.8%。全球年均使用农药230多万t(有效成分),我国年均使用农药达20多万t(有效成分)。但是作物病虫害却此起彼伏,例如我国20世纪90年代以来农作物病虫害发生频率明显上升,年均发生面积比80年代增加1/4以上,损失明显加重^[4]。

2.3 环境污染

由于长期、过量施用化肥、农药,对农业生态系统、环境带来严重的负效应,对土壤、大气、水、农产品的污染,直接或间接地影响到人畜安全。近年来,我国学者提出了“农业立体污染”新概念^[5],指出土壤中过量施用的氮肥大量流失,会污染地下水,使湖泊、河流和浅海水域生态系统富营养化,导致水藻生长过盛、水体缺氧、水生生物死亡;同时,氮肥还以挥发气体形式逸失到空气里,从而形成“从地下到空中”的立体污染。在农药污染方面,据农业部对6个省29个基地县的调查,粮食农药检出率为60.1%,一些大城市郊区蔬菜农药检出率超过50%。农药污染直接危害人民健康,同时也严重影响了有益生物的生存,破坏生态平衡^[6]。

3 第二次绿色革命^[7,8]

目前世界人口60多亿,粮食总产19亿~20亿t,约有8亿人处于半饥饿状态,而世界人口还在不断增长,预计到2025年将突破85亿,对粮食需求达28亿t。世界上多家国际农业研究机构近年对21世纪全球农业发展和食物供求趋势作了预测,几乎各种预测方案都认为,至少在2025年以前,食物将是求大于供。例如,国际农业政策研究所(IFPRI)的研究指出,2020年全球对谷物、肉类的需求量将比现今增加41%和63%;发展中国家这两类食物的供求缺口将扩大1倍多。而另一方面,全球的耕地在不断减少,水资源越来越匮乏,据联合国预测,到2025年世界将有28亿人面临缺水问题。我国目前建设用地每年仍以26.67万hm²的速度占用耕地。现实情况表明,在未来20年中,作物单产必须比目前单产提高40%以上才能满足社会发展的需要。许多政治家和科学家都看到,人类社会在客观上需要另一场“绿色革命”,以解决未来巨大的食物供需矛盾和生态环境可持续发展问题。

由于传统育种技术的增产潜力已接近极限,所以国内外都寄希望于以基因工程为核心的现代生物技术,以实现农作物品种在产量和品质上的大幅度提升。业内专家预计,农作物基因改良技术在21世纪将逐步成熟,将对农业、食物生产环节产生重大影响,人类生活很可能因基因改良食品而发生重大变革,国际媒体将这种变革称为“第二次绿色革命(Second Green Revolution)”。

综观当前科技发展趋势,“第二次绿色革命”将以基因工程技术为核心、兼顾生态环境保护的资源节约型综合技术的利用,其效果是在大幅度提高农作物生产能力的同时不致破坏生态环境。

4 绿色革命绿色化

早在1997年,Gordon Conway基于第一次绿色革命带来的负面效应,就提出了“再次绿色革命(Doubly Green Revolution)”的概念,他强调在增加作物生产水平的同时,必须兼顾生态环境的保护,使“绿色革命”绿色化(Turning the “Green revolution” green)^[9]。

第一次绿色革命是先有事实发生,再从实践中总结概念,其伴随的生态环境问题也是在实践中逐步显露出来。“第二次绿色革命”正在酝酿和形成中,对其可能伴随的问题,我们应争取做到事先防备。在“第二次绿色革命”大潮中,我国为了同时保证国家“粮食供给”和“农业环境”两个安全,可以采取的战略措施如下。

4.1 大力推进转基因作物产业化

世界上第一例转基因植物于1983年诞生。转基因作物品种1994年被首次批准用于商业化生产。1996年以来,转基因作物种植面积每年以两位数字的速度增长。到2005年,已有21个国家种植转基因作物,面积达1亿hm²,占全球总种植面积的10%。值得注意的是,印度2005年的转基因棉花面积比2004年增加2.6倍,达到133.3万hm²;巴西2005年的转基因大豆面积比2004年增加88%,达到933.3万hm²。根据农业生物技术应用国际组织(ISAAA)的研究,转基因作物商业化在第一个10年里(1996~2005)的强劲增长势头将在第二个10年间(2006~2015)继续保持,甚至可能会进一步提高^[10]。

我国目前每年投入10亿元研究植物生物技术,转基因作物研究取得辉煌的成绩。其中转基因抗虫棉花、抗病虫水稻的研究处于世界领先水平。例如,我国转基因棉花的种植面积已占棉花种植总面积的66%。根据中国科学院黄季琨等在湖北的研究,农民种植我国开发的抗虫转基因水稻,每hm²可减少农药施用17kg,即节省270元;增产6%,即增收406元;减少用工8.4d,即节省168元。除去种子成本增加费用,种植1hm²转基因水稻可增加净收入844元;同时减少了农药对环境的污染,减少了农民因施用农药而引起中毒的事件和相应的损失^[11]。

早在2003年,国外许多专家根据我国的转基因研究进展就预测:中国可能成为全世界第一个商业化种植转基因水稻的国家。但是由于政策的限制,我国至今尚未实现转基因粮食作物的商业化生产;而伊朗于2005年在全球首先将转基因水稻进行商业化生产。因此,我国的转基因粮食作物产业化亟待加强^[12]。

4.2 种植基因多样性

据1977年FAO统计,人类赖以生存的植物主要剩下稻、麦、玉米、高粱、大麦、马铃薯、甘薯、木薯、菜豆、大豆、花生、甘蔗、香蕉和椰子等20余种,它们的种植面积占作物总面积的80%以上,而3000年前作物农产品涉及的作物达150种以上。这是作物种类多样性的减少。

据1996年国际农业植物遗传资源会议报告,在刚刚过去的20世纪,人类赖以生存的作物品种丧失了75%~90%,这是作物品种多样性的减弱。

第二次绿色革命的核心技术是基因工程,这就预示着单个作物基因工程品种可能具有某个特别突出的高产、优质、抗性或其他基因,而这个品种又被某个大公司拥有。在品种拥有者和种植者的利益驱动下,加上大公司的商业运作,作物单个基因型可能被大面积单一化种植,这就蕴藏着病虫害大爆发的危机。因此,在未来的农业生产中,要特别重视解决转基因作物的基因型单一化问题。

通过改良栽培模式,可以达到种植基因多样性的目的。例如,

赵建军：新的绿色革命与环境质量安全

IRRI 从 1997 年开始与我国云南农业大学合作,开展糯稻与杂交稻间作(inter-planting)防治稻瘟病的研究,取得显著的效果。发病程度从过去的 55%降到 5%,减少甚至免除杀菌剂施用,有效地保护了传统糯稻品种的多样性,与单种杂交稻相比,农民每 hm²增收 2 300 元左右。1997 年试验 12 hm²,1998 年推广到 812 hm²,1999 年推广到 3 000 hm²,2000 年推广到 43 000 hm²。目前,这项技术已推广到我国 10 个省份及一些东南亚国家,面积达 100 万 hm²。

4.3 改进作物种植业经营方式,提高农业整体效益

目前,许多单项农业技术本身已经成熟,但是难以在我国生产实际中合理使用并充分发挥作用,其中一个主要原因是一家一户小规模各自为政的经营方式。一个典型例子是农药的施用,连片农田涉及千家万户,由于各家施用农药时间不一致,往往头天施药,第二天病虫又来,结果导致农药施用过量,既增加成本,又污染环境,还引起病虫产生耐药性。

另外,由于我国人多地少,一家一户小规模种植作物缺乏规模效益,农户种植粮食作物的收入占其总收入的比例越来越小,许多节本增效的农业新技术往往难以被农民采用。所以,从长远看,我国政府有必要制定一些引导性政策,适当扩大作物种植业经营规模,这是我国农业提高效益的发展方向。目前宽松的城乡人口流动政策和新农村建设运动,必将促进我国种植业经营规模的扩大,加快农业整体效益的发展进程。

4.4 治理农业污染,保证粮食供给和生态环境双安全

农业污染已造成严重的经济损失。据估算,我国每年因不合理施肥造成超过 1 000 多万 t 的氮流失,直接经济损失约 300 亿元;农药浪费造成的损失为 150 多亿元;而污染对人民身体健康和农产品质量造成的间接损失无法估量。农业的污染还降低了农产品质量,从而削弱农产品的国际竞争力。在当今世界严格限制农产品有害成分的技术性贸易壁垒面前,我国的农产品常常因为不符合国际贸易标准而损失惨重^[6]。

因此,在依靠科技不断提高我国农业生产能力的同时,必须解决农业污染问题,才能保证我国农业的可持续发展。解决农业污染必须采取综合的防控措施。

4.4.1 农民参与式试验,减少化学农药施用量

过去在很多情况下,农民过度估计病虫的危害程度,过度相信施用化学农药的增产效果,从而过量施用农药,既增加成本,又对环境和人畜安全带来危害。为了改变这种状况,IRRI 从 1994 年开始与越南合作,开展减少稻田杀虫剂施用量的 IPM 项目,通过农民参与式田间试验,摸索出一套有效的方法,在不影响产量的前提下,使杀虫剂施用量减少 70%。其中一个技术环节是,在当地生态条件下,水稻播种后 40 d 内没有必要施用杀虫剂,即使有一定程度的虫害发生也是如此。结合广播、科普资料散发等宣传途径,到 1999 年已使 200 多万农民受益,相信多施农药多打粮的农民比例由原来的 83%下降到 13%;意识到农药可以杀死天敌的农民比例由原来的 29%上升到 79%。这套技术也在孟加拉获得成功,目前正在老挝和泰国推广^[13]。

4.4.2 优化养分管理,减少化学肥料施用量

与过量施用化学农药类似,农民往往过度相信施用化学肥料的增产效果,结果导致过量施用化肥,既增加成本,又对环境造成污染。IRRI 从 1997 年开始,在包括中国在内的 6 个亚洲国家组织实施“优化养分管理提高稻田生产力”的国际合作项目,摸索出一套实地养分管理技术(site-specific nutrient management-SSNM),取得了显著效果。例如,在我国浙江多年的试验表明,SSNM 技术的氮肥利用率比农民习惯施氮法提高 78%,将农民习惯施氮量减少 40%~50%,并不影响产量,往往还有一定的增产效果。目前,这个项目已扩展到孟加拉、中国、印度、印度尼西亚、缅甸、泰

国、菲律宾和越南等 8 个国家的 20 多个示范点。并且除了优化氮肥的管理,已开始研究磷、钾肥的优化管理。我国近两年推广的测土配方施肥技术,也有异曲同工之效。

4.4.3 建立和完善“农业立体污染”防控的法规体系

应在大量的科学研究基础上,制定出科学的农药、化肥施用规则(标准),从法律制度上减少化学农药、化肥施用量,使“农业立体污染”防治工作有法可依,落到实处。在这方面,发达国家的做法值得借鉴,例如,美国 1972 年通过了《联邦水污染控制法》和《联邦杀虫剂控制法》等,其中列出了禁止使用、暂停使用和限制使用的农药清单。1976 年美国国会通过了《有毒物质控制法》,进一步加强了对有毒物质的控制^[6]。

5 结论

“第一次绿色革命”在给人类带来巨大利益的同时,也产生了严重负面效应。世界人口的进一步增加和耕地、水资源的不断减少所导致的巨大的食物供需矛盾,正引发以基因工程为核心的“第二次绿色革命”。在积极迎接新的绿色革命浪潮中,我国必须采取有效措施,以同时保证“粮食供给”和“农业环境”双安全。

参考文献(References)

- [1] MACINTOSH D. Proud to lead the way[J]. Rice Today, 2005,4(1): 1.
- [2] NORMAN BORLAUG. Biotechnology and the Green Revolution [EB/OL]. 2002. <http://www.actionbioscience.org/biotech/borlaug.html>.
- [3] ROSSET P, COLLINS J, FRANCIS M. Lappé, 2000. Lessons from the green revolution: do we need new technology to end hunger? [J/OL], TIKKUN MAGAZINE 2000 [2000-10-26]. <http://www.tikkun.org/0003/0003toc.html>.
- [4] 曾士迈.关于持续植保和植保系统工程[M]//朴永范主编.农作物有害生物可持续治理研究进展.北京:中国农业出版社,1999:3-9.
- [5] 章力建,蔡典雄,王小彬,等.农业立体污染及其防治研究的探讨[J].中国农业科学,2005,38(2):350-357.
- [6] 章力建,朱立志.我国“农业立体污染”防治对策研究[J].农业经济问题,2005(2):4-7.
- [7] HINRICHSSEN D. Winning the Food Race [R]. Population Reports, Series M,Baltimore: Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program, 1997.
- [8] CANTRELL R P, GENE P HETTEL. 2004, The Doubly Green Revolution in Rice, Presentation at the World Food Prize Symposium: Rice, Biofortification, and Enhanced Nutrition [R/OL]. 2004. <http://www.worldfoodprize.org/Symposium/04presentations/cantrell.pdf>.
- [9] CONWAY G. The doubly green revolution: food for all in the 21st century[M]. London: Penguin Books, 1997.
- [10] ISAAA, Global Biotech Crop Area Continues to Soar in 2005 After Decade of Commercialization[EB/OL]. 2005<http://www.isaaa.org>.
- [11] HUANG J, HU R, ROZELLE S, PRAY C. Insect-resistant GM rice in farmers' fields: assessing productivity and health effects in China[J]. Science, 2005,308(5722): 688-690.
- [12] 温民能.中国转基因水稻急待商业化[J].生物技术世界,2006(2): 79-80.
- [13] ESCALADA M M, AMD HEONG K L. The case of using mass media: Communication and behavior change in resource management[C/OL]//New Directions for a Diverse Planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep-1 Oct 2004, Brisbane, Australia; Published on CDROM. <http://www.cropscience.org.au>.

(责任编辑 胡春华)