

全球作物集约化减少了温室气体排放

Cliff Snyder, Tom Bruulsema, Valter Casarin, 陈防, Raúl Jaramillo, Tom Jensen, Robert Mikkelsen, Rob Norton, T. Satyanarayana, 涂仕华 著

加拿大国际植物营养研究所成都代表处 谢玲译 涂仕华校
(原文出自 BETTER CROPS, 2010, No. 4 P16-17, www.ipni.net)

全球人口从1961年的30.8亿增加到2005年的65.1亿(增长率为111%), 预计2050年将达到近90亿。人口增长将导致食物需求增加70%。我们能否保证人口快速增长对食物的需求? 如果能, 这将对温室气体(GHG)排放和气候变化产生何种影响呢? 近期发表的一篇科技文章(Burney et al., 2010)对这些问题提供了一些答案。

从1961年至2005年, 全球作物生产的增加是通过扩大耕地面积(粗放农业)以及通过集约化生产增加现有耕地上的作物单产来实现的。在此期间, 作物种植面积从9.6亿公顷上升至12.08亿公顷, 增长27%。同时, 作物产量(即各类作物产品的总量), 从1.84 t/ha增长至3.96 t/ha (135%)。这些作物产量的提高是通过农民采用作物高产品种和杂交品种, 增加肥料用量, 加强病虫害防治, 改善灌溉条件, 采用水土保持技术以及提高农业机械化水平来实现的。

据估计, 2005年由农业生产排放的温室气体占全球总排放量的10-12%。这些排放的气体主要是笑气(N_2O)和甲烷(CH_4), 其总量相当于50-60亿吨(GT)的二氧化碳当量(CO_{2e})。全球大约有60%的笑气和50%的甲烷排放源自农业生产(Flynn and Smith, 2010)。因森林砍伐和农业垦荒改变土地利用方式所产生的温室气体占全球总排放量的6-17%。

2005年, 大气中的 N_2O 浓度已由工业革命前的 $270 \mu\text{I/L}$ 上升至 $319 \mu\text{I/L}$, 每年递增0.26% (Davidson, 2009); CO_2 浓度从1961年的 318 ml/L 上升至2005年的 380 ml/L (ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_mlo.txt), 每年递增0.44%。这些温室气体浓度的增加被普遍认为是加剧全球变暖和导致气候变化的元凶。

2005年全球N肥使用量大约为9300万吨。政府间气候变化专门委员会的数据表明, 按1%的 N_2O 排放为1个 N_2O 排放系数(即每施用100 kg N排放出1 kg N_2O-N), 估计这一用氮量会排放146万吨的 N_2O 或433吨的 CO_{2e} 。照此计算, 2005年全球氮肥消费所产生的温室气体占全球总排放量的7.0-8.6%(Flynn and Smith, 2010)。

现代农业生产很大程度上依赖于化肥使用。为了帮助回答有关温室气体排放净影响的问题, 美国斯坦福大学的科学家(Burney et al., 2010)把1961-2005年的温室气体排放情况按两个可选的虚拟情景与真实情况相比较。在虚拟世界1中, 耕地面积不断扩大, 但作物产量却保持在1961年的水平;



农业研究的投入有助于避免温室气体排放

而真实世界中人们的生活水平却在不断提高。在虚拟世界2中，耕地面积也是不断扩大，但人们的生活仍然维持在1961年的水平。表1说明的是这些假定和全球温室气体排放估量。

表1 1961-2005年满足全球食物需求条件下真实和虚拟世界情景中温室气体排放量
(prepared from data in Burney et al., 2010).

	真实世界		虚拟世界1	虚拟世界2
	集约型作物生产		粗放型作物生产	
	1961	2005	2005	2005
生活水平		提高	与真实世界相同	与1961年相同
作物产量, 吨/公顷	1.84	3.96	1.84	1.84
作物生产, 百万吨	1776	4784	4784	3811
农业拖拉机, 百万台	11.3	28.5	28.5 ¹	23.7
灌溉面积, 百万公顷	139	284	284	298
肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) 施用量, 公斤/公顷	32	136	32	32
全球化肥使用量, 百万吨	31	165	88	67
自1961年作物耕地增加面积, 百万公顷	-	248	1761	1111
与真实世界相比温室气体排放量的净增长, 十亿吨 CO _{2e}	-	-	590	317

¹虚拟世界1保守假定机械化利用和灌溉面积与真实世界相同

在虚拟世界1中，假定施肥量和作物产量都始终保持在1961年的水平，为了满足全球食物需求，就需要比真实世界扩大更多的耕地(≥7倍)和侵占更多天然非农用土地。假定虚拟世界2的肥料消费与虚拟世界1相同，但人均粮食生产(生活水平)不变。即使如此，虚拟世界2仍需要更多的耕地面积(4.5倍以上)来满足全球对食物的需求。在虚拟世界1和虚拟世界2中，全球CO_{2e}排放比真实世界明显地增加。

尽管单位耕地面积的温室气体排放量已经增加，但集约化农业在很大程度上遏制了排放(表1)。同时，不断增加的化肥生产和使用对全球作物和食物生产的贡献达40%-60% (Stewart et al., 2005; Erisman et al., 2008)。用另一种方式来表达集约化作物生产，即每年减少了131亿吨的CO_{2e}排放，每投入一美元用于农作物生产可减少249 kg CO_{2e}排放。这些数字是与1961年所用技术相比的结果(Burney et al., 2010)。

重要意义

这项研究可得出两个重要结论。首先，提高作物生产力的投资是一项防止温室气体排放的划算途径。其次，减缓措施必须保证所采用的温室气体减排策略要考虑对整个系统的影响。增加作物生产投入效率是一项切实可行的战略，但通过减少投入而限制产量的增加则不可行。

对人类来说，为90亿人类提供食物需求的同时又要保护地球和耕地的持续生产力，是一项从未面临过的巨大挑战(Foley et al., 2005)。为了满足我们对食物生产的需求，同时维护地球的繁荣和保护其重要天然生态区域，发展生态集约生产系统(Cassman, 1999)，通过最佳管理措施(BMPs)提高养分利用率(Dobermann, 2007)以及改善养分管理，实现肥料工业和农业委员会的成员们一直倡导和致力推动的经济、环境和社会目标(Bruulsema et al., 2008; IFA, 2009; Snyder et al., 2009)。

作为一个全球化的社会，我们是否已经准备好了如何去迎接这些挑战呢？



增加投入的有效利用是一项切实可行的战略。

作者系国际植物营养研究所 (IPNI) 养分和环境工作组的成员, 均为 IPNI 职员, 遍及全球不同地区。Snyder 博士是工作组组长。(e-mail: csnyder@ipni.net)。

鸣谢

作者感谢 IPNI 的资深副总裁、科研主管 Paul Fixen 博士在这篇文章写作中所做的贡献。

Abbreviations and notes: N = nitrogen.

1 gigaton (Gt) = 10^9 tonnes = 10^{12} kg = 1,000 Tg

CO_{2e} = carbon dioxide equivalent in radiative forcing or global warming potential

CO_{2e} is 296 for N₂O and 23 for CH₄ (IPCC, 2006)

简写及注释:

N = 氮 1

1 gigaton (Gt) = 109 吨 = 10^{12} 公斤 = 1,000 兆克

参考资料:

Bruulsema, T.W., C. Witt, F. García, S. Li, T.N. Rao, F. Chen, and S. Ivanova.

2008. Better Crops 92(2): 13-15.

Burney, J.A., S.J. Davis, and D.B. Lobell. 2010. Proc. Natl. Acad. Sci.

107(26):12052-12057.

Cassman, K.G. 1999. Proc. Natl. Acad. Sci. 96: 5952-5959.

Davidson, E.A. 2009. Nature Geoscience 2: 659-662.

Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency – measurement and management.

pp. 1-28. In Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for their Adoption and Voluntary Initiatives vs Regulations. 259

pp. Proc. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices. 7-9 March 2007, Brussels, Belgium. International Fertilizer

Industry Association, Paris, France.

Erisman, J.W., M.A. Sutton, J. Galloway, Z. Klimont, and W. Winiwarer. 2008.

Nature Geoscience 1: 636-639.

Flynn, H.C. and P. Smith. 2010. Greenhouse gas budgets of crop production – current and likely future trends. 67 pp. International Fertilizer Industry

Association. Paris, France.

Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter, F. S. Chapin, M.T. Coe, G.C. Daily, H.K. Gibbs, J.H. Helkowski, T. Holloway, E.A. Howard, C.J. Kucharik, C. Monfreda, J.A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, and P.K. Snyder. 2005. *Science* 309: 570-574.

IFA. 2009. The Global “4R” Nutrient Stewardship Framework. Developing Fertilizer Best Management Practices for Delivering Economic, Social and Environmental Benefits. 10 pp. International Fertilizer Industry Association. Paris, France.

IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf (verified 30 July 2010).

Snyder, C.S., T.W. Bruulsema, T.L. Jensen, and P.E. Fixen. 2009. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133: 247-266.

Stewart, W.M., D.W. Dobb, A.E. Johnston, and T.J. Smyth. 2005. *Agron. J.* 97:1-6.