

基于 CBEM 模型的 2010 年农田化肥需求预测

张卫峰¹, 马文奇², 王雁峰¹, 张福锁^{1*}

(1 中国农业大学资源与环境学院, 中化化肥农大研发中心, 北京 100094;

2 河北农业大学资源与环境学院, 河北保定 071001)

摘要: 本文探讨了如何构建中国作物体系—专家模型(简称 CBEM 模型)并预测了中国 2010 年农田化肥需求。结果表明,我国 12 种主要作物氮肥施用普遍度和强度都较高,而磷钾肥较低,尤其是钾肥的施肥普遍度和强度远远低于氮肥。有半数的农户很少在豆类、薯类、玉米上施用磷肥,超过半数的农户在玉米、豆类、油料、棉花、薯类和茶叶上很少施用钾肥。同时由于人口、经济、食物需求甚至生物能源的持续发展,农业发展会在未来几年保持旺盛。通过 CBEM 模型综合测算发现,2010 年我国农田化肥需求总量将达到 4900 万吨至 5361 万吨,与 2005 年相比,氮磷钾化肥需求将分别增长 3.6%~7.5%、2.4%~14.1%、6.5%~38.7%。5 年共增长 178 万吨至 638 万吨。增长量最大的是蔬菜、果树和玉米。

关键词: 化肥需求;2010 预测;CBEM 模型;中国

中图分类号:F201

文献标识码:A

文章编号:1008-505X(2008)03-0407-10

Forecasting fertilizer demand of China in 2010 using CBEM model

ZHANG Wei-feng¹, MA Wen-qi², WANG Yan-feng¹, ZHANG Fu-suo^{1*}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, China Agriculture University, Beijing 100094, China;

2 College of Resources and Environmental Sciences, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: The supply and demand of fertilizer in the world has fluctuated frequently in recent years, which requires more reliable forecast of fertilizer demand for market development. In collaboration with IFA, a new method of crop based-expert's model (CBEM) has been developed for China. Based on this model, the trend of fertilizer demand before 2010 was forecasted. The results showed that fertilizer demand of China would increase continuously in the next five years. Although most of the crops of China have been treated with chemical fertilizers at large scale and with great quantity, a lot of crops have great room to use more fertilizers. More than half of farmers rarely use phosphate fertilizer on maize, soybean and potato. Nearly 70% farmers rarely use potash fertilizer on maize, soybean, oilseeds, cotton, potato and tea. Compared with nitrogen and phosphate, the application rate of potash fertilizer was low in most crop systems of China. Meanwhile, the huge and growing population, more and more food demand especially animal food and the developing economy will strongly encourage the development of cash crops, such as vegetables and fruit trees, which require more fertilizers compared with other crops. The developing situation of food security and bio-fuel would require planting more maize, soybean and oilseeds, which would tighten the international supply of these products and then result in booming development of them in some countries, such as China. Integrated analysis of planting area, fertilized area and application rate of 12 cropping systems of China indicated that the total demand of fertilizer would reach 49.00 to 53.61 million tons in 2010. Compared with that in 2005, the fertilizer demand would increase by 1.78 million tons at least, and would increase by 6.38 million tons at maximum. The growth rate of N, P₂O₅ and K₂O would be 3.6%~7.5%, 2.4%~14.1% and 6.5%~38.7%, respectively, from 2005 to 2010. The main consumers of increased demand of fertilizer would be

收稿日期:2007-06-20

接受日期:2007-08-17

基金项目:农业部“948”项目“土壤养分资源综合管理技术引进与创新”(2006-G60)资助。

作者简介:张卫峰(1978—)男,甘肃省正宁县人,博士,研究方向为化肥养分资源管理战略。Tel:010-62733941, E-mail:wzhang78@sohu.com

* 通讯作者 Tel:010-62732499, E-mail:zhangfs@cau.edu.cn

vegetables, fruit trees, and maize. They shared 21%–29%, 17%–26% and 17%–21% of the total 1.78–6.38 million tons of increased demand from 2005 to 2010, respectively.

Key words: fertilizer demand; forecast; CBEM model; China

随着世界资源形势的不断变化,国内外化肥供需形势也出现了持续波动。国内化肥工业出现过热情况,导致资源供应趋紧,而产业经济长期处于过度竞争状态,粮食生产和农业发展的压力又不断提升,多重压力下的中国化肥产业和宏观调控体系处于转型的过渡期^[1]。为提高宏观调控效率,引导产业健康发展,科学合理预测化肥需求是基本前提。在供需形势持续波动的情况下,原有的一些预测方法在指导生产实际中均存在一些缺陷,例如常用的增长率法、趋势法、生产贸易模型仅适于发展平稳的市场体系,谷物系数法仅适合预测长期理论需求,无法反映市场、政策和技术的变化,而经济模型由于参数要求严格,所以很难用来预测影响因素众多的化肥需求^[2-3]。在此形势下,世界肥料工业协会(IFA)倡导建立新的预测方法体系,在与联合国粮农组织(FAO)、欧洲肥料工业协会(EFMA)、美国肥料工业协会(TFI)等机构的联合探讨下,提出建立更加深入、细致并且综合多种因素的作物体系—专家模型(Crop Based-Expert Model,简称CBEM)。本文主要报道构建中国的CBEM模型,并预测了2010年农田化肥需求。

1 材料与方法

1.1 CBEM模型简介

CBEM模型的核心思想是突破原有预测方法过于粗糙、难以反映市场细微变化的弊端,将化肥需求分解到每个作物体系,并且结合专家意见对一定时期的化肥需求进行预测。模型的基本表达,如式(1)所示。其中 $T(\text{fertilizer})$ 表示国家化肥需求总量, APR_{ni} 、 APR_{pi} 和 APR_{ki} 表示N、 P_2O_5 、 K_2O 在第*i*种施用化肥的作物上的单位面积施肥量(施肥强度), α_{ni} 、 β_{ni} 、 χ_{ni} 分别代表*i*种作物上N、 P_2O_5 、 K_2O 的施肥面积比例(施肥普遍度), A_i 代表这种作物的播种面积。

$$T(\text{fertilizer}) = \sum_{i=1}^n (APR_{ni} \times A_i \times \alpha_{ni}) + \sum_{i=1}^n (APR_{pi} \times A_i \times \beta_{ni}) + \sum_{i=1}^n (APR_{ki} \times A_i \times \chi_{ni}) \quad (1)$$

CBEM模型的建立包括以下步骤:1)基础数据的获取。需要根据本国实际情况选择能代表国内化肥需求的主要作物群体,收集这些作物的播种面积、

施肥面积比例及单位面积施肥量的历史数据。同时,为了预测以上3个因素的走势,需要确定主要作物的单产水平以及专家推荐施肥量。最后需要明确基础年度全国化肥消费总量;2)情景设置。在充分分析影响化肥需求因素的基础上,分析主要因素对化肥需求的影响程度,进而确定目标年度化肥需求的可能情景,对市场需求预测来说一般设置三个情景比较科学,即悲观情景(最低需求)、客观情景(中等需求)以及乐观情景(最高需求);3)定量化预测。在各种情景下,根据主要因素的发展趋势预测主要作物的播种面积、施肥面积比例及单位面积施肥量的变化,从而测算各种作物的化肥需求变化及全国化肥需求变化;4)预测结束后必须进行回顾检验,一般与其它研究机构的预测结果进行比较,以验证该模型预测结果的可信度。

1.2 CBEM模型的基础数据

本研究中应用的数据包含了1949年至2005年的主要作物播种面积、单产和全国化肥消费总量,这部分数据主要来源于中国统计资料^[4-6]。而各个作物的施肥面积比例和单位面积施肥量是以2005年为准,通过综合分析2001~2003年农业部农户调查数据和发改委《全国农产品成本收益资料—2006》^[7]所得。2001年和2003年农业部组织了两次全国化肥施用情况调研。2001年调研包括22个省,200个县,11000个农户;2003年调研包括17个省,219个县,14000个农户。两次调研涉及到了全国主要生产区域的主要作物类型。专家推荐施肥量主要来自于李家康等资料^[8]。“十一五”期间各种社会经济因素的走势来自于美国农业部2016农业发展前景^[9]和中国各行业“十一五”发展规划^[10-15]。

在以上数据基础上,形成了以2005年为基础的CBEM模型数据库。其中包括中国12种主要作物(表1),这12种作物的播种面积占全国总播种面积的92%。其余8%的作物合并到“其他”中作为一类处理。各种作物的单产根据国家统计局数据中播种面积和总产计算所得。施肥面积比例和农户实际单位面积施肥量根据农业部调查数据中有效数据的加权平均(权重系数为作物播种面积)。专家推荐施肥量主要是为了预测农户实际施肥水平的走势,如果农户施肥量要高于专家推荐量,则预测中应该降低施

肥量,如果农户施肥量低于专家推荐量,则认为应该在预测中提高施肥量。作物的单产水平是为了给预测提供基础,因为专家一般都在一定的目标产量下给出推荐施肥量,如果农户单产水平与目标产量相差不大则可以直接用推荐量做预测,如果相差较大,则只能在一定的趋势下向专家推荐量靠拢。

2005 年化肥总消费量选用了全国农田化肥消费量,全国农田化肥消费量计算方法是从表观消费量中扣除工业消费量、渔业、林业等领域的用量。

1.3 化肥需求情景分析

1.3.1 影响因素的筛选 中国化肥需求受到很多因素的影响,各项影响因素及相互关系见图 1。从化肥需求预测的角度来说,将上述因素可以归为两

个层面两大类,即刺激因素和制约因素,长期因素和短期因素。从长远来说,农户在某种作物上施用多少化肥这种习惯是不易改变的,因为这种习惯往往与地区资源条件(地力)和长年积累的经验有关,只有当产量水平、有机肥施用以及施肥技术改变的时候才会改变。从短期因素来说,作物播种面积、施肥面积比重往往会随着种植业比较效益和农户收入水平的改变而变化,但他们的变化又受其他间接因素的影响,例如农产品价格、国家食物供需平衡等因素。总体看来,长期因素和短期因素的变化都是国家人口、经济发展及相关政策影响的结果。这些因素中有机肥施用和技术水平是制约性因素,作物的经济效益和农户收入水平是刺激性因素。

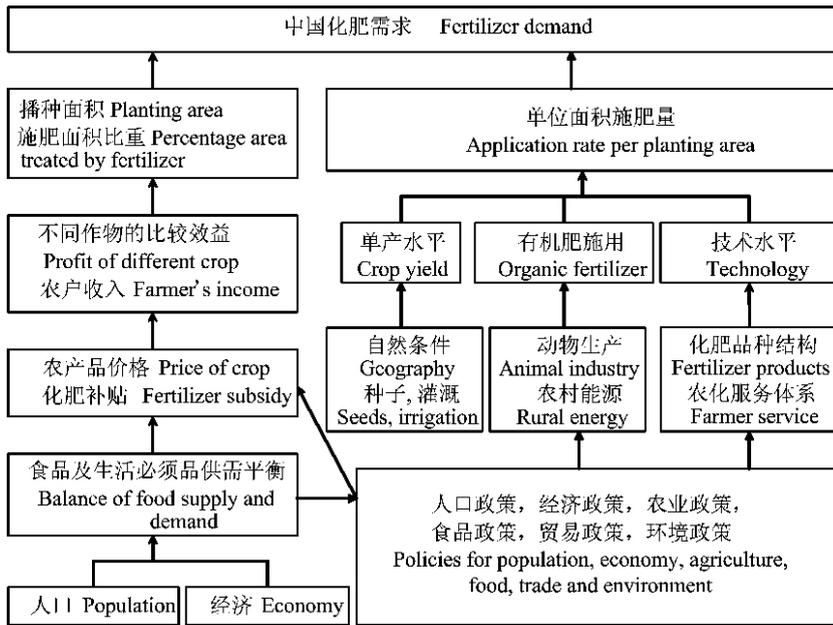


图 1 中国化肥需求主要影响因素关系图

Fig.1 The frame work of factors affecting fertilizer demand in China

1.3.2 主要因素的发展趋势 据美国农业部预测^[9]和中国各个部门的发展规划^[10-15],2010 年以前影响农业和化肥需求的主要刺激性因素将发生以下变化:1)人口 全球人口继续增长,增长速度会低于前些年,中国总人口将控制在 13.6 亿人,年均增长率为 5.8‰(“十五”期间年均增长率为 6.7‰),人口增长速度降低意味着食物需求增长速度降低,因此化肥需求增长速度也会降低(2000~2005 年化肥年均递增 6.7%,2006~2010 年应低于该水平);2)经济 全球 GDP 增长率预计将保持在 3.4%左右,而中国为 7.5%(十五期间年平均增长 9.5%),随着国民经济继续发展,农业及化肥工业仍会保持

增长势头;3)收入 全球人均收入会增长,中国农村居民人均纯收入年均增长 5%,2010 年达到 4150 元(2005 为 3255 元),农村居民可支配收入增加将会带动化肥消费水平提高,尤其是钾肥的消费;4)食品消费 随着人口数量和人均收入增长,全球粮食、肉、蛋、奶、水产品、水果、蔬菜需求都会增长。中国城镇化率将达到 47%(2005 为 43%),这意味着居民口粮消费将继续下降,而肉、蛋、奶、能量、蔬菜和水果的消费量仍将增长,尤其是奶类消费要大幅度增长,这可能会促使玉米和大豆的生产,进而刺激这两种作物的化肥投入;5)生物能源 到 2010 年世界主要国家都会大力发展生物能源,我国规划到 2010

表 1 中国 CBEM 模型基础数据(2005 年)
Table 1 The database of CBEM model in China in 2005

作物种类 Crops	播种面积 ¹⁾ Area ($\times 10^6 \text{ hm}^2$)	单产 ²⁾ Yield (kg/hm^2)	施肥面积比例 ³⁾ Percent fertilized area			推荐施肥量 ⁴⁾ Recommendation rate (kg/hm^2)			实际施肥量 Actual application rate (kg/hm^2)			总消费量 ⁵⁾ Total consumption ($\times 10^3 \text{ t}$)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			玉米 Maize	26.4	5287	0.97	0.43	0.17	108	68	0	188	62.7	25.2
水稻 Rice	28.8	6260	0.99	0.91	0.72	108	37	38	193	66.5	88	5503	1746	1828
小麦 Wheat	22.8	4275	0.99	0.79	0.39	105	66	0	190	106	27.9	4296	1902	248
豆类 Bean	12.9	1672	0.74	0.64	0.31	35	53	0	49.4	47.1	15.3	472	389	61
油料 Oil seeds	14.3	1913	0.93	0.82	0.28	150	59	96	118	65.5	33.8	1573	769	136
蔬菜 Vegetable	17.7	31466	0.98	0.79	0.75	300	180	180	290	150	94	5036	2100	1249
果树 Fruit	10.0	16064	0.95	0.91	0.88	225	100	260	448	176	226	4271	1607	1996
棉花 Cotton	5.1	1129	0.99	0.95	0.17	123	59	74	235	88	66	1178	423	57
薯类 Potato	9.5	3650	0.91	0.50	0.32	180	150	75	125	100	110	1081	475	335
茶叶 Tea	1.4	692	0.83	0.72	0.33	180	90	180	199	134	77	223	130	34
糖料 Sugar	1.6	60418	0.98	0.94	0.48	307	99	293	272	154	312	417	226	234
烟草 Tobacco	1.4	1956	0.98	0.88	0.90	180	90	180	94	144	155	126	173	190
其他 Others	13.7											658	177	290
合计 Sum	165.5											29640	10828	6770

1) 总播种面积为大田作物播种面积与果树种植面积之和 Total area was the sum of arable land and fruit trees.
 2) 作物单产等于作物总产除以作物播种面积; 油料单产为花生和油菜籽的加权平均; 糖料作物单产为甘蔗和甜菜的加权平均 The yields of some crops were calculated by their total production and their planting area; Oil comprises of peanut and oil seeds; Sugar comprises of sugarcane and sugar beet.
 3) 施肥面积比例及实际施肥量根据农户调查数据推算 Percent area treated by fertilizers and the real application rate were calculated by the farmer survey data.
 4) 推荐施肥量根据参考文献[8] Recommendation rate was cited from the reference of [8].
 5) 总消费量 = 播种面积 × 施肥面积比例 × 单位面积施肥量, “其他”作物化肥消费量 = 农田化肥消费量 - 总消费量 - 其他作物化肥消费量 Total consumption = area × percent area treated by fertilizers × application rate per planting area. Consumption of other crops = total consumption - consumption of known crops above.

年生物液体燃料达到 200 万吨,玉米需求约 570 万吨,占总产 4%,大豆需求约 368 万吨,占总产 17% (假设用玉米和大豆生产);6)农产品供需平衡 由于生物能源发展和动物养殖业的发展需要,玉米、大豆的国际贸易价格将上扬,2010 年以前全球小麦、玉米、大豆、棉花和水稻的库存将维持在低水平,中国各种农产品生产量与目标需求量仍有一定差距,按照“十一五”规划要大幅增产(表 2);7)种植结构 总体预测玉米、蔬菜和果树的面积会继续增长,而水稻、大豆、糖料、小麦以及其他杂粮的面积会下降或维持平衡。

未来对化肥需求具有制约因素的是农业技术水平提高和有机肥投入增加。全国测土配方施肥项目

已经在 1200 个县实施,覆盖了 1 亿农户和 4300 万公顷耕地,计划在“十一五”期末提高肥料利用率 5 个百分点,这可能会使化肥需求降低。能够促进有机肥投入的主要措施是农村沼气发展和新农村建设,据估计到 2010 年,全国农村户用沼气达到 4000 万户,适宜农户普及率达到 28.4%(截至 2005 年底,全国已经建成沼气 1800 万户,约占农户总数 25222.6 万户的 7%)。国家规划在 500 个县(场)建设 1 万个资源良性循环的生态新村,使农户清洁能源普及率达到 80% 以上,生活垃圾和生活污水处理利用率达到 80% 以上,动物粪便和农作物秸秆资源化利用率达到 80% 以上。据估计,建一个 8 立方米的户用沼气池,平均可解决一个 4 口之家 80% 的炊事用能,

表 2 中国农业生产形势及“十一五”发展目标

Table 2 The status and projection for agriculture in China

项目 Items	粮食总产 Total grain	小麦 Wheat	棉花 Cotton	油料 Oil	糖料 Sugar	肉 Meat	蛋 Egg	奶 Milk	水产 Aquatic
2005 (× 10 ⁶ t)	484.0	97.5	5.7	30.8	94.5	77.4	28.8	28.7	51.1
2006 (× 10 ⁶ t)	497.5	104.5	6.7	30.6	110.3	80.5	29.5	33.0	52.9
2010 预测 Projection (× 10 ⁶ t)	500.0	100.5	6.8	32.0	120.0	84.0	30.0	42.0	60.0
“十一五”递增 (%) Increased between 2005 to 2010	3.3	3.2	19.0	4.0	27.0	8.5	4.2	46.6	17.5

注:2005 数据来自于文献 [4];2006 数据来自于文献 [16];2010 数据来自于文献 [13]。

Note: The data of 2005 came from reference [4]; The data of 2006 came from reference [16]; The data of 2010 came from reference [13].

一个沼气池可满足 2 至 3 亩果园或农田有机肥需求,减少 20% 左右的化肥施用量。“十一五”期末力争实现化肥利用率提高 5~10 个百分点。

1.3.3 2010 年化肥需求情景假定 对于一些无法估量的因素需要做进一步假定。这里假定:1) 国际局势稳定,国家政策导向不发生变化(化肥以自给自足为目标,加强对农业的补贴);2) 气候不发生大的变化;3) 不发生大范围的动植物疾病;4) 全国耕地数量不发生大的变化,作物总播种面积稳中有升。在这 4 项假定条件下,将来化肥需求会有三种走势:悲观情景(化肥需求总量小幅增长,由于农户收入无法达到预定目标,作物施肥比面难以提高,循环经济技术水平提高导致单位面积化肥用量保持稳定。部分作物面积增长,部分作物面积下降);乐观情景(化肥需求总量大幅增长,各项刺激性因素均会按照国家规划实现,人口增长和收入提高导致化肥施用比面进一步提高,而技术没有大幅度提高,单位面积施肥量会进一步提高。主要作物播种面积都会增

加);客观情景(各项因素均不发生大的波动,保持平稳发展,部分作物面积增加,其余维持稳定)。

2 结果与分析

2.1 作物播种面积发展趋势预测

根据上述情景假定和历史变化趋势,未来我国农作物种植结构将有以下发展趋势(表 3):受饲料需求拉动,玉米播种面积估计会持续增长,2006~2010 年间将增长 9%,净增 267 万公顷;由于农业支持加大以及粮食安全问题,水稻面积会略有增长,但增幅很小,不会超过 1%;受国内外蔬菜需求增长的影响,蔬菜播种面积会增长 8%,净增 142 万公顷;受国内外水果需求增长的影响,果树面积会增长 11%,净增 110 万公顷;由于国际库存降低以及国内外需求加大,棉花面积会增长 5%,净增 27 万公顷;由于国际市场需求加大,茶叶面积会增长 19%,净增 25 万公顷;由于美国等国家烟草面积难以扩大,所以我国烟草面积会增长 2%,净增 2.4 万公顷。

表 3 2010 年中国作物播种面积预测 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)

Table 3 Forecasted planting area of China in 2010

作物 Crops	悲观情景 Pes case	客观情景 Med case	乐观情景 Opt case	作物 Crops	悲观情景 Pes case	客观情景 Med case	乐观情景 Opt case
玉米 Maize	28725	28725	28725	蔬菜 Vegetable	19145	19145	19145
水稻 Rice	28882	28882	28882	果树 Fruits	11136	11136	11136
小麦 Wheat	21813	23270	23270	棉花 Cotton	5327	5327	5327
大豆 Bean	8898	12901	12901	茶叶 Tea	1602	1602	1602
油料 Oil seeds	14011	14318	18808	糖料 Sugar	1479	1568	1791
薯类 Potato	8839	9503	9503	烟草 Tobacco	1387	1387	1387
其它 Others	13706	13706	13706	总计 Total	164951	171470	176183

以上作物受各种需求的拉动有着强劲的增长空间。而小麦由于成本增长大于效益增长,农户种植积极性下降,因此播种面积悲观估计会降低 4%,乐观估计会增长 2%。大豆情况比较复杂,我国动物生产饲料需求增长较快,但国内大豆竞争力较低,播种面积一直波动不定,近两年已经在较高水平稳定,由于近期国际大豆播种面积形势变化也不明朗,因此悲观估计国内大豆播种面积会下降,但也不排除在高位稳定几年的可能。油料作物播种面积经过连续增长于 2001 年达到顶峰后开始小幅下降,因此悲观估计 2006~2010 年会继续小幅下降 2%,但乐观估计随着食用油需求增加和生物柴油的发展,油料面积会继续增长,有可能增长 31%,客观估计也会稳定在 2005 年的水平。薯类作物播种面积自 2000 年以后持续走低,因此悲观估计未来几年仍会继续这一趋势,2010 年将比 2005 年下降 7%,净减少 66 万公顷,即使乐观估计,也不会超过 2005 年水平。糖料作物是另外一个难以估计的作物,播种面积于 1998 年达到顶峰以后,近些年一直在波动式下降,因此悲观估计 2010 年会比 2005 年降低 5%,但由于美国和墨西哥等国糖料种植可能会发生波动,国际糖料市场价格有可能发生变化,同时由于生物能源和饲料需求增长拉动,未来增长的可能性很大,因此乐观估计 2010 年中国糖料播种面积会有 14% 的增长空间。综上各个作物播种面积的估计,悲观估计未来由于城市化建设占用耕地,全国作物播种总面积会降低 57 万公顷;而在国家大力保护和支持下,客观估计播种面积仍会增长,增长空间为 3.6%,乐观估计未来 5 年随着新农村建设和土地整理工作的加大,以及农业轮作制度的进一步完善,全国作物播种面积会增加 6.4%,净增 1066 万公顷。

2.2 施肥面积比例的预测

根据情景分析可知,未来农产品需求趋紧,市场

价格可能上扬,化肥使用潜力较大,而且农户收入水平将不断提高,农户化肥购买能力会加强。同时随着测土配方施肥工作的加强,平衡施肥理念将逐渐深入人心,农户向各种作物上投入各种化肥的可能性加大。2005 年全国氮肥施用面积比例平均达到 87%(根据调查面积加权平均),磷肥为 66%,而钾肥为 43%,因此总体判断未来中国主要作物的磷、钾肥施用面积比例会增长,但不同作物增长空间不同。参照美国主要四种作物的变化情况^[17],玉米、大豆、小麦和棉花的施肥面积比例已经稳定,年度变化不超过 10 个百分点。中国这四种作物氮肥施用面积比例已经接近 100%,超过了美国水平,增长潜力有限。而玉米磷肥施用面积比例低于美国 38%,玉米和棉花的钾肥施用面积比例低于美国 48% 和 35%。理论上随着农户收入提高,磷钾肥的施用普遍度也会提高。但中国有近一半是夏玉米,且主要种植于北方地区,磷钾肥主要用于前季作物上,因此估计玉米磷肥比面最多年均递增 3 个百分点(在 2005 年的基础上递增,下同),钾肥施用比面年均递增 5 个百分点。估计中国棉花钾肥施用面积比例每年最多增长 5 个百分点。中国大豆施肥比面已超过美国,但大豆产量较低,钾肥施用面积比例低于氮肥和磷肥,受市场需求拉动,预计钾肥施用面积比例最多年均增长 2 个百分点(表 4)。

表 4 还表明,对于其他作物而言,氮肥施用面积比例均达到或者超过 90%,增长有限。磷肥和钾肥施用面积比例略低,有增长空间。其中水稻钾肥施用比面虽已达到 70% 以上,但由于水稻种植主要在南方缺钾区域,因此乐观估计未来每年钾肥施用比面会增长 1 个百分点。油料作物磷肥施用面积比例达到 60%,而钾肥比面不到 40%,鉴于我国油料作物主要是油菜和花生,且大多种植于南方如安徽、江苏、四川、湖北、江西、浙江等地,因此估计磷、钾肥施

用比面要增长。客观估计磷肥、钾肥施用比面年增 1 个百分点,乐观估计钾肥比面年增 2 个百分点。我国蔬菜各种化肥施用比面已经较高,但蔬菜磷钾需求比例是一致的,因此认为钾肥施用比面仍会增长,客观估计年均增长 1 个百分点,乐观估计年均增长 2 个百分点。果树氮、磷、钾施肥面积比例均已达到较高水平,预计不会再有变化。我国薯类作物磷

肥施用比面仅 50%,而钾肥施用比面更低,因此客观估计磷、钾肥比面年均增长 1 个百分点,乐观估计钾肥会增长 2 个百分点。我国茶叶和糖料作物主要种植于南方地区而且都是钾肥需求较高的作物,但我国这两种作物上钾肥施用比面较低,因此客观估计年均增长 2 个百分点,乐观估计年均增长 5 个百分点。我国烟草施肥比面已经较高,增长空间有限。

表 4 2010 年中国各种作物化肥施用比面预测(%)

Table 4 The forecast of percentage area treated with fertilizers in 2010

作物 Crops	悲观情景 Pessimistic case			客观情景 Medium case			乐观情景 Optimistic case		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
玉米 Maize	97	43	27	97	53	27	97	58	42
水稻 Rice	99	91	72	99	91	72	99	91	77
小麦 Wheat	99	79	44	99	79	44	99	79	44
大豆 Bean	74	65	32	74	65	36	74	65	41
油料 Oil seeds	93	63	28	93	68	33	93	68	38
蔬菜 Vegetable	98	79	75	98	79	80	98	79	85
水果 Fruits	95	91	88	95	91	88	95	91	88
棉花 Cotton	99	95	17	99	95	27	99	95	42
薯类 Potato	91	50	32	91	55	37	91	55	42
茶叶 Tea	83	72	38	83	72	43	83	72	58
糖料 Sugar	98	94	53	98	94	58	98	94	73
烟草 Tobacco	98	88	90	98	88	90	98	88	90

2.3 单位面积施肥量的预测

在 12 种主要作物中,大部分作物的氮、磷、钾化肥单位面积施用量已经超过专家推荐量,仅薯类、糖料和烟草的氮肥用量低于专家推荐量,蔬菜、薯类的磷肥用量低于推荐量,油料、蔬菜和茶叶的钾肥用量低于推荐量。单位面积施肥量的变化主要取决于作物单产水平、有机肥施用及技术水平的变化。根据前述情景分析,5 年内中国乃至全球作物单产水平大幅度提高的可能性较小,受测土配方施肥和沼气发展的影响,有机肥施用情况及施肥技术水平有可能发生变化,但是不确定性较大。因此单位面积施肥量的预测仍需要分三种情况考虑(表 5)。

第一种情景是测土配方施肥、沼气发展和新农村建设工作取得了显著成效,大量有机肥还田替代了部分化肥投入,农户不再增加化肥投入量,仅略微提高施肥量明显偏低的大豆、油料和蔬菜的施肥量,预计每年会增加 1 kg/hm²,对于市场发展来说这是一种悲观情境。第二种情景是测土配方施肥等项目未能根本性提高农户施肥技术水平,受增产思想的驱动,农户会在经济效益良好的作物上追加化肥

来提高产量,尤其会增加钾肥投入,这是一种乐观情景。每种作物上施肥量的变化空间需要根据中国农户历史行为来判断,中国单位面积化肥施用量的变化幅度越来越小^[7],但 5 年间每公顷施肥总量波动 15~75 kg 是可能的,其中水稻、小麦和油料作物波动不足 15 kg/hm²,蔬菜、玉米和大豆约 30 kg/hm²,果树约 75 kg/hm²,烟草和甜菜可达 120~150 kg/hm²。因此估计经济效益良好的油料、玉米、蔬菜、茶叶和果树都会增加化肥投入,每年磷肥最大增长 3 kg/hm²,钾肥最大增长 5 kg/hm²(在 2005 年基础上)。客观估计我国水稻、蔬菜、果树、薯类等需钾较多的作物仍有增长潜力,钾肥投入量每年平均增长 1~2 kg/hm² 是可能的。

2.4 2010 年化肥需求预测

根据上述预测的各种作物施肥比面、单位面积施肥量和作物播种面积,可以计算出 2010 年中国化肥需求数量(表 6)。即使按照悲观情景,我国化肥需求总量仍将增长,至 2010 年将达到 4900 万吨(只考虑传统农田化肥需求),五年共增长 178 万吨,年均增长率为 0.8% 左右,其中氮肥增长 108 万吨,增

表 5 2010 年中国各种作物单位面积化肥施用量预测 (kg/hm²)

Table 5 The forecast of application rate of fertilizers in 2010

作物 Crops	悲观情景 Pessimistic case			客观情景 Medium case			乐观情景 Optimistic case		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
玉米 Maize	188	63	25	188	63	25	188	68	30
水稻 Rice	193	67	88	193	67	93	193	72	93
小麦 Wheat	190	106	28	190	106	28	190	106	33
大豆 Bean	49	47	19	49	47	19	54	47	30
油料 Oil seeds	122	66	38	122	66	38	123	76	59
蔬菜 Vegetable	294	154	94	294	154	102	290	154	119
水果 Fruits	448	176	226	448	176	231	448	176	251
棉花 Cotton	235	88	66	235	88	66	235	93	81
薯类 Potato	125	100	110	125	100	120	125	100	125
茶叶 Tea	199	134	77	199	134	77	199	134	82
糖料 Sugar	272	154	312	272	154	312	272	154	312
烟草 Tobacco	94	144	155	94	144	155	94	144	155

表 6 “十一五”期间中国农田化肥需求量与 2005 消费量的对比 (10⁴ t)

Table 6 The total consumption of fertilizer in 2005 and demand forecast of fertilizers before 2010

年度 Year	悲观情景 Pessimistic case				客观情景 Medium case				乐观情景 Optimistic case			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NPK	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NPK	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NPK
2005	2964	1083	677	4724	2964	1083	677	4724	2964	1083	677	4724
2006	2998	1090	689	4777	3002	1101	694	4796	3015	1113	724	4852
2007	3005	1089	693	4788	3037	1119	718	4874	3057	1142	773	4972
2008	3027	1096	702	4825	3073	1137	743	4953	3099	1172	825	5096
2009	3049	1102	711	4863	3100	1151	763	5015	3142	1203	881	5226
2010	3072	1109	721	4902	3130	1167	785	5082	3186	1236	939	5361

增长率为 0.8%，磷肥增长 26 万吨，增长率为 0.6%；钾肥增长 44 万吨，增长率为 1.3%。在乐观情景下，至 2010 年将达到 5361 万吨，五年共增长 638 万吨，年均增长率为 2.5%~2.7%，其中氮肥增长 222 万吨，增长率为 1.4%，磷肥增长 153 万吨，增长率为 2.6%~2.8%；钾肥增长 262 万吨，增长率为 6.6%~6.9%。客观情境下，至 2010 年将达到 5082 万吨，5 年共增长 358 万吨，年均增长率为 1.2%~1.5%左右，其中氮肥增长 166 万吨，增长率为 0.9%~1.3%，磷肥增长 84 万吨，增长率为 1.2%~1.7%；钾肥增长 108 万吨，增长率为 2.5%~3.5%。

综合比较各种作物的播种面积、施肥比面和单位面积施肥量的变化，蔬菜、果树和玉米的播种面积持续增长，而施肥普遍度和施肥强度仍有增长潜力，因此综合判定它们是 2005 至 2010 年间化肥需求增长空间最大的作物。其中蔬菜化肥需求增长量占同期净增长总量的 21%~29%，氮肥增长空间为 40~48 万吨，磷肥增长空间为 23 万吨，钾肥增长空间为 10~69 万吨。果树化肥需求增长量将占同期净

增长量的 17%~26%，其中氮肥需求增长空间为 47 万吨，磷肥需求增长空间为 18 万吨，钾肥增长空间为 22~46 万吨。玉米需求增长量将占同期净增长量的 17%~21%，其中氮肥增长空间为 43 万吨，磷肥增长空间为 6~42 万吨，钾肥增长空间为 8~25 万吨。在各种作物中油料作物的不确定性最大，乐观估计可能是未来化肥需求的另一个主要增长点，取决于国内外油料市场的变化情况。而“十一五”期间化肥需求可能下降的是小麦、大豆、薯类和糖料。

3 讨论

我国化肥需求已做过大量研究，有研究结果认为 2010 年我国化肥需求总量为 5358 万吨（包括林业、渔业和传统的大田作物）^[8]，有人从粮食生产需求角度出发，认为 2010 年我国化肥需求为 4780 万吨^[18]；也有认为粮食作物化肥需求将在 2005 至 2010 年间增长 351~687 万吨^[19]。由于研究的角度不同以及所用的方法不同，与本研究结果存在一些差异，但对于化肥需求仍要增长的判断是一致的。

前人预测中重点利用了长期试验获得的谷物生产系数,并且与国家食物需求相结合,推导出了未来的化肥需求。从性质上判断,这种预测结果偏重于理论需求。而 CBEM 模型根据农户实际施肥水平,综合考虑了各种作物的实际生产情况和相关社会影响因素,因此预测结果更靠近实际情况,是一种市场需求。前人的预测一般运用同一方法和同一指标预测了 5 年、10 年甚至 30 年以上的需求,而对于其中关键的指标—生产效率在不同预测年度中会发生多大变化以及能否变化探讨较少。事实证明,生产技术和影响化肥需求的关键因素,而且改变的程度难以预测。CBEM 模型严格按照预测时间段的长短细分了 5 年以内各个因素的变化空间。从中国国情来看,5 年以内技术水平发生大幅度改变是很困难的,因此我们微量调整了单位面积施肥量。而 5 年以内作物播种面积和施肥比面变化的可能性非常大,因此根据国家规划预测了这两项因素。国家规划提出的各项发展目标是经过各种权威部门综合考虑提出的,因此根据这些规划预测的种植结构和施肥比面的变化具有较高的可信度。例如本研究中预测糖料播种面积会有 14% 的增长空间,2007 年统计年鉴证实 2006 年糖料面积比 2005 年增长了 13.8%^[16]。

基于作物需求的化肥预测模型是对当前预测方法的一个重要补充,这一方法能够深化化肥需求的理论和加强预测结果的精度。但是不可否认,这也是最复杂的预测方法,不仅需要充分理解植物营养、土壤、气候、环境等知识,还需要掌握国家经济发展相关知识和经济分析方法。本研究建立的中国模型还只是初步的探索,还没有完全实现其科学和应用目标。但这是化肥需求研究的必然过程,是实现化肥需求从理论走向实践的重要基础,因此不能也不可能一蹴而就,在确定基本的预测思路和基础数据库的前提下需要逐年更新验证,需要逐个区域进一步深化,也需要更多地引进专家意见进行完善。

虽然我国大部分作物的化肥施用水平已经较高,但是由于未来人口持续增长,食物需求尤其是动物性食品的需求将不断扩大,这为化肥需求增长奠定了基础。而且,随着经济发展、人均收入水平提高、整体农业经济提高等因素的影响,预计部分作物仍有增加化肥投入的潜力,玉米、蔬菜、果树和油料作物的施肥面积比例估计会进一步提高;而大部分作物上钾肥投入量较低,有一定的提升空间。2010 年以前化肥需求将至少增长 178 万吨,但不会超过 638 万吨,增长的重点是蔬菜和果树,粮食作物中仅

玉米有较大的增长空间。

参考文献:

- [1] 张卫峰,高力,马骥,等. 化肥产业政策调整影响度分析[J]. 磷肥与复肥, 2007, 22(1): 5-9.
Zhang W F, Gao L, Ma J *et al.* Evaluation on the reform effectiveness of fertilizer industry policy in China [J]. *Phos. & Comp. Fert.*, 2007, 22(1): 5-9.
- [2] Roy A H, Hammond L L. Challenges and opportunities for the fertilizer industry [A]. Mosier A R, Syers J K, Freney J R (Eds.). *Agriculture and the nitrogen cycle* [C]. London: Island Press, 2005. 233-243.
- [3] UN-FAO. Fertilizer requirements in 2015 and 2030 revisited [EB/OL]. www.fao.org, 2004.
- [4] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
National Bureau of Statistics of China. *China statistical yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [5] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Ministry of Agriculture. *China agriculture statistics data* [M]. Beijing: China Agricultural press, 2006.
- [6] 国家统计局国民经济综合统计司. 新中国五十年统计资料汇编 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1999.
National Bureau of Statistics of China. *Statistic data of China in last five decades* [M]. Beijing: China Statistics Press, 1999.
- [7] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编—2006 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
National Development and Reform Commission. *Cost and profit of primary production of China—2006* [M]. Beijing: China Statistic Press, 2006.
- [8] 李家康, 林葆, 梁国庆, 等. 对我国化肥施用前景的剖析 [J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 1-10.
Li J K, Lin B, Liang G Q *et al.* Prospect of consumption of chemical fertilizer in China [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2001, 7(1): 1-10.
- [9] USDA. USDA agricultural projections to 2016 [DB/OL]. <http://www.ers.usda.gov/publications/waobr>, 2007
- [10] 中华人民共和国中央人民政府. 农业部 07 年将为全国 260 万农户建设清洁户用沼气 [EB/OL]. <http://www.gov.cn/jrzg/2007-02/22/content-532048.htm>, 2007-02-22.
The Central People's Government of the P. R. of China. The ministry of agriculture will build composting equipment for 2.6 million farmers in 2007 [EB/OL]. <http://www.gov.cn/jrzg/2007-02/22/content-532048.htm>, 2007-02-22.
- [11] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要 [EB/OL]. <http://www.gov.cn>, 2006-03-16.
The Central People's Government of the P. R. of China. The eleventh five years projection for national economy and society development [EB/OL]. <http://www.gov.cn>, 2006-03-16.
- [12] 新华网. 2010 年全国农村沼气适宜农户普及率达到 28.4% [EB/OL]. <http://news.xinhuanet.com/fortune/2006-11/23/con>

- tent-5368077.htm, 2006-11-23.
- Xinhuanet. 28.4% farmers will use the new composting energy in 2010 [EB/OL]. <http://news.xinhuanet.com/fortune/2006-11/23/content-5368077.htm>, 2006-11-23.
- [13] 农业部. 全国农业和农村经济发展第十一个五年规划(2006 ~ 2010 年) [EB/OL]. <http://www.agri.gov.cn/zcfg/bmgz/t20060808-663734.htm>, 2006-8-8.
- Ministry of Agriculture. The eleventh five years projection for national agriculture and rural economy(2006 ~ 2010) [EB/OL]. <http://www.agri.gov.cn/zcfg/bmgz/t20060808-663734.htm>, 2006-8-8.
- [14] 农业部. 2007 年全国测土配方施肥工作方案 [EB/OL]. www.agri.gov.cn/xztz/P0200703195091529847, 2007-3-19.
- Ministry of Agriculture. Project for the national fertilization based on soil testing in 2007 [EB/OL]. www.agri.gov.cn/xztz/P0200703195091529847, 2007-3-19.
- [15] 中华人民共和国发展和改革委员会. 能源发展“ 十一五 ”规划 [EB/OL]. <http://news.xinhuanet.com/fortune/2007-04/11/content-5960916.htm>, 2007-4-11.
- National Development and Reform Commission. The eleventh five years projection for energy [EB/OL]. <http://news.xinhuanet.com/fortune/2007-04/11/content-5960916.htm>, 2007-4-11.
- [16] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京 : 中国统计出版社, 2007.
- National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook [M]. Beijing : China Statistics Press, 2007.
- [17] United States Department of Agriculture. Statistic data of fertilizer use in USA [DB/OL]. <http://www.ers.usda.gov/Data/FertilizerUse/>, 2007.
- [18] 奚振邦, 郑伟中. 我国粮食安全与化肥问题试析 [J]. 化肥工业, 2005, 32(3): 1-4.
- Xi Z B, Zheng W Z. Analysis of relationship of domestic food security and chemical fertilizers [J]. Fert. Ind., 2005, 32(3): 1-4.
- [19] 金继运, 李家康, 李书田. 化肥与粮食安全 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 601-609.
- Jin J Y, Li J K, Li S T. Chemical fertilizer and food security [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(5): 601-609.