

侯萌瑶, 张 丽, 王知文, 等. 中国主要农作物化肥用量估算[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(4): 360-367.

HOU Meng-yao, ZHANG Li, WANG Zhi-wen, et al. Estimation of Fertilizer Usage from Main Crops in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(4): 360-367.

中国主要农作物化肥用量估算

侯萌瑶^{1,2}, 张 丽^{1,2}, 王知文^{1,2}, 杨殿林², 王丽丽², 修伟明², 赵建宁^{2*}

(1.东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2.农业部环境保护科研监测所, 天津 300191)

摘 要:为探求和估算我国主要农作物化肥用量,本文分析了30多年来我国农作物化肥使用现状和不同类型农作物的化肥使用情况。结果发现我国农作物化肥使用量增长迅速,从1980年的1 269.4万t增长到2014年的5 995.9万t,增长了4.7倍,年均增长率为4.67%。谷类作物化肥用量仍然是农作物化肥使用总量的主要贡献者,其化肥用量从1980年2 712.41万t增加到2014年的3 415.35万t,但其所占农作物化肥总用量的比重却下降明显,从60.02%(1998年)降至49.75%(2014年)。蔬菜和水果的化肥用量增长最为迅速,其中蔬菜化肥用量1998年为604.51万t,2014年增加到1 291.36万t,增加了2.1倍,其化肥用量占农作物化肥总用量从1998年的13.38%增加至2014年的18.81%;水果化肥用量1998年为531.55万t,至2014年增加到1 223.42万t,增加了2.4倍,其化肥用量占农作物化肥总用量从1998年的11.76%增长到2014年的17.82%。同时,我国不同区域化肥用量差异较大,从化肥施用总量来看,大体上呈现从东到西的递减趋势,其中华东地区和华北地区用量较高,从单位面积化肥用量来看,呈现从东到西递减趋势,同时从南到北也呈现了递减趋势,用量较高区为华南和华东地区。

关键词:农作物;化肥用量估算;蔬菜;水果;不同区域

中图分类号:S147.22

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2017)04-0360-08

doi: 10.13254/j.jare.2017.0061

Estimation of Fertilizer Usage from Main Crops in China

HOU Meng-yao^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}, WANG Zhi-wen^{1,2}, YANG Dian-lin², WANG Li-li², XIU Wei-ming², ZHAO Jian-ning^{2*}

(1.College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2.Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China)

Abstract: In order to seek and estimate the fertilizer application from main crops in China, this paper analyzed the current use of fertilizer, as well as the use of fertilizer in different crops for more than 30 years. We found that the crop fertilizer usage was growing from 12.694 million tons in 1980 to 59.959 million tons in 2014, with the overall raise of 4.7 times, and an annual growth rate of 4.67%. Fertilizer usage from cereal crop contributed the most to the total use, with the fertilizer application from 27.124 1 million tons in 1980 to 34.153 5 million tons in 2014, but the ratio of its fertilizer usage to the total fertilizer consume from crops in China decreased from 60.02% in 1998 to 49.75% in 2014. The fertilizer application from vegetable and fruit crops grew most rapidly, with an raise of 2.1 times from vegetables crops, increasing from 6.045 1 million tons in 1998 to 12.913 6 million tons in 2014, and its ratio to the total fertilizer application in crops from 13.38% in 1998 to 18.81% in 2014. The fertilizer application from fruit increased from 5.315 5 million tons in 1998 to 12.234 2 million tons in 2014, increasing by 2.4 times compared with that in 1998, and its ratio to the total fertilizer application from crops increased from 11.76% in 1998 to 17.82% in 2014. In addition, according to our study, great regional differences in the gross amount of fertilizer usage were found, with a decreasing trend from east to west, with the highest usage in East China and Central China. In accordance with the per unit use of fertilizer, it decreased from east to west, the same from south to north, with the highest fertilizer application in South China and East China.

Keywords: crops; estimation of fertilizer usage; vegetables; fruits; different regions

收稿日期:2017-03-04

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费项目(201503121-04);中国农业科学院科技创新工程协同创新任务(CAAS-XTCX2016015);国家重点研发计划支持项目(2016YFD0201009)

作者简介:侯萌瑶(1992—),女,河南洛阳人,硕士研究生,从事农业生态环境研究。E-mail:mengyaohou@163.com

*通信作者:赵建宁 E-mail:zhaojn2008@163.com

我国化肥用量自1984年首次高于美国后,已经连续30多年成为世界上化肥使用量最多的国家^[1],据FAO统计^[2],中国2014年的化肥用量占世界的31%,相当于印度(第二位)和美国(第三位)的总和。伴随化肥的大量施用,产生了一系列不良后果,比如施肥过量会破坏农业耕地的土壤结构,加速其养分流失,造成土壤严重板结和土壤环境次生盐碱化^[3-12]。有许多学者认为粮食作物化肥用量的增加是近年来化肥用量持续增加的罪魁祸首,把粮食化肥用量的增加与化肥投入总量的增加完全等同起来,如汪翔等^[13]的研究认为高强度的化肥施用对粮食作物的增产作用已变得不显著,进而表明我国化肥投入已过量。这种结论具有一定的误导性,片面强调了我国粮食作物的施肥量,使人们容易忽视其他农作物的化肥用量,尤其是蔬菜和水果的化肥用量。另外,忽视文章的时效性,也容易产生误导,如李家康等^[14]在2001年的研究表明粮食作物的化肥用量占我国化肥总用量的60%,因而影响我国化肥总需求的主导因子仍然是粮食作物的化肥需求。然而到2014年我国谷类作物的化肥用量占全国农作物化肥用量的比重已降低至49.75%^[15-16],表明粮食作物化肥用量对农作物化肥总用量的贡献正在不断减少。

但是目前还缺乏关于全国不同农作物年际化肥用量和区域化肥用量的研究,尤其是近几年的相关研究较为缺乏,为了探求我国农业化肥用量的具体情况,本文依据文献[15-16]计算出近30年来不同农作物年际化肥使用总量及其播种面积,进而估算出我国不同农作物在不同年份的化肥用量,同时本文对比研究了我国不同地区的农作物化肥用量,以期为我国控制农业面源污染和实施农业部的《到2020年化肥使用量零增长行动方案》相关政策提供一定的数据支撑。

1 材料与方法

1.1 我国化肥使用总量

根据2015年《中国统计年鉴》^[15]获取我国1980—2014年化肥(氮、磷、钾及复合肥)的使用总量。

1.2 我国主要农作物播种面积

根据2015年《中国统计年鉴》获取主要农作物的播种面积和2014年各地区农作物播种面积。本文将主要农作物分为8个类别:谷类作物、豆类作物、油料作物、糖料作物、棉花、烤烟、水果、蔬菜。其中,谷类作物包括小麦、玉米和水稻;豆类作物主要是大豆;油料

作物包括花生和油菜籽;糖料作物包括甘蔗和甜菜。豆类作物播种面积数据从1991年开始统计,其余作物都从1980年开始统计。

1.3 我国主要农作物的化肥用量

本文8类农作物的单位面积化肥用量来源于2003—2015年《全国农产品成本收益汇编》^[16],均为化肥折纯用量。根据不同农作物的单位面积化肥用量和播种面积估算出我国不同农作物的化肥总用量。蔬菜的单位面积化肥用量是全国大中城市的调查数据,其他7种作物的数据是全国各地区的调查数据。

1.4 我国主要农作物化肥效率

化肥效率(*PFP*),又称化肥偏生产力,是指单位投入的化肥所能产生的作物产量,其计算公式为 $PFP=Y/F$,其中 Y 代表的是作物施肥后获得的产量, F 代表的是化肥投入量。本文中农作物的单位面积产量和化肥用量均来源于2013—2015年《全国农产品成本收益汇编》。

1.5 我国各地区化肥用量

根据1999—2015年《中国统计年鉴》获取我国1998—2014年各地区的化肥用量,利用各地区的播种面积估算出各地区的单位面积化肥用量。

2 结果与分析

2.1 1980—2014年我国化肥用量

根据计算可以发现30多年来,我国化肥总用量随着时间的推进迅速增加,从1980年到2014年,化肥用量从1 269.4万t增长到5 995.9万t,增长了近5倍(图1)。

从化肥种类分析来看,30多年来我国氮肥用量一直较多,磷肥和钾肥用量较少,尤其是钾肥。复合肥用量年度增长速度最快,从1980年的27.2万t增长到2014年的2 115.8万t,增长了接近78倍,到2014年时已接近氮肥的施用量。

2.2 1980—2014年我国主要农作物播种面积

随着我国农业经济的不断发展,农作物播种面积不断增加(图2)。从1980年的10 192.37万 hm^2 增长到2014年的15 675.60万 hm^2 ,增加了1.5倍,35年来谷类作物的播种面积始终最高,从1980年的8 281.03万 hm^2 增加到2014年的9 150.20万 hm^2 ,但其播种面积占农作物总播种面积的比重却不断下降,从1980年的81.25%减少到2014年的58.37%,下降了22.88%。

2.3 1998—2014年我国主要农作物化肥用量

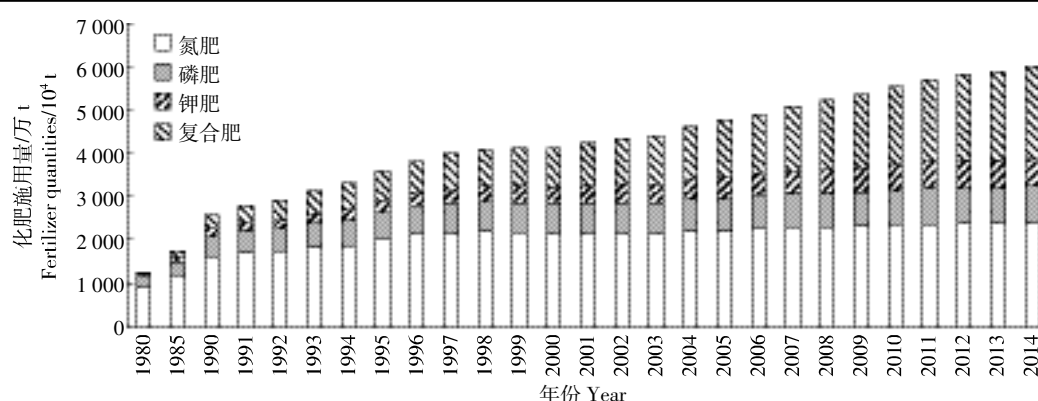


图1 1980—2014年我国化肥用量

Figure 1 Total fertilizer usage during 1980—2014

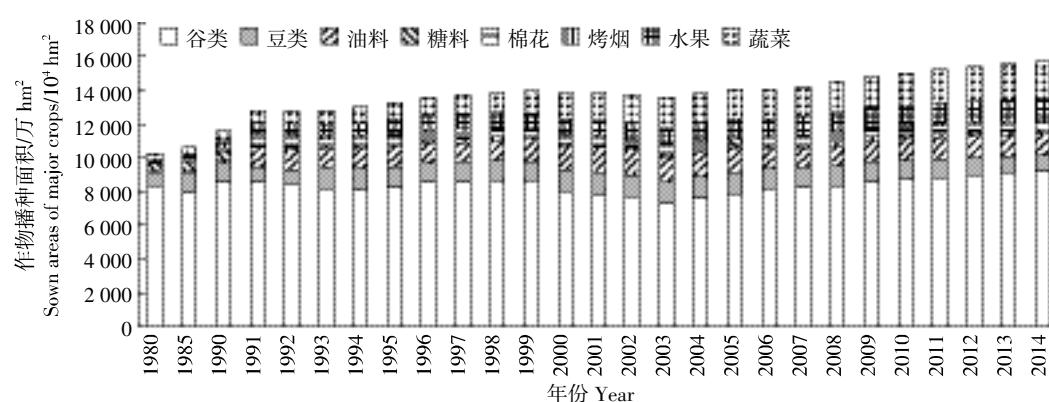


图2 1980—2014年我国主要农作物的播种面积

Figure 2 The sown areas of major crops during 1980—2014

根据《全国农产品成本收益汇编》中的农作物单位面积化肥用量(图3)和《国家统计年鉴》中的播种面积,估算出各种农作物的化肥用量(图4),分析发现我国主要农作物化肥用量变异较大。

谷类作物的化肥用量最大,然后依次是蔬菜、水果、油料作物、棉花、豆类作物、糖类作物、烤烟。其中谷类作物化肥用量1998年为2 712.41万t,至2014年增加到3 415.35万t,增加了1.3倍(图4),但其所占农作物化肥用量的比重却由60.02%降低到49.75%,下降了10.27%;蔬菜化肥用量从1998年的604.51万t增加到2014年的1 291.36万t,增加了2.1倍,其占农作物总化肥用量的比重由13.38%增加到2014年的18.81%,增长了5.43%;水果从1998年的531.55万t增加到2014年的1 223.42万t,增加了2.4倍,其占农作物总化肥用量的比重由11.76%增加到17.82%,增加了6.06%。

其他农作物化肥用量也呈现不同程度的增加,而化肥用量占农作物化肥用量的比重除油料作物外都

有所降低,但降低幅度不大。从1998年到2014年,棉花占农作物化肥用量的比重由3.54%降低到3.36%,糖料作物由2.77%降至1.93%,豆类作物由2.16%降至1.72%,烤烟由1.22%降至1.04%。

本研究还发现化肥施用量年均增长率从大到小依次为:水果(5.35%)、蔬菜(4.86%)、油料作物(3.14%)、棉花(2.31%)、烤烟(1.65%)、谷类作物(1.45%)、豆类作物(1.19%)、糖料作物(0.34%),其中,水果的年均增长率是谷类作物的3.7倍,蔬菜的年均增长率是谷类作物的3.3倍(图4)。

本文对各种农作物单位面积化肥用量分析发现:单位面积施用量从高到低依次为水果、糖料作物、蔬菜、烤烟、棉花、谷类作物、油料作物、豆类作物(图3)。随着时间的推移,各种农作物的单位面积化肥用量也不断增长,水果从1998年的622.79 kg·hm⁻²增加到2014年的931.98 kg·hm⁻²;糖料作物1998年为630.73 kg·hm⁻²,2014年增加到696.40 kg·hm⁻²;蔬菜从1998年的491.75 kg·hm⁻²,增加到2014年的

603.30 kg·hm⁻²; 烤烟 1998 年为 457.87 kg·hm⁻² 增加到 2014 年的 517.84 kg·hm⁻²; 棉花从 1998 年的 358.77 kg·hm⁻² 增加到 2014 年的 546.33 kg·hm⁻², 谷类作物 1998 年为 294.45 kg·hm⁻², 2014 年增加到 361.02 kg·hm⁻²; 油料作物从 1998 年的 180.51 kg·hm⁻², 增加到 2014 年的 272.11 kg·hm⁻²; 豆类作物从 1998 年的 83.66 kg·hm⁻², 增加到 2014 年的 128.49 kg·hm⁻²。

2.4 我国主要农作物化肥效率

对我国主要农作物的化肥效率进行分析, 发现不同农作物的化肥效率差异较大(表 1)。2014 年主要农作物的化肥效率从大到小依次是: 蔬菜(94.53 kg·kg⁻¹)、糖料作物(90.05 kg·kg⁻¹)、水果(30.53 kg·kg⁻¹)、谷类作物(19.56 kg·kg⁻¹)、豆类作物(16.76 kg·kg⁻¹)、油料作物(10.11 kg·kg⁻¹)、烤烟(3.87 kg·kg⁻¹)、棉花(2.69 kg·kg⁻¹)。可以看出蔬菜和糖料作物的化肥效率远远高于其他作物, 其中蔬菜的化肥效率最高, 是水果的 3 倍、谷类作物的近 5 倍、烤烟的 24 倍、棉花的 35 倍。

随着时间的推移, 各种农作物化肥效率的变化趋势有所差异, 谷类作物、豆类作物、油料作物、棉花、烤烟、蔬菜均大致呈现增长趋势, 而水果和糖料作物则呈现降低趋势。其中, 蔬菜的化肥效率增幅最大, 从 2003 年的 76.19 kg·kg⁻¹ 增加到 2014 年的 94.53 kg·kg⁻¹, 增长了 24.07%; 而水果的化肥效率降幅最大, 从 2003 年的 46.89 kg·kg⁻¹ 降低到 2014 年的 30.53 kg·kg⁻¹, 降低了 53.59%。

2.5 我国不同区域化肥用量

通过我国各地区 1998—2014 年期间 4 个时间段的化肥用量的分析, 发现不同区域化肥用量差异较大(图 5)。其中, 华东地区和华中地区化肥用量较高, 2014 年两个地区化肥用量分别为 1 498.5 万 t 和 1 302 万 t, 两者总和占全国化肥总用量的近一半, 而西北地区和西南地区化肥用量比较低, 分别为 614.1 万 t 和 557.8 万 t。随着时间的推移, 华北地区和华东地区的化肥用量增幅不明显, 而华中地区的化肥用量

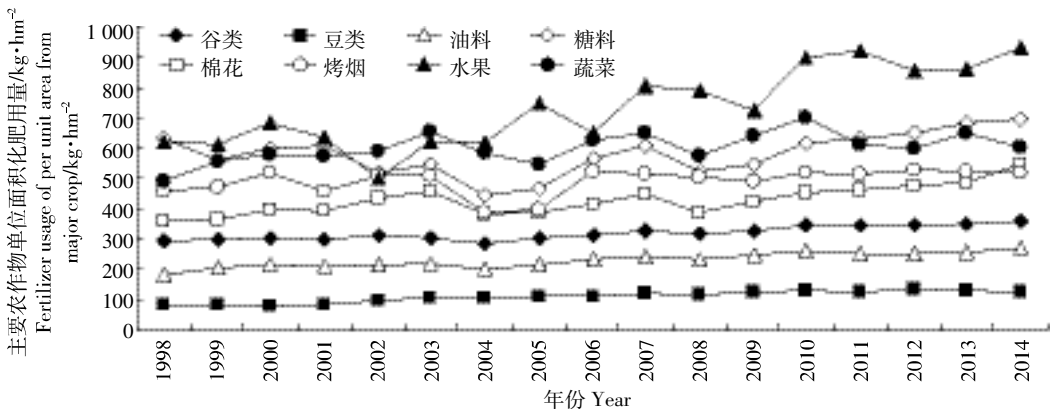


图 3 我国主要农作物单位面积化肥用量

Figure 3 Fertilizer usage of per unit area from major crops

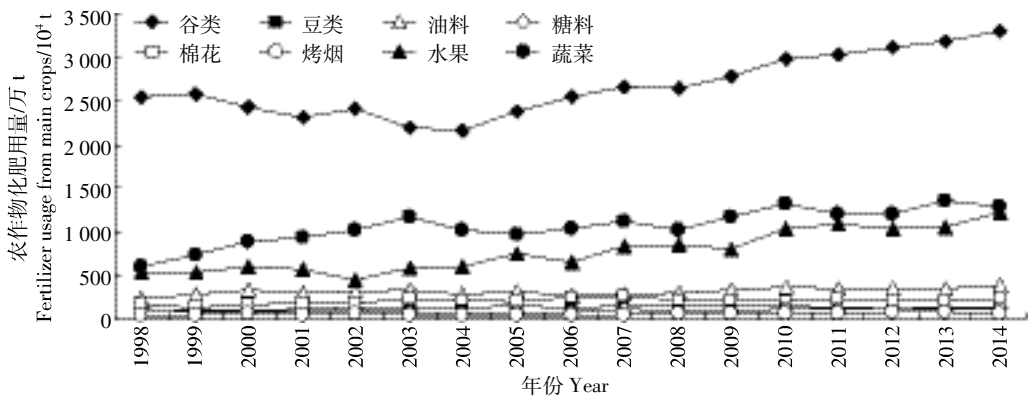


图 4 我国主要农作物化肥用量

Figure 4 Fertilizer usage from main crops

表 1 我国主要农作物化肥效率($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Table 1 Partial factor productivity from major crops($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

年份	谷类	豆类	油料	糖料	棉花	烤烟	水果	蔬菜
2003 年	17.04	16.65	9.64	101.53	2.24	3.71	46.89	76.19
2004 年	21.15	18.18	12.93	120.43	2.99	5.06	44.53	91.51
2005 年	19.37	17.74	11.30	117.01	2.88	5.05	32.89	93.79
2006 年	19.27	17.14	11.12	105.76	3.05	3.95	42.37	83.64
2007 年	18.96	13.63	10.76	103.22	2.74	3.92	33.54	82.16
2008 年	20.52	17.66	11.31	118.36	3.21	4.39	37.74	93.29
2009 年	19.48	15.21	10.89	108.86	2.97	4.65	37.34	83.56
2010 年	18.43	16.78	9.69	97.88	2.57	4.17	25.23	74.97
2011 年	19.19	17.11	10.94	96.21	2.74	4.21	31.65	92.37
2012 年	19.44	15.98	10.95	97.70	2.87	4.30	31.90	97.66
2013 年	18.97	16.05	11.42	94.08	2.73	4.06	33.62	88.60
2014 年	19.56	16.76	10.11	90.05	2.69	3.87	30.53	94.53

增幅最大,尤其是河南省,从第一阶段的 400.7 万 t 增加到第四阶段的 690.1 万 t,增长了 1.7 倍。2014 年化肥使用量排名靠前的 7 个省份为:河南(705.8 万 t)、山东(468.1 万 t)、湖北(348.3 万 t)、安徽(341.4 万 t)、河北(335.6 万 t)、江苏(323.5 万 t)、广西(258.7 万 t)。依照地区而言,7 个地区在 4 个阶段的平均化肥用量从大到小依次是:华中地区(353.25 万 t)、华东地区(205.48 万 t)、东北地区(152.16 万 t)、华南地区(151.26 万 t)、华北地区(113.85 万 t)、西南地区(110.21 万 t)、西北地区(83.20 万 t)。

同时,本研究分析发现华南地区和华东地区单位面积平均化肥用量较高,而西南地区和东北地区的单位面积化肥用量较低(图 6)。随着时间的推进,与各地区化肥用量增幅相比,各地区的单位面积化肥用量增幅较大,华南地区和西北地区的增幅较大,第 4 阶段(2011—2014)分别是第 1 阶段(1998—2000)的

1.49 倍和 1.37 倍,尤其新疆地区的增幅最大,第 4 阶段的单位面积化肥用量是第 1 阶段的 3.24 倍。依照省份而言,2014 年单位面积化肥用量排名靠前的 7 个为:北京($591.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、海南($575.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、福建($531.9 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、广东($526.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、河南($490.9 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、陕西($487.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、天津($486.4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。依照地区而言,7 个地区在 4 个阶段的平均单位面积化肥用量从大到小依次是:华南地区($407.16 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、华东地区($366.43 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、华中地区($351.17 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、华北地区($336.61 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、西北地区($274.47 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、东北地区($267.02 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、西南地区($214.03 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。

3 讨论

从 1980 年到 2014 年,我国农作物化肥总用量增长了近 5 倍,年均增长率为 4.67%。汪翔等^[13]研究表明从 1980 年到 2008 年,化肥用量增长了 4.13 倍,由

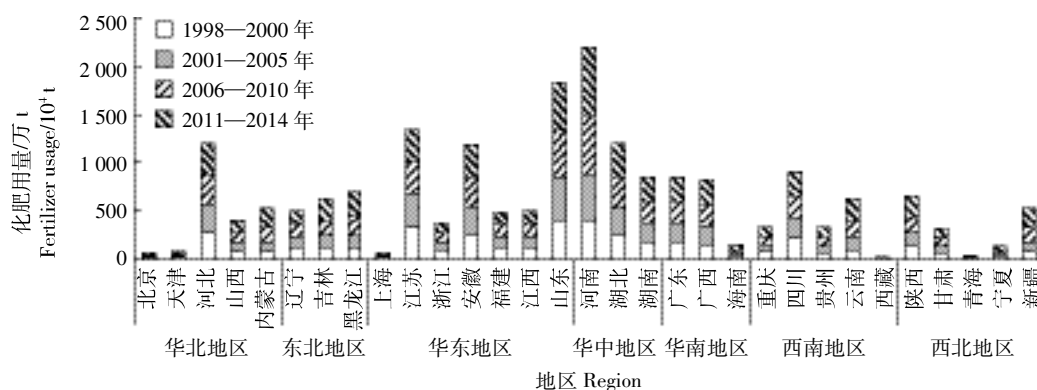


图 5 1998—2014 年我国各地区化肥用量

Figure 5 Fertilizer usage in different regions during 1998—2014

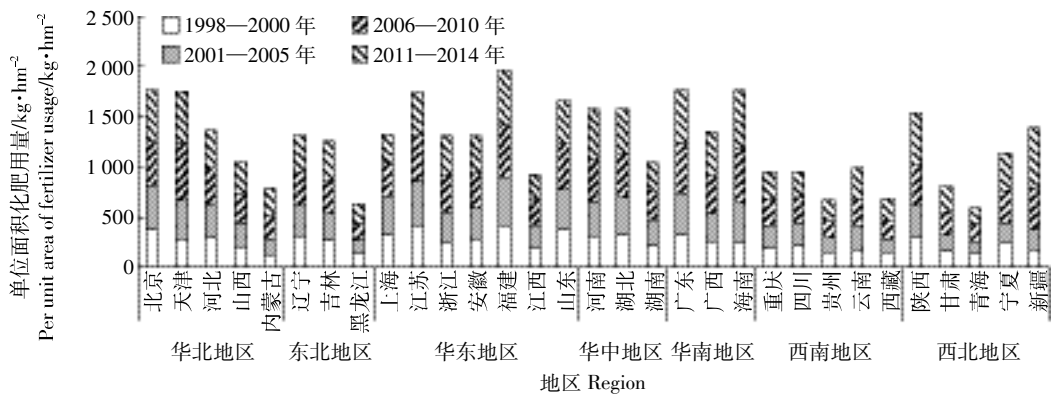


图 6 1998—2014 年我国各地区单位面积化肥用量

Figure 6 Per unit area of fertilizer usage in different regions during 1998—2014

此可见我国农作物化肥用量增长速度在不断加快,这主要是由于 20 世纪 80 年代以来,我国人口持续大幅度增长,人均耕地面积相应不断减少,为了保障粮食和农产品的供应,单位面积产量亟待提高,其常用的重要措施便是通过施用化肥为农作物提供足够的养分供应^[17]。此外,伴随着城市化的发展,农村劳动力数量不断减少,劳动力质量不断下降,为此国家颁布一系列惠民政策,加大政府补贴力度,调整化肥价格,从而刺激农民的化肥投入积极性^[18]。仇焕广等^[19]研究表明,农村劳动力外出务工比例越高的农户,其化肥过量施用量也越高,表明未来随着城市化进程的不断加快、农村劳动力的不断缺失,化肥过量施用的问题可能更加严重。

由于自然条件的差异以及人们需求的不断变化,我国主要农作物的播种面积差异很大,30 多年来,粮食作物的播种面积虽然始终最高,但其占农作物总面积的比重却呈现了不断下降的趋势。耿仲钟等^[20]研究表明粮食播种面积占农作物总播种面积的比重由 1985 年的 76.45% 下降到 2013 年的 64.98%,对比而言本研究扩展了年份,发现粮食播种面积所占比重由 1980 年的 81.25% 减少到 2014 年的 58.37%,下降了 22.88%,与其研究结果相符合,而下降趋势则更加明显。另外本研究还发现水果和蔬菜的播种面积虽然比粮食作物小,但其占农作物总播种面积的比重增长非常迅速,分别从 3.10%、1.75% 增加到 13.65%、8.37%。

对不同农作物化肥用量的分析可以发现,粮食作物的化肥总用量始终最大,但是其占农作物总化肥用量的比重呈现明显的下降态势,从 1998 年的 60.02% 降低到 2014 年的 49.75%,降低了 10.27%。而水果和蔬菜的化肥用量比重呈现增长态势,张卫峰等^[21]认为

我国蔬菜和果树已经成为最大的化肥消费群体之一,两者化肥用量占农作物总化肥用量的 30% 左右,本研究更进一步分析发现蔬菜和水果比重分别从 1998 年的 13.38%、11.76% 增长到 2014 年的 18.81%、17.82%,到 2014 年水果和蔬菜共同占农作物总化肥用量的比重为 36.63%,已经接近谷类作物的比重。杨帆等^[22]在 2013 年农户施肥情况调查中指出粮食作物、水果、蔬菜是化肥用量最大的 3 类作物,占农作物化肥总量的 82.8%,本文估算发现这 3 类作物占总化肥用量的比重到 2014 年已上升到 86.38%,这进一步说明水果、蔬菜在农作物化肥总用量中的贡献越来越大。但相较而言,杨帆等^[22]仅对 2013 年的种植情况做了调查分析,未报道这 3 种作物施肥情况的年度动态进展,而本研究发现这 3 种作物对化肥用量贡献率是随着年份有所变化的,粮食作物的贡献率不断降低,而水果和蔬菜是不断增加的。从单位面积化肥用量来看,水果和蔬菜的单位面积化肥用量最大,谷类作物用量较小,这与闫湘^[23]的研究结果较一致,与其不同的是本文还进行了年份纵向的对比,发现水果从 1998 年的 622.79 kg·hm⁻² 增加到 2014 年的 931.98 kg·hm⁻²,蔬菜从 1998 年的 491.75 kg·hm⁻² 增加到 2014 年的 603.30 kg·hm⁻²,谷类作物从 1998 年的 294.45 kg·hm⁻² 增加到 2014 年的 361.02 kg·hm⁻²,表明三者的单位面积化肥用量都呈现递增态势,但水果和蔬菜的增幅比谷类作物大。朱兆良等^[24]也认为蔬菜和水果类作物种植中化肥投入是化肥使用带来的农业面源污染的最主要来源。可见,农作物化肥施用量的研究中仅仅考虑粮食作物施肥量将存在较大误差,随着社会经济的发展,应越来越重视蔬菜、水果在农作物施肥量中的贡献。

我国主要农作物的化肥效率差异较大,蔬菜和糖料作物的化肥效率远远高于其他作物,其原因是蔬菜和糖料作物的单位面积产量远远高于其他作物。随着年份的推进,主要农作物的化肥效率大致都呈现增长趋势,表明近年来机械化程度的不断提高以及科学施肥技术的不断推广已具有明显效果,而水果和糖料作物的化肥效率呈现降低趋势,其原因是化肥用量的增幅高于单位面积产量的增幅,说明水果和糖料作物的化肥用量过高,需要适当减少化肥投入量。

我国幅员辽阔,东西、南北跨度很大,各地区的自然气候条件差异比较明显,同时,各地区经济发展水平差距也较大,多方面因素导致不同农作物生长状况以及化肥用量存在很大的差异。本研究通过对各地区农作物的化肥用量的分析发现我国化肥投入量大致呈现从东到西逐渐递减的趋势,这与汪翔等^[13]的研究结果较为接近。而对各地区单位面积化肥用量分析,既呈现从东到西逐渐递减的趋势,又呈现从南到北不断递减的趋势。另外,在目前的栽培技术和产量水平下,150~200 kg·hm⁻²是专家们推荐的总量,即使在高产条件下推荐量也不会超过250 kg·hm⁻²^[25],发达国家为防止水体污染也设置了安全上限值,即225 kg·hm⁻²^[26],本研究发现我国几乎所有地区的单位面积化肥用量都超出了专家推荐量,因此需要政府采取适当的政策干预和调节,因区制定化肥用量的相关调控政策,积极培养新型农业经营主体,促使农民改变传统的生产模式^[27],从而达到既减少化肥用量又提高生产效率的双重目标。

4 结论

(1)从1980年到2014年,我国农作物化肥使用总量从1 269.4万t增加至5 995.9万t,近乎增长了5倍,增长速度较快。其中复合肥用量年度增长速度最快,从27.2万t增长至2 115.8万t,增长接近78倍,到2014年已接近氮肥用量。同时,重氮肥轻磷、钾肥的现象比较严重。

(2)近年来水果和蔬菜的播种面积不断扩大,增幅也较大,谷类作物增幅较小。从1980年到2014年,水果播种面积占总播种面积比重由1.75%增加到8.37%,增加了5倍;蔬菜由3.10%增加到13.65%,增加了6.8倍;而谷类作物由81.25%减少到58.37%,下降了22.88%。

(3)谷类作物化肥用量仍然是我国农作物化肥使用总量的主要贡献者,其化肥用量从1998年的

2 712.41万t增加到2014年的3 415.35万t,但其占农作物总化肥用量的比重呈现明显的下降趋势,从1998年的60.02%降至2014年的49.75%,降低了10.27%。

(4)水果和蔬菜的化肥用量比重分别从13.38%、11.76%增长到18.81%、17.82%,增幅很大。2014年我国谷类作物单位面积化肥用量为361.02 kg·hm⁻²,而水果和蔬菜的单位面积化肥用量分别为931.98 kg·hm⁻²和603.30 kg·hm⁻²,远远高于谷类作物的单位面积化肥用量。

(5)水果和蔬菜的化肥用量年均增长率分别是谷类作物的3.7倍和3.3倍,说明我国水果和蔬菜的化肥消费需求日渐增长,也在逐渐成为我国化肥用量的主要贡献者。

(6)蔬菜和糖料作物的化肥效率远远高于其他作物,随着年份的不断推进,蔬菜的化肥效率增幅最大,水果的化肥效率降幅最大。

(7)我国农作物化肥使用量呈现较大的区域差别,对各地区农作物的化肥用量分析来看,我国化肥用量大致呈现从东到西逐渐递减的趋势。依据各地区单位面积化肥用量分析,既呈现从东到西逐渐递减的趋势,又呈现从南到北不断递减的趋势。

参考文献:

- [1] 代瑞熙,郝晓燕. 中国化肥消费分析及建议[J]. 农业展望, 2015(9):77-80.
DAI Rui-xi, HAO Xiao-yan. Analysis and suggestion on fertilizers usage in China[J]. *Agricultural Outlook*, 2015(9):77-80. (in Chinese)
- [2] FAO. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/Rf/visualize>
- [3] 王建美. 农村面源污染的危害及防治[J]. 黑龙江环境通报, 2003(2):19-21.
WANG Jian-mei. The prevention and treatment of the rural non-point source pollution[J]. *Heilongjiang Environmental Journal*, 2003(2):19-21. (in Chinese)
- [4] 陈秋会,席运官,王磊,等. 太湖地区稻麦轮作农田有机和常规种植模式下氮磷径流流失特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(8):1550-1558.
CHEN Qiu-hui, XI Yun-guan, WANG Lei, et al. Characteristics of nitrogen and phosphorus runoff losses in organic and conventional rice-wheat rotation farmland in Taihu Lake Region[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(8):1550-1558. (in Chinese)
- [5] 郭胜利,周印东,张文菊,等. 长期施用化肥对粮食生产和土壤质量性状的影响[J]. 水土保持研究, 2003(1):16-22.
GUO Sheng-li, ZHOU Yin-dong, ZHANG Wen-ju, et al. Effects of long-term application of chemical fertilizer on food production and soil quality attributes[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2003(1):16-22. (in Chinese)

- [6] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008(5):915-924.
ZHANG Fu-suo, WANG Ji-qing, ZHANG Wei-feng, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2008(5):915-924. (in Chinese)
- [7] 黄丽,项雅玲,袁锦方.三峡库区农田的化肥面源污染状况研究[J].农业环境科学学报,2007(S2):362-367.
HUANG Li, XIANG Ya-ling, YUAN Jin-fang. Non-point pollution from farmland of the Three Gorges Reservoir Region[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007(S2):362-367. (in Chinese)
- [8] 王秋杰,白乐高.氮素化肥致使土壤酸化板结的原因及对策[J].河南科技,1991(7):9,16.
WANG Qiu-jie, BAI Le-gao. The causes and measures for nitrogen fertilizer caused soil acidification[J]. *Journal of Henan Science and Technology*, 1991(7):9, 16. (in Chinese)
- [9] 迟继胜,李杰,黄丽芬,等.长期定位施肥对作物产量及土壤理化性质的影响[J].辽宁农业科学,2006(2):20-23.
CHI Ji-sheng, LI Jie, HUANG Li-fen, et al. Effects of long-term fertilization on crop yield and soil physical and chemical properties[J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2006(2):20-23. (in Chinese)
- [10] 张北赢,陈天林,王兵.长期施用化肥对土壤质量的影响[J].中国农学通报,2010(11):182-187.
ZHANG Bei-ying, CHEN Tian-lin, WANG Bing. Effects of long-term uses of chemical fertilizers on soil quality[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010(11):182-187. (in Chinese)
- [11] 周鑫鑫.设施农业肥料高投入对土壤环境次生盐碱化的影响研究[D].上海:东华大学,2013.
ZHOU Xin-xin. Impact of high input of fertilizers on soil secondary salinization in protected agriculture[D]. Shanghai: Donghua University, 2013. (in Chinese)
- [12] 魏欣.中国农业面源污染管控研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
WEI Xin. A novel framework for agricultural non-point source pollution management and control in China[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2014. (in Chinese)
- [13] 汪翔,张锋.中国农业化肥投入现状与地区差异性分析[J].江西农业学报,2011(12):169-173.
WANG Xiang, ZHANG Feng. Analysis on present situation and regional disparity of agricultural chemical fertilizer input in China[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2011(12):169-173. (in Chinese)
- [14] 李家康,林葆,梁国庆,等.对我国化肥使用前景的剖析[J].植物营养与肥料学报,2001(1):1-10.
LI Jia-kang, LIN Bao, LIANG Guo-qing, et al. Prospect of consumption of chemical fertilizer in China[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2001(1):1-10. (in Chinese)
- [15] 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,2015.
National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015. (in Chinese)
- [16] 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[M].北京:中国统计出版社,2015.
Price Division of National Development and Reform Commission. National agricultural products cost and income data assembly[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015. (in Chinese)
- [17] 朱兆良,金继运.保障我国粮食安全的肥料问题[J].植物营养与肥料学报,2013(2):259-273.
ZHU Zhao-liang, JIN Ji-yun. Fertilizer use and food security in China[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2013(2):259-273. (in Chinese)
- [18] 张锋.中国化肥投入的面源污染问题研究[D].南京:南京农业大学,2011.
ZHANG Feng. Study on the non-point pollution of the fertilizer input in China[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- [19] 仇焕广,栾昊,李瑾,等.风险规避对农户化肥过量施用行为的影响[J].中国农村经济,2014(3):85-96.
- [20] 耿仲钟,肖海峰.我国粮食播种面积的动态演变:1985—2013[J].华南理工大学学报(社会科学版),2016(2):9-16,34.
GENG Zhong-zhong, XIAO Hai-feng. The dynamic evolution of grain sown area in China: 1985—2013 [J]. *Journal of South China University of Technology (Social Science Edition)*, 2016(2):9-16, 34. (in Chinese)
- [21] 张卫峰,季玥秀,马骥,等.中国化肥消费需求影响因素及走势分析Ⅱ种植结构[J].资源科学,2008(1):31-36.
ZHANG Wei-feng, JI Yue-xiu, MA Ji, et al. Driving forces of fertilizer consumption in China (Ⅱ planting structure)[J]. *Resources Science*, 2008(1):31-36. (in Chinese)
- [22] 杨帆,孟远夺,姜义,等.2013年我国种植业化肥施用状况分析[J].植物营养与肥料学报,2015(1):217-225.
YANG Fan, MENG Yuan-duo, JIANG Yi, et al. Chemical fertilizer application and supply in crop farming in China in 2013 [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2015(1):217-225. (in Chinese)
- [23] 闫湘.我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
YAN Xiang. Study on present status of chemical fertilizer application and high efficient utilization of nutrition in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008. (in Chinese)
- [24] 朱兆良,David Norse,孙波.中国农业面源污染控制对策[M].北京:中国环境科学出版社,2006.
ZHU Zhao-liang, David Norse, SUN Bo. In policy for reducing non-point source pollution from crop production in China[M]. Beijing: China Environmental Sciences Press, 2006. (in Chinese)
- [25] 朱兆良,文启孝.中国土壤氮素[M].南京:江苏科学技术出版社,1992.
ZHU Zhao-liang, WEN Qi-xiao. Nitrogen in soil of China[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1992. (in Chinese)
- [26] 程序,曾晓光,王尔大.可持续农业导论[M].北京:中国农业出版社,1997.
CHENG Xu, ZENG Xiao-guang, WANG Er-da. Introduction to sustainable agriculture[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997. (in Chinese)
- [27] 李芳,冯淑仪,曲福田.发达国家化肥减量政策的适用性分析及启示[J].农业资源与环境学报,2017(1):15-23.
LI Fang, FENG Shu-yi, QU Fu-tian. Fertilizer reduction policies in developed countries: Suitability and implications[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017(1):15-23. (in Chinese)