

## 2014—2016 年我国种植业化肥施用状况及问题

徐洋<sup>1</sup>, 杨帆<sup>2\*</sup>, 张卫峰<sup>3</sup>, 孟远夺<sup>1</sup>, 姜义<sup>4</sup>

(1 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2 农业农村部耕地质量监测保护中心, 北京 100125;  
3 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 4 扬州市耕地质量保护站, 江苏扬州 225101)

**摘要:**【目的】种植业化肥施用量的变化不仅影响着我国化肥的供销平衡, 还与环境安全密切相关。掌握种植业化肥施用状况是贯彻新发展理念, 推进农业供给侧结构性改革的重要前提保障。【方法】本研究利用农业农村部 339 个国家级基层肥料信息网点调查数据, 计算 2014—2016 年我国种植业化肥施用总量, 并对主要农作物和不同区域化肥施用量和化肥施用品种分别进行统计分析。【结果】2014—2016 年我国种植业化肥施用量分别为 5989.7 万 t、6052.6 万 t 和 6041.4 万 t, 其中三大粮食作物小麦、玉米、水稻年均化肥施用总量分别为 728.3 万 t、1214.2 万 t 和 887.1 万 t, 合计占到化肥施用总量的 46.9%, 华北、华中南和华东三个区域年均化肥施用总量分别为 1603.1 万 t、1156.8 万 t 和 978.7 万 t, 合计占到化肥施用总量的 62.0%, 复合(混)肥和尿素是农民最常购买的两种肥料, 年均购买比例分别为 76.8% 和 65.1%。【结论】我国种植业化肥施用量在 2016 年首次实现了零增长, 化肥减量工作取得重要进展, 但区域养分供应不平衡现象突出, 主要表现为华北、华中南养分盈余较大, 西南、西北养分供应不足。不同作物体系也存在施肥不平衡的问题, 小麦、水稻基本合理, 玉米和花生投入过量, 甘蔗和棉花投入不足。建议国家加大力度推进测土配方施肥、机械施肥、有机肥替代化肥等高效施肥模式, 促进化肥减量增效, 助力乡村振兴战略实施。

**关键词:** 化肥; 种植业; 施用状况

## Status and problems of chemical fertilizer application in crop plantations of China from 2014 to 2016

XU Yang<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>2\*</sup>, ZHANG Wei-feng<sup>3</sup>, MENG Yuan-duo<sup>1</sup>, JIANG Yi<sup>4</sup>

(1 National Agricultural Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 2 Cultivated Land Quality Monitoring and Protection Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 3 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 4 Yangzhou Station of Farmland Quality Protection, Yangzhou, Jiangsu 225101, China)

**Abstract:** 【Objectives】Crop farming consumes the largest fertilizers in china. Variation in chemical fertilizer input will cause the vibration of the balance supplies and efficiencies of agricultural industry. Clarifying the status of fertilizer application in crop farming is the premise of implementing new development concept and promoting structural reform of the agricultural supply side. 【Methods】In this paper, we used data collected from the state owned 339 retailers all over the country to calculate total amounts of fertilizers for planting crops in China from 2014 to 2016, analyzed changes in the main crops and different areas of chemical fertilizer application and fertilizer varieties over the past three years. 【Results】The total chemical fertilizer amounts were  $5989.7 \times 10^4$  tons,  $6052.6 \times 10^4$  tons and  $6041.4 \times 10^4$  tons in crop farming from 2014 to 2016. Among them, the average annual application amounts of chemical fertilizers for wheat, corn and rice were  $728.3 \times 10^4$  tons,  $1214.2 \times 10^4$  tons and  $887.1 \times 10^4$  tons respectively, accounting for 46.9% of the total fertilizer application. The average annual application amounts of chemical fertilizers in the North China area, the Central and South China area and the East China area was  $1603.1 \times 10^4$  tons,  $1156.8 \times 10^4$  tons and  $978.7 \times 10^4$  tons respectively, accounting for 62.0% of the

收稿日期: 2018-03-05 接受日期: 2018-05-16

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201303)资助。

联系方式: 徐洋 E-mail: xuyang2014@agri.gov.cn; \* 通信作者 杨帆 E-mail: yangfan@agri.gov.cn

total fertilizer application. Farmers preferred to purchase compound fertilizers and urea, the average annual purchase ratios were 76.8% and 65.1%, respectively. **【 Conclusions 】** For the first time in China, the amount of planting fertilizer application has achieved zero growth in 2016, and fertilizer reduction has made important progress, however, imbalanced fertilization still existed in different regions. There were large surpluses in the North China and the Central and South China, and insufficient in the Southwest and Northwest China. In addition, different crop systems also had problems with unbalanced fertilization, as surpluses in corn and peanuts and insufficient in sugar cane and cotton. We suggest to implement soil test based fertilization, mechanical fertilization and organic fertilizer alternative fertilizers, promote the reduction and efficiency increase of chemical fertilizers and help build a beautiful China. .

**Key words:** chemical fertilizer; crop farming; application status

“庄稼一枝花，全靠肥当家”，化肥作为粮食的“粮食”对于农作物单产的贡献是不可替代的，新中国成立至今的 70 余年间，化肥施用在保障粮食安全、推动经济发展、维护社会稳定等方面发挥了巨大作用<sup>[1]</sup>。当前，我国农业发展已进入新的历史阶段，推进农业增绿已经成为全社会的共识，这就需要强化投入品绿色管控，突出化肥减量增效，减轻农业面源污染。

摸清我国施肥现状是从宏观层面研究养分平衡应用、开展资源环境评估、制定肥料管理政策的基础，也是促进化肥产业结构调整、实现科学施肥的关键。目前，我国农用化肥施用量统计数据大多引用国家统计局的数据，但该数据包含单质肥和复合肥两大部分，复合肥中氮、磷、钾的比例难以区分，而分散的地域数据又很难反映全国的情况，因此大样本量的调研数据对于分析我国化肥施用现状意义重大。

王艳语等<sup>[2]</sup>根据 FAO 统计数据，研究了 2014 年世界各国化肥用量情况，发现我国单位耕地面积施肥量高居世界第二。易小燕等<sup>[3]</sup>利用《中国统计年鉴》数据，研究发现我国化肥施用量（折纯量）从 1990 年的  $2.59 \times 10^7$  t 上升到 2015 年的  $6.02 \times 10^7$  t，年均增长率为 3.3%。辛良杰等<sup>[4]</sup>基于地市级化肥施用量等数据，利用空间自相关及冷热点等分析方法，研究了 2000—2010 年我国农业化肥施用的时空演变格局，结果表明我国化肥施用量增加较快，增加区域广。本研究小组曾研究过 2013 年我国种植业化肥施用量和农户购肥等情况<sup>[5]</sup>，然而自 2015 年原农业部启动化肥使用量零增长行动以来，我国化肥用量发生较大变化，本研究以基层肥料零售网点农户调查数据为基础，结合中国统计年鉴等数据，分作物、分区域研究了 2014—2016 年我国化肥施用变化情况，并进一步探究了原因，以期为加快转变农业发展方式和推动农业绿色发展提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究施肥、购肥数据来源于 2014—2016 年农业农村部 339 个国家基层肥料零售网点（图 1）的调查统计，零售网点分布在全国 30 个省、自治区、直辖市和黑龙江农垦总局，播种面积数据来源于《中国统计年鉴》<sup>[6-8]</sup>。

国家级基层肥料零售网点调查采取问卷调查的方式，对农户的基本信息和受调查农户当期所种作物的化肥施用量等施肥情况进行调查，每个国家级基层肥料信息网点在每个用肥季随机调查 30 个在该门市购肥的农户，其中春耕季调查在 5 月 5 日前完成，夏播季调查在 9 月 5 日前完成，秋冬种季调查在 11 月 5 日前完成。调查数据通过门市肥料采集上报系统 (<http://menshi.chinafarmland.com.cn>) 填报，经省级土肥站审核后提交到国家级肥料零售网点数据库。

### 1.2 数据筛选

调查数据采取两级审核的方式，先由省级土肥部门对辖区内的调查数据进行初审，再由全国农技中心土壤肥料技术处对上报数据进行二次审核。

2014 年共收到调查问卷 24615 份，其中有效问卷 22886 份，占总数的 93.0%，春耕、夏播、秋冬种三个时期分别收到问卷 9549 份、7531 份和 7535 份，其中有效问卷为 9354 份、6925 份和 6607 份，分别占调查问卷总数的 98.0%、92.0% 和 87.7%。

2015 年共收到调查问卷 23980 份，其中有效问卷 23081 份，占调查问卷总数的 96.3%，春耕、夏播、秋冬种三个时期分别收到问卷 9536 份、7615 份和 6829 份，其中有效问卷为 9437 份、7165 份和 6479 份，分别占调查问卷总数的 99.0%、94.1% 和 94.9%。



图 1 339 个农业农村部国家级基层肥料零售网点分布

Fig. 1 Distribution of 339 national fertilizer retailers of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

2016 年共收到调查问卷 21240 份, 其中有效问卷 20564 份, 占调查问卷总数的 96.8%, 春耕、夏播、秋冬种三个时期分别收到问卷 8545 份、6991 份和 5704 份, 其中有效问卷为 8446 份、6644 份和 5474 份, 分别占调查问卷总数的 98.8%、95.0% 和 96.0%。

### 1.3 数据划分

种植制度和气候条件是影响农户施肥的重要因素, 为研究不同区域农户施肥情况, 将全国划分为六个区域, 分别为东北(黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古), 华北(北京、天津、河北、山西、山东、河南), 西北(陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆), 西南(重庆、四川、贵州、云南), 华东(上海、江苏、安徽、福建、江西)和华中南(湖北、湖南、广东、广西、海南)。

一年中的不同时期, 农户的购肥选择不同, 根据我国农业生产习惯, 将一年分为 3 个时期, 1—5 月份为春耕时期、6—8 月份为夏播时期、9—12 月份为秋冬种时期<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据统计

2014—2016 年度调查数据为国家级各基层肥料零售网点农户调查数据, 数据总量 66531 个, 各省

份作物单位面积化肥施用量为该省每个受调查农户单位面积化肥施用量的算数平均值, 作物单位面积化肥施用量以各省单位面积化肥施用量为基础, 以播种面积为权重加权平均后得出。

## 2 结果与分析

### 2.1 2014—2016 年我国化肥总体施用情况

总体来看, 2014—2016 年我国种植业化肥施用量分别为 5989.7 万 t、6052.6 万 t 和 6041.4 万 t (见表 1), 化肥施用量先增加后降低。其中氮肥用量基本保持稳定, 磷肥用量先增后减, 钾肥用量略有增加。

表 1 2014—2016 年我国种植业化肥施用量 ( $\times 10^4$  t)  
Table 1 Fertilizer application rates in crop farming of China from 2014 to 2016

年份 Year	氮肥 N	磷肥 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	钾肥 K <sub>2</sub> O	合计 Total
2014	2992.4	1571.1	1426.2	5989.7
2015	2989.5	1631.4	1431.8	6052.6
2016	2983.2	1603.8	1454.4	6041.4

## 2.2 主要农作物化肥施用情况

从单位面积化肥施用量 (表 2) 来看, 甘蔗年均化肥施用量最高, 达到 570.2 kg/hm<sup>2</sup>, 其次是果树和蔬菜, 分别为 564.1 kg/hm<sup>2</sup>和 496.0 kg/hm<sup>2</sup>, 受经济

效益的驱使, 我国水果和蔬菜单位面积化肥施用量长期处于较高的水平。粮食作物小麦、玉米、水稻单位面积年均化肥施用量分别为 300.2、325.6 和 293.5 kg/hm<sup>2</sup>, 其中小麦、水稻单位面积化肥施用量

表 2 主要农作物化肥单位面积施用量和年施用总量  
Table 2 Amounts of fertilizer application in the main crops of China

作物 Crop	年份 Year	样本数 Sample number	单位面积施用量 Fertilizer application rate (kg/hm <sup>2</sup> )				年施用量 Annual application rate of fertilizer (× 10 <sup>4</sup> t)			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	合计 Total	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	合计 Total
小麦 Wheat	2014	5039	169.8	90.2	48.1	308.2	408.8	217.2	115.8	741.8
	2015	4729	157.6	77.7	43.2	278.4	388.5	189.5	106.0	684.0
	2016	4508	185.4	82.8	45.7	313.9	448.5	200.2	110.6	759.3
玉米 Corn	2014	4825	196.9	80.2	55.0	332.0	730.9	297.3	204.3	1232.4
	2015	4891	186.7	77.3	53.7	317.6	711.6	294.2	204.8	1210.6
	2016	4302	188.6	80.2	58.3	327.0	693.3	292.2	214.2	1199.8
水稻 Rice	2014	4693	152.6	50.9	72.0	275.5	462.6	154.2	218.4	835.2
	2015	4920	161.7	57.6	74.0	293.2	488.3	173.9	223.4	885.6
	2016	4089	161.9	61.1	88.7	311.7	488.5	184.4	267.7	940.6
棉花 Cotton	2014	556	200.7	92.0	60.9	353.5	84.7	38.8	25.7	149.3
	2015	431	204.1	91.9	68.3	364.3	77.5	34.9	25.9	138.3
	2016	314	200.4	90.3	67.0	357.6	67.0	30.2	22.4	119.6
马铃薯 Potato	2014	543	147.6	102.8	114.8	365.2	132.0	91.9	102.7	326.5
	2015	543	169.7	112.2	108.3	390.2	150.0	99.2	95.7	344.9
	2016	455	136.3	89.6	84.3	310.2	121.9	80.1	75.4	277.3
油菜 Rape	2014	1437	107.4	44.1	39.4	190.9	81.4	33.4	29.9	144.6
	2015	1251	97.9	46.9	41.9	186.7	73.7	35.3	31.6	140.7
	2016	1089	99.6	42.0	31.6	173.2	73.0	30.8	23.2	127.0
花生 Peanut	2014	363	112.7	94.7	87.6	295.0	51.9	43.6	40.3	135.8
	2015	438	140.2	132.0	123.5	395.7	53.3	50.2	47.0	150.5
	2016	463	121.3	100.2	96.1	317.6	57.3	47.4	45.4	150.1
大豆 Soybean	2014	206	50.7	56.7	25.5	132.9	46.5	52.1	23.4	122.0
	2015	184	56.9	55.1	30.9	143.0	50.4	48.9	27.4	126.8
	2016	149	70.9	75.1	51.1	197.0	68.9	73.0	48.9	190.9
甘蔗 Sugar cane	2014	40	317.1	150.4	242.0	709.4	55.8	26.5	42.6	124.9
	2015	109	212.0	106.5	126.5	445.0	33.9	17.0	20.2	71.2
	2016	108	271.0	118.5	166.7	556.3	41.4	18.1	25.5	84.9
烟草 Tobacco	2014	18	109.2	112.5	202.2	423.9	16.0	16.5	29.6	62.0
	2015	38	56.7	44.8	111.5	213.0	7.5	5.9	14.6	28.0
	2016	21	38.2	32.1	65.2	135.5	4.9	4.1	8.3	17.3
果树 Fruit	2014	1128	228.5	155.3	136.7	520.5	300.0	203.9	179.4	683.3
	2015	1286	260.4	180.1	161.3	601.7	333.7	230.8	206.7	771.2
	2016	1128	249.2	165.4	155.5	570.1	323.5	214.7	201.8	740.0
蔬菜 Vegetables	2014	2130	219.7	138.3	154.1	512.1	470.2	296.1	329.8	1096.2
	2015	2136	205.6	151.4	153.5	510.6	452.4	333.2	337.8	1123.4
	2016	2189	188.2	137.7	139.3	465.2	420.2	307.5	310.9	1038.6
其他 Others	2014	1832	157.9	103.9	87.8	349.6	151.6	99.9	84.3	355.9
	2015	2111	166.1	116.7	89.3	372.1	168.5	118.4	90.7	377.6
	2016	1744	161.4	111.8	92.4	365.7	174.8	121.1	100.0	396.0

注 (Note): 其他作物包括谷子、高粱、大麦、绿豆、红小豆等谷物以及各种麻类、药材等 Others included millet, sorghum, barley, green beans, red beans, hemp, medicinal material, etc.

有所增加, 玉米单位面积化肥施用量略有降低。

从主要农作物化肥施用总量(表2)来看, 三大粮食作物小麦、玉米、水稻年均化肥施用总量分别为728.3万t、1214.2万t和887.1万t, 合计用量2829.7万t, 占到种植业化肥施用总量的46.9%, 氮、磷、钾肥用量分别占种植业氮肥、磷肥、钾肥用量的53.8%、41.7%和38.6%, 可见在“保供给”的政策需求下, 粮食作物的化肥施用依然是化肥最主要的去向。需要引起注意的是, 受国家结构性调整政策的影响, 玉米化肥施用总量已经出现下降, 小麦和水稻化肥施用总量依然保持稳中有升的态势。果树年均化肥施用总量731.5万t, 占到化肥施用总量的12.1%, 氮、磷、钾肥用量分别占种植业氮肥、磷肥、钾肥施用量的10.7%、13.5%和13.6%; 蔬菜年均化肥施用总量1086.0万t, 占到化肥施用总量的18.0%, 氮、磷、钾肥用量分别占种植业氮肥、磷肥、钾肥施用量的15.0%、19.5%和22.7%。

### 2.3 区域化肥施用情况

受种植制度、气候条件、施肥习惯、经济水平等因素的影响, 不同区域化肥施用量差异较大。表3表明, 华北、华中南和华东三个区域年均化肥施用总量较大, 分别达到1603.1万t、1156.8万t和978.7万t, 占到种植业化肥施用总量的62.0%。华北、华中南、华东三个区域氮肥、磷肥、钾肥总用量分别为1809.7万t、969.5万t和959.5万t, 分别占全国氮肥、磷肥、钾肥总用量的60.6%、60.5%、62.0%。三年来, 华东、东北、华北三个区域化肥施用总量有所增加, 分别增加了92.7万t、63.5万t和62.4万t, 华中南、西北、西南三个区域有所减少, 分别减少了96.7万t、37.0万t和33.2万t。西北、华中南、华东三个区域年均单位面积化肥施用量较高, 分别达到450.2、407.0和360.8 kg/hm<sup>2</sup>。西北地区主要受陕西、新疆等地特色经济作物化肥用量较高影响, 施肥强度较大; 华中南、华东地区经济较

表3 我国不同区域化肥施用量和单位面积施用量

Table 3 Amounts of fertilizer application in different regions of China

区域 Region	年份 Year	播种面积( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) Sown area	氮肥 N ( $\times 10^4$ t)	磷肥 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( $\times 10^4$ t)	钾肥 K <sub>2</sub> O ( $\times 10^4$ t)	合计 Total ( $\times 10^4$ t)	单位面积用量 (kg/hm <sup>2</sup> ) Application rate
东北 Northeast	2014	2200.5	354.4	188.3	170.0	712.7	323.9
	2015	2219.3	365.3	195.2	189.0	749.4	337.7
	2016	2216.7	366.6	213.3	196.4	776.3	350.2
华北 North China	2014	4594.4	821.9	448.2	334.8	1604.9	349.3
	2015	4617.0	745.4	448.0	343.5	1537.0	332.9
	2016	4643.5	819.5	466.3	381.5	1667.3	359.1
华东 East China	2014	2713.1	477.9	204.3	245.4	927.7	341.9
	2015	2723.7	530.5	212.3	245.5	988.2	362.8
	2016	2702.8	508.0	233.9	278.5	1020.4	377.5
华中南 Central and South China	2014	2841.1	543.6	291.2	377.3	1212.0	426.6
	2015	2843.4	492.8	312.7	337.6	1143.1	402.0
	2016	2843.6	489.3	291.7	334.4	1115.4	392.2
西南 Southwest	2014	2617.1	430.6	199.3	198.5	828.4	316.5
	2015	2624.6	435.2	209.5	195.5	840.1	320.1
	2016	2634.9	439.3	187.7	168.2	795.2	301.8
西北 Northwest	2014	1578.4	364.0	239.8	100.1	703.9	445.9
	2015	1609.4	420.3	253.7	120.7	794.7	493.8
	2016	1623.5	360.6	211.0	95.4	666.9	410.8
合计 Total	2014	16544.6	2992.4	1571.1	1426.2	5989.7	362.0
	2015	16637.4	2989.5	1631.4	1431.8	6052.6	363.8
	2016	16664.9	2983.2	1603.8	1454.4	6041.4	362.5



为发达, 农户施肥量较大。从三年的变化量上来看, 华东、东北、华北三个区域单位面积化肥施用量增加, 分别增加了 35.6、26.3 和 9.7 kg/hm<sup>2</sup>, 西北、华中南、西南三个区域单位面积化肥施用量减少, 分别减少了 35.2、34.4 和 14.7 kg/hm<sup>2</sup>。东北地区, 随着经济的发展, 化肥投入量逐渐增加; 华东、华北两个区域农户越来越重视农作物品质的提升, 磷肥、钾肥用量增加带动单位面积化肥用量的增长; 华中南地区主要受小农户农业生产对家庭总收入的贡献率下降影响, 化肥投入积极性下降; 西北、西南区域可能与恶劣的生态环境导致的较低的肥料利用率与农产品产出有关<sup>[4]</sup>。

## 2.4 农民购肥情况

2.4.1 分品种购买情况 复合(混)肥和尿素是农民最常购买的两种肥料(表 4), 在所调查的农户中, 年均分别有 76.8% 和 65.1% 的农户购买了复合(混)肥和尿素; 其次是普钙、磷酸二铵和氯化钾, 分别有 15.3%、12.5% 和 11.2% 的农户购买。从三年的变化来看, 复合(混)肥购买比例稳步增加, 由 2014 年的 73.4% 提升至 2016 年的 79.6%, 提高 6.2 个百分点, 其他肥料品种购买比例均有所下降, 从中可以看出, 科学施肥技术正逐步被农户接受, 养分平衡被更多地落实到田间地头。

从复合(混)肥配合式(表 5)来看, 配方 15-15-15、16-16-16 和 17-17-17 占据了购买的前三名, 2014—2016 年三者合计购买比例分别为 36.2%、38.8% 和 38.6%, 可见通用型配方仍占据复合(混)肥配中较大的比例。除此之外, 氮磷钾总养分含量大于等于 40% 的高浓度复合(混)肥也是农户选择较多的种类, 三年来, 在排名前十的配方中分别占据了 7 种、7 种和 8 种。

2.4.2 分季节购买情况 对于不同的肥料品种, 农民在选购时有明显的季节性(表 6)。春耕时期购肥主要用于春播作物底肥、越冬作物追肥和春播作物追肥, 夏播时期购肥主要用于作物追肥, 而秋冬购肥主要用于越冬作物底肥, 这三个阶段农民购买比例最高的是复合(混)肥和尿素, 年均比例分别为 72.2% 和 67.0%, 78.2% 和 73.1%, 82.1% 和 53.4%。另外, 春耕时期, 磷酸二铵、硫酸钾和磷酸铵的购买比例在全年中最高, 年均分别为 18.9%、8.0% 和 1.0%。夏播时期, 尿素、氯化钾和碳酸氢铵的购买比例在全年中最高, 年均分别为 73.1%、13.2% 和 10.4%。秋冬种时期, 复合(混)肥和普钙的购买比例在全年中最高, 年均分别 82.1% 和 17.1%。从三年的

表 4 2014—2016 年农户各主要肥料品种的购买比例  
Table 4 Percentages of farmers purchasing the main fertilizers during 2014—2016

肥料 Fertilizer	年份 Year	样本数 Sample number	所占比例 (%) Percentage
尿素 Urea	2014	15267	62.0
	2015	15176	63.3
	2016	12909	60.8
碳酸氢铵 Ammonium bicarbonate	2014	2348	9.5
	2015	2307	9.6
	2016	1931	9.1
氯化铵 Ammonia chloride	2014	31	0.1
	2015	55	0.2
	2016	35	0.2
硫酸铵 Ammonia sulfate	2014	202	0.8
	2015	166	0.7
	2016	162	0.8
磷酸二铵 Diammonium phosphate	2014	3171	12.9
	2015	3098	12.9
	2016	2107	9.9
普钙 Superphosphate	2014	3883	15.8
	2015	3505	14.6
	2016	2855	13.4
氯化钾 Muriate of potash	2014	2893	11.8
	2015	2676	11.2
	2016	1949	9.2
硫酸钾 Potassium sulfate	2014	1515	6.2
	2015	1516	6.3
	2016	1129	5.3
复合(混)肥 Compound (mixed) fertilizer	2014	16796	68.2
	2015	17887	74.6
	2016	16377	77.1

变化来看, 复合(混)肥在春耕、夏播和秋冬种三个时期购买比例分别增加为 8.4%、6.7% 和 3.0%, 尿素在三个时期的购买比例分别减少了 6.1%、5.8% 和 0.2%, 再次证明越来越多的农户接受了养分平衡施用建议。

2.4.3 分区域购买情况 复合(混)肥和尿素也是各区域农民普遍购买的肥料品种(表 7), 在东北、华北、华东、华中南、西南和西北六个区域, 复合(混)肥的年均购买比例分别为 83.2%、75.6%、

表 5 2014—2016 年农民购买前 10 位的复合 (混) 肥料配方及其在总购买量中占的比例

Table 5 Top 10 compound (mixed) fertilizer formulas purchased by farmers and their percentages in total compound fertilizers from 2014 to 2016

序号 Code	2014			2015			2016		
	养分配方 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	n	占比 (%) Percentage	养分配方 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	n	占比 (%) Percentage	养分配方 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	n	占比 (%) Percentage
1	15-15-15	4606	29.0	15-15-15	6020	31.6	15-15-15	5503	31.3
2	16-16-16	730	4.6	16-16-16	785	4.1	17-17-17	653	3.7
3	17-17-17	411	2.6	17-17-17	596	3.1	16-16-16	637	3.6
4	13-5-7	397	2.5	13-5-7	465	2.4	13-5-7	429	2.4
5	20-10-10	311	2.0	20-10-15	421	2.2	20-10-10	303	1.7
6	15-5-5	310	2.0	20-10-10	303	1.6	28-6-6	240	1.4
7	20-15-5	258	1.6	25-15-5	293	1.5	15-5-5	202	1.1
8	20-10-15	245	1.5	12-5-8	283	1.5	22-8-10	201	1.1
9	20-15-10	215	1.4	18-18-18	283	1.5	18-18-18	200	1.1
10	12-5-8	202	1.3	15-5-5	236	1.2	20-10-15	186	1.1

注 (Note): n—农户样本数 Household number surveyed.

82.6%、86.9%、78.0% 和 48.9%，除西北未超过五成外，其他区域购买比例均在七成以上，尿素年均购买比例分别为 58.4%、54.5%、77.8%、72.1%、64.5% 和 63.0%，各区域购买比例均在五成以上。此外，磷酸二铵在西北和东北等北方地区购买比例较高，分别为 49.4% 和 40.1%，普钙在华中南、西南、华东等南方地区购买比例较高，分别为 28.6%、26.8% 和 18.0%，氯化钾在华中南和华东购买比例较高，分别为 32.7% 和 18.0%，硫酸钾在西北和东北购买比例较高，分别为 16.4% 和 14.4%。从三年的变化来看，复合 (混) 肥在华东购买比例保持稳定，其他区域均有所增加，特别是在华北和东北地区分别增加了 11.4% 和 11.2%，尿素除在西北增加 14.4% 外，其他区域均有所减少，最多的华中南购买比例减少了 13.3%，这也反映出，提高西北地区农户科学施肥技术水平是今后减肥增效工作的重点。

### 3 讨论

从 1985 年到 2013 年，我国农用化肥施用量增长了 2.3 倍，年均增长率为 4.4%。这主要是由于自上世纪 80 年代以来，我国人口持续增长，为了保障粮食和农产品的供应，化肥生产和投入逐年增加<sup>[10]</sup>。2014—2016 年我国种植业化肥施用量分别为 5989.7 万 t、6052.6 万 t 和 6041.4 万 t，在 2016 年首次实现了零增长。这主要得益于我国在加快转变农

业发展方式方面的一系列重大举措，如原农业部启动的“到 2020 年化肥使用量零增长行动”，调减非优势区玉米种植以及推广有机肥替代化肥等。同时，测土配方施肥项目实施十余年来，我国在量化施肥方面取得明显进展，技术覆盖率、技术到位率、技术贡献率分别达到 68%、39% 和 32%，农民的施肥观念和知识水平得到了改善，化肥的增产增收作用得到了提升<sup>[11]</sup>。然而我们也应清醒地认识到，与世界主要农业国家相比，我国化肥的施用强度依然偏高<sup>[12]</sup>，推进化肥的减量增效仍是下一步工作的重点。

主要农作物化肥施用方面，粮食作物的化肥施用量依然最大，2014—2016 年均占比 46.9%，但较 1998 年的 60.0% 已经下降了十三个百分点<sup>[10]</sup>。果树和蔬菜是我国种植业化肥施用的另一个重要去向，张卫峰<sup>[12]</sup>等认为果树和蔬菜化肥用量占农作物总化肥用量的 30% 左右，本研究发现 2014—2016 年果树年均化肥施用量占农作物化肥施用总量的 12.1%，蔬菜年均化肥施用量占农作物化肥施用总量的 18.0%，与其结果相近。我国经济作物化肥施用量总体偏高，与实际产量下的专家推荐量相比，氮肥和磷肥过量现象较为严重<sup>[13]</sup>。

不同区域化肥施用量差异很大，按照 2014—2016 年均化肥施用量大小排序，6 个区域依次为华北、华中南、华东、西南、东北和西北，这虽然与区域内省份数量有关，但总体上来看东部经济发达地区化肥施用量高于中西部地区，这与汪翔<sup>[14]</sup>等的

表 6 不同季节农民购买肥料品种所占的百分数  
Table 6 Percentages of fertilizers bought by farmers in different seasons

肥料种类 Fertilizer	年份 Year	春耕 Spring		夏播 Summer		秋冬种 Autumn and winter	
		<i>n</i>	占比 (%) Percentage	<i>n</i>	占比 (%) Percentage	<i>n</i>	占比 (%) Percentage
尿素 Urea	2014	6441	68.9	5242	75.7	3584	54.2
	2015	6544	69.3	5279	73.7	3353	51.8
	2016	5303	62.8	4645	69.9	2961	54.1
碳酸氢铵 Ammonium bicarbonate	2014	974	10.4	739	10.7	635	9.6
	2015	994	10.5	754	10.5	559	8.6
	2016	777	9.2	664	10.0	490	9.0
氯化铵 Ammonia chloride	2014	15	0.2	14	0.2	2	0.0
	2015	11	0.1	10	0.1	34	0.5
	2016	26	0.3	5	0.1	4	0.1
硫酸铵 Ammonia sulfate	2014	99	1.1	64	0.9	39	0.6
	2015	92	1.0	51	0.7	23	0.4
	2016	92	1.1	61	0.9	9	0.2
磷酸二铵 Diammonium phosphate	2014	1976	21.1	529	7.6	666	10.1
	2015	1934	20.5	530	7.4	634	9.8
	2016	1269	15.0	419	6.3	419	7.7
普钙 Superphosphate	2014	1651	17.7	938	13.5	1294	19.6
	2015	1619	17.2	893	12.5	993	15.3
	2016	1241	14.7	720	10.8	894	16.3
氯化钾 Muriate of potash	2014	1208	12.9	994	14.4	691	10.5
	2015	1070	11.3	968	13.5	638	9.8
	2016	695	8.2	780	11.7	474	8.7
硫酸钾 Potassium sulfate	2014	812	8.7	355	5.1	348	5.3
	2015	825	8.7	384	5.4	307	4.7
	2016	553	6.5	317	4.8	259	4.7
复合(混)肥 Compound (mixed) fertilizer	2014	6337	67.7	5125	74.0	5334	80.7
	2015	6867	72.8	5715	79.8	5305	81.9
	2016	6433	76.2	5363	80.7	4581	83.7

注 (Note): *n*—农户样本数 Household number surveyed.

研究相似。同时, 种植作物的差异也是影响区域化肥施用量的重要因素, 种植蔬菜、果树较多的华北和华中南地区, 化肥施用量明显较高。我国化肥资源的配置效率在各区域间存在差异, 如果以农作物生产为目标, 应适当增加西北和西南地区的化肥投入<sup>[15]</sup>, 但若考虑环境污染, 结果恰好相反, 中西部地区需要减少化肥用量<sup>[16]</sup>。

从农民购肥情况来看, 复合(混)肥和尿素最受

农户青睐, 2014—2016 年均购买比例分别为 76.8% 和 65.1%。分时期来看, 夏播时期主要是追肥, 尿素购肥比例全年最高, 达到 73.1%, 秋冬种时期主要是底肥, 复合(混)肥比例全年最高, 达到 82.1%, 春耕时期既有底肥也有追肥, 比例介于二者之间。张卫峰等<sup>[17]</sup>认为肥料品种的选择与施肥方式密切相关, 尿素与复合肥是我国化肥投入的主导品种。杨帆等<sup>[15]</sup>研究发现, 2013 年复混肥料和尿素是农民最常购买



表 7 不同地区农民购买各肥料品种在所调查户数中的比重  
 Table 7 Percentages of farmers in the total surveyed household purchasing fertilizers in different regions of China

区域 Region	年份 Year	尿素 Urea		碳酸氢铵 Ammonium bicarbonate		氯化铵 Ammonia chloride		硫酸铵 Ammonia sulfate		磷酸二铵 Diammonium phosphate		普钙 Superphosphate		氯化钾 Muriate of potash		硫酸钾 Potassium sulfate		复合(混)肥 Compound (mixed) fertilizer	
		n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage	n	占比 (%) Percentage
东北 Northeast	2014	675	57.5	24	2.0	5	0.4	54	4.6	473	40.3	50	4.3	123	10.5	192	16.4	898	76.6
	2015	725	62.9	11	1.0	0	0.0	41	3.6	446	38.7	36	3.1	145	12.6	182	15.8	983	85.3
	2016	508	54.7	4	0.4	3	0.3	68	7.3	383	41.3	15	1.6	78	8.4	101	10.9	814	87.7
华北 North China	2014	3870	56.7	218	3.2	11	0.2	122	1.8	1088	15.9	367	5.4	166	2.4	276	4.0	4705	68.9
	2015	3570	55.3	110	1.7	11	0.2	81	1.3	1132	17.5	218	3.4	105	1.6	298	4.6	5011	77.7
	2016	3102	51.5	36	0.6	21	0.3	48	0.8	737	12.2	103	1.7	66	1.1	232	3.9	4835	80.3
华东 East China	2014	3855	80.5	725	15.1	14	0.3	5	0.1	51	1.1	814	17.0	895	18.7	167	3.5	3968	82.9
	2015	3610	78.1	667	14.4	7	0.2	2	0.0	61	1.3	694	15.0	827	17.9	115	2.5	3795	82.1
	2016	2639	74.8	616	17.5	4	0.1	3	0.1	54	1.5	584	16.6	617	17.5	145	4.1	2922	82.8
华中南 Central and South China	2014	3165	79.6	586	14.7	0	0.0	6	0.2	27	0.7	1211	30.4	1545	38.8	152	3.8	3431	86.2
	2015	3068	70.4	726	16.6	3	0.1	16	0.4	17	0.4	1342	30.8	1409	32.3	143	3.3	3746	85.9
	2016	2732	66.3	557	13.5	2	0.0	0	0.0	3	0.1	1007	24.4	1107	26.9	119	2.9	3655	88.7
西南 Southwest	2014	2245	66.1	472	13.9	1	0.0	1	0.0	47	1.4	1154	34.0	117	3.4	245	7.2	2550	75.1
	2015	2401	62.6	455	11.9	33	0.9	6	0.2	43	1.1	908	23.7	84	2.2	266	6.9	2988	78.0
	2016	2440	64.7	393	10.4	5	0.1	15	0.4	25	0.7	857	22.7	65	1.7	266	7.1	3055	81.0
西北 Northwest	2014	1457	53.4	323	11.8	0	0.0	14	0.5	1485	54.5	287	10.5	47	1.7	483	17.7	1244	45.6
	2015	1802	67.7	338	12.7	1	0.0	20	0.8	1399	52.6	307	11.5	106	4.0	512	19.2	1364	51.2
	2016	1488	67.8	325	14.8	0	0.0	28	1.3	905	41.2	289	13.2	16	0.7	266	12.1	1096	50.0

注 (Note): n—农户样本数 Household number surveyed.

的两种化肥,春耕和夏播农民选用最多的是尿素,秋冬种为复合(混)肥料。本研究也有类似的结果,2014年依然是春耕、夏播选择尿素的更多,秋冬种选择复合(混)肥料的更多,但到了2015和2016年,复合(混)肥料全面超越尿素成为各个时期农户施肥的首选。

根据专家推荐用量<sup>[15]</sup>,在现有栽培技术、产量水平及有机肥投入条件下,如果要达到全面平衡施肥情况,氮肥用量还差273万t的投入,磷肥基本盈余平衡,钾肥则有70万t投入过剩。分作物来看,在不考虑有机肥投入的情况下,玉米和花生已经出现养分盈余,而甘蔗和棉花投入不足的问题则较为突出。分区域来看,相对于养分需求量,华北、华中南养分盈余较大,而西南、西北仍存在投入不足的问题。各类研究表明,测土配方施肥、机械施肥、有机肥替代化肥等高效施肥模式能够提高化肥的利用效率,降低环境风险<sup>[18-21]</sup>。建议国家围绕乡村振兴战略,深入贯彻新发展理念,集成化肥减量的高效技术模式,加快新肥料、新技术、新机具推广应用,促进化肥高效利用。

## 4 结论

1) 2014—2016年我国种植业化肥施用量分别为5989.7万t、6052.6万t和6041.4万t,2016年实现了总量零增长,单位面积化肥用量分别为362.0、363.8和362.5 kg/hm<sup>2</sup>。三年来,氮肥用量基本保持稳定,磷肥用量先上升后下降,钾肥用量略有增加。

2) 分作物来看,小麦、玉米、水稻年均化肥施用总量分别为728.3万t、1214.2万t和887.1万t,合计用量2829.7万t,占总用量的46.9%;果树年均化肥施用总量731.5万t,占总用量的12.1%;蔬菜年均化肥施用总量1086.0万t,占总用量的18.0%。

3) 分区域来看,华北、华中南和华东三个区域年均化肥施用总量较大,分别达到1603.1万t、1156.8万t和978.7万t,占总用量的62.0%。

4) 2014—2016年复合(混)肥和尿素是农民最常购买的两种肥料,年均分别有76.8%和65.1%的农户购买,复合(混)肥在除西北的区域外购买比例均超过七成,尿素在各区域外购买比例也都在五成以上。

## 参考文献:

[1] 张福锁. 科学认识化肥的作用[J]. *中国农技推广*, 2017, (1): 16-18.  
Zhang F S. Scientific understanding of the role of chemical

fertilizers[J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2017, (1): 16-18.

- [2] 王艳语, 苗俊艳. 世界及我国化肥施用水平分析[J]. *磷肥与复肥*, 2016, 4(31): 22-23.  
Wang Y Y, Miao J Y. Analysis of fertilizer application in World and China[J]. *Phosphate and Compound Fertilizer*, 2016, 4(31): 22-23.
- [3] 易小燕, 袁梦, 尹昌斌. 我国种植业化学品投入状况与转变路径研究[J]. *中国工程科学*, 2017, 19(4): 124-129.  
Yi X Y, Yuan M, Yin C B. Research on chemical investment status and transformation path in China's planting industry[J]. *Engineering Sciences*, 2017, 19(4): 124-129.
- [4] 辛良杰, 李秀彬, 谈明洪, 等. 2000—2010年我国农业化肥施用的时空演变格局[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(5): 21-27.  
Xin L J, Li X B, Tan M H, et al. Temporal and spatial evolution of agrochemical fertilizer application in China from 2000 to 2010[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2013, 18(5): 21-27.
- [5] 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, 21(1): 217-225.  
Yang F, Meng Y D, Jiang Y, et al. Chemical fertilizer application and supply in crop farming in China in 2013[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2015, 21(1): 217-225.
- [6] 中华人民共和国国家统计局. 2015年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. 432-461.  
National Bureau of Statistics of China. Chinese statistics yearbook in 2015[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015. 432-461.
- [7] 中华人民共和国国家统计局. 2016年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016. 426-455.  
National Bureau of Statistics of China. Chinese Statistics Yearbook in 2016[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016. 426-455.
- [8] 中华人民共和国国家统计局. 2017年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017. 419-448.  
National Bureau of Statistics of China. Chinese statistics yearbook in 2017[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017. 419-448.
- [9] 孟远夺, 许发辉, 杨帆, 等. 我国种植业化肥施用现状与节肥潜力分析[J]. *磷肥与复肥*, 2015, 9(30): 1-4.  
Meng Y D, Xu F H, Yang F, et al. Status of fertilizer application and potential of saving fertilizers in crops in China[J]. *Phosphate and Compound Fertilizer*, 2015, 9(30): 1-4.
- [10] 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, 4(34): 360-367.  
Hou M Y, Zhang L, Wang Z W, et al. Estimation of chemical fertilizers of main crops in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 4(34): 360-367.
- [11] 张卫峰, 易俊杰, 张福锁, 等. 中国肥料发展研究报告2016[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2017. 71-153.  
Zhang W F, Yi J J, Zhang F S, et al. Research report of China fertilizer development in 2016[M]. Beijing: China Agriculture University Press, 2017. 71-153.
- [12] 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, 30(1): 31-36.  
Zhang W F, Ji Y X, Ma J, et al. Driving forces of fertilizer consumption in China (II Planting Structure)[J]. *Resources Science*, 2008, 30(1): 31-36.

- [13] 徐洋, 辛景树. 经济作物科学施肥发展现状与对策[J]. *中国农技推广*, 2017, (5): 9–13.  
Xu Y, Xin J S. Status and countermeasures of scientific crop fertilization in economic crops[J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2017, (5): 9–13.
- [14] 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 Y, Zhang F. Analysis on present situation and regional disparity of agricultural chemical fertilizer input in China[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2011, (12): 169–173.
- [15] 李书田, 刘晓永, 何萍. 当前我国农业生产中的养分需求分析[J]. *植物营养与肥料学报*, 2017, 23(6): 1416–1432.  
Li S T, Liu X Y, He P. Analysis of nutrient demand in current agricultural production in China[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2017, 23(6): 1416–1432.
- [16] 张永强, 张晓飞, 周宁, 等. 我国化肥投入的区域优化配置研究—基于农业增产与环境保护视角[J]. *资源开发与市场*, 2017, (2): 169–173.  
Zhang Y Q, Zhang X F, Zhou N, *et al.* Study on regional optimal allocation of chemical fertilizer input in China--Based on the perspective of agricultural production and environmental protection[J]. *Resource Development and Market*, 2017, (2): 169–173.
- [17] 张卫峰, 张福锁. 中国肥料发展研究报告2012[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2013. 125–129.  
Zhang W F, Zhang F S. Research report of China fertilizer development in 2012[M]. Beijing: China Agriculture University Press, 2013. 125–129.
- [18] 孙钊. 测土配方施肥项目的发展现状与对策[J]. *现代农业科技*, 2009, (15): 290–291.  
Sun Z. Development status and countermeasures of soil testing and formula fertilization projects[J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2009, (15): 290–291.
- [19] 陈远鹏, 龙慧, 刘志杰. 我国施肥技术与施肥机械的研究现状及对策[J]. *农机化研究*, 2015, (5): 255–260.  
Chen Y P, Long H, Liu Z J. Research status and countermeasures of fertilization technology and fertilization machinery in China[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2015, (5): 255–260.
- [20] 李燕青, 唐继伟, 车升国, 等. 长期施用有机肥与化肥氮对华北夏玉米 $N_2O$ 和 $CO_2$ 排放的影响[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(21): 4381–4389.  
Li Y Q, Tang J W, Chen S G, *et al.* Effect of long-term application of organic fertilizer and chemical fertilizer nitrogen on  $N_2O$  and  $CO_2$  emissions from summer maize in North China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(21): 4381–4389.
- [21] 陈贵, 赵国华, 张红梅, 等. 长期施用有机肥对水稻产量和氮磷养分利用效率的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2017, (1): 92–97.  
Chen G, Zhao G H, Zhang H M, *et al.* Effects of long-term application of organic fertilizer on rice yield and nitrogen and phosphorus nutrient use efficiency[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2017, (1): 92–97.