

中国不同区域化肥资源利用特征与合理配置^{*}

林忠辉 陈同斌 周立祥

(中国科学院地理研究所农业生态与环境技术试验站 北京 100101)

摘 要 本文把中国分成东部、中部和西部地区 3 个区域,根据 1980—1995 年的农业统计资料分析了不同区域化肥施用变化特征及其与粮食生产的关系。计算了在现有施肥技术水平和施肥条件下,不同区域的化肥边际产量,并估算了边际产量为 0 时全国化肥总需求量和可能达到的粮食产量,分别为 $4\,649 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $62\,378 \times 10^4 \text{ t}$ 。比较了不同区域施用化肥的增产效果,在此基础上讨论了在区域间进行化肥资源合理配置的实践意义。

关键词 化肥资源 粮食生产 区域配置 中国

分类号 《中图法》 TQ444.5

CHARACTERISTICS OF THE APPLICATION OF CHEMICAL FERTILIZERS AND THEIR RATIONAL ALLOCATION IN CHINA

L IN Zhong-hui CHEN Tong-bin ZHOU Li-xiang

(Station for Agroecology and Environmental Technology, Institute of Geography, CAS, Beijing 100101)

Abstract This paper first examines fertilizer utilization in the three regions of China, namely, the 11 coastal provinces in the East, the 11 interior provinces in Central China, and the 8 remote border provinces in the West. Based on official statistical data covering 1980 to 1995, the characteristics of the application of chemical fertilizers in these regions are detailed, and the relationships between grain yield and the application of chemical fertilizer in different regions are also analysed. It then presents the ways for improving the efficiency of chemical fertilizers. The results are: 1) For the whole country, the regression equation between the total amount of the chemical fertilizers, X , and per unit area grain yield, Y , is:

$$Y = 1\,210.4 + 21.112X^2 - 0.025X^2 \quad R^2 = 0.712 \quad (1)$$

In the equation, when X was 86.7 kg/hm^2 in 1980, the marginal grain yield was 16.8 kg , and when X was 239.8 kg/hm^2 in 1995, the marginal grain yield was 9.1 kg . When $dy/dx = 0$, the total amount of fertilizers and potential grain yield are estimated as $0.46 \times 10^8 \text{ t}$ and $6.2 \times 10^8 \text{ t}$. compared with total grain yield in 1995, the potential grain yield can be increased by 28 per cent. 2) For the three regions, the regression equations between the total amount of chemical fertilizers, X , and per unit area grain yield, Y , are:

^{*} 国家“九五”科技攻关项目“农业资源高效利用与管理技术”96-013-01-03 专题阶段性成果。

$$Y = 1\,397.4 + 18.867X - 0.0200X^2 \quad R^2 = 0.616 \text{ for the East} \quad (2)$$

$$Y = 1\,445.7 + 24.32X - 0.0399X^2 \quad R^2 = 0.708 \text{ for the Central} \quad (3)$$

$$Y = 659.2 + 29.914X - 0.0969X^2 \quad R^2 = 0.757 \text{ for the West} \quad (4)$$

In equation(2) ,(3) and (4) ,the marginal grain yield was calculated. For the East Region ,the marginal grain yield was 13.8kg when X was 126.4 kg/ hm² in 1980 ,and it was 6.2 kg when X was 316.8 kg/ hm² in 1995. For Central Region ,the marginal garain yield was 21.45 kg when X was 72.8 kg/ hm² in 1980 ,and it was 6.7 kg when X was 220.5 kg/ hm² in 1995. For the West Region ,the marginal grain yield was 19.9 kg when X was 51.8 kg/ hm² in 1980 ,and it was - 2.3 kg when X was 166.6 kg/ hm² in 1995. From the above facts ,it can be concluded that the efficiency of chemical fertilizers for increasing grain yield is different in the three regions ,the highest is in the Central ,and the lowest is in the West in 1995.

Key words : Fertilizer use ; Grain production ; Geographical region ; China

1 引言

化肥是农业生产中一项至关重要的生产性资源,在粮食增产中起着重要的作用。据有关部门测算,在化肥、农电、农机和水利等的技术进步作用中,化肥因素的作用在整个农业技术进步作用中的贡献率高达 52%,为农业生产发展中最重要因素。从历史上看,我国粮食产量的增长与化肥使用量的增加紧密相关。在 1951—1980 年的 30a 中,化肥施用总量与粮食总产量呈显著相关,其相关系数为 0.964^[1]。正是由于化肥在粮食增产中起着重要作用,才使得我国化肥施用量迅速增加。1949 年,全国化肥施用量约为 0.6 ×10⁴ t(纯养分,下同),1980 年增加到 1 269.4 ×10⁴ t,增长 2 767 倍,1995 年为 3 593.7 ×10⁴ t,又是 1980 年的 2.8 倍。

化肥施用不仅是一个技术问题,它还涉及到经济问题,它对国家工业化的进程、国家外汇和财政收支平衡以及宏观管理都有着重要的影响。我国粮食生产中化肥用量不断增大,但化肥的增产效果却在下降。1995 年化肥施用量为 1980 年的 2.8 倍,但粮食增产幅度仅为 46.6%。统计分析表明,目前,我国粮食生产中化肥投入费用平均约占物质成本费用的 30%^[3],而在东部地区的江苏省达到了 65%^[4],并呈上升趋势。

由于社会经济等多方面的原因,化肥施用在不同省区间还很不平衡^[1],甚至在省区内也很不平衡,这不仅造成了一些地方在化肥施用上存在浪费和肥效下降等问题,并产生了环境污染^[7],而在另外一些地方却仍然是化肥投入不足。化肥在我国是一种短缺资源,尤其是磷、钾肥资源严重不足,全国每年还需进口大量化肥。1991 年全国化肥进口量高达 945 ×10⁴ t,所用外汇达 33.5 ×10⁸ 美元。另一方面,增加化肥产量需要巨大的投入。预计我国需要增加化肥生产能力 700 ×10⁴ t,每吨养分按平均投资 13 000 元计,约需 1 000 ×10⁸ 元投资^[8],这是一项非常大的投资。

在这种形势下,粮食生产中化肥施用必须考虑效益原则。在继续完善和推广先进的施肥技术以及合理调整肥料品种利用结构的基础上,对全国化肥资源进行区域间合理配置,以实现资源的最大生产效益,有着极其重要的现实意义。本文分析了 1980—1995 年间我国农用化肥施用的区域性变化特征及其与粮食生产的关系,并在此基础上初步探讨化肥资源的合理配置问题。

2 资料来源及分析方法

本研究的原始资料主要来源于 1981—1996 年的《中国农业年鉴》。以粮食单产水平和化肥投入水平为

标准,将全国 30 个省市进行聚类分析,并结合地域特点进行分区,将全国分为三大区域:东部地区,包括辽宁、河北、北京、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、海南等省市;中部地区,包括河南、湖北、湖南、江西、安徽、四川、广西、黑龙江、吉林、西藏、新疆等省区;西部地区,包括内蒙古、山西、陕西、甘肃、宁夏、青海、贵州、云南等省区。

3 全国化肥施用的区域性变化特征

3.1 全国化肥施用变化特征

1980—1995 年,中国化肥施用总量基本上是稳步上升的(表 1),全国化肥施用总量由 $1\,269.4 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至 $3\,593.7 \times 10^4 \text{ t}$,净增 $2\,324.3 \times 10^4 \text{ t}$,年平均递增率为 7.2%。其中氮肥年施用量由 $934.2 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至 $2\,021.9 \times 10^4 \text{ t}$,磷肥由 $273.3 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至 $632.4 \times 10^4 \text{ t}$,钾肥由 $34.6 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至 $268.5 \times 10^4 \text{ t}$,复合肥由 $27.3 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到 $670.8 \times 10^4 \text{ t}$,4 种肥料年均递增率分别为 5.3%、5.9%、15.0%和 25.7%。1995 年全国化肥用量已经超过中国化肥区划中预测的 2000 年用量($3\,000\text{—}3\,200 \times 10^4 \text{ t}$)^[1],也超过了农业部预测的 1995 年用量($2\,568\text{—}2\,789 \times 10^4 \text{ t}$)和 2000 年用量($3\,050\text{—}3\,265 \times 10^4 \text{ t}$)。

表 1 1980—1995 年中国化肥施用与粮食生产*

Table 1 Chemical fertilizer applied and food production during 1980 - 1995 in China

年份	化肥施用总量(折纯量, $\times 10^4 \text{ t}$)					N P ₂ O ₅ K ₂ O	粮食生产	
	总量	氮肥	磷肥	钾肥	复合肥		播种面积(10^4 hm^2)	总产量($\times 10^4 \text{ t}$)
1980	1 269.4	934.2	273.3	34.6	27.3	1 0.30 0.04	11 647.23	31 822.0
1981	1 334.9	942.0	295.6	40.7	56.6	1 0.34 0.05	11 495.77	32 502.0
1982	1 513.4	1 043.3	344.8	56.8	68.5	1 0.36 0.06	11 339.57	35 342.5
1983	1 659.8	1 163.8	351.4	58.4	86.2	1 0.33 0.06	11 404.72	38 727.5
1984	1 739.8	1 215.3	328.6	69.4	126.5	1 0.31 0.07	11 288.39	40 730.5
1985	1 775.8	1 204.9	310.9	80.4	179.6	1 0.32 0.09	10 884.51	37 910.8
1986	1 930.6	1 312.6	359.8	77.4	180.8	1 0.33 0.08	11 093.26	39 151.2
1987	1 997.0	1 326.8	371.8	89.7	208.7	1 0.34 0.09	11 126.80	40 473.3
1988	2 141.5	1 417.1	382.1	101.2	241.2	1 0.34 0.09	11 012.27	39 930.0
1989	2 357.4	1 536.1	418.9	122.1	280.3	1 0.34 0.10	11 220.44	41 442.2
1990	2 590.3	1 637.7	462.4	147.9	341.6	1 0.36 0.12	11 346.58	45 184.1
1991	2 805.1	1 726.1	499.6	173.9	405.5	1 0.38 0.13	11 231.37	44 193.3
1992	2 930.2	1 756.1	515.7	196.0	462.4	1 0.39 0.14	11 055.97	45 129.7
1993	3 150.1	1 834.3	574.7	212.3	528.8	1 0.42 0.15	11 050.87	45 648.8
1994	3 317.9	1 882.0	600.7	234.8	600.6	1 0.43 0.16	10 954.38	44 510.2
1995	3 593.7	2 021.9	632.4	268.5	670.8	1 0.43 0.17	11 006.08	46 661.7

* :表中数据取自 1981—1996 年《中国农业年鉴》^[10]。

:复合肥中的氮、磷、钾之比按 2 3 1 计^[9]。

16a 间,在保持氮肥和磷肥总施用量稳定增长的势头下,全国钾肥和复合肥的用量也开始较大幅度上升,尤其以高浓度复合肥的施用量上升速率最快。氮、磷、钾施用比例由 1980 年的 1 0.30 0.04 变化至 1995 年的 1 0.43 0.17。1990 年世界发达国家氮磷钾肥施用比例平均为 1 0.56 0.49,发展中国家平均为 1 0.38 0.17,世界平均水平为 1 0.47 0.32^[2]。我国的氮磷钾肥施用比例虽还不及 1990 年世界的平均水平,但是化肥施用结构在较快地向合理化方向变化。正是由于化肥施用量的不断增加和化肥施用结构的不断改善等原因,才保证了我国在粮食播种面积由 1980 年的 $1.1647 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 降至 1995 年的 $1.1006 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 的情况下,粮食总产由 $31\,822.0 \times 10^4 \text{ t}$ 上升至 $46\,661.7 \times 10^4 \text{ t}$,单产由 $2\,730 \text{ kg/hm}^2$ 提高到 $4\,239 \text{ kg/hm}^2$ 。回归分析表明,16a 间全国化肥施用总量(X)与粮食总产(Y)之间的关系为:

$$Y = 12\,187 + 19.90 X - 0.003 X^2 \quad R^2 = 0.9338 \quad (1)$$

由于从现有的统计资料中无法区分粮食作物、经济作物及其它作物的化肥用量,我们假定所有作物单位面积的化肥施用量和施用结构大致相同,然后以粮食作物播种面积占农作物总播种面积的比例来推算 16a 间

粮食作物的化肥消耗量(表 2)。经计算,单位粮食播种面积化肥施用量 1980 年为 86.7 kg/hm²,其中氮肥 64.4 kg/hm²,磷肥 19.6 kg/hm²、钾肥 2.7 kg/hm²。到 1995 年上升到 239.8 kg/hm²,其中氮肥 149.8 kg/hm²、磷肥 64.6 kg/hm²、钾肥 25.4 kg/hm²,单位粮食播种面积化肥施用量年均递增率为 7.1%,氮肥、磷肥和钾肥施用平均递增率分别为 5.8%、8.3%和 16.5%。同期粮食单产的平均递增率为 3.0%。可见化肥投入的增长快于粮食单产的增长。16a 间,全国各省区单位粮食播种面积化肥施用量(X)与粮食产量(Y)有如下关系:

$$Y = 1\,210.4 + 21.112X - 0.025X^2 \quad R^2 = 0.712, \quad n = 423 \tag{2}$$

按式(2)计算,1980 年全国单位粮食播种面积化肥平均用量为 86.7 kg/hm²时,粮食边际产量为 16.8 kg。到 1995 年,化肥平均用量为 239.8 kg/hm²,其边际产量为 9.1 kg,化肥的增产效果已显著下降。按现有的施肥技术水平和施肥结构等现状进行推算,当 dy/dx = 0,即边际产量为 0 时,单位粮食播种面积化肥施用量为 422.2 kg/hm²,此时的粮食单产水平为 5 667.6 kg/hm²,以 1995 年的粮食播种面积 1.1006 × 10⁸ hm² 计,此时化肥总需求为 4 649.0 × 10⁴ t,粮食总产可望达到 62 378 × 10⁴ t,与 1995 年相比,还有 15 716 × 10⁴ t 的增产潜力。

表 2 中国不同区域单位粮食播种面积化肥施用与粮食产量变化*

Table 2 Changes in per unit seeded area grain yield related to chemical fertilizer applied in different regions of China

年 份	化肥施用量(kg/hm ²)				粮食单产(kg/hm ²)			
	全国平均	东部	中部	西部	全国平均	东部	中部	西部
1980	86.7	126.4	72.8	51.8	2 730	3 165	2 777	1 854
1981	92.0	132.6	79.4	52.0	2 828	3 215	2 905	1 981
1982	104.6	149.4	91.3	59.6	3 120	3 624	3 127	2 153
1983	115.3	160.7	1 021.1	68.6	3 398	3 860	3 514	2 255
1984	120.6	167.5	105.3	77.2	3 608	4 148	3 698	2 430
1985	123.6	167.6	110.3	80.1	3 480	4 001	3 558	2 366
1986	133.9	178.3	121.2	87.7	3 525	4 048	3 655	2 271
1987	137.8	187.5	123.9	86.6	3 630	4 150	3 824	2 291
1988	147.8	202.0	133.2	91.3	3 630	4 154	3 738	2 432
1989	160.9	217.5	145.2	103.9	3 690	4 141	3 852	2 520
1990	174.6	231.2	160.3	115.1	3 975	4 448	4 176	2 695
1991	187.5	247.6	172.0	126.4	3 930	4 578	4 011	2 670
1992	196.6	258.8	180.8	134.4	4 082	4 614	4 283	2 710
1993	213.1	284.6	193.6	147.8	4 131	4 663	4 260	2 953
1994	224.0	296.3	206.1	154.4	4 063	4 651	4 226	2 757
1995	239.8	316.8	220.5	166.6	4 239	4 992	4 404	2 760

*根据 1981—1996 年《中国农业年鉴》^[10]重新整理和计算。

3.2 不同区域化肥施用变化特征及其与粮食生产的关系

3.2.1 东部地区 东部地区为沿海地区,是中国社会、经济最为发达的地区,其投入水平在三大区域中居于首位,粮食单产最高。16a 间,东部地区化肥年总施用量由 608.8 × 10⁴ t 增长到 1 447.4 × 10⁴ t,化肥总施用量由占全国化肥总施用量的 48.0%下降到 40.3%。粮食总产增加量与化肥增加量之比为 5.51,单位粮食播种面积化肥施用量由 126.4 kg/hm² 提高到 316.8 kg/hm²,年均递增 6.4%,氮、磷、钾肥的年均递增率分别为 5.1%、7.6%、17.9%。各养分投入比例 1980 年为 1 0.28 0.03,1995 年为 1 0.39 0.17。

1980 年—1995 年间,由于开发建设占地和农业结构性调整等原因,东部地区粮食播种面积由 3.8077 × 10⁸ hm² 下降到 3.3847 × 10⁸ hm²,减少了 11%,占全国粮食播种面积的比重也由 32.7%降至 30.8%,粮食总产占全国的比重由 37.8%降至 35.7%。但由于单位粮食播种面积化肥施用量稳步提高,东部地区粮食单产由 3 165 kg/hm² 提高到 4 922 kg/hm²,仍居三大区域之首,粮食总产由 1980 年的 12 042.5 × 10⁴ t 上升至 1995 年的 16 659.9 × 10⁴ t,平均递增率为 2.3%。16a 间东部各省市单位粮食播种面积化肥施用量(X)与粮食产量(Y)有如下关系:

$$Y = 1\,397.4 + 18.867X - 0.0200X^2 \quad R^2 = 0.616 \quad n = 155 \tag{3}$$

按此式计算,1980 年东部地区单位粮食播种面积化肥平均用量为 126.4 kg/hm²,此时的粮食边际产量为 13.8

kg。到 1995 年,化肥用量为 316.8 kg/hm²,其边际产量为 6.2 kg。可见东部地区化肥的增产效果下降幅度非常大。

3.2.2 中部地区 中部地区是中国粮食生产最重要的产区。16a 间,粮食播种面积由占全国总播种面积的 48.6%增加到 49.5%左右,粮食总产由占全国总产的 49.4%升至 51.5%左右。中部地区粮食总产由 15 719.0 ×10⁴ t 上升至 24 016.2 ×10⁴ t,年均递增 3.0%;粮食单产由 2 777 kg/hm²提高至 4 404 kg/hm²,年均递增率为 3.2%,中部地区的粮食单产水平基本代表了我国粮食的单产水平。全国粮食总产的波动也基本上是随中、东部地区粮食总产而波动。

16a 间,中部地区化肥总施用量由 526.5 ×10⁴ t 增至 1 681.10 ×10⁴ t,化肥总施用量由占全国化肥总施用量的 41.5%上升到 46.8%,粮食总产增加量与化肥增加量之比为 7.18;单位粮食播种面积化肥施用量由 72.8 kg/hm² 提高到 220.5 kg/hm²,年均递增 7.7%,氮、磷、钾肥用量的年均递增率为 6.6%、8.7%、15.9%,各养分投入比例 1980 年为 1 0.33 0.06,1995 年为 1 0.46 0.18。中部各省区单位粮食播种面积化肥施用量(X)与粮食产量(Y)关系为:

$$Y = 1\,445.7 + 24.32X - 0.0399X^2 \quad R^2 = 0.708, \quad n = 158 \quad (4)$$

按此式计算,1980 年,中部地区单位粮食播种面积化肥用量为 72.8 kg/hm² 时,粮食边际产量为 21.4 kg,比东部的要高。到 1995 年,化肥用量为 220.5 kg/hm²,其边际产量为 6.7 kg,已与东部地区的边际产量大致相等。

3.2.3 西部地区 西部地区的社会、经济基础相对较差,投入水平较低,且农业生产自然条件较差,粮食单产水平也比较低。16a 间西部地区粮食播种面积占全国的播种面积由 18.7%升至 19.7%,粮食总产占全国总产的份额保持在 12.8%。粮食总产由 4 060.5 ×10⁴ t 增加到 5 985.6 ×10⁴ t,粮食单产由 1 854 kg/hm² 上升至 2 760 kg/hm²,年均递增率均为 2.8%。西部地区粮食总产的年平均递增率比中部地区略高,单产增长速度在 3 个区中最低。

16a 间,西部地区化肥年总施用量为 134.1 ×10⁴ t 增长到 465.4 ×10⁴ t,化肥总施用量由全国化肥总施用量的 10.6%提高到 13.0%,单位粮食播种面积施用量由 51.8 kg/hm² 提高至 166.6 kg/hm²,分别为东部地区同期施用水平的 41.0%和 52.6%。单位粮食播种面积施肥量的年均递增率为 8.2%,氮、磷、钾肥用量年均递增率为 6.8%、10.9%、15.6%。各养分投入比例 1980 年为 1 0.26 0.04,1995 年为 1 0.45 0.12。西部地区粮食总产增加量与化肥总施量之比为 5.81。16a 间,西部各省区单位粮食播种面积化肥施用量(X)与粮食产量(Y)有如下关系:

$$Y = 659.19 + 29.914X - 0.0969X^2 \quad R^2 = 0.757, \quad n = 119 \quad (5)$$

按此式计算,1980 年单位粮食播种面积化肥用量为 51.8 kg/hm² 时,粮食边际产量为 19.9 kg。到 1995 年,化肥用量为 166.6 kg/hm²,其边际产量为 -2.3 kg。西部地区的化肥边际产量下降的幅度很大。西部化肥的边际生产力下降较快,可能是由于自然条件和技术水平等限制了化肥对粮食的增产作用的发挥。目前,对西部来讲,要促进粮食生产的快速增长,还不仅仅是增加化肥用量的问题。

4 区域间化肥资源合理配置

资源的合理配置应遵循特定原则,如产量最大、产值最高、盈利最大等,分配于各种不同的用途,以使有限的资源生产出总量最多的,或社会、经济、生态效益最佳的,为社会所需要的产品。秦富^[6]曾对河北省 1990 年度的化肥资源合理调配进行过研究,按照等边际产量的原则,在化肥供应总量不变的前提下,1990 年河北省的粮食总产可增加 315.6 ×10⁴ t,比实际产量可增产 13.4%。

中国化肥资源短缺尤其是钾肥短缺将一直伴随着中国的粮食生产进程。在这种形势下,在区域间对化肥资源进行合理配置,以充分发挥化肥的生产效益,同时避免资源的浪费,具有极其重要的现实意义。以 1995 年为例,中国东部、中部、西部地区单位粮食播种面积化肥施用量平均为 316.8、220.5、166.6 kg/hm²,化肥的边际产量分别为 6.2、6.7、-2.31 g。在施用等量化肥的前提下,中部化肥增产效果最大,东部次之,西部最低。

以 1995 年为例,根据公式(3)、(4)和(5),在不增加化肥供应总量的前提下,按照等边际产量原则,对中、东、西部化肥资源合理调配进行计算机模拟(取步长为 0.1),得到追求合计产量最高的化肥资源优化配置方案:单位粮食播种面积化肥施用量东部地区为 324.8 kg/hm²,中部地区为 231.2 kg/hm²,西部地区为 124.0 kg/hm²,边际产量为每 kg 化肥增加粮食 5.9 kg。

把这个配置方案与 1995 年的化肥实际平均分配方案作一比较(表 3),可以看出:把边际产量较低的西部地区的化肥资源向边际产量较高的中、东部地区转移后,全国粮食总产可提高到 51 486.2 ×10⁴ t,增产 4 824.5 ×10⁴ t,增产幅度为 10.3 %。可见,在区域间进行化肥资源合理配置,实现粮食增产的潜力很大。

我国化肥施用不仅仅是区域间不平衡,在许多省内部也存在不平衡现象。如果同时在全国不同区域间和各省区内部进行化肥资源的适当调配,则可在化肥供应总量不变的情况下,较大幅度提高全国粮食总产量。

表 3 1995 年不同区域间化肥资源优化配置方案与实际分配方案效果比较^{*}

Table 3 Comparison of optimized allocation scheme and actual consumption of chemical fertilizer in different regions in 1995

	东部地区		中部地区		西部地区		全 国	
	A	B	A	B	A	B	A	B
单位播面化肥施用量	316.8	324.8	220.5	231.2	166.6	124.0	239.8	239.8
化肥施用总量	1 447.4	1 484.3	1 681.1	1 762.8	465.4	346.5	3 593.7	3 593.7
边际产量	6.2	4.9	6.7	5.9	- 2.3	5.9	-	-
粮食单产	4 992	5 416	4 197	4 935	2 760	2 879	4 239	4 678
粮食总产	16 659.9	18 330.9	25 058.2	226 912	5 985.6	6 242.7	46 661.7	51 486.2

^{*}A:1995 年实际分配方案,B:表示优化配置方案。

参 考 文 献

1 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国化肥区划. 北京:中国农业科技出版社,1986,1—31
2 谢建昌. 世界的粮食与肥料问题. 土壤学进展,1994,22(3):1—19
3 黄季,陈庆根,王巧军. 探讨中国化肥合理使用结构及对策. 农业技术经济,1994,(5):36—40
4 翟以平,陈东平. 江苏省肥料投入产出分析. 农业技术经济,1993,(1):47—51
5 黄振雄. 广东使用化肥 88 年的历史回顾. 热带亚热带土壤科学,1994:3(3):183—188
6 秦富. 稀缺资源合理配置问题研究——以化肥为例. 农业技术经济,1994,(2):35—39
7 武志杰. 化学肥料与生物圈. 农业环境保护,1994,13(6):279—282
8 曾宪坤. 中国化肥工业的现状和展望. 土壤学报,1995,32(2):117—125
9 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料. 上海:上海科学技术出版社,1994,13—33
10 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴(1981—1996). 北京:中国农业出版社,1996

作 者 简 介

林忠辉 男,27 岁,1992 年毕业于北京农业大学,现为中国科学院地理研究所助理研究员。一直从事作物生产与环境关系的研究和农业资源高效利用研究工作。