

黄淮海平原麦玉两熟区粮食产量 与化肥投入关系的研究

武兰芳¹, 陈 阜², 欧阳竹¹, 张庆江³

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国农业大学作物学院, 北京 100094;

3 河北省农林科学院作物研究所, 石家庄 050021)

摘要: 利用统计资料和通过农户调查与田间试验, 对黄淮海平原藁城市粮食产量与化肥投入的关系进行了研究。结果表明, 藁城市粮食生产还有很大的增产潜力, 总体上粮食产量与化肥的投入仍然呈显著正相关关系, 但是, 目前实际生产中化肥施用量存在极其严重的不平衡和不合理现象, 所以增施化肥已不再是增产的主要措施, 而合理统筹、提高化肥的利用率至关重要, 是节能增效的重要措施。在冬小麦-夏玉米一年两熟种植中, 秸秆全量还田条件下, N、P 以不同比例配合施用, 表现出显著的产量差异; 而且增施 N、P 肥, 夏玉米的增产效果比冬小麦更为明显; 而在 N、P 配施的基础上, 施 K 却没有表现出增产效果。

关键词: 小麦-玉米两熟; 粮食产量; 化肥投入; 黄淮海平原

中图分类号: S512; S143 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2003)03-0257-07

The relationship between grain output and fertilizer input in wheat-corn cropping area of the Huang-Huai-Hai plain

WU Lan-fang¹, CHEN Fu², OUYANG Zhu¹, ZHANG Qing-jiang³

(1 Institute of Geographical Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China;

2 Institute of Crops Research, Chinese Agricultural University, Beijing 100094, China;

3 Institute of Crops Research, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The relationship between grain outputs of fertilizer in the Huang-Huai-Hai plain was studied by use statistic data, inquiring farmer, and field trial. Gaocheng County was a case study. The results shown that there will be great potential capacity to increase grain output in production, and the grain yield are positive related with the amount of fertilizer markedly as a whole, but there have been imbalance and inconsequence in using of fertilizer. It is essentially important to improve fertilizer use efficiency for save resources as well as increase yield. To increase grain output should to arrange fertilizer by planning as a whole rationally rather than to increase its amount. The trial indicated that the yield were significantly difference at different proportion of N, P and K, at the condition of all the straw andstalk return to field in wheat-corn cropping system. The effects of N and P on increasing yield on wheat more evidence than that on corn. The yields were not increased with using K.

Key words: wheat-corn; grain output; fertilizer; Huang-Huai-Hai plain

肥料是农业生产的重要物质基础。根据联合国粮农组织(FAO)的资料, 发展中国家施肥可提高粮食作物单产 35%~57%, 总产 30%~50%; 根据我国全国化肥试验网的大量试验结果, 施用化肥可提

高水稻、玉米、棉花单产 40%~50%, 小麦、油菜等越冬作物单产 50%~60%、大豆单产近 20%, 肥效结果推算, 1986~1990 年粮食总产中有 35% 左右是施用化肥的作用^[2]。但是, 从化肥的增产效果来看,

收稿日期: 2002-08-03

基金项目: “九五”攻关课题(96-015-01-04)和“十五”攻关课题(2001 BA 508 B03)资助。

作者简介: 武兰芳(1963—), 山西人, 博士, 主要从事区域农业可持续发展、农业资源高效利用、农业生态系统健康等相关领域理论与技术研究。

50年代初,每千克纯养分可增产粮食 15 kg,70 年代时降到 8~10 kg,目前已降到 6.5 kg^[3]。目前,世界上发达国家氮肥利用率一般为 50%左右,而我国的氮肥利用率平均只有 30%左右^[4];而且,化肥用量还在不断增加,但长期以来化肥利用率偏低的问题一直困扰着我国农业生产,特别是在黄淮海平原粮食主产区,近年来这一问题更加日益突出。

肥料的合理施用是提高肥料利用率,培肥地力,改善农田生态环境,不断提高作物产量和实现农业可持续发展的重要措施。河北省藁城市的粮食产量水平和化肥投入水平在河北省居领先地位,而远远高于全国平均水平。该地区是黄淮海平原典型的小麦-玉米一年两熟种植区,目前其种植面积占到粮食作物播种面积的 96%以上。20 世纪 60 年代到 70 年代中期,随着农田生产水平条件改善,单产水平逐年提高,秸秆总量增加,这一时期的农村经济水平也有提高,部分农户不再用秸秆作为生活燃料,于是有部分秸秆开始直接还田;从 70 年代中期到 80 年代后期,随着小麦单产提高和小麦-玉米面积的扩大,秸秆总产出量迅速增加,同时农村生活水平进一步提高,直接作为生活燃料的比例大幅度减少,而且机械化程度明显提高,畜力耕作方式逐步被淘汰,秸秆直接还田开始呈一定规模,但受机具及动力限制,多数地区开始出现秸秆焚烧现象;从 80 年代后期到现在,当地政府部门一方面行政通令禁烧秸秆,另一方面从多方面狠抓秸秆还田及其综合利用,针对当地农作制度特点,开发系列秸秆直接还田配套机具,促使秸秆还田进入一个新阶段;20 世纪 90 年代以来,该地区每年生产小麦约 2.9 亿 kg,玉米约 2.8 亿 kg,若按谷草比 1:1 折算,则产出近 5.7 亿 kg 秸秆,其中直接还田的小麦和玉米秸秆分别占到其各自总量的 73%和 60%,可见,该地区秸秆直接还田历史和还田量均较大。但是,秸秆还田后该地区的施肥制度却一直没有改变。那么,就目前生产条件,化肥投入是否合理?粮食生产是否还有增产的潜力?我们从纵向和横向两方面进行了研究分析。

1 材料与方法

数据来源主要包括三个方面:统计资料,调查资料和田间试验。

统计资料:通过查阅河北省藁城市历年统计年鉴获得,为了减少统计过程中人为误差,将原始数据经过三年滑动平均处理。

调查资料:1999 年 1 月对藁城市有代表性的四个村庄

共 149 户农户进行了问卷式调查,调查问卷主要针对小麦、玉米投入、产出与生产方式而设计。每个村的农户选择为随机抽样,由村干部带领调查员深入农户或田间逐户调查。然后对问卷进行整理,按产量高低进行排序和分组,对应的 N、P、K 投入分别按照各种化肥实物量及其养分含量折纯计算。

田间试验:于 1998~1999 年在藁城市丽阳进行。试验地土壤为壤质褐潮土,从 1993 年开始连年秸秆还田,耕层有机质含量 1.28%,全 N 0.096 mg/kg,速效 N 55.4 mg/kg,有效 P 21.4 mg/kg,有效 K 58.7 mg/kg。试验共设 9 个处理:(1)CK(N₀P₀), (2)N₁, (3)P₁, (4)N₁P₁, (5)N₁P₂, (6)N₂P₁, (7)N₂P₂, (8)N₁P₁K₁, (9)N₁P₁K₂。N₀、N₁、N₂ 对应的化肥用量(折纯)为 0 kg/hm²、300 kg/hm² 和 600 kg/hm²;P₀、P₁ 和 P₂ 对应的化肥用量(折纯)为 0 kg/hm²、90 kg/hm² 和 180 kg/hm²;K₁ 和 K₂ 对应的化肥用量(折纯)为 225 kg/hm² 和 450 kg/hm²。磷肥在小麦播种时作底肥一次施入,N 肥和 K 肥在冬小麦和夏玉米上的施用量按 6:4 分配,其它田间管理措施按常规大田生产。小区面积为 7.5 m×4 m,三次重复,随机排列。

2 结果与分析

2.1 粮食产量与化肥投入的动态分析

建国以来,藁城市粮食生产,无论是总产还是单产,都与化肥投入呈同步增长趋势,但是增长率却存在很大的差异。从 1950 年到 1998 年,粮食总产由 59490 吨增加到 577628 吨,平均年增长率为 4.85%,粮食单产由 1149 kg/hm² 增加到 7680 kg/hm²,年增长率为 4.04%;化肥从无到有,总用量从 1952 年的 36.6 吨增加到 1998 年的 55906.0 吨,年增长率为 17.27%,单位耕地化肥用量由 0.6 kg/hm² 增加到 1012.2 kg/hm²,年增长率为 17.12%。化肥的增长率始终高于粮食的增长率(见表 1)。不同阶段粮食生产与化肥的相关程度及化肥的增产效果也明显不同。20 世纪 50 年代,虽然粮食生产对化肥的依赖程度较低,但化肥的增产效果却很明显,每千克化肥可生产粮食 193.59 kg,每千克化肥可增产粮食 57.49 kg,到 60 年代,每千克化肥生产粮食降低到 44.26 kg,化肥的增产量降低到 13.61 kg/kg。从 70 年代开始,粮食生产与化肥用量的相关性达到极显著水平,说明粮食生产对化肥的依赖程度增强,但化肥的增产量却表现为逐年下降,90 年代每千克化肥生产粮食下降到 11.59 kg,化肥增产量下降为 7.38 kg/kg。这一结果与 FAO 综合不同类型国家的数据得出结果相一致:施肥水平在 200 kg/hm² 以下时,施肥对粮食增产效果明显,从 200 kg/hm² 到 400 kg/hm² 时仍有增产效

果,但高于 400 kg/hm² 时增产效果就不太明显了^[5]。总之,藁城市施肥水平从 80 年代已超过发达国家水平,但化肥增产量却在逐年降低,所以增施化

肥已不能再作为增产粮食的主要措施,而应把提高化肥利用率放在首位。

表 1 藁城市不同阶段粮食产量与化肥用量的关系

Table 1 The relationship between grain output and fertilizer input in Gaocheng county

年份 Year	年粮食产量 Grain yield		年化肥用量(t/a) Fertilizer input		相关关系(r) Correlation		增产率(%) Increase rate		化肥效果(kg/kg) Effect of fertilizer	
	总产 (t/a) Total A	单产 (kg/hm ²) Per area B	总量 Total C	耕地 ¹⁾ Farmland D	A/C	B/D	粮食 Grain	化肥 Fert.	生产量 Production	增产 Increment
1950~1959	82418	1695.9	438.4	7.6(8.6)	0.529	0.381(0.404)	5.64	57.49	193.59	57.38
1960~1969	120099	2069.9	2713.7	48.4(45.0)	0.613	0.547(0.526)	7.40	13.61	44.26	15.48
1970~1979	247183	3549.5	9864.3	176.5(141.6)	0.906**	0.909** (0.905**)	4.98	12.13	25.06	17.77
1980~1989	383493	5178.3	24125.0	433.8(324.8)	0.906**	0.945** (0.913**)	4.76	9.66	15.90	9.56
1990~1998	552895	7185.1	47744.1	862.8(621.5)	0.833**	0.867** (0.891**)	2.82	7.38	11.58	7.17
1950~1998	272092	3869.5	16349.2	294.5(220.3)	0.971**	0.971** (90.968**)	4.85	17.27	16.47	8.75

1) 括号内数据为播种面积用量; * * 表示差异达极显著水平,下同。

1)Data in brackets means sown area application; * * means significant at 0.01 level, same as follows.

2.2 小麦-玉米两熟产量水平与化肥投入的生产现状

2.2.1 小麦产量与化肥投入现状 1998 年小麦产量水平与化肥投入状况见表 2。小麦的平均产量为 5535 kg/hm²,最高产量为 7500 kg/hm²,最低产量为 3750 kg/hm²,变异系数为 14.18%,产量不到 6000 kg/hm² 的占被调查面积的 63.2%,而产量达到 7500 kg/hm² 的仅占调查面积的 5.7%,说明小麦生产还存在很大的增产潜力。在小麦生产过程中,N 素的投入平均量为 206.6 kg/hm²,P 素的投入量平

均为 154.7 kg/hm²,有些地块根本就没有投入,而有些地块 N、P 的用量却分别高达 585.0kg/hm² 和 517.5 kg/hm²,投入差异很大,致使小麦产量与 N、P 的用量相关系数分别只有 0.100 和 0.118,说明在实际生产中,化肥施用存在严重的不合理现象。但是,以各个产量水平段的平均值计算,则小麦平均产量与 N、P 平均用量的相关系数分别为 0.837* 和 0.868*,这就说明通过合理施肥提高化肥利用率,是提高小麦产量潜力的一项重要措施。

表 2 冬小麦单产与化肥投入的调查结果

Table 2 Actual wheat yield and fertilizer dosage in production

单产水平 Yield level (kg/hm ²)	所占面积 Percent of total area (%)	平均产量 Average yield (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)	纯 N 投入 Pure N dosage			纯 P 投入 Pure P dosage		
					平均用量 Average (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)	平均用量 Average (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)
3750~4500	2.4	3825.0	167.71	4.38	151.0	76.91	50.93	112.8	33.50	29.70
4500~5250	21.5	4716.8	225.38	7.78	191.2	110.54	57.81	158.7	115.24	72.61
5250~6000	39.3	5442.0	218.46	4.01	223.1	125.74	56.36	146.7	101.61	69.26
6000~6750	22.3	6153.0	188.41	3.06	193.9	67.60	34.86	160.0	87.89	54.93
6750~7500	8.9	6823.5	176.45	2.59	207.9	58.43	28.10	182.0	73.28	40.26
7500 以上	5.7	7500.0			249.5	178.91	71.71	173.1	95.83	55.36
总平均 Total Mean	100	5535.1	785.04	14.18	206.6	107.95	52.25	154.7	98.2	63.48

2.2.2 玉米产量与化肥投入现状 玉米生产的平均产量为 5992.6 kg/hm²,在调查的面积中产量在 6000 kg/hm² 以下的占 41.2%,产量在 7500 kg/hm² 以上的占 23.5%(表 3),最高产量达到 9000 kg/hm²,产量最低的只有 3750 kg/hm²,变异系数为 13.46%,这说明农户间玉米单产水平存在很大的差异,玉米的整体生产同小麦一样也存在很大增产潜力。从玉米种植中肥料的投入来看,以 N 肥为主,平均用量为 195.48 kg/hm²,最高者用量达 828.0

kg/hm²,最低者用量为 24.75 kg/hm²,肥料投入的变异系数高达 55.36%,从表 3 也看到玉米各个产量水平段 N 肥投入的变异系数均远远大于其产量的变异系数,进一步说明玉米生产中化肥投入的严重不合理现象,玉米产量与 N 肥的相关系数只有 0.142。但是从各个产量段的平均值计算,玉米产量与 N 肥的相关系数又高达 0.903^{**},说明如何合理施用化肥是目前玉米生产中急需解决的重要问题,也是节约资源提高产量的重要措施。

表 3 玉米产量水平与化肥投入现状的调查结果
Table 3 Actual corn yield and fertilizer dosage in production

单产水平 Yield level (kg/hm ²)	所占面积 Percent of total area(%)	平均产量 Average yield (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)	纯 N 投入 Pure N dosage (kg/hm ²)		
					平均产量 Average	标准差 SE	变异系数 CV (%)
3750~4500	1.5	3950.3	346.41	8.77	168.50	99.23	58.89
4500~5250	10.9	4634.3	194.08	4.19	153.56	65.32	42.53
5250~6000	28.8	5410.5	191.10	3.53	190.59	81.00	42.49
6000~6750	35.3	6090.0	160.35	2.63	193.75	118.65	61.23
6750~7500	18.3	6817.5	156.71	2.30	217.47	139.82	34.29
7500 以上	23.5	7821.8	590.10	7.54	207.54	68.74	33.12
总平均 Total Mean	100	5992.6	806.78	13.46	195.48	108.22	55.36

2.2.3 小麦-玉米全年产量与化肥投入现状 全年产量与化肥投入现状的调查结果见表 4。结果表明,藁城市全年耕地化肥投入量纯 N 平均为 394.74 kg/hm²,最高用量达 914.25 kg/hm²,也有不施肥的地块,变异系数为 44.52%,投入纯 P 平均 175.28 kg/hm²,最高的是 525.00 kg/hm²,同样也有不施 P 肥的,变异系数为 67.07%;全年平均产量为 11462.84 kg/hm²,变异系数为 10.79%,最低产量是 9000.0 kg/hm²,最高产量是 15750.0 kg/hm²,产量在 15000 kg/hm² 仅占 0.5%;调查地块的年单产与 N、P 的相关系数为 0.163^{*} 和 0.235^{**},各产量水平段的平均产量与 N、P 平均用量的相关系数为 0.813^{**} 和 0.816^{**}。由此说明,在提高全年产量上还有很大的潜力,合理统筹化肥用量至关重要。

总之,调查结果分析表明,藁城市粮食生产还有很大的增产潜力,而化肥的投入却存在严重不平衡和不合理现象,一些地块化肥用量相当低,作物产量也低,致使耕地和其它资源没有得到充分利用;相反,有一些地块的化肥用量远远超出其产量指标所需的用量,化肥施用过量,不仅是一种很大的浪费,还会引起土壤理化性状的恶化和地下水的污染。从

平均产量和化肥用量分析,尽管化肥仍然是粮食生产的重要增产措施,但从全局来看,增施化肥已不能作为增产粮食的主要措施,而测土施肥、合理调配和提高化肥利用率更为迫切。在调查中还发现,在藁城市的粮食生产中,只有少数农户施用了 K 肥,K 肥却没有表现出增产效果,可能是因为本地区已基本实现秸秆还田,秸秆中富含的 K 归还土壤,已基本能满足作物生长发育所需。

2.3 小麦-玉米两熟化肥合理投入的田间试验

2.3.1 氮磷钾不同配施法对小麦产量的影响 秸秆还田后氮磷钾化肥不同施肥法对冬小麦的产量具有明显的影响(表 5)。表现出 N、P、K 化肥中二种元素配施比三种元素配施或单施具有更大的增产效果,在二种元素的配合施用中,以 N₁P₁ 表现为产量和增产率最高,单产达 6915.0 kg/hm²,其次为 N₂P₂ 和 N₁P₂,单位产量分别是 6802.5 kg/hm² 和 6757.5kg/hm²。在增产效果上,N₁ 和 P₁ 的单位面积增产量分别为 1642.5 kg/hm² 和 517.5 kg/hm²,增产率分别为 34.01%和 10.71%,每千克化肥可分别增产 18.25 kg 和 5.75 kg 小麦,无论是单位面积产量还是单位化肥产量,均表现为 N₁ 和 P₁ 高于

表 4 全年产量与化肥投入现状调查结果
Table 4 The yield and fertilizer dosage in whole year

单产水平 Yield level (kg/hm ²)	所占面积 Percent of total area (%)	平均产量 Average yield (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)	纯 N 投入 Pure N dosage			纯 P 投入 Pure P dosage		
					平均用量 Average (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)	平均用量 Average (kg/hm ²)	标准差 SE	变异系数 CV (%)
9000~9750	3.4	9065.6	135.58	1.50	300.66	157.27	52.30	98.53	70.54	71.59
9750~10500	6.8	9853.1	145.79	1.48	309.44	160.54	51.88	152.25	150.91	99.11
10500~11250	24.7	10737.8	229.52	2.14	409.15	167.85	41.02	148.34	99.50	67.08
11250~12000	22.5	11490.5	233.39	2.03	408.79	183.40	44.86	168.55	103.67	61.51
12000~12750	21.1	12246.0	243.09	1.99	403.38	197.43	48.94	166.25	125.94	75.75
12750~13500	12.0	12941.7	201.28	1.56	372.92	148.45	39.81	210.29	112.85	53.66
13500~14250	3.9	13643.8	168.40	1.23	386.63	90.97	23.52	180.63	70.76	39.17
14250~15000	2.1	14875.0	265.16	1.78	555.00	141.07	25.41	164.25	11.67	7.11
15000 以上	0.5	15750.0			840.00			310.50		
总平均 Total Mean	100	11462.84	1237.27	10.79	393.74	175.28	44.52	163.67	109.77	67.07

表 5 氮磷钾不同配施法的冬小麦产量
Table 5 Effect of mixing proportion
of N, P and K on wheat yield

处理 Item	产量 Yield (kg/hm ²)	比对照增产 Increased yield (%)	差异显著性水平 Level of difference	
			0.05	0.01
(1)CK	4830.0	0.0	a	A
(3)P ₁	5347.5	10.7	ab	A
(9)N ₁ P ₁ K ₂	6450.0	33.5	ab	A
(2)N ₁	6472.5	34.0	ab	A
(8)N ₁ P ₁ K ₁	6540.0	35.4	ab	A
(6)N ₂ P ₁	6622.5	37.1	ab	A
(5)N ₁ P ₂	6757.5	39.9	b	A
(7)N ₂ P ₂	6802.5	40.8	b	A
(4)N ₁ P ₁	6915.0	43.3	b	A

N₂ 和 P₂,同时也可以看出,N 的增产效果高于 P 的增产效果,K 表现为减产,说明在小麦生产上 N 肥的增产作用最大,P 肥次之,在 N、P 肥配施的基础上增施 K 肥不但没有表现增产,反而呈现减产趋势。

2.3.2 氮磷钾不同配施法对夏玉米产量的影响
氮磷钾不同配施法对夏玉米产量的影响见表 6。从中可以看出,化肥不同配施对夏玉米产量的影响也表现出明显的差异,与冬小麦趋势相似的是,二种元素配施比三种元素配施和单一元素具有更高的产量和增产效果,同样,在 N、P 配施的基础上,增施 K 肥没有表现出明显的增产作用,但与小麦不同的是,N₂P₂ 的产量和增产率表现最高,其次为 N₂P₁,产量

分别为 8197.5 kg/hm² 和 7522.5 kg/hm²。从单位面积增产效果来看,N₂ 和 P₂ 每公顷增产分别为 1597.5 kg 和 930 kg,增产率分别为 27.0% 和 15.3%,而 N₁ 和 P₁ 每公顷增产分别为 885 kg 和 750 kg,增产率为 17.1% 和 14.5%,显然 N₂ 和 P₂ 的增产效果高于 N₁ 和 P₁。这说明一方面前茬小麦对 N 素消耗较多,在玉米上增施 N 肥表现出更好的增产效果,另一方面前茬小麦残留的 N 和 P 在玉米季得到了进一步良好的利用。

表 6 氮磷钾不同配施法的玉米产量
Table 6 Effect of mixing proportion
of N, P and K on corn yield

处理 Item	产量 Yield (kg/hm ²)	比对照增产 Increased yield (%)	差异显著性水平 Level of difference	
			0.05	0.01
(1)CK	5175.0	0.0	a	A
(3)P ₁	5925.0	14.5	ab	AB
(2)N ₁	6060.0	17.1	abc	AB
(9)N ₁ P ₁ K ₂	6900.0	33.3	c	BC
(5)N ₁ P ₂	6990.0	35.1	c	BC
(4)N ₁ P ₁	7117.5	37.5	c	BC
(8)N ₁ P ₁ K ₁	7245.0	40.1	c	BC
(6)N ₂ P ₁	7522.5	45.4	cd	C
(7)N ₂ P ₂	8197.5	58.4	d	C

2.3.3 氮磷钾不同配施法对全年作物产量的影响
从表 7 可知,不同配施肥法对全年作物产量的影

响也是显著的。 N_2P_2 和 N_2P_1 的产量表现最高,分别为 15000 kg/hm^2 和 14145 kg/hm^2 ,与对照相比达到极显著差异,N 肥的增产效果高于 P 肥,从单位面积增产效果来看, N_2 和 P_2 的增产量分别为 2872.5 kg/hm^2 和 1215 kg/hm^2 ,均高于 N_1 和 P_1 ,而从化肥的增产效果来看, N_2 和 P_2 分别为 25.5% 和 9.7%,分别高于 N_1 而低于 P_1 ;在 N、P 配施的基础上增施 K 肥不仅没有增产却呈现减产的趋势,可能是因为这一地区秸秆全部还田,秸秆中富含的 K 素归还土壤已经能够满足作物生长发育所需,增施 K 肥导致土壤微生物与作物竞争 N 素等营养物质所致。

表 7 氮磷钾不同配施法的全年作物产量
Table 7 Effect of mixing proportion
of N, P and K on the yield of whole year

处理 Item	产量 Yield (kg/hm^2)	比对照增产 Increased yield (%)	差异显著性水平 Level of difference	
			0.05	0.01
(1)CK	10140.0	0.0	a	A
(3) P_1	11272.5	11.2	ab	AB
(2) N_1	12532.5	23.6	bc	ABC
(9) $N_1P_1K_2$	13350.0	31.7	cd	BC
(5) N_1P_2	13747.5	35.6	cd	BC
(8) $N_1P_1K_1$	13785.0	35.9	cd	BC
(4) N_1P_1	14032.5	38.4	cd	BC
(6) N_2P_1	14145.0	39.5	cd	C
(7) N_2P_2	15000.0	48.0	d	C

由于 N 肥易淋失和易被当季作物吸收利用的特点,在小麦上施用的 N 肥前茬小麦已基本上耗尽,即使有残留,在后茬作物上也需要增施 N 肥,所以在玉米上增施 N 肥表现为显著的增产效果,而由于磷肥的当季利用率较低,并且大部分以各种形态存在于土壤中,所以小麦对磷素的利用率较低,因此磷肥在小麦播种时以底肥一次施入,即可满足两茬作物的需要,而且在后茬玉米季得到良好的吸收利用效果。

3 结论与讨论

(1) 统计资料分析表明,藁城市粮食产量与化肥投入呈极显著正相关关系,但是随着化肥用量的增加,化肥的增产量却逐年降低,50 年代为 57.4 kg/kg ,90 年代只有 7.2 kg/kg ;每千克化肥生产粮食

50 年代为 193.6 kg ,90 年代只有 11.6 kg 。
(2) 调查结果分析表明,被调查农户和地块的小麦产量水平平均为 5535.0 kg/hm^2 ,变异系数为 14.18%,产量达到 7500 kg/hm^2 以上的只占到调查面积的 5.7%;玉米产量水平为 5992.6 kg/hm^2 ,变异系数为 13.46%,产量达到 7500 kg/hm^2 以上的占到调查面积的 23.5%;全年耕地平均单产水平为 11462.84 kg/hm^2 ,变异系数为 10.97%,产量达到 15000 kg/hm^2 的只有 0.5%。说明被调查地区的粮食生产还有很大的增产潜力,特别是小麦产量和全年作物产量。这一地区在藁城市属于高产区,进一步说明藁城市粮食生产的巨大增产潜力。

(3) 调查结果表明,当前耕地全年的化肥投入量为 557.14 kg/hm^2 ,低于全市统计平均量 862.8 kg/hm^2 ,这是因为统计资料没有按作物分类统计化肥用量,而实际上,近几年有一部分化肥被用于逐年增加的蔬菜和瓜果生产。化肥的投入现状还表明,全年投入纯 N 平均为 394.7 kg/hm^2 ,最高用量达 914.25 kg/hm^2 ,变异系数达 44.52%,全年投入纯 P 平均为 163.67 kg/hm^2 ,最高用量达 525.00 kg/hm^2 ,变异系数达到 67.07%。这说明,在实际生产中,不同农户在化肥投入上存在很大的差异,施用量不合理现象尤其严重,化肥过量浪费与缺少营养同时存在。

(4) 综合统计资料与调查结果,总体上粮食产量与化肥投入仍然呈显著相关,化肥仍然是粮食生产的重要物质基础。但是,纵观全局,增施化肥已不能再作为增产粮食的主要措施,而合理统筹,提高化肥利用率至关重要,农户之间化肥用量的合理调配是目前藁城市粮食生产中节能增产的重要措施。

(5) 试验结果表明,N、P、K 化肥不同配施对产量的影响明显不同,冬小麦表现为 N_1P_1 产量最高,单位耕地增产和单位化肥增产效果 N_1 和 P_1 均高于 N_2 和 P_2 ,夏玉米和全年作物表现为 N_2P_2 产量最高,单位耕地增产效果 N_2 和 P_2 高于 N_1 和 P_2 ,从单位化肥增产效果来看, N_1 和 P_1 高于 N_2 和 P_2 ,肥料用量的全年统筹还需进一步研究。在试验中随着化肥用量的增加,夏玉米的增产效果比冬小麦更为明显。由于 N 素易被当季作物吸收利用及淋失的特点,所以应在两季作物分别追施 N 肥,尤其是后茬玉米应增施 N 肥,而 P 肥具有易被土壤化学固定的特点,当季作物吸收利用率又低,则可以集中在小麦上作底肥一次施入,有利于两季作物增产。

(6)调查和试验结果均表明,在 N、P 配施的基础上增施 K 肥不但没有表现出增产效果,反而还呈现减产的趋势。说明在这一地区由于作物秸秆的大量还田,目前土壤中暂不缺 K 素,因此,在小麦-玉米两熟种植中暂不需要增施 K 肥。

参 考 文 献:

- [1] 黄益宗,冯宗炜,张福珠. 实现可持续农业发展要注意合理施肥[J]. 中国人口·资源与环境, 1999, 9 (1): 80-83.
- [2] 金继运,林葆. 化肥在农业生产中的作用和展望[J]. 作物杂志, 1997, (2): 5-9.
- [3] 伍宏业,曾宪坤,黄景梁,等. 论提高我国化肥利用率[J]. 磷肥与复肥, 1999, (1): 6-12.
- [4] 伍宏业,曾宪坤,黄景梁,等. 论提高我国化肥利用率[J]. 磷肥与复肥, 1999, (2): 9-11.
- [5] 许秀成. 我国当前施肥水平分析[J]. 磷肥与复肥, 1998, (5): 1-3.
- [6] 张维理,林葆,李家康. 西欧发达国家提高化肥利用率的途径[J]. 土壤肥料, 1998, (5): 3-9.