

科学施肥与我国粮食安全保障

曹 志 洪

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 施肥(包括无机肥料和有机肥料)是扩大物质循环、提高粮食产、质量和保持土壤肥力所不可缺少的。肥料是粮食的粮食,国内外的实践业已证明,在所有增产因子中只有施肥量与粮食产量呈直线相关关系($R=0.9431^{**}$)。1981—1990 年间我国肥料对粮食产量的贡献率从 37% 上升到 50%,随着高产品种的推广,粮食对肥料的依赖性将会越来越大。到我国人口达到 16 亿(2050 年前后)时粮食的总需求量为 7.2 亿吨,即到 2050 年的粮食总产量要比 1996 年多 2.3 亿吨。在我国耕地总量动态平衡的前提下,科学施肥是实现粮食增产的最有效的途径。对现有 9.8 亿亩中低产土壤增施 15 公斤养分/亩,将可增产 2.05 亿吨粮食,对现有 4.2 亿亩高产土壤推广平衡施肥技术,将可增产 0.25 亿吨粮食,两项合计为 2.3 亿吨粮食,我国 21 世纪粮食安全保障是可实现。

关键词 科学施肥;粮食保障

美国的 Brown 先生及西方的一些专家对 21 世纪中国能否自己养活中国人提出了质疑。他们是基于中国工业化开始前已有庞大的人口压力,而耕地面积随着工业化发展还在不断减少以及大面积耕地土壤质量正在退化的情况下提出来的。应该说这种耽心是有一定道理的。中国的科学家应该来回答这个问题,究竟 21 世纪中国能否自己养活中国人?

到 21 世纪中叶(2050 年),预测我国人口在 15—16 亿之间,我国人均粮食年消耗量(包括饲料、工业用粮)按 450 公斤计,届时约需提供 7.2 亿吨粮食。目前我国耕地总量约为 20 亿亩,复种指数为 156%,实际播种面积约为 31.2 亿亩。因此,到 2050 年全国平均每亩耕地的年产量应是 240 公斤粮食。1996 年我国粮食总量为 4.9 亿吨,按 30 亿亩播种面积计,每亩耕地的单产平均为 163 公斤。在今后 50 年中粮食单产从每亩 163 公斤提升到 240 公斤确实是十分艰巨的。

计划生育、控制人口增长和确保基本农田保持耕地总量(面积)动态平衡是我国的两项基本国策。当然这是进行科学讨论的前提;耕地必须保护,最少不能低于 18 亿亩;人口必须控制,到 2000 年不能突破 13 亿,到 2050 年不能突破 16 亿;同时还要引导消费,保持东方型健康的膳食结构,即以植物性食物为主,适当增加动物性食物^[1]。

既然我国扩大耕地总量(面积)的潜力已不大,那么增加粮食供应只有靠提高粮食的单产。决定单产高低的因子很多,如优良品种,这是说稻、麦、玉米和薯类作物的品种高产与否的内在基因,也即是根本的因子。在“绿色革命”以前各种水稻品种最多只能亩产 300 公斤,而现在高产的晚粳稻、杂交稻等最高能达到亩产 700—800 公斤。又如目前主要的小麦和玉米品种的亩产量都比原来的传统品种要高出 70—100%。当然各种粮食品质的优劣根本上也是由内因即品种所决定的,香味(气)、粘性(糯性)、出米率、出饭率、氨基酸及维生素等的高低都是因品种而异的。因此继续重视培育、推广优质高产品种无疑是提高粮食单位面积产量和改善粮食品

质的不可缺少和不可替代的工作。

有了优质、高产品种后,在实际生产中能否实现优质高产,则要受许多环境条件(外部因子)的制约。例如水分、阳光、温度、灾害及高产优质必须的土壤条件和施肥等等,其中人为能够主动控制和易于调节的,而且也是过去 50 年来与粮食产量成直接相关的只有施肥这个因子及一定程度上的土壤条件。国内外都是如此(图 1 和图 2)。

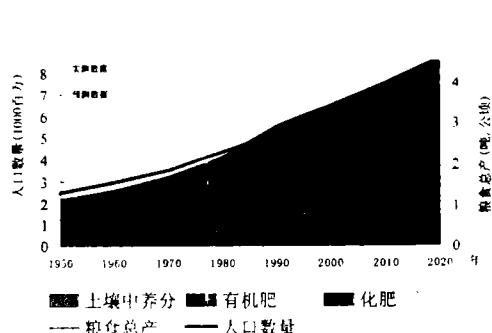


图1 全球人口增长、粮食总产和肥料类型的趋势

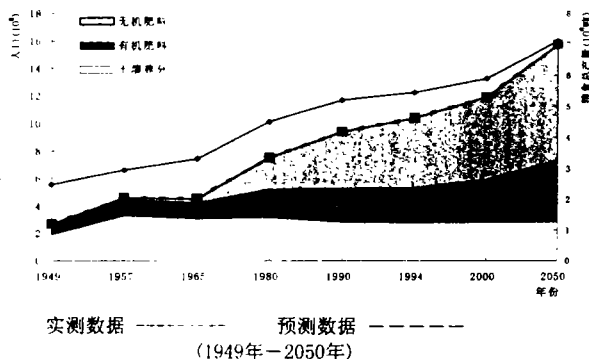


图2 中国人口增长、粮食产量及养分来源构成趋势

1 肥料在粮食生产中的重要作用

1.1 肥料对增产、提高质量、保持土壤肥力的作用

1.1.1 肥料是“粮食的粮食”，不施肥料不能高产

粮食的基本成份是淀粉、纤维素、蛋白质、脂肪、维生素、水分等,即都是由碳氢氧、氮磷钾、钙镁硫、铁锌铜锰钼硼氯等 16 种必需营养元素组成的碳水化合物及其衍生物,如脂肪酸、氨基酸、酶等。因此正是这 16 种营养元素构成了粮食生产乃至整个农业生产(包括种植业——农林果菜等、养殖业和水产业——整个大农业)的物质基础。除了碳氢氧和水分可以通过自然补给外,其他的 13 种营养元素都必须通过施肥(包括有机肥料和无机肥料)来补充和扩大库容。因此增加肥料的投入是加速粮食生产和整个农业发展的基本条件之一。品种

确定以后,有收无收在于水,多收少收在于肥,这是我国和世界的农业发展史所证明的真理。

1950 年至今全球人口增长、粮食总产量与施肥的关系(图 1)^[2]及我国过去 50 年中人口增长、粮食总量与肥料投入的关系(图 2),都表明了上述三者关系密切,例如我国过去 50 年(1949—1995 年)中粮食总量与施肥量几乎成直线相关,其相关系数为 $r=0.9431^{**}$ ($n=11$),达极显著水平^[3]。

英国洛桑试验站近 150 年长期试验资料(图 3)^[4]表明,在“绿色革命”以前,每公顷施 144 公斤矿质氮肥的粮食产量比不施氮肥的粮食产量始终要高出 2 吨/公顷左右;而 60 年代绿色

图3 1850年以来施肥与不施肥长期试验的粮食产量(英国洛桑)

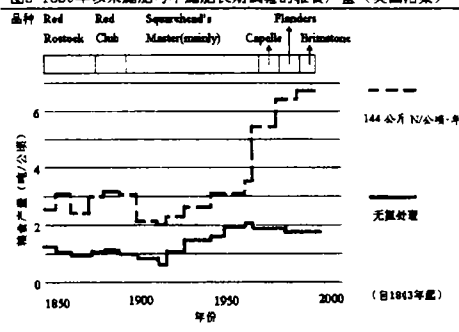


图3 1850年以来施肥与不施肥长期试验的粮食产量(英国洛桑)

革命成功,高产品种引进后,同样的处理,即每公顷仍施 144 公斤氮肥的粮食产量迅速提高,达到 6—8 吨/公顷(如果施氮量再相应提高,并与磷钾和微肥相配合,产量还会大幅度提高)。然而,有了好的品种,若不施肥其产量依然在 1.5—2.0 吨/公顷之间徘徊。与施肥者之间差异迅速扩大到 5—7 吨/公顷,由此可见施肥对粮食增产之重要。

1994 年中国、印度、美国的粮食产量、施肥量、播种面积的比较(表 1)^[5]可见,1994 年我国单位播种面积的施肥量为 165 公斤/公顷,与美国的 154 公斤/公顷接近,我国的粮食播种面积(8800 万公顷)较美国(6400 万公顷)大,因此粮食总产量为 3.97 亿吨,也比美国的(3.57 亿吨)略多,因为我国的单产(4.56 吨/公顷)低于美国(5.6 吨/公顷)。

然而,我国的粮食播种面积比印度(10000 万公顷)要小,而粮食总量却超过印度(1.77 亿吨)一倍以上。印度粮食生产的光、热、水、土条件比中国的好,究其原因我国的施肥量是印度的(70 公斤/公顷)一倍以上,施肥量多少是影响产量的主要因子之一。

1.1.2 肥料的科学施用是提高粮食质量的条件

如前所述粮食产量的多少与施肥密切相关,而粮食品质的好坏也与施肥有密切关系。表 2 是稻谷中各种氨基酸的含量,施用无机氮肥的比施有机氮肥的高,更比不施肥的高。说明正确合理的施肥是能改善粮食品质的。其他作物也一样,如柑桔和西瓜的维 C 含量提高,柑桔、梨的甜度提高等。

粮食作物的其他品质因素,在科学施肥的条件下比不施肥的也应大大提高。

1.1.3 施肥是保持土壤肥力不断提高,保持土壤永续利用的前提

无论是施有机肥还是施无机肥,当季的作物不可能全部利用,每次收获后必然有相当数量的养分以有机或无机的形式残留在土壤中,这样才能使土壤肥力不仅不退化还能不断提高,越种越肥。

表 3 是我国不同地区长期肥料试验中测定的土壤有机质含量的变化状况,5 个不同生态区的长期试验都获得一致的结论:4—5 年后不施肥对照土壤有机质均比试验前有所下降,有的有机质含量下降很明显,一般在 0.02—0.6 个百分点左右;而施氮磷钾肥的处理,土壤有机质含量大多有提高,幅度在 0.03—0.15 个百分点之间,土壤有机质含量提高最多最快的则是氮磷钾肥加有机肥(即无机肥有机肥相配合)的处理,提高幅度在 0.06—0.59 个百分点之间。另据大量调查表明,目前我国土壤全氮含量较 60 年代提高,有效磷和全

表 1 1994 年中国、印度、美国的粮食产量
(稻、麦、玉米)与施肥量

	中国	印度	美国
粮食播种面积(万公顷)	8800	10000	6400
粮食总产量(亿吨)	3.97	1.77	3.57
粮食单产(公斤/公顷)	4500	1763	5572
施肥量(公斤养分/公顷)	165	70	154

资料来源:FAO 和 PPI—IP

表 2 无机氮肥对稻米氨基酸含量的影响(%) *

处理	天冬氨酸	谷氨酸	丙氨酸	缬氨酸	组氨酸	精氨酸
对照	0.81	1.11	0.45	0.27	0.14	0.56
施有机氮肥	0.90	1.65	0.64	0.38	0.16	0.78
施无机氮肥	1.08	1.97	0.74	0.42	0.22	0.95

* 上海农科院土肥所夏振邦资料

表 3 长期肥料试验中土壤有机质含量(%)之变化

地点	时间	有机质含量(%)			
		试验前	对照	NPK	NPK + 有机肥
上海	1979—84	3.16	3.14	3.26	3.75
湖南	1981—85	4.75	4.12	4.78	5.02
江苏	1991—93	3.59	3.40	3.74	3.84
河南	1981—85	3.55	3.41	3.53	3.61
河北	1980—84	1.77	1.60	1.83	

磷含量也有增加。只是钾素量呈现亏缺,因为我国钾肥资源短缺,施肥不足,秸秆还田又不重视之故。

综上所述,在粮食作物品种及水分、温度、光照等其他条件一致的前提下,施用肥料(包括无机肥和有机肥)是决定粮食产量高低、多收少收的关键因子;我国和世界的粮食总量与施肥量呈正相关,与人口发展也有正相关关系。施肥还能改善粮食的营养品质。同时施肥是维持和不断提高土壤肥力所必须的,是不断提高土壤质量保证可永续利用的关键措施之一。

1.2 肥料对粮食产量的贡献率

土壤学界认为在肥料的长期试验中无肥对照区的产量视为土壤对产量的贡献,并按下式计算在该生产条件下肥料对产量的贡献率 $F(\%)$:

$$F(\%) = \frac{\text{施肥的产量} - \text{不施肥的产量}}{\text{施肥的产量}} \times 100\%$$

表 4 全国各地肥料对历年(1981—1990 年)产量的贡献(%)^[6]

轮作方式	土壤	作物	历 年										平均 %	CV %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
双季稻	水稻土	早秋	31.5	37.3	40.5	45.6	39.3	39.5	38.9	41.4	38.8	44.8	39.8	6.5
		晚稻	32.0	34.8	36.6	37.5	42.6	43.1	43.9	43.5	44.0	42.8	40.1	7.4
水旱二熟	黄棕壤	水稻	32.5	36.8	36.4	41.2	40.9	40.4	37.9	36.2	38.4	38.1	37.9	4.2
	紫色土	旱作	47.6	55.0	60.5	55.6	63.5	61.5	63.5	65.5	68.6	57.7	59.9	15.2
旱作二熟	潮土	小麦	50.3	58.9	61.6	58.7	65.1	70.8	66.2	64.8	61.8	68.7	62.9	15.7
	褐土	玉米	37.7	46.0	40.6	45.4	49.1	52.6	55.4	54.3	52.3	58.6	49.3	13.3
旱作一熟	灌漠土	旱作	24.5	39.1	27.2	38.2	39.0	30.3	37.1	38.4	37.5	44.5	34.6	9.5
平 均			36.6	42.6	43.5	46.0	48.5	48.3	49.0	49.2	48.7	50.8	46.3	8.0

表 4 是中国农业科学院 1981—1990 年在全国各地试验的平均值。从中可看出肥料对产量的贡献率是逐年上升的,从 1981 年的 37% 左右上升到 10 年后的 50% 左右。不同农作区肥料对产量的贡献率是旱作两熟区(如黄淮海平原,西北的关中等) > 水旱两熟区(如长江三角洲及安徽、湖北和四川等省区) > 双季稻区(如两广、浙、闽、琼等双季稻区) > 旱作一熟区(如东北内蒙、甘肃、陕西等)。

同一农区的不同作物其肥料对产量的贡献率的大小是小麦 > 玉米,旱作 > 水稻。越冬作物(如冬小麦、大麦)约为 60%,夏玉米约为 50%,而水稻则为 40%,一年一熟的春小麦、玉米等仅为 35% 左右。

由此可见肥料的投向首先是一年两熟区的越冬作物、小麦和夏玉米,其次是水稻,再次为一年一熟的小麦和玉米,因不同作物对肥料依赖程度而定。

1.3 全国及各地区氮、磷、钾肥肥效

无机肥的肥效以施用每公斤无机肥(N, P_2O_5, K_2O)增产的主产品的公斤数来表示。中国农业科学院土壤肥料研究所对全国化肥试验网 1981—1990 年试验资料统计后指出,氮肥肥效在各地都较高,但单施氮肥的肥效不超过 10 公斤($N-CK$),而与磷钾肥配合的氮肥肥效一般在 10 公斤以上($NPK-PK$);说明土壤养分主要的限制因子仍是氮,粮食作物要高产必须施用氮肥。但又必须与磷钾配合,才能高产稳产。

中国农业科学院林葆曾将不同时期氮磷钾肥肥效作了比较(表 5)^[6], 结果发现总的趋势是氮肥的肥效>磷肥>钾肥, 40 年间基本上不变, 说明我国土壤处于长期耕作、集约化利用, 有机质含量不高, 氮素仍是主要的养分制约因子。

表 5 氮磷钾肥对粮食增产效果的变化

作物	每公斤养分增产粮食的公斤数					
	N 肥		P ₂ O ₅ 肥		K ₂ O 肥	
	58—62 年	81—93 年	58—62 年	81—93 年	58—62 年	81—93 年
水稻	15—20	9.1	8—12	4.7	2—4	4.9—6.6
小麦	10—15	10.0	5—10	8.1	多数不显著	2.1
玉米	20—30	13.4	5—10	9.1	2—4	1.6

后十年(1981—1993)的长期试验与 1958—1962 年间的长期试验比, 氮肥肥效确有下降, 这是在相同或相近生产条件下, 随着肥料用量的增加, 氮磷肥效也随之下落的必然趋势, 但不同地区不同作物变化不同。表 6 是我国 90 年代东、中、西部地区氮磷钾肥对粮食作物的增产效果比较。

根据表 6 计算得出氮肥的肥效, 在上海、广东(代表我国东部发达区)是 7—8 公斤/公斤 N, 而中部的河南、江西则是 13—14 公斤/公斤 N; 西部的青海、甘肃则为 18—20 公斤/公斤 N。磷肥的肥效也有类似的趋势, 即中低产地区要比高产地区肥效高 50—100%。钾肥的肥效在北方大部分粮食作物上仍不显著, 而南方稻作区钾肥肥效明显上升。

表 6 90 年代我国东、中、西部典型的肥料长期试验中 N、P、K 肥的增产效果

地区	作物	粮食产量(公斤/亩·年)			
		CK	N	NP	NPK
上海 ^[7]	稻麦两熟	452	717	764	835
广东 ^[8]	双季稻	411	554	676	761
河南 ^[9]	麦—玉米	371	477	764	872
江西 ^[10]	双季稻	382	465	496	561
青海 ^[11]	春小麦	251	339	448	450
甘肃 ^[12]	春小麦	166	313	423	458

但据中国科学院封丘农业生态实验站 7 年(1990—1997)的长期试验表明*, 虽然在小麦和玉米的产量上施用钾肥仍未表现出明显的效应, 但不施钾肥小区耕层土壤中速效钾含量正以每年 2.5 毫克/公斤的速度下降, 已接近临界值, 第 6 年时小麦、玉米的幼苗已有缺钾症状, 第 8 年无钾区的玉米已明显减产。北方对钾肥的需求正在急剧增加。

2 我国肥料的生产和使用现状

2.1 发展很快, 总体上数量不足, 局部地区施用过量

建国以来, 我国无机肥料的产量及用量一直以较快的速度(年均 5.9%)增长, 1995 年全国无机肥料产量为 2481 万吨(按养分计), 位居世界第二。无机肥的用量 1995 年为 3595 万吨, 占世界用肥量的 35% 左右。

按我国 30 亿亩播种面积计算, 每亩耕地的无机肥用量只有约 12 公斤, 属于世界中等水平。实际上还没有把 1 亿亩果园、1700 万亩茶园、1200 万亩桑园、900 万亩胶园及蔬菜、森林等及部分水产业组成的大农业对无机肥料的大量需求计算在内。因此我国无机肥料工业还应大力发展, 目前整体上用肥量特别是占耕地 60—70% 的中低产地区用肥量还很不足。

• 伏绳武等未发表资料, 1997.8.

可是在我国东部沿海高产地区、经济发达的地区如上海、广东、福建、浙江的沿海地区、江苏的苏南地区、山东、辽宁、河北的沿海地区及京津唐等大城市郊区,肥料用量特别是氮肥和磷肥用量已呈过量,不仅肥效不能发挥,而且对土壤及水体的 N、P 污染威胁严重,地下水 NO_3^- -N 含量超标、水体富营养化,使人们的饮用水、工业用水都有影响。如苏南和上海、京郊等氮肥(N)用量都在 20 公斤/亩·年以上,显然是不合理的。

据 1994 年调查,福建、广东、上海、浙江、江苏及湖北等 6 省市肥料用量占全国的 25.9%,平均亩施 35 公斤以上;北京、山东、湖南、江西、安徽、广西、河南等 7 省区用肥量占全国的 41.9%,平均在 25—35 公斤/亩的水平;而甘肃、青海、西藏、内蒙等亩施不足 10 公斤。

2.2 氮、磷、钾比例失调,有机肥、无机肥比例不协调

世界各国无机肥 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ 的使用比例 1993/1994 年度为 1:0.40:0.26;而我国 1995 年达到 1:0.40:0.16。氮磷比例比较合理,而氮钾比中钾明显偏低。

50 年代,我国农业以有机肥料为主,还没有摆脱“有机农业”的制约;60—70 年代以后,无机肥料发展很快,到 80 年代肥料结构发生了以无机肥为主、有机肥为辅的本质变化。特别是在某些经济发达地区,由于劳动力缺乏,农业比较效益低,人们对积制、施用有机肥不感兴趣,成为以单一的无机肥为主的施肥体系,一方面导致无机肥料的利用率低下,另一方面土壤有机质的含量提高不快、某些不良物理性质改善缓慢。

2.3 化肥品种结构不尽合理

氮肥中 50% 仍是碳铵,含氮量只有 17%,性质不稳定,易挥发损失。这一氮肥品种是在我国特殊条件下和特定期内形成的,从市场经济的运行状况来看是不十分有效的产品。尿素的发展有可能占领主要的氮肥市场。

磷肥中以低浓度的普通过磷酸钙和钙镁磷肥为主,这两种肥料在我国国情的特殊条件下(以中低品位磷矿为主,有广阔的酸性土壤,及缺硫面积较大)仍将有其一定的地位,但高浓度的磷酸一、二铵,重过磷酸钙及硝酸磷肥也应积极发展。

钾肥主要依靠进口,为缓解我国钾肥资源不足,可以有条件地到周边国家独资、合资兴办钾肥工业。国产钾肥品种单一,主要是氯化钾,硫酸钾和硝酸钾的供应极少。

复混肥料目前只占我国用肥量的 10% 左右,而发达国家则在 60—80%。复混肥料应该大力发展,以便为农民做到平衡施肥提供方便,增加效益。

根据土壤普查资料,我国耕地缺少微量元素的面积很大,如缺锌为 7.3 亿亩,缺硼为 4.9 亿亩,缺钼为 6.7 亿亩,目前使用微肥的面积仅为 2.6 亿亩,还有很大的潜力。

2.4 肥料氮损失严重,无机肥料当季利用率不高

氮素通过挥发、硝化—反硝化损失、硝态氮的淋失等多种途径损失,水田的损失高于旱地,以平均损失 45% 计,全国总损失量约 900 万吨氮素。无机氮肥的利用率一般只有 30—35%,因此提高氮肥利用率的潜力很大。氮肥、磷肥、钾肥的施用方法对其利用率的影响很大,很多行之有效的办法有待推广。

3 科学施肥对实现 21 世纪我国粮食保障的贡献潜力分析

到 2050 年我国要达到 7.2 亿吨粮食总量才能实现 16 亿人口粮食的安全保障。1996 年我国的粮食总量是 4.9 亿吨,在今后的 50 多年间能否实现这 2.3—2.5 亿吨的提升?

如前所述,粮食产量的提高是许多因子综合作用的结果,但每个因子的作用都离不开物质

基础,亦即离不开粮食的“粮食”——肥料。

高产优质品种的培育是实现高产的内因和本质。但是高产品种的基因决定了必须多吸收养分才能达到高产的目标。例如高产的小麦良种比常规品种要多吸收 1—1.8 倍的养分,使单产提高 1.1—1.7 倍;高产的杂交晚稻也是随着吸肥量的提高而使单产亩增 100 公斤左右。

水利是农业的命脉,“有收无收在于水”。只满足作物对水分的要求,而不能满足其对各种养分增加的需求的话,将仍然达不到增产的目标。即使是雨养农业的条件下,也同样要根据降水的情况来调节施肥才能实现预期产量。

光合作用必须有充足的阳光和适宜的温度,但养分、水分和 CO_2 则是合成光合产物必须的物质基础。粮食的高产优质必须有相应的优质高产的土壤环境,这同样离不开科学施肥。

当然不能离开其他的条件孤立地谈一个因子的作用。这里所谈的肥料对粮食增产的贡献率只是在其他条件都满足的前提下,如何通过合理科学的施肥,实现对粮食单产更高的贡献份额。根据国内外统计,在粮食增产的诸多因子中施肥的贡献率在 50% 左右。

3.1 整体上提高施肥量,特别要提高对中低产田的肥料投入

国内外的经验表明在人多地少的国家和地区都是以重施肥的办法来达到粮食或其他作物高产的目标,以弥补耕地不足的困难。例如我国的上海、苏南、浙江、广东等省市及日本、荷兰等国的单位面积的施肥量高,单产也很高。

我国的基本国情是人多地少,因此不能盲目地去学人家的“自然农业”和“有机农业”而摒弃无机化肥和必要的农药的施用。从根本上来说,只有通过科学合理施肥才能使我国土壤永续利用和农业可持续发展,才能大幅度地增产粮食。

全国现有耕地为 20 亿亩,到 2050 年至少要保持 18 亿亩,按现有复种指数 156% 计,届时的播种面积为 28 亿亩左右(实际上不少地区的复种指数还可以提高,如中部地区的红黄壤和潮土区)。其中 50% 的播种面积为粮食生产,则将有 14 亿亩。按目前的中低产田为 70% 计,中低产田则有 9.8 亿亩。

对 9.8 亿亩中低产田,在充分发挥有机肥作用的前提下,每亩增施 15 公斤养分的无机肥料,按现在中低产田的肥效每公斤养分可增产 14 公斤粮食计算,则将可增产粮食:

$$9.8 \times 15 \times 14 = 2058 \text{ 亿公斤}$$

3.2 科学平衡施肥对增加粮食总量的贡献

在高产地区,施肥量不宜盲目的扩大。增产的关键是平衡施肥和科学用肥。土壤中大量元素钾长期亏缺因而呈不断下降的趋势;中量元素硫缺乏也有扩大的趋势;各种微量元素不足的面积累计达 20 亿亩以上,不少是在高产地区。因此对这些耕地土壤特别要重视测土配方施肥,才能发挥各种养分的增产潜力,开展农化服务扩大复合(混)肥料的生产和使用。从平衡施肥中获得粮食的增产一般在 10% 以上,按目前的平均亩产 600 公斤粮食计,每亩也可多产 60 公斤粮食。

到 2050 年全国 28 亿亩的播种面积中,按目前的 30% 是高产农田,且 50% 用于粮食生产计,则有 4.2 亿亩,通过科学平衡施肥总计可增产粮食为: $4.2 \times 60 = 252$ 亿公斤。

综上所述,由中低产田增施肥料可获得 2058 亿公斤的粮食增产,因平衡施肥在高产区可获得 252 亿公斤粮食的增产,两项合计为 2310 亿公斤粮食,即 2.3 亿吨。因此,按最保守的估计,到公元 2050 年实现 7.2 亿吨粮食的供应是没有问题的。

(下转第 69 页)

“小而全”到“整体”进行发展。2, 从资源—劳力密集型农业, 逐步走向技术—资金型。3, 是发展多样性生物种植结构与农林复合系统。4, 搞好“立体”农业布局, 发展林、果、茶、稻、麦、油及菜、果、桑、栗, 形成粮、饲、肥复合结构, 并重视农、林、牧、副、鱼及种、养、加的全面发展, 以不断提高农业系统的整体效益。这样, 本区土地资源潜力必能充分发挥, 农业生产力将不断提高, 并对全省农业持续发展有极大的推动作用。事实上, 丹阳市建山乡通过对 2 万亩耕地、2 万亩山地的综合开发, 二年内水稻年均每亩增产 50 公斤, 小麦增产 40 公斤, 山地的干果产量增加一倍以上。这些经验, 可在我省丘陵区全面推广与借鉴。

最后建议今后对以下问题进行深入研究:

1, 江苏省资源、环境与农业可持续发展综合研究(争取列入 1998 年国家基金委重大基金项目)

2, 江苏省农村经营与流通体制的改革与完善途径的研究

3, 江苏省长江三角洲土地资源的动态监测、优化配置及耕地保护预警研究

4, 江苏省粮食供需矛盾的发展趋势与平衡途径的研究

5, 江苏省生态农业与绿色工程的建立途径与农业有机废弃物资源化技术研究

6, 江苏省环境资源的动态监测、调控与水土污染趋势及治理途径研究

7, 长江三角洲农业现代化指标体系、经营及投入机制与现代农业配套技术研究

~~~~~  
(上接第 63 页)

#### 参 考 文 献

- 1 夏俊, 张建平. 我国土地最多承载十七亿人. 中国土地报, 1997 年 8 月 30 日
- 2 Stapele C. Ecologic agriculture in global and National context(in Danish). Ugeskrift for Landbrug 1982, 127 (26):495-500
- 3 Cao Zhihong. Environment Issues in Relation to Chemical Fertilizer Use in China. Pedosphere 1996, 6(4):289-293
- 4 Jenkinson D. The Long-Term Effects of Nitrogen Fertilizers. The Farmers Club J. 1989, No. 96, Dec. - Jan. 24-30
- 5 Cao Zhihong. Balanced Fertilization and Food Security in China. FAI, Seminar, New Delhi, 1996, Dec. 5-7
- 6 林葆等. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 1-13
- 7 上海农业科学院土壤肥料研究所施肥方案组. 稻麦轮作条件下农田化肥效应和土壤肥力长期定位监测. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 78-90
- 8 周修冲等. 水稻肥料效应长期定位研究. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 26-34
- 9 朱洪勋等. 黄潮土肥料长期定位研究. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 123-133
- 10 赖庆旺等. 红壤性水稻土连续施肥的生物效应与肥力特性. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 60-69
- 11 孙小凤等. 农田施肥效应和土壤肥力演变定位监测研究. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 50-60
- 12 金绍龄, 马永春. 长期施用不同肥料对作物产量和土壤肥力的影响. 见: 林葆等主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 中国农业科技出版社, 1996, 153-160