

土壤肥力监测与培肥

曹树钦 叶世娟

(安徽省土壤肥料总站, 安徽 230001)

陈伦寿

(中国农业大学植物营养系)

摘要: 本文以长期土壤肥力定位监测和施肥实践为依据, 揭示了安徽省农田 50~70 年代氮磷钾养分全面亏缺, 氮、磷养分成为限制因子; 80 年代土壤有机质、全氮和速效磷平均含量均有所上升, 而速效钾含量则急剧下降, 成为新的限制因子。针对当前影响安徽省“两高一优”农业发展的制约因素, 提出猛攻冬绿肥单产, 实行秸秆过腹还田, 应用配方施施肥技术成果, 推广平衡施肥及化肥深施等施肥对策, 以期达到维持与提高土壤肥力, 实现农业高产、优质、高效的目的。

关键词: 土壤肥力; 监测; 培肥

中图分类号: S158.5

安徽省现有耕地 433 万 hm^2 , 其中中低产田约占 80%, 增产潜力大, 历年是全国粮、油、棉的重要产区。1978 年以来, 安徽省农业发展迅速, 粮、油、棉大幅度增产, 据资料, 1993 年平均播种单产分别达到 4 305, 1 575 和 735 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 分别增长了 79.9%, 92.7% 和 84.9%。据分析, 除政策因素外, 加大农田养分投入和培肥地力是农作物增产的主要因素。而今后加速中低产田的土壤改良和合理施肥则是安徽省实现高产、优质、高效农业的关键。

1 农田土壤肥力的动态变化

过去, 安徽农民种地长期靠有限的有机肥, 由于农田养分投入少, 产出也少。50 年代, 粮食平均播种单产仅 750 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右, 农田土壤肥力一直处于低水平状态。现以宿县为例, 说明农田土壤肥力的变化。

1958 年第一次土壤普查时, 农田土壤有机质含量平均为 1.01%, 全氮为 0.075%。随着农业生产的发展, 精耕细作与提高复种指数, 加速了有机质的分解, 而广大农村“三料”(燃料、饲料、肥料) 紧张, 使得土壤有机质来源十分贫乏, 直接和间接返还土壤的秸秆量不足五分之一。由于土壤有机质长期消耗, 致使含量普遍下降。1979 年第二次土壤普查时, 全县土壤有机质和全氮的平均含量已分别降至 0.95% 和 0.063%。

从 70 年代中期起, 安徽省的氮肥使用有了发展, 农作物产量随之提高, 但同时农村出现了偏施、重施氮肥的倾向, 化肥投入中氮磷钾比例 ($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=1:0.25:0.025$) 严重失调, 致使土壤中钾素严重亏缺, 养分含量下降。由于土壤中速效磷含量本来就偏低, 所以, 磷成为限制因子。据当时试验, 每公斤磷素平均增产小麦 10.1 kg, 大豆 13.4 kg。此外, 皖南低钾土壤, 缺钾更加严重。据原徽州地区试验结果, 水稻施钾增产率高达 20% 以上。截止 70 年代末期统计, 全省有 400 万 hm^2 耕地缺磷, 66.7 万 hm^2 耕地缺钾, 分别占总耕地的 90% 和 15%。

收稿日期: 1995-05-20

80年代,据全省16个县172个土壤肥力监测调查点的结果分析表明,农田土壤肥力呈现新的动态,归纳起来有以下几个特点:

①淮北和江淮区土壤有机质和全氮含量稳中有升,沿江江南区农田有机质含量下降,全氮含量基本持平。淮北区土壤耕层有机质平均含量由80年代初的1.15%上升到80年代末的1.30%,上升了

0.15个百分点。全氮含量由0.092%上升到0.105%,上升了0.013个百分点;江淮区平均有机质含量由1.70%上升到1.89%,全氮含量由0.103%上升到0.115%,分别上升了0.19和0.012个百分点。沿江江南区监测的5个县中,只有铜陵县土壤有机质含量提高,其余各县均下降,平均下降了0.23个百分点。全氮测定值变化不大。

②土壤速效磷含量呈曲线上升,平均由 $6.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升到 $9.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,上升了 $3.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,升幅为55%。其中淮北区平均升幅为88.2%,沿江江南区为44.3%,江淮区为32.9%。根据80年代初到80年代末土壤养分监测结果看出,速效磷含量越低的土壤,升幅越高。如淮北肖县速效磷含量由 $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升到 $11.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;灵璧县由 $4.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升到 $10.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,升幅分别高达183%和140%。另外,根据宿县砂姜黑土10个监测点的测定结果表明,土壤速效磷含量年度间的增减变化并不呈直线关系,而在1981~1982年、1986~1987年和1989年分别出现3次高峰。但是到80年代末,局部农田土壤肥力监测结果表明,土壤速效磷含量明显下降,如灵璧县陈园乡的黑土,由1986年的 $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降到1989年的 $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;砂土则由 $13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降到 $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,曾引起人们的警惕。

③土壤速效钾含量普遍下降,缺钾范围由南向北扩大。全省土壤速效钾含量平均由 $103.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降到 $85.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,下降了 $18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其降幅顺序为:沿江江南区>江淮区>淮北区,依次分别为32.2%、20%和9.8%,其中以高产棉区和双季稻区下降更为严重。如望江县洲区6块棉田平均下降了 $41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;舒城县双季稻区的沙泥田、黄白土地、紫泥田、硅铝质沙泥田等7种主要土壤,平均下降了 $33.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;淮北区利辛县棉区,下降了 $32.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。80年代后期,钾素已普遍成为作物高产的限制因子,多数土壤施钾肥有增产效果。如原来土壤含钾较丰富的淮北区怀远县,1984~1990年15个钾肥试验点,有13个点增产,平均每公斤 K_2O 增产小麦 $147 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;淮北区砀山棉田施 KCl $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,皮棉增产率为31.1%。

表1 宿县第一、二次土壤普查有机质、全氮含量比较 %
Table 1 Comparison of soil organic matter content and total nitrogen level between the 1st and the 2nd land inventory in Suxian

土种 Soil species	第一次土壤普查(1958) The 1st land inventory		第二次土壤普查(1979) The 2nd land inventory	
	有机质	全氮	有机质	全氮
	O.M.	Total N	O.M.	Total N
黑土 Heitu	1.44	0.139	1.24	0.087
砂姜黑土 Shajiangheitu	1.45	0.102	1.35	0.078
青土 Qingtu	0.95	0.067	1.19	0.083
青白土 Qingbaitu	0.85	0.057	1.14	0.074
活碱土 Huojiantu	0.71	0.051	0.41	0.032
死碱土 Sijiantu	0.54	0.031	0.58	0.038
卤碱土 Lujiantu	1.12	0.072	0.90	0.059
黄底淤 Huanditu	1.19	0.075	0.89	0.064
山黄土 Shanhuangtu	1.32	0.065	0.39	0.058
平均 Average	1.01	0.075	0.95	0.063

80年代以来,部分土壤上作物微量元素缺乏症明显增多,增施微肥有明显的增产效果。例如望江县洲区棉田1980年土壤有效硼含量为 $0.503\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,到1987年已降到 $0.246\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。棉花基施硼肥可增产7%。淮北区涡阳县砂姜黑土小麦基施 MnSO_4 1 kg,平均增收小麦 $525\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率为10%。锌锰结合施用,增幅提高到19.6%。油菜施硼更为普遍。

2 土壤力变化的主要因素分析

①化肥用量大幅度增长,促进了有机肥料大量增加。据统计,80年代全省化肥平均年增量6.3万t(纯养分,下同),10年总用量1023.52万t,比70年代增加807.77万t,增长了3.74倍,粮食总产增长超过50%,与化肥用量的增长关系密切($r=0.9084^{**}$)。特别是淮北和江淮大面积中低产区,粮食产量和秸秆量都成倍增长,畜牧业也有了迅速发展,形成了粮多、秸秆多—牲畜多—肥多的良性物质循环,因此返回农田的有机物也多。如据江淮区一个有 18.2 hm^2 耕地的自然村调查,以平均每年施入土壤的农家肥所含有有机质总量,减去土壤有机质年矿化量后,尚净积累有机质 $915\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,加上每年残留在土壤中的根茬等干物质 $1800\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右及部分还田秸秆,从而丰富和更新了土壤有机质。随着土壤有机质含量的增加和施入土壤的氮素增多,也丰富了土壤氮库,因而土壤全氮含量也有了增加。

②水旱轮作加速了水田有机质的分解。第二次土壤普查后,沿江江南区改变了过去冬闲田的习惯,结合增施农家肥,使土壤有机质得到更新和活性提高,土壤理化性状和养分供应状况都有了改善,虽然有机质含量有所下降,但全氮含量并未降低。

③大量增施磷肥,补充土壤磷素消耗而有余。据统计,80年代,全省化肥磷素总投入量为278.33万t,比70年代增加了5倍多,加上有机肥中的磷素,磷素总投入量达420.3万t,扣除产出带走的磷素,尚盈余114万t磷素被土壤吸附和固定。试验表明,土壤速效磷含量的变化受各年磷肥用量和土壤环境的影响很大。连续几年施用磷肥,土壤速效磷含量就会上升,停几年不施磷肥,则速效磷含量又会下降。这说明培肥土壤,提高土含磷水平不可能一劳永逸。

④随着作物产量的不断提高,从土壤中带走的钾素增多,但钾素的补充严重不足。据粗略估算,1950~1992年间,土壤累计消耗钾素达830.83万t,如此长期被大量消耗,不但缺钾土壤缺钾状况更加严重,而且缺钾土壤的面积也将日益扩大。

同理,在微量元素含量过低或补充不足的土壤上,随着农作物产量的提高,也会呈现各种微量元素的缺乏症状,给作物(包括果树、蔬菜等)产量和品质带来一定的不良影响。

3 实现“两高一优”农业的制约因素和问题

多年来,安徽省的土肥建设虽有了较大发展,但结合当前生产实际分析尚存在一些实现“两高一优”农业的制约因素和问题。

①土壤基础肥力差限制着农作物的高产。安徽省耕地土壤肥力本来就差,近年来,多数土壤虽然有机质、全氮和速效磷含量都有所上升,但如全省土壤肥力监测和调查结果表明,总体肥力不高,缺素面积较大。多年来大量配方施肥试验结果证实,作物产量对土壤肥力的依赖程度呈明显的正相关(表2,3)。在生产水平不高、化肥用量低的条件下,作物产量随化肥用量的增加而提高。而近年来,淮北部分中低产区,在化肥用量和作物产量都得到了大幅度增长后,产量已出现徘徊。分析原因,其中土壤肥力基础不高是重要影响因素之一。

表2 早稻产量与土壤肥力的关系

Table 2 Early rice response to soil fertility

组 限 Group	No.	空白产量 CK yield kg·hm ⁻²	最高产量 Max yield kg·hm ⁻²	土壤依赖率(%) Dependency on soil supply	
				实际值 Measured	理论值 Calculated
100~150	2	2 085.0	4 710.0	44.3	42.7
151~200	9	2 878.5	5 559.0	51.8	53.1
201~250	12	3 540.0	5 988.0	59.1	59.7
251~300	15	4 155.0	6 496.5	64.0	64.8
301~350	12	4 825.5	7 074.0	68.2	66.6
351~400	1	5 482.5	7 185.0	76.3	13.7

表3 不同土壤上作物产量对土壤的依赖关系

Table 3 The relation between crop yield and soil fertility

地区 Region	作物 Crop	土壤 Soil type	曲线方程 Model	n	r	F
淮北宿县 Suxian	小麦 Wheat	砂姜黑土 Shajiangheitu	$E_s = 37.12 \log x - 29.50$	1	0.835	4.61
		潮土 Chaotu	$E_s = 95.961 \log x - 158.91$	2	0.757	10.76
	夏玉米 Summer Maize	砂姜黑土 Shajiangheitu	$E_s = 39.18 \log x - 161.01$	5	0.918	5.4
		潮土 Chaotu	$E_s = 63.401 \log x - 103.02$	5	0.86	2.88
	棉花 Cotton	潮土 Chaotu	$E_s = 53.86 \log x - 33.80$	7	0.702	3.88
	江淮天长 Tianchang	小麦 Wheat	黄白土 Huangbaitu	$E_s = 32.91 \ln x - 118.3$	20	0.91
水稻 Rice		马肝田 Magantian	$E_s = 37.55 \ln x - 155.9$	30	0.85	5.7
沿江宿松 The southern part		水稻 Rice	第四纪红土 Disijihongtu	$E_s = 104.42 \log x - 187.38$	43	0.869
	水稻 Rice	山河冲积土 Shanhechongjitu	$E_s = 95.43 \log x - 170.22$	34	0.862	92.56
	棉花 Cotton	长江冲积土 Changjinag chongjitu	$E_s = 75.21 \log x - 43.67$	8	0.693	1.85
	油菜 Rape	四纪红土 Disijihongtu	$E_s = 5.59 \log x + 9.84$	6	0.984	30.29

E_s ——作物产量对土壤肥力的依赖率 x ——基础产量

E_s ——Dependency of crop yield on soil nutrient supply x ——Yield in control treatment

②施肥结构不尽合理影响对作物养分的平衡供应。1990~1993年四年平均,全省化肥氮磷钾的施用比例(N:P₂O₅:K₂O)为1:0.40:0.15,加上投入的有机肥,养分总投入比例为1:0.40:0.38。据化验,安徽省主要农作物吸收氮磷钾的比例平均为1:0.46:1.2,两相比较,磷素稍缺,而钾素尤感不足,既不能满足作物对土壤钾素的需求,也影响了氮磷肥效的充分发挥。

③绿肥播种面积锐减,有机肥资源未被充分利用。冬绿肥是安徽省双季稻区的大宗有机肥源,历来对于提供水稻营养,维持稻田也肥力起了重要作物。70年代冬绿肥播种面积都在66.7万 hm^2 以上,平均单产约 $15\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。80年代以来,扩大油菜种植,因而冬绿肥面积减少,近年来仅有26.7万 hm^2 左右。

④化肥利用率不高。目前氮肥的平均利用率约30%,磷肥的平均利用率在14%左右。这一问题与施肥养分比例失调和施肥方法不合理有密切关系。

4 土壤培肥和施肥决策

①加强有机肥料建设,大力增施有机肥。目前安徽省有机肥料使用量约占农田养分投入总量的40%,其中有机肥氮、磷各占氮、磷总投入量的26%,有机肥钾占钾总投入量的72%。经宿县、阜阳地区、凤阳县等多年定位试验得知,在养分总投入量一定的情况下,有机、无机养分配比为1:1时,可以达到既培肥土壤又能使当季增产效果最好的双重目的。因此,增加有机肥的投入无疑将会加快改土培肥的步伐,增加作物养分供应,减缓土壤对作物钾素供应不足的矛盾,减少化肥用量,节省农业生产成本,促进增产增收。加强有机肥建设要抓好以下几点:

一抓稳定冬绿肥面积,猛攻单产。安徽省实施冬绿肥《丰收计划》的实践证明,通过引用良种,合理施肥和开沟排水,防寒防冻等综合措施,提高鲜草单产乃至增加总产是解决南方耕地少、油肥争地矛盾的有效途径。《丰收计划》项目区的鲜草单产,由实施前三年平均 $15\sim 22.5\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 提高到 $25.5\sim 55.5\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,这说明发展绿肥生产仍有很大潜力。

二抓因地制宜、多种方式的秸秆还田,特别是秸秆过腹还田。这对于更新和提高土壤有机质,增加土壤钾素的归还至关重要。在双季稻区,农时季节紧,气温高,雨水充足,可实行秸秆直接还田,还田量为 $3000\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右。1990年据怀远县试验,小麦留高茬20cm,秸秆还田量可达 $2250\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,既不影响中耕作物生长,又为后茬作物增产和改良土壤奠定了基础。农牧结合,麦秸过腹还田是淮北区增加有机肥投入量的又一成功经验。据资料,目前淮北区人均耕地约为 0.13hm^2 ,农田生物量一般为 $15\sim 22.5\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中秸草量约为 $7.5\sim 11.25\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,扣除人均生活燃料,每公顷可获饲草4.5t, 0.37hm^2 耕地饲养一头牛,每头牛每年可积湿牛粪3t。牛厩肥质地较细,C/N比在30左右,有利于氮素的缓慢释放和持续供应,不但施用当季即有改土和增产效果,而且节省了化肥用量,增加了畜产品收入。

三抓农家肥的积制,坚持人有厕所猪有圈,利用草皮、杂屑等有机物料进行堆(沤)制和发展沼气肥,从而有效利用C/N比值高的有机物料,变废为宝,同时改善环境卫生,提高环境质量。

②大力开展测土配方施肥。安徽省自1984年应用配方施肥技术以来,在获得增产、增收、提高生态效益的同时,还积累了大量技术参数,如土壤基础肥力,作物产量对土壤肥力的依赖率方程,主要土壤的作物定产经验公式,主要作物的肥料效应函数,以及肥料利用率等。充分应用好配方施肥技术成果,对于因地制宜地确定氮磷钾与微量元素的合理用量和配比,提高肥料利用率和获得高产、优质、高效提供了科学依据。同时要坚持土壤肥力监测,及时掌握土壤养分的动态变化,以便及时修正技术参数,指导科学施肥。

③合理施用钾肥,提高钾肥总体效益。我国钾肥资源很少,要在宏观上统筹安排,把有限的钾肥(包括进口钾肥)用到增产效益最高的地方去。首先要考虑皖南缺钾最严重的土壤和

烟、麻、棉、油及瓜果等多种喜钾经济作物的需要,以提高农产品品质,发挥更大的经济效益。在品种分配上,硫酸钾价格贵,在缺硫的冷浸田和忌氯作物(如烟草、薯类)上施用最为经济。各地实践表明,一般情况下,钾肥做基肥施用较好,但在沿江洲区和淮北黄河古河道等砂土地上,基肥、追肥结合施用才能更好地发挥肥效。

④改进化肥施用方法,提高化肥利用率,重点推广化肥深施技术。本省试验表明,碳铵深施比撒施能提高利用率一半左右。硫酸铵、尿素及磷钾等化肥深施,也可避免雨水冲刷淋失以及杂草、藻类等对肥料的消耗,并使其肥效持久,从而解决表层撒施肥效消失快与作物需肥时间长的矛盾,可提高利用率10~20个百分点。

参 考 文 献

- 1 熊毅,李庆逵主编. 中国土壤(第二版). 北京: 科学出版社,1987
- 2 周鸣铮编著. 土壤肥力学概论. 杭州:浙江科学技术出版社,1985
- 3 中国农业科学院土壤肥料研究所主编. 国际平衡施肥学术讨论会论文集. 北京:农业出版社,1989
- 4 周明枞,姚培元主编. 淮北地区水土资源开发与治理研究. 北京: 科学出版社,1992
- 5 全国土壤肥料总站编. 全国土壤监测资料集. 北京: 中国劳动出版社,1994

Monitoring and Improvement of Soil Fertility

Cao Shuqin Ye Shijuan

(General Station for Soil and Fertilizer, Anhui 230001)

Chen Lunshou

(College of Resources and Environment, CAU)

Abstract: Based on long-term soil fertility monitoring and fertilization practice, it was found that the soil N, P, and K were depleted and were the limiting factors for crop production in Anhui during 50's to 70's. In 80's, soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus increased, and soil available potassium decreased dramatically and has become a limiting factor for agricultural production. Therefore, the strategies suggested for further agricultural development in Anhui are, ① to increase winter green-manure production; ② to return plant residues to soil as animal excrements, and ③ to balance fertilizer need of crops, and deep placement of fertilizer fertilizer in soil, in order to maintain and improve soil fertility and for high yield, high quality and high return in agricultural production.

Key words: soil fertility; monitoring; improvement