

从现代土壤学看 江苏省农业持续发展中的问题*

赵 其 国

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

本文从现代土壤学发展的趋势与特点,联系江苏省农业生产的实际,对该省当前在农业持续发展中的土壤问题,包括提高土壤肥力,防治土壤退化,改良中低产田,建设生态环境,实行集约化经营等,进行了详细的论证与讨论,提出了有关加强江苏省农业持续发展与生态环境建设的具体意见。

关键词 现代土壤学; 农业持续发展; 土壤肥力

土壤是人类生存的基本资源,是农业发展的重要基础。当前在我国传统农业正向高产、优质、高效的现代农业转变时期中,土壤学也正在随着社会发展,朝向现代土壤学的方向转变。因此如何从土壤及现代土壤学的观点,正确地认识与解决江苏省当前农业持续发展中所面临的问题,具有重要的理论与实践意义。

1 现代土壤学的发展与特点

1.1 现代土壤学的发展趋向

随着社会的不断发展,土壤作为人类赖以生存的重要自然资源,亦正在逐渐或迅速地发生变化,当今土壤学已由原来仅研究土壤本身向土壤圈及其与各圈层之间的关系的方向扩展。

土壤圈是地球上气圈、水圈、生物圈及岩石圈交界面上的一个圈层,它处于四个圈层的中心,既是地球各圈层物质循环与能量交换的枢纽,又是地球各圈层间相互作用的产物。由于土壤圈处于地圈系统,即上述四个圈层的中心,因而它具有:永恒的物质迁移与能量交换;最活跃与最丰富的生命力;“记忆块”与“基因库”;时空变异与限制性;资源的再生、利用与保护等特性,并且具有支持与调节生物过程与养分循环(对生物圈);影响大气组成,水平衡与释放温室气体(对气圈);影响降水分配与平衡(对水圈);影响土壤发生与地质循环(对岩石圈)等功能。它的作用在于通过土壤圈与其它圈层的物质交换影响全球变化,通过人为活动对土壤圈的强烈作用,对人类生存与环境起重大影响。

因此,从土壤学的发展看,今后的研究共有两个方向:

第一,研究土壤圈与地球其他圈层的关系;

* 本文在撰写过程中,承陆彦椿同志提供有关资料,特此致谢。

第二, 研究土壤圈物质迁移与能量平衡对人类生存环境(持续农业)的影响。

上述研究方向可概括为以下四项研究任务: 即土壤圈物质循环与全球土壤变化; 水土资源时空变化、开发利用与恢复重建; 土壤肥力演变规律、发展趋向与调控对策; 农业持续发展、区域治理与生态、环境建设。其中通过土壤圈物质与养分循环, 研究与解决农业持续发展与生态环境建设是关键。

1.2 现代土壤学面临的挑战

从当前社会与经济发展对土壤的要求看, 现代土壤学正在面临着严峻的挑战。

1.2.1 人口与粮食

到本世纪末, 世界人口总数, 将达到 62.41 亿, 粮食的需求量为 21.3—22 亿吨, 比 1990 年的粮食总量要净增 3.5 亿吨。面对这样的严峻形势, 生产条件落后的发展中国家将承受巨大的粮食生产压力。我国人口到本世纪末, 预计可达 13 亿左右, 以人均 400 公斤的年消费水平计算, 需要粮食 5.2 亿吨, 然而要在仅占世界耕地面积 6.8% 土地上, 获得世界粮食生产总量的 23.6%, 任务是极为艰巨的。

1.2.2 资源与环境

当前, 全世界拥有耕地 7.3 亿公顷, 预计到本世纪末可再扩大耕地 1.8 亿公顷, 总共为 9.1 亿公顷。但是, 由于人类不合理的开垦土地, 近年来土地退化不断加剧。全球范围内的水土流失面积已发展到总土地面积的 16.8%; 沼泽化、沙漠化的面积也分别达到总面积的 10% 和 33%; 次生盐渍化面积约 12 亿公顷; 耕地被侵占近 2 亿公顷; 20% 耕地存在着养分亏缺; 在 76 个发展中国家中, 森林以每年 1130 万公顷的速度被砍伐, 而造林仅为 110 万公顷, 世界上仅有 0.27% 的水资源可为农业、工业和城市利用, 有人预测, 不出二十年, 淡水的供给将不能满足需要。

我国的水土及森林资源按其绝对量来说名列前茅, 但人均占有量很低。人均耕地、林地和草地分别仅占世界人均量的 $1/3$ 、 $1/5$ 和 $1/4$; 水资源总量居世界前列, 而人均只占世界的 $1/4$; 森林资源居世界第 7 位, 但人均量是第 130 位。目前全国中低产田已占总耕地面积的 $2/3$, 约有 2000 万公顷的耕地受到干旱威胁。水土流失面积占国土总面积的 $1/5$; 沙漠化的土地达到 3330 万公顷, 并且平均每年以 15 万公顷的速度扩展; 草原退化面积 8700 万公顷, 并且每年以 120 万公顷左右速度增加。随着工业的发展, 污染日益严重, 每年废水排放量为 368 亿吨, 烟尘排放量为 1445 万吨, 受污染的耕地面积约 670 万公顷, 酸雨对江南农业生产的影响也越来越严重, 仅 SO_2 的危害, 每年可达 270 万公顷。

面对上述挑战, 现代土壤学今后的发展必须为人类享有充足的食物和清洁的环境作出贡献。今后相当长的时期内, 提高粮食生产是主要的任务。

1.3 土壤肥力与农业持续发展

土壤肥力是土壤的本质特性, 土壤的概念是和它的肥力分不开的。土壤肥力是指“土壤在某种程度上, 能不断地同时供应在植被生长期中所需要的养分、水分、空气与热量的能力”。由于土壤具有肥力, 并能不断地提供植物(包括农作物)生长所需的各种土壤因素, 保持农产品产量与质量的稳定与提高, 因此, 土壤肥力是农业持续发展的重要基础, 长期的实践表明, 土壤植物营养元素, 即土壤养分是土壤肥力的主要组成部分, 它对农业持续发展有重要影响。

据我国 1978—1984 年 6 年统计, 每亩增施化肥 4.1 公斤, 增产粮食 68 公斤; 1984—1993 年 9 年间, 每亩增施 6.1 公斤, 增产粮食 34.9 公斤。这与过去记载的每公斤化肥(养分)能增产粮食 8 公斤, 粮食增产有 35% 是靠施用化肥的结果相一致, 说明氮、磷、钾肥的施用对作物增产的明显作用。

首先, 氮素是作物营养元素之首, 施用氮肥是提高农产品产量最有效的手段之一。我国氮肥施用量达 1726 万吨氮(相当于 8630 万吨硫酸), 占世界氮肥用量的 21.6%, 为世界首位。江苏省氮肥施用量 157 万吨, 占全国 9%, 但值得注意的是, 各种氮肥品种的氮素, 当季利用率均不高: 硫酸铵为 30—42.7%, 尿素为 30—35%, 碳铵为 24—31%。这是因为氨挥发和硝化—反硝化作用的结果。据近 30 年的研究, 水田化学氮肥损失为 50%, 旱地为 40%, 即每年损失的化肥氮量相当于 3884 万吨硫酸铵, 价值人民币 285 亿元, 如果把氮素损失减少 10%, 每年即可减少损失 30 多亿元。此外, 农业生态系统中加入的肥料氮的损失通过径流及淋洗进入水体(NO_3 等), 不仅污染饮用水, 而且也引起河、湖富营养化。因此, 如何合理施用并控制氮肥损失, 是氮肥在农业生产中的重要问题。

磷也是重要的植物营养元素之一。据 1993 年统计, 我国磷肥用量已达 750 万吨 (P_2O_5), 江苏省 38.3 万吨, 占全国 6%, 但当季植物只能利用 10—25% 左右, 有近 75—90% 的磷肥积累在土壤中, 其数量相当可观。研究表明, 磷肥施入土壤后, 大都被固定, 各地区土壤全磷通常高于有效磷几百倍。由于长期施用磷肥(1991 年我国磷肥消耗为世界第二位), 我国从 70 年代中期起, 农田磷素循环即基本达到平衡。因此, 如何利用土壤中的累积态磷, 是重要的科学问题。此外, 随着土壤中累积态磷的增加, 释放到径流中的磷将会增加, 水体中只要含 0.02mgL^{-1} 磷, 将使水体开始富营养化, 并威胁水生生物的生存, 这一问题也应引起注意。

我国钾肥资源紧缺, 钾素化肥的用量近年虽有增加(1991 年, 我国钾肥消耗量占世界第四位), 但从钾的投入与产出量比较, 每年均为亏缺。近年亏缺量达 500 万吨左右, 1993 年, 全国施用钾肥仅 212 万吨, 江苏省 7.9 万吨, 占全国 3%, 从目前情况看, 要把作物所摄取的钾素全部归还给土壤仍很困难。因此, 耕地土壤严重缺钾的状况将继续存在。

微量元素在氮、磷、钾施用的基础上, 也出现不平衡与亏缺情况, 并对植物生长起限制作用, 它们在植物营养中也很重要。

除了氮、磷、钾素及微量元素以外, 有机肥也是很重要的植物营养来源, 我国是具有施用有机肥传统的国家, 1990 年与 1949 年相比, 我国有机肥增加了 2.6 倍, 但由于化肥用量增加, 有机肥在肥料总量中的比重不断下降, 80 年代初, 有机肥与化肥各占一半, 1990 年有机肥占总肥料的 37.4%, 其中 N、 P_2O_5 分别占 23.8% 和 31.7%, 而 K_2O 占 79.3%, 说明有机肥在调节氮、磷、钾比例中的作用。但目前有机肥用量有不断减少的趋势, 值得引起注意。

以上简单概括了我国土壤肥力, 土壤植物营养与农业持续发展的关系。但从江苏省当前粮食增产与植物营养, 特别是氮、磷、钾肥投放产出的平衡情况看, 还存在不少值得重视的问题。

2 江苏省农业持续发展中的土壤问题与对策

针对上述土壤学发展的特点, 当前江苏省在农业持续发展上, 共存在着四个突出矛盾。

一是人地矛盾；二是农业需求与供应矛盾；三是经济发展与生态环境建设矛盾；四是土地利用与耕地质量矛盾；因此，如何正确认识与解决这些矛盾，是促进江苏省农业持续发展的重要问题。

2.1 控制人口，保护耕地，克服人地矛盾

按1993年统计，江苏省以6782万亩耕地，养育着6967万人，人均耕地已不足1亩(人均0.97亩)，据粗略统计，30年来，全省耕地平均每年减少30万亩，人口却增长了80多万，使耕地负载量比60年代增加了2.5倍。可是本省可开发宜耕地资源尚不到160万亩。按预测，到本世纪末，全省人均耕地仅0.91亩，形势将更为严峻。据苏、锡、常统计，1992年耕地下降超过10%，其中苏州市80年代末有粮田400多万亩，90年代以来已减少到370万亩，无锡市90年代以来，3年中减少耕地16万亩。以这样的速度发展下去，本省的土地资源前景令人忧虑。针对这种情况，首先，应按国家规定要求，严格控制人口，提高人口素质；其次，当务之急是提高全民族保护土地资源的意识，在发展工业和市政建设的同时，严格按国家颁布的《土地法》控制耕地的非法占用，对废弃地进行科学垦复，以稳定基本耕地面积。昆山市在公路建设、开发区建设中尽量不挖坏耕地和合理利用河湖淤泥的做法，是自觉保护耕地的好经验，值得推广。此外，在充分利用自然资源，优化耕作制度的基础上，注意开发荒丘、荒滩，使全省有限的土地资源发挥更大的作用。

2.2 加强农业集约化，发展“三高农业”，稳定粮食增长

据统计，江苏省1993年粮食总产3279万吨，人均470公斤，按此人均水平，到本世纪末，人口达7362万人，则粮食总产约需3460万吨，需净增粮食181万吨。但总的看来，全省粮食生产问题突出：一是粮食产量徘徊。80年代，粮食年平均产量为3250万吨，人均约500公斤，90年代，年平均产粮3224万吨，人均487公斤，低于10年前的水平；二是单产增加缓慢。前10年平均每公顷产量5100公斤，而90年代的4年，平均仅上升105公斤，较10年平均水平仅增长2%；三是粮食需求缺口，特别是饲料粮需求较大，每年需进口约400万吨。

一般讲来，提高粮食生产可通过扩大生产规模和提高集约化程度来解决。对于扩大生产与土地规模，对江苏来说潜力不大，全省耕地的后备资源仅有600万亩，其中海涂约200万亩，荒地与荒丘约400万亩。据分析，在本世纪开发1万公顷的宜农荒地，约需投资1亿元，这是现有国力难于承担的。因此，重点宜放在提高资源的集约化与利用效率，即走发展三高农业的途径着手，其中包括5点：一是加强对全省4538万亩中低产田进行培育改良，在增加投入的基础上，如果针对各种类型中低产田存在的障碍因子采取综合治理，以每亩增产粮食50—100公斤计算，则可增产粮食22.7—45.4亿公斤；二是提高化肥，特别是提高氮、磷、钾肥的利用率；三是提高水资源，特别是土壤水资源的综合利用率；四是提高现有耕地集约化程度，包括提高复种指数，调整粮食产品结构，改善农田生态环境；五是优化农业生态模式。

2.3 注意平衡施肥，发挥农田养分潜力，提高土壤肥力

江苏省近年来，年施用氮肥达157万吨，占全国9%；磷肥用量38.3万吨，占全国6%；钾肥7.9万吨，占全国3%。值得注意的是，在化肥大量投入的前10年，江苏省的粮食单产随化肥增加而增高，但在化肥大量投入的近期，全省出现了增加化肥而减产的趋势，

产生这种现象的原因,从植物营养平衡的角度看,主要是化肥一直以氮肥为主,到1993年,仍占施肥总量的68.5%,氮、磷、钾比例为1:0.24:0.05,而全国为1:0.31:0.12,1985年世界化肥的比例则为1:0.43:0.37。说明在施肥过程中,必须注意氮、磷、钾的平衡施用,特别是在过去氮肥充分施用和磷肥不断补充的情况下,要充分重视钾肥及微量元素的补充和平衡施用问题。此外,必须针对不同地区、不同土壤特性,并结合作物需求,提出不同的N、P、K比例,采用平衡施肥技术。只有这样才能保持农产品产量的稳定增长。

此外,除施用化肥外,还应充分发挥农田养分循环的潜力,这是因为全省可能用于养分再循环的肥源潜力很高,包括人畜粪肥、秸秆、绿肥和饼肥等,其中人畜粪肥含有丰富的氮素,秸秆主要含钾,水稻籽实中氮、磷占地上部分总量的60%,玉米占70%,小麦占80%以上,小麦秸秆含钾量占总量的80%。为此,首先要在农田养分再循环的基础上,建立定量的有机养分的施肥体系,现在可以通过建立模型,计算出某一有机肥源(如秸秆还田)条件下,化肥(如钾肥)的合理用量。第二,要注意绿肥种植与秸秆还田,江苏省过去绿肥面积曾达3000万亩,现仅500万亩,如能提高到1000万亩,则可占水稻面积的27%,每亩水稻可增产10%左右,达到平衡有机质的作用。据了解全省近年约有3500万吨秸秆被烧掉。第三,江苏不少地区有泥肥施用,城肥下乡,复合肥施用的习惯,这是发挥农田养分平衡的有效措施。此外,施用粪肥引起的污染,有机肥与化肥的配合施用,均是当前农业持续发展过程中,值得注意解决的问题。

2.4 加强生态环境建设,防治土壤退化与水质污染

随着国民经济与城乡建设的不断发展,近年来江苏省的生态环境状况在不断恶化,首先由于人增地减,耕作不当,土地退化甚为严重,全省水土流失面积达2万公顷,受沙漠威胁的耕地达390万公顷,年养分流失量4000万吨。据最近统计,江苏省近10年内,土壤有机质含量除太湖及里下河地区外,均有所减少,土壤磷素较稳定,土壤钾素归还严重不足,土壤速效钾含量每年以2.3毫克/公斤的速度减少。此外,干旱、雨涝、病虫等自然灾害发生频繁。此外,全省地表水人均占有量为全国的15%,实际上水资源相对贫乏。据统计,全省废水排放量居全国第二位,水排放密度居第一位,水污染事故与赔款最多。太湖水质恶化与富营养化的进程明显加剧,1990年藻类大爆发,损失达1.3亿元。在海州湾,废黄河口,启东咀等地,其水质与底泥的污染值均高于其他地区。水环境的恶化,必将给滩涂开发带来严重影响。江苏全省施用化肥共5301万吨,若按上述流失量计算,则进入水中的化肥量为530万吨,其损失可观,影响极大。

针对上述情况,首先,应通过防止养分有效性降低、数量减少及生物消耗性退化着手,防治土壤退化,具体包括以下几个方面:

第一,通过合理耕作,增施有机肥,防止养分的侵蚀与淋失。这是克服养分减少的重要措施。由于各种养分施入土壤中均有不同程度的淋失(包括土壤侵蚀),并在不同施用时期中养分形态有不同转化,而且养分增长速度也有所不同。针对此特点,应采用各种防止养分淋失的耕作、施肥措施,使土壤养分的形态转化与增长速度满足植物生长的需要。

第二,通过合理施肥注意养分库重建,防止养分有效性退化。养分有效性退化表现在磷、铵、钾素在土壤中的固定,因此必须对不同开垦利用的红壤进行平衡施肥,实验表明,经过4年合理施肥,退化红壤的养分库可发生变化。此外,只要养用结合,不断补充肥源,

红壤已退化的养分是可逐渐重建的。

第三,注意生态系统中的养分循环和平衡,防止养分发生生物消耗性退化。在旱地、水耕、林草及果园生态系统中,土壤养分的循环与平衡各具特色。应通过不同生态系统,提出配套的施肥、耕作及管理措施与方案,促使土壤肥力不断提高和保持稳定。

此外,在水环境治理上,应注意以下几点:

第一,统一社会对水环境的认识。水环境不单是一个“水科学”问题,而是涉及自然科学与社会学等综合性问题。因此,应统一全社会对水环境的正确认识,同心协力加以解决。

第二,加强水环境的管理。首先应进行全省水环境的流域、区域的规划工作,对全省水污染的总量进行控制管理;其次,建议考虑水环境容量的有偿利用,即“谁造成污染,谁承担责任”的原则,决不能走“先污染,后治理”的道路。当前苏南一些地区水稻施用氮肥每公顷达120公斤到450公斤,按我们的研究结果,每公顷水稻施用120—180公斤较适合,这就可将太湖地区平均施肥量(345公斤/公顷)减少一半,如结合有机肥与河泥则可减少更多化肥。这是防治水环境污染的重要措施。

第三,重视与加强太湖环境与水质污染的治理。太湖环境治理与开发的对策应为:“制定明确的战略目标,建立强有力的管理体制与机制,制定切实可行防治污染的总体规划,建设防洪排涝,防治富营养化,环湖绿化与自然资源综合开发的四大工程体系。”

第四,注意防治水污染与提高水资源利用率的密切结合。其中包括:建立跨地区的水资源保护立法和管理机制,按流域或区域水环境单元进行规划与管理,发展污水多次与重复利用技术,利用荒废土地及沟渠坝塘,发展污水资源化事业等。

2.5 提高耕地质量,促进农业持续发展

近年来,江苏省在耕地利用开发与农业持续发展上出现的主要问题是耕地质量问题,从耕地质量看,由于耕作管理粗放,有机肥大量减少,投入不足,造成土壤有机质、钾素不断下降,某些微量元素在土壤和作物上的缺乏面积越来越扩大,土壤耕层变浅,容重增加,抗逆能力下降。全省现有中低产田4538万亩,占耕地面积的66.21%。此外,在苏南经济发达及太湖地区,由于耕地利用中盲目过量施用化学氮肥,不但造成浪费,而且对土壤、水体及农产品产生严重污染,并由于过量施用氮肥,造成土壤N、P、K失调,特别是钾素亏缺,据对太湖地区耕地的测定,每年每亩缺钾7.5公斤,这是影响耕地质量的重要问题。

针对上述情况,要提高全省耕地质量,保证农业持续发展,必须注意以下问题:

第一,不断提高耕地质量,既要从兴修水利、治水改土、植树造林、平整田地等措施来改善农田生态环境,还需采取耕作、轮作等措施来培育土壤。在肥料施用,首先应控制太湖地区水稻氮肥用量,同地采取“补钾工程”措施,促进土壤养分平衡,以不断提高耕地质量,达到农业稳定高产。

第二,加强对全省4538万亩中低产田进行培育改良,在增加投入的基础上,如果针对各种类型中低产田,集中消除1—2个障碍因子,调整好水、肥、气的协调关系,每亩约可增产100—200公斤粮食。

第三,建立与健全江苏省耕地保护与质量监测网络系统,对重点地区的耕地进行质量监测。

2.6 积极开展农业科技研究与科技支农项目

从现代土壤学与农业持续发展的关系看,应主要开展以下三方面的研究:

1. 持续农业与土壤圈物质循环的研究。应研究以下6个方面:即农、牧、微(生物)的相互作用;无机、有机相结合的状况;内、外循环的关系;土壤物质循环与景观生态结构的协调状况;传统技术与现代技术相结合;物质循环与环境保护相结合。

2. 土壤肥力与农业持续发展的研究。具体包括9个方面:(1)不同生态系统中土壤肥力演变规律研究;(2)高度集约化条件下施肥制度的建立;(3)区域土壤养分消长规律及肥料需求预测;(4)土壤—植物根际营养研究;(5)土壤生物工程的研究;(6)植物营养元素在土壤中的化学行为及其有效性研究;(7)持续农业条件下土壤氮、磷、钾等元素的调控、转化及提高利用率的研究;(8)集约农业条件下作物对养分需求特点的研究;(9)施肥技术和提高肥料利用率的研究。

3. 土壤水分平衡与调控的研究。除应研究区域水文整治与农田水分调控、农田水量平衡、根际土壤环境与植物耗水的关系外,还必须进行水分良性循环的研究。

关于江苏省当前应开展的科技兴农项目,建议开展以下几个方面工作:

1. 加强沿海滩涂开发,建立1万亩中低产田改良区及10万亩示范区。

2. 在太湖常熟市藕渠镇建设设施农业试验示范工程中心,开展现代设施农业的研究

3. 建立与健全江苏省耕地保护与质量监测网络系统,对重点地区的耕地进行质量监测的长期与系统的观测研究。

4. 开展规模农业社会化服务体系的配套施肥技术与高产、稳产农田建设的示范与研究。

5. 在宁镇扬丘陵地区,发展经济果林、耐旱作物,开展节水农业与节水配套技术的试验与示范研究。

参 考 文 献

- [1] 赵其国, 现代土壤学与农业持续发展, 土壤学报, 1996, 33(1): 1-12.
- [2] 赵其国, 土壤退化及其防治, 土壤, 1991, 23(2): 57-60.
- [3] 江苏省科学技术协会等编, 江苏省人口、资源、环境研究文集, 中国农业科技出版社, 1995.