



浅谈我国土壤质量变化与 耕地资源可持续利用*

文 / 周健民

中国科学院南京分院 南京 210008

中国科学院南京土壤研究所 南京 210008

【摘要】我国人多地少,人均耕地占有量还不足世界平均水平的1/2,且土壤质量不高,中低产田占2/3。要保障粮食安全,只能依靠单位面积产量的提高,土壤质量便成为决定生产力的决定因素,土壤资源的高强度利用就成为必然,大量农用化学品的投入就不可避免。这种生产方式不仅对土壤质量产生深刻影响,也对生态环境带来巨大冲击。研究表明,自20世纪80年代初第二次全国土壤普查后,我国主要耕地土壤质量已有很大变化,东北黑土土壤肥力普遍下降,其他区域总体上虽有提升,但也存在着养分非均衡化,变异较大,大面积酸化,土壤污染加剧趋势明显等问题,为资源可持续利用带来巨大压力。要保障土壤资源的可持续利用,必须加大土壤监测力度,摸清家底,因地制宜地采取措施,消除土壤障碍,改造中低产田,提高农用化学品的利用效率,防止土壤污染和对环境带来冲击,对污染土壤进行修复,实现农业持续发展与生态环境保护的最优平衡。

【关键词】 土壤质量, 肥力变化, 污染修复, 土壤可持续利用

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.Z1.005

中国土壤资源总量居世界前列,但人均耕地占有量还不足世界平均水平的1/2,且总体质量不高,中低产田占2/3。由于人多地少,我国土地资源开发比较彻底,可供开发的后备耕地资源十分有限。随着城市化的高速发展和生态环境工程的实施,全国耕

地面积将进一步减少。要增加粮食产量以满足日益增加的粮食需求,保障粮食安全,只能依靠单位面积产量的提高,土壤质量便成为决定生产力的决定因素^[1]。这样耕地土壤资源的高强度利用就成为必然,大量农用化学品的投入就不可避免,加之快速发展的工

* 基金项目:国家重点基础研究发展计划("973")(G19990118)

修改稿收到日期:2015年6月1日



中国科学院

业化和城镇化进程,都对土壤质量变化带来重要影响,特别是土壤污染日益加剧,食物质量安全受到威胁^[2]。与此同时,土壤资源的高强度利用又导致大量农用化学品流入环境,对生态环境带来冲击,农业面源污染已成为水体富营养化的主要因素之一。要保障粮食安全和生态环境安全,我们只有及时地掌握土壤质量的现状和动态变化,才有可能对土壤进行精准管理,实现生产和环境的平衡,达到可持续利用的目的。

1 土壤质量及其研究现状

1.1 土壤质量定义

土壤质量是土壤物理、土壤化学和土壤生物学性质的综合反映,迄今为止,国际土壤学界尚未形成评估土壤质量的统一标准。随着时代的发展和认识水平的提高,表征土壤质量的指标体系也在不断变化。在环境土壤学出现之前,人们关注的是土壤的生产功能,一直以土壤肥力来评价土壤质量,直到20世纪末才提出了包括肥力质量、环境质量和健康质量在内的综合土壤质量概念^[3],但仍未建立起对土壤质量量化表征的方法和公认的指标及评价体系。土壤肥力质量通常是指土壤提供植物养分和产生生物物质的能力,可以通过土壤中各种植物营养元素含量和土壤基本性质确定。根据国际最新研究结果,土壤环境质量定义为土壤调控温室气体和氮磷排放、保护大气和水体安全的能力,土壤健康质量定义为土壤容纳、净化污染物质、保障清洁生产和提供人畜健康所需养分的能力^[4]。根据这样的定义,土壤健康质量也可以根据土壤中的元素含量和污染物含量及相关土壤性质决定,但环境质量指标很难表征和确定。现在大多数研究工作和文献中所谓的土壤质量一般都是用土壤肥力质量再加上影响食物安全对人体健康的有关指标来表征。应该指出的是,土壤质量的含义可以因管理和使用土壤目的的不同而不同,也会因认识和研究的深入而变化,但在研究土壤质量的动态变化时,为便于比较,必须有相对稳定的指标和方法。

1.2 土壤质量调查

要利用好土壤资源,实现农业的可持续发展,保护生态环境,就要及时了解土壤质量的变化情况。各种土壤测试技术的发展,特别是信息技术的发展,日新月异,“3S”技术的应用为土壤调查和土壤数字化、信息化提供了强有力的技术支撑。不少发达国家已经或正在致力于建立本地区土壤质量动态监测系统,如1989年起,加拿大农业部国家基准项目中就启动了监测农业土壤质量状况变化,特别是监测由土地利用和管理措施引起变化的内容。与西方发达国家相比,我国土壤资源的利用强度大,利用方式复杂,农用化学品施用多,因此,土壤质量演变更迅速,进行土壤质量的监测也更为必要。

1949年后,我国曾进行过两次土壤普查。第一次是20世纪50年代,规模及采集的数据都非常有限,资料也不完整;第二次是80年代初,规模宏大,涵盖了全国所有耕地土壤,资料齐全,其数据获得广泛应用。由于历史的原因,当时对土壤质量还没有完整的认识,普查只关注土壤的基本属性和肥力指标,未包括土壤的环境和健康指标。今天,距全国第二次土壤普查已过去了30多年。30多年来,农业生产方式由生产队为基础改为家庭联产承包责任制,作物布局由过去的计划种植变成以市场为导向的多元化种植,肥料从以有机肥为主转变成以化肥为主,除草剂和农药用量也成倍增加;30多年来,粮食生产总量从1978年的3 048亿公斤增至2014年的6 071亿公斤,化肥的投入量从1978年的800万吨增至2014年的近6 000万吨,农药用量也达30万吨;30多年来,也是我国工业化和城市化发展最快的时期,大量的废弃物和污染物排放到土壤中。30多年的剧烈变化,对土壤质量都产生了深刻影响,原有的土壤普查数据已不能代表今天的土壤质量现状,迫切需要摸清土壤质量的变化情况,以便为土壤资源的可持续利用提供可靠依据。

在第二次土壤普查后,农业部、国土资源部和

环保部都曾开展过较大规模的土壤资源调查,相继实施了“测土配方施肥工程”、“全国性多目标生态地球化学调查”和“全国土壤污染调查”等重大专项,取得了系列的研究成果。但这些调查,从不同的目的出发,以各部门分头设计为主,缺乏全链条的顶层设计。(1)没有统一的土壤调查和监测方法体系,也未形成像第二次土壤普查那样的调查规模和详尽的数据资料;(2)在同一土壤样品中没有完整的土壤质量数据,因为现在的土壤质量已包括了更加丰富的内涵,不仅有土壤的肥力质量,还要包括土壤的环境质量和健康质量;(3)现在的数据与第二次土壤普查数据和其他数据缺少比对。因此,我国土壤质量安全状况的家底仍然不清,对土壤质量演变过程、风险特征及其作用机制缺乏系统认知,土壤安全保障与提升集成技术匮乏。围绕国家土壤安全战略需求,亟需跨部门、跨行业、跨区域的研发布局和协同创新,组织实施系统的土壤质量调查计划,建立详尽的土壤数字档案,提升我国土壤研究与利用水平,推动土壤科技与经济社会的协调发展,为保障国家粮食安全生产和生态文明建设提供强大科技支撑。

1.3 土壤质量研究

除上述各部门的宏观调查外,科技部也部署了土壤质量研究项目,由中科院南京土壤所主持完成了“973”项目“土壤质量演变规律与可持续利用”,该项目选择了生产90%以上粮食的水稻土、红壤、潮土和黑土作为研究对象。选择了具有代表性的太湖地区水稻土,从鄱阳湖边至武夷山的条带区红壤,河南、河北-北京、山东的交叉交叉区的潮土以及南北条带分布的黑土为研究案例区。研究中考察了10个省(市)60余个县市,按统一的技术规程在案例地区采集土壤样品6109个,其中华南红壤区和太湖水稻

土区的样点数分别为856和1603个,华北潮土和东北黑土区分别为1775和404个。在总采样点中,1/5的样点除采有耕层外,还采集了表下层土样、分析微生物土样和分析有机农药残留土样,大约1/20的样点采集了土壤剖面样品。分析了土壤物理、化学、生物等指标共24项,包括植物、水等样品,新得分析数据约20万个。在野外调查和分析的基础上,研究了四大区土壤肥力质量及指标的空间分布和时空演变、土壤健康质量的空间分异特征,以此揭示中国土壤质量状况及肥力质量演变格局^[5]。“土壤质量演变规律与可持续利用”项目的开展有力推动了全国土壤学界关于土壤质量的研究工作。

2 我国土壤质量的变化特点

由于各部门进行的宏观调查数据没有公开,同时这些数据的采集地点很难和第二次土壤普查进行比对,这为分析了解土壤质量变化带来了困难。因此本文仍以“973”项目“土壤质量演变规律与可持续利用”的数据为依据,分析第二次土壤普查后20年的几个主要土壤质量指标的变化^[4]。而土壤污染面积的多少,一方面取决于土壤污染程度,另一方面也与所采用的标准有关。因为当时新的国家标准尚未出台,土壤污染物的临界值由当时的研究确定,因而估计土壤污染的面积会明显低于后来环保部的调查结果。

2.1 土壤肥力演变

2.1.1 有机质

黑土区全国第二次土壤普查时(1980—1982年),表层(0—20 cm)土壤平均有机质为59.22 g/kg,项目采样分析(2000—2002年)的结果为52.82 g/kg,降低了6.40 g/kg,但底层土壤(20—40 cm)变化不大。统计结果表明,87.82%以上面积的土壤有机质都出现不同程度的下降,其中降低20 g/kg以上



中国科学院

的超过40%，降低10 g/kg以上的超过55%，而仅有13%的土壤有机质略有增加。从空间变化看，南部地区有机质主要降低在10 g/kg以内，北部地区减低幅度超过20 g/kg。这种大面积降低，一方面是气候变暖、黑土开垦后短期内的必然结果，同时也与该地区存在的缓坡侵蚀以及不重视有机肥施用有关。

潮土区在20年中土壤有机质含量有增加的趋势。全国第二次土壤普查时，土壤有机质含量的均值为10.03 g/kg，“973”项目采样分析结果表明，土壤有机质含量已提至13.34 g/kg。对潮土区统计发现，占潮土区土地总面积89.46%的土壤有机质都出现不同程度的上升，其中增加3 g/kg以上的超过50%，而仅有10.54%的土壤有机质略有减少，说明潮土区土壤有机质含量不断增加。

从水稻土区两个时期含量变化来看，有机质下降的面积非常少，其比例小于8%，其余面积都有不同程度的增加，其中又以上升5—10 g/kg的分布面积最大，说明有机质呈现积累的过程。

红壤区(鹰潭地区)20年来有61.9%的区域土壤有机质含量是增加的，主要分布在东乡县西北部、贵溪市和铅山县，有机质含量下降的地区主要分布在进贤和余江两县以及东乡县东南部，下降区域占鹰潭地区总面积的38.1%，其中降幅在10 g/kg的面积比例最大，为26.1%。显然研究区农田土壤有机质总体上有增加的趋势。

由于高度集约化利用和长期处于低投入水平，第二次土壤普查时，我国农田土壤有机质含量普遍较低。较低的土壤有机质含量为土壤有机质含量的增加提供了较大的空间。化肥替代有机肥时，人们普遍担心长期单纯施用化肥将导致土壤生产力下降。但从该研究结果看，合理、平衡施用化肥，不仅不会导致土壤生产力的下降，而且由于作物高产，还可提高土壤有机质。另一方面，如果化肥配合有机肥，或秸秆还田，则土壤有机质的增加幅度更大。因此，从增加土壤碳固定、提高土壤基础肥力和保护环境出发，应该提倡化肥和有机

肥的配合施用。作物产量提高，残留于土壤中的根系增加，这是土壤有机质的重要来源。此外，在作物生长过程中分泌出大量的有机物质，根系生长过程中表皮细胞的脱落和根的死亡都提供有机物质，它们通过腐殖化作用转化成为土壤有机质。

2.1.2 土壤速效磷

黑土区与全国第二次土壤普查数据相比，土壤速效磷平均增加9.82 mg/kg，各县区土壤速效磷含量都有不同程度的增加。由于这6个县属于作物高产区，土壤速效磷含量的增加与连年大量施用磷肥有密切关系。土壤速效磷这一变化是过去20年该地区重视磷肥施用的结果。

潮土区的统计分析表明，20年间土壤速效磷全面增加，由全国二次土壤普查时的5.06 g/kg，增加到现在的21.80 g/kg，总体平均增加了16.74 g/kg。其中北部(北京)比南部(河北、山东)增长更快。潮土区土壤速效磷含量增加的区域占总面积的98.9%，其中，增加了15 mg/kg的土地面积超过50%。这与现今农户的农田管理措施相关，潮土区施用磷肥非常普遍。

水稻土太湖地区土壤速效磷含量变化 ± 10 mg/kg的面积占90%，而速效磷下降面积比上升的面积大。速效磷亏缺较多的区域在浙江安吉、临安、湖州和上海松江、浦东等地。速效磷积累区域在以太湖为中心的西北、东南方向上，也包括上海南汇、奉贤等地。该地区速效磷变化的一个显著特点是整个区域地力更加均匀了，也就是含量最高和最低的面积都减少了。

红壤区的鹰潭地区土壤速效磷含量也呈增加趋势，除进贤县西北部速效磷含量略有降低外，进贤县东南部、余江、东乡、贵溪和铅山土壤速效磷含量均呈增加趋势。速效磷增加的地区占鹰潭地区总面积的91.8%，而降低的地区仅占8.2%。

2.1.3 土壤速效钾

与全国第二次土壤普查数据相比，黑土区土壤速效钾含量都出现不同程度的降低，平均降低40 mg/kg，约占总量的20%。速效钾逐年下降除受



土壤和气候等自然因素影响外,人为管理措施是其降低的重要因素。改革开放以来,该地区连年施用氮磷肥,而有机肥和钾肥施用很少,因而造成速效钾含量不断降低。可见,今后黑土区应特别注意增施钾肥。

潮土区土壤速效钾含量变化统计结果表明,20年间潮土区土壤速效钾的变化空间差异很大,有的区域增加(北京通州、山东陵县),有的区域减少(河北曲周),这与人们的施肥管理有关;有的地区发展果蔬等,钾肥成为产量和品质的限制性因素,因此普遍施钾肥,土壤钾素提高很快。潮土区的土壤速效钾含量增加的区域占总面积的75.86%,降低的区域面积为24.14%,速效钾含量降低的原因是该地区含钾丰富而不需要施钾肥。

水稻土区土壤速效钾含量变化范围在 ± 25 mg/kg之内的面积占83%,是变化部分的主体。从面积来看,土壤速效钾下降的部分超过50%,下降是主要的趋势。从空间上来看,下降幅度最大的在江苏溧阳,浙江桐乡、平湖、海盐,上海南汇、金山部分地区。速效钾增加的部分主要分布在环湖地区、江苏镇江和丹阳、上海奉贤、青浦、松江以及浙江余杭、德清等地。这些结果说明,尽管太湖地区施肥量较高,但钾肥的施用仍然不足,使土壤钾素亏缺。

20年间红壤区的兴国县土壤速效钾含量的变化以下降为主,下降的面积占总面积的67.2%,其中速效钾含量降幅在0—50 mg/kg的面积最大,占62.6%,有32.8%的地方的土壤速效钾含量增加,增幅在0—50 mg/kg的地区占32%。鹰潭地区20年来土壤速效钾含量的变化则以增加为主,有71.6%的地区土壤速效钾含量呈增加趋势,其中6.8%的地区增加幅度在100 mg/kg以上,仅28.4%的地区土壤速效钾含量是降低

的,主要分布在进贤县中部和铅山县北部地区。红壤本身钾含量很低,再加上表面的正电荷特性,对钾的固持能力较弱,要提高土壤生产力,就须增加钾肥投入。由于植物吸收的钾多集中于秸秆,因此秸秆还田是补钾的有效措施。

2.2 土壤健康质量变化

2.2.1 土壤污染物空间分异

从近期环保部发布的土壤污染调查结果看,我国土壤的点位超标率已达16.1%以上,耕地土壤点位超标率已达19.4%^[6],虽然点位超标不能代表面积超标,但污染面积远超当时“973”项目的数据已是不争的事实,尽管10年后的污染面积增加是原因之一,但最主要的还是标准不同所致。以镉为例,“973”项目确定的大田土壤在pH值 <6.00 、pH值 $=6.00—7.50$ 、pH值 >7.50 时相应的标准是0.6、0.8、1.2 mg/kg,只有菜园土才定为0.4 mg/kg,而现行土壤标准则是pH值 <7.50 时为0.3 mg/kg, pH值 >7.50 时为0.6 mg/kg,两者相差较大。如果以现行国家标准评价英国土壤,其超标面积将超过20%—45%。可见标准对确定污染面积大小的影响是巨大的。

以当时“973”项目确定的指标看,研究区域内土壤健康质量总体良好,只是局部地区出现了不同类型和程度的污染。黑土区97.9%面积的土壤属于清洁区,2.1%面积的属于警戒范围,重金属含量都接近或略高于土壤背景值,尚未受到重金属(锌、铜、铅、铬、镉、硒、汞、镍、锰)和农药(六六六、DDT)的污染或污染程度很低,黑土区是绿色食品生产的理想基地。潮土区清洁和尚清洁的土壤占98.7%,1.3%的面积属于警戒范围。其中部分地区出现镉的重金属污染,仅占1.4%,目前尚未受到其他重金属污染,也基本没有农药(六六六、DDT)的污染。水稻土

区清洁和尚清洁土壤占95.7%,轻度污染占3.8%,而中度和严重污染占0.4%。其中局部地区出现的汞、铜重金属污染分别占水稻土面积的9.4%和0.06%,部分土壤有DDT轻度污染。红壤健康质量总体良好,只有很少的局部地区和矿区出现不同类型和程度的重金属污染。

2.2.2 土壤pH的演变

之所以要研究土壤pH值的变化,是因为土壤的酸碱度对土壤污染物,尤其是重金属活性的影响巨大。土壤酸化将大大增加土壤污染的风险,值得格外关注。水稻土区从等级变化来看,20世纪80年代到2000年,原本中性土壤面积大大减少,呈现酸化的达58.5万公顷,占全区面积的16.2%。从变化幅度来看,整个区域的中性土壤面积减少了42.5%,水稻土区pH值全面下降,下降的面积占总面积的91.6%。

红壤区近20年来绝大部分地区的土壤pH值下降。鹰潭地区土壤pH值下降的区域主要分布在进贤县北部、东乡县、贵溪中部和铅山北部,pH值下降的地区占鹰潭地区总面积的63.5%,pH升高的地区占36.5%。从分布面积比例来看,20年来兴国县土壤酸化比鹰潭地区严重。

黑土区土壤pH值降低了0.33个单位,潮土区土壤pH值也从8.9降至8.0。因此,从全国来看,耕地土壤酸化已成为普遍现象,必须引起高度重视。

大气酸沉降和施肥不当是造成我国土壤大面积酸化的主要原因。如果这种趋势继续下去,对本来pH值就不高的土壤来说,不仅会导致土壤肥力退化,对作物生长带来不利影响,而且还会引起土壤污染物的活化而增加生态环境风险。

3 土壤资源的可持续利用

要实现土壤资源的可持续利用,首要的是要确保耕地数量不减或少减,在我国现有条件下,扩大耕地面积的空间已经很小。因此资源可持续利用的重点无疑将集中于保护现有耕地,提高土壤质量,防止退化和污染,减少环境带来的负面影响

方面^[7,8]。

3.1 摸清家底,建立土壤数字档案

要实现土壤资源的可持续利用,就要摸清土壤家底,根据土壤性质和肥力高低及污染情况,因地制宜,采用合适的利用措施,保障作物生产和环境安全。每隔一个时期(如20或30年)就要进行一次土壤普查,建立可靠的数字档案,在两次土壤普查间隔之间,可选择典型土壤类型,进行动态监测,及时发现问题。土壤调查要根据野外调查与样品采集规范,综合考虑主要土壤类型、主要利用方式等因素,确定土壤样品采集密度,以GPS定位进行样品采集。样品分析测试项目要包括土壤肥力质量通用最小数据集(如表层厚度、pH值、有机质、粘粒、有效磷、速效钾、容重、CEC等)和土壤健康质量最小数据集(重金属:Cr、Cd、Cu、Pb、Zn、Hg、As;有机污染物:有机氯、PAH等)。要研发基于土壤功能的质量评估指标体系及预警模型,提出基于肥力、健康和生态风险的土壤安全基准与标准。编制土壤属性和土壤环境容量(单因子)数字化图,开发多尺度、多源土壤信息大数据的集成与信息化管理技术;建立国家和区域土壤档案、质量监测平台与预警体系,建设多位一体的土壤信息服务网络。

3.2 改造中低产田,提升土壤生产功能

我国耕地中2/3是中低产田,这也意味着这些土壤有更大的地力提升空间。在农产品主产区,如东北平原、黄淮海平原、长江流域、华南等区域,要针对主要粮油作物、设施蔬菜的安全生产,重点研究土壤生产功能关键要素消长规律与肥沃土层构建的长效机制,消除酸化、次生盐碱化、养分非均衡化、生物功能退化等土壤障碍,开展不同区域优质高产土壤保育技术体系与模式示范,不同区域退化耕地治理技术体系与模式示范。要大力推广秸秆还田,增加土壤有机质,提高土壤肥力和缓冲能力,提升耕地土壤质量。由于气候等自然环境条件和社会经济发展水平、人类干预强度与利用管理措施等人为因素的差异,我国不同地区耕



地资源在自然质量形成和人类活动驱动下呈现出鲜明的区域性特点。在以干旱、半干旱为主要气候特征的西北地区,水土流失和各种应力作用下的土壤侵蚀作用是土壤退化的主导过程。东北黑土资源面临的主要问题是水土流失和土壤肥力衰退。东南沿海经济发达地区,土壤资源所面临的核心问题是耕地资源的大规模非农占用和日趋严重的土壤污染。西南地区土壤酸化问题突出,且为多山地区,土层浅薄,水土流失以及泥石流、山体滑坡为主要形式的重力侵蚀对土壤资源影响巨大。中部的耕地资源集中在华北平原与黄淮海地区,土壤相对贫瘠,由于大量利用地下水灌溉,地下水严重亏缺,将严重影响该地区耕地资源的可持续利用。针对这些问题,必须加强耕地资源保护的宏观战略研究,制定长远的管理利用规划,确保耕地永续利用。

3.3 严格管理,防止土壤退化和污染

我国是土壤资源约束型国家,必须确保单位面积土壤的生产能力。土壤的高强度利用和粗放管理以及工业化、城市化快速发展造成的污染物排放等,都容易导致土壤退化和污染。我国大部分土壤有机质含量偏低,缺乏磷、钾、中量和微量元素的耕地也分别占耕地的59%、30%、70%和50%。另外,土壤酸化、次生盐渍化和污染等问题日益严重,土壤酸化面积占耕地面积的40%以上;水土流失面积约360多万平方公里;每年土壤次生盐渍化达17万亩。土壤污染情况已十分突出,环保部最新调查显示,全国耕地土壤总的点位超标率为19.4%。而土壤一旦退化或污染,治理和修复便十分困难。因此,在土壤退化和污染防治方面,必须坚持以防为主的原则。在施肥方面,要因土施肥,平衡施肥,避免土壤养分的非均衡化和土壤酸化,在以养殖废弃物作为肥料时,更

要制定有机肥标准,防止污染物在土壤中积累,对农作物产品的安全和品质构成威胁。要严格按照国家功能区规划,合理利用土壤,提高农田土壤固碳速率和潜力,抑制生态脆弱区土壤生态功能的丧失和生物多样性减少,建立生态补偿机制,推广利用生态脆弱区土壤侵蚀控制、水库容量提升等技术,创建生态脆弱区土壤生态功能的综合提升技术模式及示范,防止过度利用和不当管理而引起土壤退化。

3.4 污染土壤的修复与安全利用

我国污染耕地约有1.5亿亩,中、重度污染耕地高达5000万亩,不仅直接影响食品安全,也对生态环境安全带来威胁。要特别关注土壤污染的重点区域,如矿区和地质背景值高的区域、污灌区、油田、污染企业排放区、垃圾堆放区,以及设施农业种植区和城市周边地区等,更要关注土壤酸化时所带来的污染加剧问题。此外,由于土壤环境安全日趋恶化,土壤污染呈现出流域性和区域化发展的态势,要防范大面积的土壤污染出现。土壤污染不仅导致土壤生产功能退化,影响到我国的农产品质量,也带来净化功能、缓冲功能和生态功能退化,从而影响生态环境质量和人体健康。要加强土壤污染特征、演变趋势的研究,对污染土壤进行风险评估,根据污染类型和相应的修复原理,开发物理、化学、生物和联合修复的技术及产品。同时对污染不太严重的土壤,要根据不同植物对污染物和食品安全性的敏感度差异,采用边利用边修复的方法,构建污染土壤修复与安全利用集成技术模式,并编制相应的技术规程与指南,在不同区域开展土壤修复工程示范与推广。

3.5 合理施用肥料和农药,减少环境冲击

我国与发达国家在土地利用和管理方面面临的问题和任务不同,欧美等发达国家

粮食供应充足,在土壤资源利用方面并不以实现作物高产为目标,其采取耕地休闲和减少农用化学品用量等措施以达到最佳经济和生态环境效益,减少环境污染;而对于耕地资源相对匮乏和环境污染日益严重的我国,既必须依靠土壤资源高强度的利用,农业高度集约化生产和农用化学品的大量投入来实现农产品总量的增长,养活世界1/5多的人口,同时又必须有效地防止高强度利用过程中的土壤环境污染与生态退化问题。肥料和农药的问题在于突破制约养分高效利用的科技瓶颈,最大限度地提高利用率。要研究改性肥料养分的释放、转化特征与作物高效利用机理;土壤-植物体系营养元素间的协同增效作用与机理;环境要素与养分的协同促效作用及机制;新型环保农药研发和应用;农药降解规律和环境变化关系等。物质的利用效率随着投入量提高而下降,损失率随着投入量提高而增加是客观自然规律。要研究高产水平下的资源高效利用问题,明确环境友好的临界农用化学品投入量和土壤利用强度指标,协调环境-资源-农产品-健康之间的关系,实现

农业由资源消耗型向资源高效型和环境友好型的转变,实现农业持续发展与生态环境保护的最优平衡。

参考文献

- 1 周健民.我国耕地资源保护与地力提升. 中国科学院院刊, 2013, 28(2):269-274.
- 2 周健民. 新世纪土壤学的社会需求与学科发展. 中国科学院院刊, 2003, 18(5):348-352.
- 3 赵其国, 孙波, 张桃林. 土壤质量与持续环境. 土壤, 1997, 29: 113-120.
- 4 曹志洪. 继承传统土壤学的成果, 促进现代土壤学的研究——论“土壤质量演变与可持续利用”研究. 中国基础科学, 2000, (10): 11-16.
- 5 曹志洪, 周健民. 中国土壤质量. 北京: 科学出版社, 2008.
- 6 环境保护部, 国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报. [2014-04-17].
- 7 赵其国, 周生路, 吴绍华, 等. 中国耕地资源变化及可持续利用与保护对策. 土壤学报, 2006, 43: 662-672.
- 8 周健民, 石元亮. 面向农业与环境的土壤科学. 北京: 科学出版社, 2004.

Evolution of Soil Quality and Sustainable Use of Soil Resources in China

Zhou Jianmin

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract China has largest population in the world, but the arable land per capita is less than one second of the world average level, and two thirds of the arable land is low or middle yield fields. We need to increase unit yield constantly to guarantee the grain security. Therefore, soil quality becomes a key factor affecting the production power, and intensive use of soil resources and input of the huge chemicals are inevitable. This production style will bring the strong impacts on soil quality and environment. The research indicated that the soil quality of the arable land have changed dramatically since second soil investigation of the early 1980s. The fertility of the black soils in northeast China became lower and lower. Even though the fertility of the most soils has slightly increased, the problems, such as unbalance of nutrients, acidification, and pollution increase in the soils, are widely appeared. In order to ensure the sustainable use of the soils to reach the balance between the agricultural production and environmental protection, it is necessary to strengthen soil test and establish the information files for all soils; to eliminate the limited factors of the low and middle yield land; to increase the efficient use of the chemicals, such as fertilizers and pesticides to decrease the impacts on the environment; to prevent the soils from the contamination of different pollutants; to restore polluted soils in suitable ways according to polluted types.

Keywords soil quality, evolution of soil fertility, restore of polluted soils, sustainable use of soils

周健民 中科院南京分院院长,中科院南京土壤所研究员,土壤与农业可持续发展国家重点实验室学术委员会主任。1956年7月出生。1982年毕业于南京大学化学系获学士学位,1985年获中科院南京土壤所硕士学位,1995年获加拿大萨斯喀彻温大学博士学位。回国后,先后任中科院南京土壤所研究室副主任、主任、所长助理、副所长、所长。曾任中国土壤学会常务副理事长、理事长,现为名誉理事长。长期从事土壤肥力和土壤化学的研究工作。E-mail: jmzhou@issac.ac.cn

Zhou Jianmin, Professor of the Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences; President of Nanjing Branch, Chinese Academy of Sciences; Head of Academic Committee of State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture; Honorary President of Soil Science Society of China. His research focuses on Soil Fertility and Soil Chemistry. Born in July 1956, he achieved his Bachelor Degree in 1982 from Department of Chemistry, Nanjing University, Master Degree in 1984 from Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, and Ph.D. Degree in 1995 from Department of Soil Science, University of Saskatchewan, Canada. E-mail: jmzhou@issas.ac.cn



中国科学院