

# 中国低产田状况及改良策略\*

曾希柏<sup>1</sup> 张佳宝<sup>2</sup> 魏朝富<sup>3</sup> 宇万太<sup>4</sup> 黄道友<sup>5</sup> 徐明岗<sup>6</sup> 徐建明<sup>7†</sup>

(1 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

(2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(3 西南大学资源环境学院, 重庆 400715)

(4 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

(5 中国科学院亚热带农业生态研究所, 长沙 410125)

(6 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

(7 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310058)

**摘要** 从新阶段我国农业、特别是土壤学发展的需求出发,总结了国内外有关低产田方面的研究成果。从“低产田”的界定入手,对我国低产田的状况及其负面影响、低产田形成的自然要素和人类活动的影响以及主要障碍因子等进行了系统分析,并初步测算了低产田改良的粮食增产潜力等。我们认为“低产田”可以定义为“在现有的正常耕作栽培管理技术水平条件下,因为耕地本身存在的障碍或者限制因子,导致作物生长发育差,产量较当地高产田低 30% 以上,且年际间变异大的农田”。我国低产田具有面积大、类型多,而且分布相对集中、障碍因子较明显等特征,低产田主要的障碍因子包括:有机质贫乏、养分匮乏或失衡、土壤酸化、土壤盐渍(碱)化、沙化、土壤板结、潜育化、表土大量流失、严重干旱、多因子组合。在此基础上,最后从我国现代农业发展的迫切需求出发,提出了今后一段时间内低产田改良研究的重点及有关政策和对策建议。

**关键词** 低产田;改良;策略;中国

**中图分类号** S156 **文献标识码** A

近年来,受气候变化及水土资源约束等因素的影响,全球粮食安全問題日漸突出,已受到社会各界的广泛关注。在我国,得益于各级政府和部门的高度重视,依靠政策、投入和科技等因素的保障,粮食生产实现了“十连增”、农民收入增长实现了“十连快”,这与新品种、新技术的研发与推广应用密不可分,同时也有中低产田、尤其是低产田改良如黄淮海盐碱地、南方红壤改良等所做出的巨大贡献<sup>[1-6]</sup>。但是,在粮食连年增产中“良种”、“良法”的作用得到充分发挥的同时,我国单位面积耕地的产量差异大,约 40% 的耕地为中产田,30% 的耕地为低产田,其中低产田产量低,且存在障碍因子,改良难度大,在很大程度上制约了我国粮食持续增产。因此,明确我国低产田的现状及其制约因子,最大限度发挥其增产潜力,对实现粮食持续稳定增产,保障国家粮食安全意义重大。

## 1 我国低产田的状况及其影响

尽管从二十世纪七、八十年代起,国内学者就开始中低产田改良研究,但至今仍缺乏关于中低产田的确切概念,而且已有研究中通常将中产田、低产田统称为“中低产田”,没有考虑二者的差别。如以前通常将粮食年产量在 3 000 ~ 5 000 kg hm<sup>-2</sup> 的耕地称之为中低产田<sup>[7]</sup>,这种评价方法从当时来看是合适的,但随着生产力提高等诸多因素的影响,农作物的单产实际上是在逐年提高的,且不同地区的作物产量会因水土气候等的差异而有较大差别,因此,以绝对产量作为判定标准在现阶段已不合适了。也有人定义中低产田为:低于当地 3 年平均产量 20% 的农田。张佳宝等<sup>[8]</sup>认为中低产田的重要特征是其基础地力水平低,但缺乏定量的描述。此

\* 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD05B06)资助

† 通讯作者, E-mail: jmxu@zju.edu.cn

作者简介: 曾希柏(1965—),男,博士,研究员。E-mail: xbzeng@caas.ac.cn

收稿日期: 2014-01-15; 收到修改稿日期: 2014-03-26

外,亦有学者从耕地质量角度对相关概念进行了分析<sup>[9-11]</sup>,或者按照成因(障碍因子)进行划分<sup>[12]</sup>等,但大多缺乏明确的定义。近年来,国内相关专家围绕低产田改良等问题展开了多次讨论,在充分吸收前人研究成果的基础上,认为从耕地本身状况、改良难易程度、改良效果等方面综合考虑,中产田和低产田均具有很大的差异,因而将其统称为“中低产田”是不合适的。对中产田而言,影响其肥力发挥和作物产量的主要因子大多来自耕作、施肥、管理等方面,以及由此导致的土壤因子变化,通常可以通过作物改良、耕作及施肥优化等措施达到改良之目的。而对低产田而言,我们认为是“在现有的正常耕作栽培管理技术水平条件下,因为耕地本身存在的障碍或者限制因子,导致作物生长发育差,产量较当地高产田低 30% 以上,且年际间变异大的农田”。因此,低产田除了通常所说的产量低以外,还应该包括耕地本身是否存在障碍或者限制因子;而且低产田也是一个相对的概念,与其所在区域的农业生产水平等相关联。在评价低产田时,除必须考虑其相对产量的高低外,还应考虑所处地区的土壤、气候等因素。

### 1.1 我国低产田的状况及分布特点

国土资源部发布的《中国耕地质量等级调查与评定》中<sup>[9,13-14]</sup>,将我国耕地质量划分了 15 个级别,其中优、高、中、低等地分别占耕地总面积的比例为 2.67%、29.98%、50.64% 和 16.71%,耕地质量平均等级为 9.8 等,其中东部和中部耕作管理水平相对较高地区耕地的平均质量等级也较高,但总体上处于偏低的状态。而农业部 2008 年的调查结果显示<sup>[9]</sup>,我国现有  $12.2 \times 10^7$   $\text{hm}^2$  耕地中,高产、中产、低产耕地的面积分别为  $3.5 \times 10^7$ 、 $4.8 \times 10^7$  和  $3.9 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,三者的比例大致为 3:4:3。

我国低产田不仅面积大、类型多,而且分布相对集中、障碍因子也较明显。目前,耕地土壤中有 1/3 受水蚀影响,盐渍化、酸化和污染土壤分别达到  $3.3 \times 10^6$ 、 $3.3 \times 10^6$  和  $2.7 \times 10^6$   $\text{hm}^2$ <sup>[10]</sup>。相对较集中分布的低产田有:东北平原西部的风沙瘠薄农田、耕层浅薄及侵蚀农田、苏打盐化和白浆化农田,环渤海地区的瘠薄盐碱农田和淡水资源短缺农田,黄淮平原西部的沙化贫瘠农田、低洼渍害和黏板农田,黄土高原北部的风沙瘠薄农田和水土流失旱塬农田,沿洞庭湖、鄱阳湖流域的强酸性及瘠薄黏板农田、耕层浅薄和潜育化稻田等等。这些低产田的障碍因子具有典型性和代表性,尽管其改造难度

大、成本也较高,但通过采取针对性的技术和工程措施是有可能将其改造成高产稳产农田的。

不同类型低产田因障碍或者限制因子不同,其改良的途径及所应用的技术也不尽相同,现有技术等条件下部分低产田会由于改造成本过高、效果不理想等原因而达不到预期,或者甚至难以改造。根据我们近来的调查结果,认为在当今技术条件下,能改造的低产田一般只占其总面积的 2/3 左右,或者说尚有 1/3 的低产田目前难以改造的。按照该数据,如果以每亩低产田经改造后的增产潜力为 100 kg 计算,目前可改造的低产田面积约  $2.6 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,则通过改造低产田可实现增加粮食生产能力 390 亿千克,潜力十分巨大。因此,加强低产田改良技术与示范应用,通过改良低产田提高粮食综合生产能力,对实现我国 2020 年新增 500 亿千克粮食、保障国家粮食和食物安全意义重大。

### 1.2 低产田的负面影响

低产田由于本身存在障碍或限制因子,且耕作难度较大,在同样的耕作栽培管理技术条件下,作物生长差、产量低,且同时还对耕地的适耕性、水土保持、施肥效应及投入产出比乃至周边生态环境等带来一系列的负面影响。

一是严重影响粮食和农产品生产。我国人均耕地面积少、人口刚性增加、耕地面积逐年下降、水资源不足且自然灾害频繁发生,在这样严峻态势下,加快改良低产田,提高单位面积的生产能力,对保障我国粮食和农产品安全意义重大。

二是对生态环境带来一系列影响。据相关研究结果<sup>[4-6,8,13-16]</sup>,低产田中由于作物产量低、对养分的吸收也相应减少,因此,肥料的利用率一般要较同类地区低 10 个百分点以上;且土壤有机质含量及阳离子交换量较低,对养分的吸附能力较弱,致使养分更容易流失,大大地提高了农业面源污染发生率。同时,由于作物生长差、地表覆盖度低等原因,低产田也更容易发生水土流失,并由此带来一系列严重的生态环境问题。

三是农产品的生产效益大幅度降低。由于在同等施肥与管理下,作物产量较低,导致单位农产品的生产成本增加,整体生产效益也较低。同时,低产田中存在的障碍或限制因子,致使土壤耕性差,耕作难度和强度加大,漏水漏肥,宜种作物少,对耕作管理要求更高,这无疑大大降低了农业的生产效益。

## 2 低产田的成因及主要障碍因子

### 2.1 低产田的主要成因

低产田的形成不仅与其所处的自然条件密切相关,在很大程度上也受人为耕作管理等措施的影响,或者是自然因素和人类活动共同作用的结果,这也是分析低产田障碍因子及制定改良策略的重要依据。

**2.1.1 自然要素** 母质、气候、地形等是影响土壤形成的重要自然因素,同时也对耕地质量演变起着十分重要的作用<sup>[4,7,15-16]</sup>。当某种因子的作用与耕地质量提升的要求相适应时,将使耕地质量得到改善和提高;但当某种因子的作用与耕地质量提升的要求不一致时,则可能会因此成为障碍因子而使耕地成为低产田。

成土母质及其分布层次等是导致部分耕地低产的重要原因<sup>[7,15-17]</sup>。尽管母质的特性在耕地中表现不如自然土壤中显著,但由于母质影响耕地的质地、养分含量及比例、酸碱性等,因而对耕地质量的重要性还是显而易见的。一般而言,砂性或黏性较强的母质上发育的土壤,低产田的比例较大,如第四纪红土、砂岩等母质发育的耕地。母质层次的不均一性也影响耕地的质量,对于冲积母质发育的耕地,如果砂黏层次分布不良则形成低产田的几率也较大,如“下砂上黏”耕地多为低产田等。

地形在低产田形成中尤其起到十分重要的作用<sup>[7,15-17]</sup>。首先是由于地形支配着地表径流,从而影响土壤的水分状况。如在南方丘陵区地势低洼的冷浸田,常因水分过多、光照较少等原因而形成潜育化,还原物质大量累积,导致水稻产量低下;而在地势过高的地方,则因水分条件差、水肥运移困难等,耕地层次发育差、熟化度低,水稻产量也较低。其次,不同地形部位可能分布着不同的成土母质,因而也对耕地的质量产生重要影响。再次是坡度和坡向等的差异,可能导致表层土壤流失以及光照、温度、水分等的差异,也在很大程度上导致低产田的形成。

气候在低产田形成中的作用同样十分重要<sup>[7,17-18]</sup>。如前所述,我国不同地区低产田的类型及障碍因子各异,这实际上在很大程度上是与所在地区的气候条件相对应的,如在相对干旱的气候条件下易导致耕层盐基离子累积而发生盐碱化,在湿热气候条件下则因盐基离子流失而易导致耕地养分贫瘠、酸化。对一个地区而言,则因多种因素引

起的耕地小气候的变化如太阳辐射减弱、温度降低、湿度增大等,常常成为耕地障碍因子形成并导致低产的重要原因。

尽管自然要素对低产田的形成起着较重要的作用,但在大多数情况下是几种因子综合作用的结果。而且,这种作用在很大程度上是受人为因素所影响,即不合理的耕作管理等措施实际上将加快低产田的形成。

**2.1.2 人为管理措施** 与对土壤形成具有的独特作用一样,人类活动对土壤的发育程度和发育方向在某种程度上具有决定意义,因而也是导致耕地退化并最终成为低产田的重要原因<sup>[7,17-21]</sup>。

在人为措施的影响中,不合理开垦利用对低产田形成的影响尤为显著<sup>[20-21]</sup>,如坡耕地的不合理利用导致水土流失、土地不合理开垦导致生态破坏等,最终均可能使耕地失去使用价值;不合理的利用方式可能导致耕地次生盐渍化、酸化等,使其成为低产田;不合理管理措施对耕地退化的作用亦非常显著,如不合理灌溉导致耕层盐碱化、养分贫瘠化;不合理施肥导致耕地有机质下降、养分贫瘠或非均衡化;不合理耕作导致耕层结构破坏、耕性变差等,均可能使耕地质量退化并可能最终形成低产田。

### 2.2 低产田的主要障碍因子

低产田的主要问题是存在障碍因子,因此,深入剖析导致低产的障碍因子并分析其可能的原因,对制定针对性的策略是非常重要的。根据现有研究结果分析,低产田中存在的主要障碍因子包括<sup>[3-4,7-11,22]</sup>:

**2.2.1 有机质贫乏** 尽管目前对有机质贫乏没有明确的定义,但若不足当地同类型耕地的 1/3 甚至更低时,可认为该耕地土壤有机质贫乏。尽管不同区域耕地中有机质的含量范围有所差异,但由于有机质既是微生物的能源,同时其本身含各种养分、对养分离子亦具有很强的吸附和缓冲能力,并在全球碳平衡中具有重要作用,因此,有机质贫乏被认为是导致耕地作物低产的重要原因之一。通常而言,有机肥施用少、秸秆不还田、耕作管理不合理等(如种植制度、翻耕、水分管理等)是导致耕地有机质贫乏的主要原因。

**2.2.2 养分匮乏或非均衡化** 氮磷钾等大、中、微量养分是作物生长和微生物活动所必需,养分贫瘠会使作物因得不到正常生长所需营养而导致低产;养分间比例失调、供应时期错位等,亦导致作物生长不良和低产。过分依赖化肥且氮磷钾比例失

调、养分特别是中微量养分投入严重不足,是导致耕地养分匮乏或养分间非均衡化的重要原因。

**2.2.3 土壤酸化及酸性过强** 酸化是指土壤 pH 下降的过程;酸性过强则是因土壤中活性或交换性酸含量过高、 $\text{pH} < 5.0$  且严重影响作物生长和产量的现象。土壤酸性过强是导致作物低产的重要原因之一。当前,酸化土壤已不只局限在南方红壤,水稻土、黑土等土壤也呈现酸化的趋势。除干湿沉降等气候自然因素外,大量施用化肥(特别是氮肥)、不合理轮作及水分管理不当等,也是导致土壤酸化的重要原因。

**2.2.4 土壤盐渍(碱)化** 包括现代盐渍化、潜在盐渍化、残余盐渍化等,是指易溶性盐分在耕地表层累积而导致作物生长不良和低产的现象,如果表层土壤中  $\text{Na}^+$  的比例高则可导致土壤碱化。受地理位置、水文条件及水分管理、保护地施肥与种植模式等因子的影响,我国盐渍(碱)化耕地面积约  $1.0 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ,主要分布在华北和西北等干旱、半干旱和半湿润地区。目前,大棚土壤因不合理的灌溉和施肥而导致的次生盐渍化问题也十分普遍。

**2.2.5 沙化及沙性过强** 是指土壤中砂粒含量过高,包括表层、犁底层及心土层等含量过高,土壤团聚作用较差,团聚体含量低,稳定性差,有时会因此发生“闭沙”现象,导致耕作困难,使作物容易缺水缺肥,生长差,产量低。耕地沙化及沙性过强除与母质关系密切外,还与不合理轮荒、过度开垦或利用、种植根茬少的作物及连年干旱少雨等有关。

**2.2.6 土壤板结** 导致土壤板结的主要原因是黏粒含量过高且有机质含量较低,表土黏粒含量高易板结(黏韧性),犁底层或心土层黏粒含量高则不利于水分下渗,易发生土壤上层滞水,并影响作物根系下伸等,同时也不利于土壤通气,且犁耕阻力大、耕性差,因而导致作物低产。长期施用化肥、土壤酸化、单一或不合理的耕作及种植模式等,也是导致土壤板结的重要原因。

**2.2.7 潜育化** 是指由于长期淹水、排水不畅且温度较低等原因,导致土壤 Eh 值低( $-100 \text{ mV}$  以下),有机质厌氧分解,有毒有害物质如  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$  等含量偏高,还有有机酸等其他还原性物质累积,土壤结构变差,土体呈浅灰色,作物生长差、产量低。渍水缺氧、易分解有机质存在、农田排水不畅、水分及田间管理不当等是导致土壤潜育化的重要原因。

**2.2.8 表土大量流失** 由于植被覆盖差且降雨量大等原因,导致表层肥沃、结构良好土壤流失,耕

作层变薄,表层土壤向沙化发展,有机质和养分含量降低,养分供应能力减弱,结构变差,生产力大幅度下降,并最终成为低产田。导致表土大量流失的主要原因包括毁林开荒、耕作模式粗放、种植结构不合理、坡度过大且降雨量大等。

**2.2.9 严重干旱** 由于区域降水量严重不足且季节性分配不均,以及季节性干旱时灌溉条件差,或土壤蒸发强烈等多种原因,导致土壤有效水分含量低,对作物供水严重不足,甚至使作物干枯、死亡。水资源紧缺、水分利用效率低、耕作制度不当、灌溉粗放等均可能加剧干旱发生并使作物产量严重下降。

**2.2.10 多因子组合** 实际上,受自然和人为因素的综合影响,低产田在多数情况下会有几种障碍因子同时存在,或者在多个土层中存在,即可能同时受几种障碍因子的影响且相互间具有交互作用,导致其危害加大,改良难度和成本增加。

### 3 低产田改良技术研究及进展

长期以来,低产田改良一直是土壤学研究的重点之一,在国家科技计划的大力支持下,通过黄淮海平原、松嫩-三江平原、北方旱作区、南方红壤区等区域农业综合治理项目的实施,有效推进了低产田改良和相关技术发展,取得了十分显著的经济和社会效益<sup>[1-6]</sup>。但是,由于低产田概念的相对性和复杂性,以及低产田改良难度和强度较大、投入较高、见效较慢等原因,我国低产田改良研究整体上还处于以农艺措施为主,局限于低成本技术等,所研发的技术及产品大多停留在提高耕地肥力、改善土壤的某些理化性质等方面,即停留在所谓的“治标”上,很少从彻底消除低产田某一个障碍或限制因子入手,缺乏真正的“治本”技术。同时,已有的技术成果基本上是根据障碍因子命名,导致在实际应用时无从入手。根据低产田改良的内容和特点,可将低产田改良技术分为以下三个方面。

#### 3.1 工程改良

包括水利工程措施、农业工程措施和节水灌溉措施等<sup>[23-26]</sup>。其中水利工程主要包括渠系配套和渠道防渗、小水利建设和加固利用以及农田排涝,农业工程包括坡改梯、薄改厚等耕地改造整理工程,节水灌溉措施包括低产田暗灌工程和膜下滴管工程。这些工程措施极大地提高了耕地质量和资源利用效率,减少了土壤径流和侵蚀,改善了土

壤理化性状,增强了土壤供给养分的能力。

### 3.2 农艺措施改良

包括土壤改良技术、施肥技术、耕作栽培技术、秸秆还田技术、种植模式、良种选育以及病虫害防治等<sup>[27-39]</sup>,它们是低产田改良的主体或核心内容。通过有机质提升,改善土壤结构和土壤水分状况,提高养分含量和有效性,增强微生物活性等措施提升耕地地力,促进作物生长以获取高产。土壤改良剂包括天然改良剂、合成改良剂和生物改良剂,它们在改善土壤物理性状、提高土壤入渗率和水平含量、改善土壤团粒结构、活化土壤矿质养分、修复重金属和有机物污染以及增强宿主的抗病和抗逆性等方面作用显著。不同耕作措施是指保护性耕作(少免耕技术)和构建不同土体构型的各种技术以及与间套复种等种植制度的合理结合,保护性耕作可减少土壤侵蚀和水分蒸散,提高有机质含量,强化土壤团聚作用,增加作物产量。而土体构型的构建是通过深松、深翻、旋耕等机械化手段,协调水、肥、气、热,为作物创造良好的生长环境,进而提高土壤生产力。

### 3.3 生物技术改良

包括生物性屏障、植物改良、微生物改良等。生物性屏障在排除表面径流的同时,能够截留其带走的侵蚀土壤,提高土壤肥力与质量,是一种简单有效的土壤侵蚀控制方法<sup>[40-42]</sup>。而植物改良<sup>[7-8]</sup>则包括我们通常的种植绿肥、先锋性植物等,微生物改良<sup>[36-37]</sup>主要是利用微生物的代谢产物、分泌物或适应性等,使土壤的某些障碍因子如强酸性、盐碱、板结等部分缓解甚至消除,以达到改良低产田的目的,如利用丛枝菌根真菌可以改善低产田的团粒结构和通气性等,在多数情况下微生物改良通常是与植物改良或农艺改良等措施相结合,以获得更好效果。

实际上,由于低产田成因的复杂性、综合性等特点,其改良措施往往不会是单一的,而是多种措施的综合。如针对黏瘦型、沙漏型、盐渍型等低产田的改良,大多是通过开沟排水、客土、调整种植结构和合理施肥等技术手段来实现的。而且,尽管低产田改良研究已取得了大量成果,但还有许多问题亟待解决,包括:(1)对低产田的划分尚缺乏明确的指标;(2)低产田改良技术研究主要局限在农艺措施、低成本技术方面,高新技术的应用较少,缺乏针对性强的“治本”技术;(3)缺乏针对性强的高效率、低成本的各类改良剂;(4)缺乏对相关技术的集成示范,缺少与政府和农技推广部门的有机衔接;(5)缺少对农民掌握相关技术的培训等。

## 4 研究展望及对策

低产田改良难度大、投入高、不同障碍因子改良技术差异明显,是一项十分复杂的系统工程,需要有各级政府和部门的大力支持,需要较大的资金投入,同时更离不开科技的支撑。必须在进一步加大国家投入的同时,瞄准低产田的主要障碍因子,加强科技攻关,形成一批相应的技术成果和产品,促进增产增效。

### 4.1 强化政策引导并建立必要的激励机制

从加强低产田改良、强化耕地质量培育、提高农业综合生产能力的迫切需求出发,在国家层面上加大对现有《农业法》、《土地管理法》、《基本农田管理条例》等法律法规的执行力度,实行更严格的耕地保护和节约用地制度,强化耕地质量培育和耕地资源保护。实行更严格的耕地占补平衡政策,在已有“占多少,垦多少”原则的基础上,突出占补地质量的平衡,要求在3~5年内必须使其生产力达到原有耕地的水平,确保耕地整体质量不降低。建立低产田改良激励机制,针对不同区域低产田的类型和改良难度制定相应的补贴标准,对在低产田改造中做出贡献的农民个人和企业,按标准给予相应奖励。通过政策引导和激励,逐渐使改良低产田、强化农田生产能力建设成为耕地经营者的自觉行动。

### 4.2 加大对低产田改良的投入并提高资金使用效率

近年来,国家先后组织实施了一系列与低产田改造相关的工程,如国土资源部组织实施的土地整理、水利部组织实施的农田水利设施改造等项目,通过对田、水、路、林的综合治理,促进高标准农田建设;农业部组织实施的沃土工程、中低产田改良、有机肥等项目,通过强化耕地培肥和中低产田治理等工作,全面提高农田综合生产能力;财政部、国家发展改革委等部门亦有以提高区域综合生产能力为目标的相关项目。但是,由于低产田改良是一项长期、持久的工程,农业发展不同阶段低产田的障碍因子、改良技术措施也不尽相同,必须针对不同阶段的技术需求采取针对性措施。目前对低产田改良的支持一是投入的经费仍十分有限,与低产田改造的经费需求尚有较大差距;二是不同类型项目的组织实施部门各异,致使有限经费难以集中使用并形成合力;三是不同项目的实施重点和目标差异大,整体上层次和重点不够明晰;四是没有形成长效的稳定支持机制,支持的重点和方向变化较大。

因此,必须在大幅度增加投入的基础上,明确支持的重点和方向,强化目标导向,加强部门间的联合,提高有限资金的使用效率。

#### 4.3 强化低产田改良及增粮增效技术研究

多年来,在国家相关科技计划的支持下,我国在耕地质量培育、中低产田改良等方面取得了较大成效,如黄淮海平原盐碱地综合治理作为我国历史上最大的一次农业科技大会战,取得了十分突出的科技成果。近年来,在红壤旱地肥力演变与定向调控、黄土高原旱地氮磷养分高效利用、有机-无机复合肥料研制与应用等方面取得了一些进展,产生了较显著的经济和社会效益。但从整体看,已有成果大多集中在以农艺结合为主的“治标”技术,缺乏以消除某一障碍或限制因子为主的“治本”技术,因而很难从根本上消除土壤障碍因子。

从当前我国现代农业发展、特别是低产田改良的迫切需求出发,必须进一步强化低产田障碍因子解析与消除、地力和生产力快速提升、抗逆高产优质先锋作物品种应用等研究,形成针对不同障碍因子的物理及工程改良、化学改良、生物改良、农艺措施改良技术,研发以农业废弃物等为原料的生物有机肥、土壤改良剂等产品,创制针对不同障碍因子低产田的新型材料和制剂,逐步构建不同类型低产田改良的增粮增效的可操作模式。同时,应大力强化现代生物技术、信息技术、新材料技术等低产田改良中的应用,突出针对某种障碍因子改良的高技术研发,逐步构建以高技术为中心的技术模式,为低产田所在地区农业和经济快速发展提供强有力的科技支撑。

#### 4.4 加大相关科技成果的转化和示范应用

科技成果的转化和示范应用速度慢、范围小,是制约其发挥应有效益的关键因子,但实际上,成果本身的转化应用不仅取决于推广工作的强度,同时也在很大程度上取决于成果本身的成熟度、可应用性。近年来,国家进一步加大了科技成果转化和示范应用力度,使一大批成果逐步转化成为生产力,但由于低产田改良的技术性较强、投资较大、见效较慢等原因,致使相关科技成果很难在生产实际中转化并发挥出应有的效益。因此,在进一步加大对相关成果转化与示范应用支持力度的前提下,应进一步强化低产田改良成果的物化,强化科研教学、推广、企业、农民相互间的有机结合,形成有效的“产学研”合作机制,通过产品的推广应用,加快科研成果的转化,最大限度地发挥出其增粮增效的潜力。

#### 4.5 建立完善耕地质量评价体系和执法体制

建立完善耕地质量评价体系,明确不同地力等级耕地的划分标准,是制订相关政策与法规的重要依据,也是强化执法力度的重要保障,必须加快进度。同时,目前与耕地质量建设执法有关的部门涉及国土资源部、农业部、环保部等多个部门,容易导致责任主体不明确、执法力度掌握尺度不一等多种问题,因此,必须建立统一的执法体制,确保杜绝破坏耕地等不法行为发生,确保耕地质量不断提升。

#### 参考文献

- [1] 李振声. “农业黄淮海战役”的成功经验及对当前商品粮基地建设的建议. 中国科学院院刊, 2004, 19(1): 61—62. Li Z S. The successful experience of “Agriculture Huang-Huai-Hai Battle” and some suggestions for the construction of commodity grain base (In Chinese). Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2004, 19(1): 61—62
- [2] 范建. 中国农业的“两弹一星”——黄淮海科技大会战回眸(一). 科技日报, 2012-06-04(001). Fan J. China's agricultural “Missile, Nuclear Bomb and Manmade Satellite” — Looking back at the Huang-Huai-Hai Science and Technology Development (a) (In Chinese). Science and Technology Daily, 2012-06-04(001)
- [3] 王连铮. 加快科技成果转化、为黄淮海平原农业开发做贡献. 中国农学通报, 1988(3): 1—3. Wang L Z. Speeding up the transformation of scientific and technological achievements and making contributions for the development of agriculture in Huang-Huai-Hai Plain (In Chinese). Chinese Agricultural Science Bulletin, 1988(3): 1—3
- [4] 赵其国, 等. 我国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控. 北京: 科学出版社, 2002: 231—289. Zhao Q G, et al. Spatial and temporal change, mechanism and regulation of soil degradation in red soil region of Eastern China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2002: 231—289
- [5] 徐明岗, 黄鸿翔. 红壤丘陵区农业综合发展研究. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 59—200. Xu M G, Huang H X. Agriculture comprehensive development research on red soil hilly region (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000: 59—200
- [6] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究: 第三集. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 1—27, 210—223, 291—297. Red Soil Ecological Experiment Station, Chinese Academy of Sciences. Red soil ecosystem research (3) (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1995: 1—27, 210—223, 291—297
- [7] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2010: 80—107. Huang C Y, Xu J M. Soil science (In Chinese). 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2010: 80—107
- [8] 张佳宝, 林先贵, 李晖. 新一代中低产田治理技术及其在大面积均衡增产中的潜力. 中国科学院院刊, 2011, 26(4):

- 375—382. Zhang J B, Lin X G, Li H. A new generation of controlling technology for the medium and low-yield fields and its potential in large-area balanced grain production increase (In Chinese). *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2011, 26(4): 375—382
- [9] 沈仁芳, 陈美军, 孔祥斌, 等. 耕地质量的概念和评价与管理对策. *土壤学报*, 2012, 49(6): 1210—1217. Shen R F, Chen M J, Kong X B, et al. Conception and evaluation of quality of arable land and strategies for its management (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2012, 49(6): 1210—1217
- [10] 曹志洪, 周健民, 等. 中国土壤质量. 北京: 科学出版社, 2008: 1—109. Cao Z H, Zhou J M, et al. *Soil quality of China* (In Chinese). Beijing: Science Press, 2008: 1—109
- [11] 全国农业技术推广服务中心, 中国农科院农业资源与区划所. 耕地质量演变趋势研究——国家级耕地土壤监测数据整理. 北京: 中国农业科技出版社, 2008: 2—10. The National Agricultural Technology Extension Service Center, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS. *Research on cultivated land quality evolution trend; National farmland soil monitoring data collection* (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2008: 2—10
- [12] International Rice Research Institute. Farm-level constraints to high rice yields in Asia: 1974—77. Lps Banos, Laguana, Philippines & P. O. Box 933, Manila, Philippines, 1979, 27—49
- [13] 王洪波, 程锋, 张中帆, 等. 中国耕地等级分异特性及其对耕地保护的影响. *农业工程学报*, 2011, 27(11): 1—10. Wang H B, Cheng F, Zhang Z F, et al. Differential characteristics of cultivated land grade and its effect on cultivated land protection in China (In Chinese). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(11): 1—10
- [14] 吕苑鹃. 沉甸甸的收获——国土资源部土地利用司负责人就《中国耕地质量等级调查与评定》成果答记者问. *国土资源*, 2010(1): 48—50. Lü Y J. Heavy harvest: Response to the reporter on the investigation and evaluation of China's cultivated land quality classification by an officer from Department of Land Utilization, Ministry of Land and Resources of People's Republic of China (In Chinese). *Land and Resources*, 2010(1): 48—50
- [15] 苏宏斌, 张庆庭, 倪克文. 哈密地区中低产田调查及改造意见. *新疆农业科学*, 1998(4): 174—177. Su H B, Zhang Q T, Ni K W. The investigation and opinion of the middle-low yield fields in Hami region (In Chinese). *Xinjiang Agricultural Sciences*, 1998(4): 174—177
- [16] 倪克文, 苏宏斌, 张庆庭. 哈密地区中低产田现状及改造措施探讨. *新疆农业科技*, 1998(2): 24. Ni K W, Su H B, Zhang Q T. The situation and reform measures of the middle-low yield fields in Hami region (In Chinese). *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 1998(2): 24
- [17] 李兆芬. 贵州省中低产田土低产原因分析. 耕作与栽培, 1995(4): 35—36. Li Z F. The low yield reason for the middle-low yield fields in Guizhou Province (In Chinese). *Tillage and Cultivation*, 1995(4): 35—36
- [18] 杨俊森, 黄峥嵘. 四川省中低产田土的综合治理. *长江流域资源与环境*, 1993, 2(2): 145—148. Yang J S, Huang Z R. Comprehensive improvement of middle-low yield soils and its benefits in Sichuan Province (In Chinese). *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1993, 2(2): 145—148
- [19] Kauffman S. Integrated soil management: A challenge for farmers and scientists. *ILEIA Newsletter*, 1996, 12(3): 28
- [20] Ovuka M. More People, More Erosion? Land use, soil erosion and soil productivity in Murang's District, Kenya. *Land Degradation and Development*, 2000, 11: 111—124
- [21] Angima S D, O'Neil M K, Omwega A K, et al. Use of tree/grass hedges for soil erosion control in the Central Kenyan Highlands. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 55: 478—482
- [22] 徐建明, 张甘霖, 谢正苗, 等. 土壤质量指标与评价. 北京: 科学出版社, 2010: 1—39. Xu J M, Zhang G L, Xie Z M, et al. *Indices and assessment of soil quality* (In Chinese). Beijing: Science Press, 2010: 1—39
- [23] Chu J, Bo M W, Choa V. Practical considerations for using vertical drains in soil improvement projects. *Geotextiles and Geomembranes*, 2004, 22: 101—117
- [24] Chu J, Bo M W, Choa V. Improvement of ultra-soft soil using prefabricated vertical drains. *Geotextiles and Geomembranes*, 2006, 24(6): 339—348
- [25] 艾东, 朱道林, 赫晓霞. 土地整理与生态环境建设关系初探. *生态环境*, 2007, 16(1): 257—263. Ai D, Zhu D L, He X X. The relationship of land consolidation and bio-environmental rehabilitation (In Chinese). *Ecology and Environment*, 2007, 16(1): 257—263
- [26] 徐畅, 高明, 谢德体, 等. 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响. *农业工程学报*, 2009, 25(8): 242—248. Xu C, Gao M, Xie D T, et al. Effect of land consolidation history on soil quality of purple hilly region (In Chinese). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(8): 242—248
- [27] Cai Z C, Qin S W. Dynamics of crop yields and soil organic carbon in a long-term fertilization experiment in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Geoderma*, 2006, 136(3/4): 708—715
- [28] 陈冬林, 易镇邪, 周文新, 等. 不同土壤耕作方式下秸秆还田量对晚稻土壤养分与微生物的影响. *环境科学学报*, 2010, 30(8): 1722—1728. Chen D L, Yi Z X, Zhou W X, et al. Effects of straw return on soil nutrients and microorganisms in late rice under different soil tillage systems (In Chinese). *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2010, 30(8): 1722—1728
- [29] 路文涛, 贾志宽, 张鹏, 等. 秸秆还田对南宁旱作农田土壤活性有机碳及酶活性的影响. *农业环境科学学报*, 2011, 30(3): 522—528. Lu W T, Jia Z K, Zhang P, et al. Effects of straw returning on soil labile organic carbon and enzyme activity in semi-arid areas of Southern Ningxia, China (In Chinese). *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(3): 522—528
- [30] Bastida F, Moreno J L, Garcia C, et al. Addition of urban waste to semiarid degraded soil: Long-term effect. *Pedosphere*, 2007, 17(5): 557—567
- [31] 邢月华, 韩晓日, 汪仁, 等. 平衡施肥对玉米养分吸收、产量及效益的影响. *中国土壤与肥料*, 2009(2): 27—29. Xing Y H, Han X R, Wang R, et al. Effect of balanced fertilization on

- nutrient uptake, yield and profit of maize (In Chinese). *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2009(2): 27—29
- [32] Zhao B Z, Chen J, Zhang J B. Soil microbial biomass and activity response to repeated drying-rewetting cycles along a soil fertility gradient modified by long-term fertilization management practices. *Geoderma*, 2010, 160: 218—224
- [33] 王俊华, 胡君利, 林先贵, 等. 长期平衡施肥对潮土微生物活性和玉米养分吸收的影响. *土壤学报*, 2011, 48(4): 766—772. Wang J H, Hu J L, Lin X G, et al. Effects of long-term balanced fertilization on microbial activity and nutrient uptake of maize in a fluvo-aquic soil (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(4): 766—772
- [34] 邵玉翠, 张余良. 天然矿物改良剂在微咸水灌溉土壤中应用效果的研究. *水土保持学报*, 2005, 19(4): 100—103. Shao Y C, Zhang Y L. Study of effect on using natural minerals to improve soil in irrigating brackish water (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(4): 100—103
- [35] Busscher W J, Novak J M, Caesar-Tonthat T C. Organic matter and polyacrylamide amendment of Norfolk loamy sand. *Soil & Tillage Research*, 2007, 93: 171—178
- [36] Jakobsen I, Smith S E, Smith F A. Mycorrhizal ecology. Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 75—92
- [37] 王发园, 林先贵, 周健民. 丛枝菌根与土壤修复. *土壤*, 2004, 36(3): 251—257. Wang F Y, Lin X G, Zhou J M. Arbuscular mycorrhiza and soil rehabilitation (In Chinese). *Soils*, 2004, 36(3): 251—257
- [38] Zhang X R, Li H W, He J, et al. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China. *Australian Journal of Soil Research*, 2009, 47: 362—371
- [39] Ahmad N, Hassan F U, Belford R K. Effect of soil compaction in the sub-humid cropping environment in Pakistan on uptake of NPK and grain yield in wheat (*Triticum aestivum*). *Field Crops Research*, 2009, 110: 54—60
- [40] Dercon G, Govers G, Poesen J. Animal-powered tillage erosion assessment in the southern Andes region of Ecuador. *Geomorphology*, 2007, 87(1/2): 4—15
- [41] Owino J O, Owido S F O, Chemelil M C. Nutrients in runoff from a clay loam soil protected by narrow grass strips. *Soil & Tillage Research*, 2006, 88(1/2): 116—122
- [42] Oyedele D J, Awotoye O O, Popoola S E. Soil physical and chemical properties under continuous maize cultivation as influenced by hedgerow trees species on an alfisol in South Western Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 2009, 4(8): 736—739

## THE STATUS AND RECLAMATION STRATEGY OF LOW-YIELD FIELDS IN CHINA

Zeng Xibai<sup>1</sup> Zhang Jiabao<sup>2</sup> Wei Chaofu<sup>3</sup> Yu Wantai<sup>4</sup> Huang Daoyou<sup>5</sup> Xu Minggang<sup>6</sup> Xu Jianming<sup>7†</sup>

(1 Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China)

(2 Institute of Soil Sciences, CAS, Nanjing 210008, China)

(3 College of Resources and Environments, Southwest University, Chongqing 400715, China)

(4 Institute of Applied Ecology, CAS, Shenyang 110016, China)

(5 Institute of Subtropical Agriculture, CAS, Changsha 410125, China)

(6 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China)

(7 College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

**Abstract** In the light of the development of agricultural research, especially soil science, at the current stage of China's development, the related research achievements on low-yield fields at home and abroad are summarized. The definition, status, negative effects, causes and main limitations of low-yield fields are systematically analyzed. The increasing grain production potential is preliminarily estimated from the improvement of low-yield fields. The "low-yield fields" can be defined as those in which existing limitations cause poor crop growth and thus have 30% lower yields than fields with local high-yields. They have large annual variations in yield under normal tillage cultivation management. The low-yield fields in China are characterized by having large areas, more types of low-yield fields, a relatively concentrated distribution and more apparent yield limitations. The main limitations in low-yield fields include low organic matter and low and unbalanced nutrient concentrations, soil acidification, soil salinization, desertification, soil hardening, soil gleyization, erosion, and severe drought. Finally, further research topics and suggestions, based upon different policies and strategies to support the reclamation of low-yield fields, are proposed.

**Key words** Low-yield field; Reclamation; Strategy; China

(责任编辑:陈德明)