

低产田改良新技术 及其发展趋势

曾希柏 李永涛 林启美 等 著



科学出版社

低产田改良新技术 及其发展趋势

曾希柏 李永涛 林启美 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书从系统分析当前我国低产田的状况及主要障碍因子类型等内容入手,提出了低产田的定义并对国内外研究现状等进行了系统分析。书中系统阐述了适用于低产田改良的新技术及新产品的创制,包括天然矿物改良剂超微细化活化技术、潜育化稻田缓释氧化剂创制技术、低产田改良专用肥料功能化技术、作物耐盐性的遗传改良技术、抗逆先锋生物互作应变技术、多功能聚合型生物改良剂制造、生物抗逆调节剂制造、低产田障碍因子实时监控技术、生物质炭改性技术、土体硬磐层微爆蓬松技术、冬季咸水结冰灌溉技术等,每种技术均探讨了其原理和应用效果。在此基础上,还展望了低产田改良未来技术及其发展趋势。

本书可供土壤肥料相关领域的科研、教学人员,以及相关专业研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

低产田改良新技术及其发展趋势/曾希柏等著. —北京: 科学出版社, 2017.6
ISBN 978-7-03-052724-0

I. ①低… II. ①曾… III. ①中低产田—土壤改良 IV. ①S156.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 099581 号

责任编辑: 王海光 王 好 / 责任校对: 刘亚琦

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 刘新新

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 21 1/4

字数: 406 000

定价: 148.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

资助项目

1. “十二五”国家科技支撑计划课题“中低产田障碍因子消减与地力提升共性关键技术研究”（2012BAD05B06）
2. “国家高层次人才特殊支持计划”（“万人计划”）科技创新领军人才项目
3. 中国农业科学院科技创新工程专项

《低产田改良新技术及其发展趋势》

著者名单

- | | |
|-----|--------------------------|
| 曾希柏 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 |
| 李永涛 | 华南农业大学资源环境学院 |
| 林启美 | 中国农业大学资源与环境学院 |
| 施卫明 | 中国科学院南京土壤研究所 |
| 武志杰 | 中国科学院沈阳应用生态研究所 |
| 梁永超 | 浙江大学环境与资源学院 |
| 胡春胜 | 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 |
| 苏以荣 | 中国科学院亚热带农业生态研究所 |
| 黄荣峰 | 中国农业科学院生物技术研究所 |
| 陈彩艳 | 中国科学院亚热带农业生态研究所 |
| 王亚男 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 |
| 刘小京 | 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 |
| 罗尊长 | 湖南省农业科学院土壤肥料研究所 |
| 董春华 | 湖南省农业科学院土壤肥料研究所 |
| 蔡燕飞 | 华南农业大学资源环境学院 |
| 胡亚军 | 中国科学院亚热带农业生态研究所 |
| 郭 凯 | 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 |
| 张海文 | 中国农业科学院生物技术研究所 |
| 李贵桐 | 中国农业大学资源与环境学院 |
| 陈香碧 | 中国科学院亚热带农业生态研究所 |
| 马 超 | 安徽农业大学资源与环境学院 |
| 岳 燕 | 中国农业大学资源与环境学院 |

前 言

都说耕地是人类赖以生存的物质基础，“土生万物”，但在大多数时候感觉耕地实际上成了人们取之不尽、用之不竭的农业资源，人们在索取的同时却很少考虑还要回报，管理粗放、施肥随意性强、耕作不合理等，导致耕地地力持续得不到提升甚至下降，成为中低产田面积一直保持在耕地总面积 2/3 以上的重要原因之一。加强中低产田改良和合理利用，有效提升耕地的地力和生产力，在耕地资源十分紧张、人地矛盾尖锐的背景下，不仅是当前，也必将是今后一段时期内我国农业可持续发展的重要主题。

应该说，长期以来，特别是进入 21 世纪的十多年来，随着国家对土壤学，特别是耕地改良与培肥等相关研究的支持不断加大，我国土壤学研究发展迅速，并在土壤生物学、污染土壤修复等方面取得了较大进展，为土壤学当前及今后一个时期的发展奠定了十分坚实的基础。但是，作为一名长期从事耕地改良与培肥研究的科研人员，我总是感觉到有一些不安，总是禁不住思考：土壤学，特别是农业土壤学究竟应该往何处去？作为现代农学的基础学科，土壤学对现代农业发展的支撑点究竟在哪里？与农业领域其他学科相比较的特色和优势究竟是什么？尽管在许多人看来这近乎于杞人忧天，但对一个学科而言，如果失去了其本身的特色和优势，是否也就意味着这个学科的终结？或许，这需要花很长时间去验证，甚至很难得到确切的答案。

以生物技术、信息技术、新材料技术、新能源技术、空间技术及海洋技术等为主要内容的高新技术快速发展及其在农业中的广泛应用，大幅度提高了农业生产效率，也成为了现代农业和新兴产业发展的重要前提，现代种业、现代农机装备业、现代食品加工业等也随着高新技术的不断应用快速发展，并逐步成为新的朝阳产业。与农业相关领域高新技术的应用相比较，高新技术在土壤改良等方面的应用似乎未受到足够重视甚至尚未起步，以至于 2013 年 8 月在科技部农村科技司组织开始“低产田改良高技术预测”相关工作时，我还是一脸茫然，挖空心思也想不出来有哪些低产田改良的高新技术，在这个时候，同行专家用各自的智慧共同挖掘出已有苗头的高新技术并进行总结提炼，同时也一起对高新技术的发展及应用进行了展望和预测。也正是在专家组各位成员的大力支持和帮助下，才有了本书的整体框架，才有了本书中对已经应用的零星高新技术较系统的归纳和整理，这实际上也是利用高新技术改良低产田、提高耕地地力相关工作的一次全

面系统总结与展望，我们也期待着以此为契机推进我国低产田改良技术实现跨越发展。

尽管“低产田改良高技术预测”相关工作实际上从2013年8月即正式启动，但由于对已有高新技术应用的搜集整理、对未来技术应用的预测，以及对整理出的已应用或部分应用的高新技术通过网络请同行专家评定等，均花费了较多时间。特别是对未来若干年可能用上的与低产田改良相关技术的提出，是以专家组成员为主体，邀请国内相关专家先后在石家庄、哈尔滨等地多次研讨，可以说是用尽了专家组成员的智慧才形成的，因此，所提出的技术尽管在系统性、先进性等方面可能还存在一定的差距，但应该说是契合今后一段时间内低产田改良的实际需求的。此外，本书中提出的每一项技术的描述，也让专家组成员花费了不少时间和智慧。所以，这些成果尽管并不完善，其中的有些内容可能与高技术实际上还有一定距离，部分章节内容与讨论的结果也存在一定差距，但从整体来看，至少已经有了一个初步的概念，或者说有了一个引子，这对加快高新技术在低产田改良中的应用是十分必要的，而且，通过网络方式请同行专家进行的两次评审，不仅得到了土壤学及相关学科同行专家的积极响应，还获得了专家的高度认同。在此，我们谨向参加网络评价的专家表示由衷的谢意！也正是因为有了同行专家的支持和认同，我们的工作才得以继续并不断前进。

实际上，产生要将前述工作整理成书稿的想法是2014年以后的事情，当时的想法非常简单，这项工作非常重要并且花费专家组成员的很多时间和精力，而且低产田改良高技术应用及预测工作本身就具有开创性，同时我们也希望有更多的人了解并参与其中，共同来推进学科和相关技术的发展。专家组成员及相关老师对此大力支持，并陆续根据各自的理解撰写相应的章节。但是，作为一项具有开创性的工作，初稿完成后的编写难度又是原来没有预见到的，由于很多内容完全凭专家各自的理解来撰写，因此，尽管讨论了一个统一的格式和框架，但各部分内容多少，特别是对相关技术及效果的描述等与之前所想象的差距太大，并且个别章节由于题材太少等，最后不得不忍痛割爱从本书中删除，或者在此基础上再请相关专家进行补充和完善，才基本形成了本书的初稿。在本书的初稿大致完成后，又由曾希柏、李永涛、林启美3人分头对各章节的内容和文字，特别是对全书的风格进行了修订和完善。课题组王亚男博士又对全书文字进行了逐一修订，并重新整理了其中的部分图表；研究生张骞还对各章的参考文献进行了校验和补充等。

本书能够顺利出版，首先要感谢参加“低产田改良高技术预测”工作的各位专家，特别是中国科学院南京土壤研究所张佳宝研究员、中国科学院亚热带农业生态研究所吴金水研究员、西安理工大学李占斌教授等的大力支持。在相关工作

中，张佳宝老师多次参与研讨、并贡献自己的思路 and 想法，张老师敏捷的思维让我们受益匪浅、深受启发。实际上，也正是在反复讨论中才逐步产生了各种火花，才有了本书中相应的低产田改良技术及名称，并以此为基础逐步完善形成了最终的文字框架。在书稿撰写过程中，中国科学院南京土壤研究所施卫明研究员不仅参与了相关讨论，而且提出了自己独特的思路并完成了其中相关内容；中国农业科学院生物技术研究所黄荣峰研究员、中国科学院亚热带农业生态研究所苏以荣研究员和陈彩艳研究员等也给予了无私帮助，为书稿中相关章节内容的补充和完善做了大量的工作。毫无疑问，要感谢的人还有很多，如我所在课题组的同事、参与研讨的其他老师等，对此，只有用我们今后的努力工作来表达。

尽管本书写作耗时较长，但由于多方面的原因，书稿中肯定还有很多不足，在此恳请各位读者批评指正。如果本书的出版能对我国低产田改良技术的发展有一些推动作用，将是对我们工作莫大的鼓励。

曾希柏

2016年11月9日

目 录

前言

第一章 我国低产田现状及其影响	1
第一节 我国低产田类型与分布	1
一、我国耕地质量的总体状况	1
二、对低产田的相关认识	5
三、我国低产田主要障碍因子	6
四、不同类型低产田的区域分布	11
第二节 低产田对作物生产及农业发展的影响	12
一、严重制约耕地生产力的提高	12
二、增加农业生产成本并使效益降低	13
三、危及国家粮食持续增产与安全	14
四、威胁农业生态环境建设与可持续发展	15
第三节 我国低产田改良相关行动及科技进展	16
一、土地开发整理	17
二、耕地有机质提升和质量建设	17
三、低产田改良相关平台基地建设快速推进	18
四、低产田改良科技水平稳步提升	19
主要参考文献	21
第二章 低产田改良科技投入及技术分析	23
第一节 科技研发投入情况	23
第二节 近年低产田改良论文及专利情况	25
一、土壤障碍因子改良剂研制与应用	26
二、酸性土壤综合改良技术	28
三、耐逆高效作物品种筛选与逆境适生型种植技术	30
四、土传病害(含连作障碍)消除与生态调控技术	33
第三节 低产田改良技术发展面临的挑战	35
一、中国与发达国家的差距	36
二、面临的主要挑战	39
第四节 低产田改良技术特点及发展趋势	40
一、土壤障碍因子改良剂研制与应用	40

二、酸性土壤综合改良技术	41
三、耐逆高效作物品种筛选与逆境适生型种植技术	42
四、土传病害（含连作障碍）消除与生态调控技术	44
主要参考文献	45
第三章 天然矿物改良剂超微细化活化技术及其应用	47
第一节 概述	47
一、天然矿物改良剂的主要类型	47
二、国内外研究进展	49
第二节 技术原理及关键点	55
一、技术原理	55
二、尚未解决的难点问题	59
第三节 技术应用效果	60
一、含磷钾矿物超微细化后的应用效果	60
二、天然矿物改良剂超微细化和活化后的应用效果	62
第四节 发展趋势	63
主要参考文献	64
第四章 潜育化稻田缓释氧化剂创制技术及其应用	67
第一节 概述	67
一、缓释氧化剂的概念与基本特征	67
二、缓释氧化剂的发展历程	68
第二节 技术原理及关键点	73
一、缓释氧化剂的缓释机制	73
二、关键技术	74
三、尚未解决的难点问题	77
第三节 技术应用效果	79
一、产品使用的效果	79
二、产品缓释性能评价	83
第四节 发展趋势	84
主要参考文献	85
第五章 低产田改良专用肥料功能化技术及其应用	88
第一节 概述	88
一、功能性肥料的概念与基本特征	88
二、功能性肥料国内外研究现状	89
第二节 技术原理及关键点	93
一、低产田障碍因子改良功能性肥料研制	93

二、关键技术	96
三、尚未解决的难点问题	97
第三节 技术应用效果	98
第四节 发展趋势	102
主要参考文献	103
第六章 作物耐盐性的遗传改良技术	105
第一节 概述	105
第二节 植物的耐盐性及其影响因素	106
一、植物的耐盐性能	106
二、土壤特性对植物耐盐性的影响	109
三、根际微生物对植物耐盐性的调控作用	110
四、根系特性对植物耐盐性的影响	111
五、营养物质根茎运输对植物耐盐性的影响	114
六、碳同化对盐碱环境下植物生长和产量的影响	114
第三节 作物对土壤逆境的耐性改良	117
一、耐逆基因资源获得	118
二、耐逆基因分离方法	119
三、培育耐逆作物	120
第四节 发展趋势	125
主要参考文献	126
第七章 抗逆先锋生物互作应变技术及其应用	132
第一节 概述	132
一、先锋生物概念	132
二、植物抗逆的生理基础	133
第二节 技术原理及关键点	134
一、抗逆先锋生物互作应变技术原理	134
二、抗逆先锋生物互作应变技术的关键点	136
第三节 技术应用效果	136
一、抗逆先锋生物互作应变技术在干旱地区的应用	136
二、抗逆先锋生物互作应变技术在盐碱地上的应用	137
三、抗逆先锋生物互作应变技术在贫瘠土壤上的应用	142
四、抗逆先锋生物互作应变技术在酸性土壤上的应用	143
第四节 发展趋势	145
主要参考文献	146

第八章 多功能聚合型生物改良剂制造及其应用	149
第一节 概述	149
一、土传病害生态防控制剂	150
二、土壤盐渍化生物改良剂	152
三、蚯蚓类生物改良剂	152
第二节 多功能聚合型生物改良剂的研制及作用原理	153
一、功能型微生物的筛选与确证	153
二、菌剂制备	153
三、微生物对土壤环境的适应性及调控技术	154
四、多功能聚合型生物改良剂的作用原理	154
第三节 多功能聚合型生物改良剂的应用	155
一、多功能聚合型生物改良剂应用范围	156
二、多功能聚合型生物改良剂的应用条件	157
三、多功能聚合型生物改良剂的应用效果	157
第四节 发展趋势	159
主要参考文献	161
第九章 生物抗逆调节剂制造及其应用	163
第一节 概述	163
第二节 技术原理及关键点	164
一、生物抗逆调节剂作用原理	164
二、生物抗逆调节剂类型、选择和使用	164
三、尚未解决的难点问题	169
第三节 技术应用效果	170
一、油菜素内酯 (BR)	170
二、独脚金内酯 (SL)	171
三、水杨酸 (SA)	173
四、复配抗逆调节剂	174
第四节 发展趋势	175
主要参考文献	176
第十章 低产田障碍因子实时监控技术及其应用	179
第一节 概述	179
第二节 技术原理及关键点	186
一、技术原理	186
二、原位监测技术	186
三、遥感监测技术	189

四、天地一体化监控平台	192
第三节 技术应用效果	196
第四节 发展趋势	196
主要参考文献	197
第十一章 生物质炭改性技术及其应用	199
第一节 概述	199
一、生物质炭的概念	199
二、生物质炭技术的发展	200
第二节 技术原理及关键点	205
一、生物质炭改性技术的主要原理	205
二、技术关键点	207
三、尚未解决的难点问题	208
第三节 技术应用效果	208
一、生物质炭相关产品	208
二、生物质炭应用技术与效果	209
第四节 发展趋势	215
主要参考文献	216
第十二章 土体硬磐层微爆蓬松技术及应用	218
第一节 概述	218
一、钙积层	218
二、黏磐层	219
三、铁磐层	219
第二节 土体硬磐层松动破碎技术	220
一、生物技术	220
二、化学技术	221
三、物理技术	221
四、农艺技术	221
第三节 土体硬磐层微爆蓬松技术	222
一、基本技术原理	222
二、技术发展过程及主要技术类型特点	223
三、尚未解决的关键问题	225
第四节 技术应用效果	226
一、农田爆破成腔技术及其应用	226
二、果园与林地爆破技术及其应用	228
第五节 发展趋势	228

主要参考文献.....	230
第十三章 冬季咸水结冰灌溉技术及应用	231
第一节 概述.....	231
第二节 技术原理和关键点	234
第三节 技术应用效果.....	235
一、咸水结冰灌溉的灌溉制度	236
二、咸水结冰灌溉盐碱地改良效果	238
第四节 发展趋势.....	257
主要参考文献.....	257
第十四章 低产田改良技术发展趋势与展望	263
第一节 未来低产田改良技术需求及重点	263
一、农业高技术未来发展趋势	263
二、未来农业发展对低产田改良技术的需求	269
三、低产田改良技术发展重点	273
第二节 低产田改良技术发展的政策建议	276
一、强化政府对相关工作的引导与指导	276
二、加大国家财政对低产田改良科研和技术实施的投入力度	277
三、加强土壤学研究的自主创新和集成创新能力	278
四、提倡土壤学及相关学科研究的大合唱	280
五、加快低产田改良等土壤学研究的人才培养与基地建设	281
六、加大低产田改良技术和成果产业化，促进一二三产业融合发展	283
七、加大耕地资源保护政策宣传力度	284
主要参考文献.....	285
附录 I 低产田改良技术国内外竞争分析	287
附录 II 低产田改良技术预测.....	304
附录 III 主要专用名词缩略表.....	317
后记.....	321

第一章 我国低产田现状及其影响

摘要：在分析我国耕地质量总体状况的基础上，针对低产田面积大、所占比例高、分布较广泛、障碍因子多且类型复杂等特点，结合已有研究成果，明确将“在现有的正常耕作栽培管理技术水平条件下，因耕地本身存在障碍因子或者限制因子，导致作物生长发育差，产量较当地高产田低30%以上，且年际变异大的农田”定义为低产田。同时，根据低产田障碍因子类型等，将其划分为养分瘠薄、水分渍涝（潜育）、盐渍（碱）、过沙过黏、酸性（化）、障碍层次、板结、表土流失、干旱缺水、僵黏、矿毒污染等类型。在此基础上，分析探讨了低产田对耕地生产力、作物产量与粮食生产、农业生产效益及生态环境等的可能影响，并简要介绍了土地开发整理、耕地有机质提升和质量建设等国家级项目实施的成效及其对低产田改良的作用，以及低产田改良平台基地建设、科技能力提升等方面的主要成效。

第一节 我国低产田类型与分布

耕地质量是指在正常施肥和管理等情景下，耕地供给作物生长所必需的水分和养分，并获得相应的收获物，以及维持其原有肥力和生产力、保持土壤生态系统健康、有效抵御不良外界条件、缓冲外来物质的能力，是影响粮食和农产品安全的最重要因素之一。根据对英国、法国、美国、丹麦、奥地利、挪威、日本等国家长期试验结果统计，主要粮食作物产量中有33.8%~59.5%来自耕地自身的供给，而豆科作物的比例甚至高达73.0%。多年来，受全球变化、耕地利用强度增大、施肥及管理不当等诸多因素的影响，我国耕地质量提升慢甚至部分下降，低产田面积有增无减，耕地的生产潜力没有得到充分发挥，严重影响了其在国家粮食增产中所发挥的作用。

一、我国耕地质量的总体状况

尽管第二次全国土壤普查已经过去了将近40年，目前对全国耕地质量的总体状况缺乏全面和系统的了解，但根据已有的调查及研究结果，也可对我国耕地质量的情况做一个初步的判断。从相关研究及调查结果看，我国耕地质量的总体状况不容乐观，高产田比例相对较低，低产田则不仅面积大、类型多，而且分布相对集中，障碍因子也较明显。

据国土资源部发布的《中国耕地质量等级调查与评定》报告（表 1-1），按照自然条件、耕作制度、基础设施、农业生产技术及投入等因素综合调查与评定，并结合耕地的理化性质等状况，将我国耕地的质量划分成 15 个级别，其中 1 等耕地质量为最好、15 等耕地质量为最差，将 1~4 等、5~8 等、9~12 等、13~15 等分别对应为优、高、中和低等，与之对应的耕地面积分别占全国耕地总面积的 2.67%、29.98%、50.64%和 16.71%，耕地质量平均等级为 9.8 等。尽管这种分类方法与农业生产的实际情况可能会有一定差距，且在实际应用中亦相对较烦琐等，但其结果还是能在很大程度上说明我国耕地质量的整体状况的。

表 1-1 中国耕地质量等级面积比例结构

等级	面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)	比例 (%)
1	167.90	0.13
2	299.81	0.24
3	995.93	0.80
4	1 873.93	1.50
5	4 279.15	3.42
6	8 907.73	7.12
7	12 136.25	9.70
8	12 186.37	9.74
9	12 895.21	10.31
10	16 679.51	13.33
11	17 538.16	14.02
12	16 247.73	12.98
13	10 026.65	8.01
14	6 468.56	5.17
15	4 412.17	3.53

不同省份耕地质量比较（表 1-2），平均等级总体最优的前三个省（直辖市）依次是广东、湖北和上海，其耕地平均等级依次为 5.4 等、5.7 等和 5.9 等，而平均等级最差的后三位则分别是青海、甘肃和内蒙古，耕地平均等级依次为 12.6 等、12.9 等和 14.2 等，这种结果应该说在很大程度上与相应的自然、社会和经济等条件是紧密相连的。实际上，全国仅有 14 个省份分布有 1~4 等的优等地，其中湖北、广东、湖南 3 个省份优等地面积大于 $500 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，总面积为 $3027.4 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占全国优等地总面积的 90.71%，浙江、江西、安徽 3 个省份优等地面积亦较大，在 $50 \times 10^3 \sim 500 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ；全国有 22 个省份分布有 13~15 等的低等地，其中面积大于 $3000 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的有内蒙古和甘肃 2 个省（自治区），面积在 $1000 \times 10^3 \sim 3000 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的有山西、黑龙江、河北、陕西、贵州等 5 个省份，上述 7 个省（自治区）低等地总面积为 $18\,694.4 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占全国低等地总面积的 89.42%。低等地分布

广、面积大，已经成为影响现代农业发展、保障国家粮食和食物安全的重要瓶颈。

表 1-2 中国大陆 31 个省（自治区、直辖市）的耕地等级构成（单位： $\times 10^3 \text{ hm}^2$ ）

省（自治区、直辖市）	优等地	高等地	中等地	低等地	省（自治区、直辖市）	优等地	高等地	中等地	低等地
北京	—	143.4	93.1	—	湖北	1720.6	2375.2	743.5	2.0
天津	—	—	482.1	0.3	湖南	617.4	1490.4	1549.7	176.3
河北	—	1552.2	2937.3	2022.4	广东	689.4	2321.3	47.7	—
山西	—	188.3	2355.0	2124.5	广西	14.9	2441.2	1928.7	—
内蒙古	—	7.1	892.5	6246.7	海南	27.2	399.1	273.4	32.6
辽宁	—	26.5	4091.9	102.5	重庆	—	359.0	1988.6	—
吉林	—	67.1	5658.0	357.8	四川	9.9	2516.5	3404.1	144.8
黑龙江	—	12.4	9791.1	2084.9	贵州	—	48.3	3351.4	1203.2
上海	2.3	286.4	—	—	云南	1.9	390.8	5706.6	20.2
江苏	2.4	5013.8	—	—	西藏	—	—	151.5	35.6
浙江	115.4	1016.2	898.6	0.1	陕西	—	823.8	1516.9	1748.2
安徽	55.6	2480.0	3382.9	—	甘肃	—	7.2	1361.1	3264.4
福建	4.9	542.1	787.4	47.1	青海	—	—	205.6	289.2
江西	72.8	2049.5	729.0	7.8	宁夏	—	140.4	538.1	421.5
山东	2.8	4371.0	3267.0	—	新疆	—	33.1	3554.2	575.2
河南	—	6407.4	1673.8	—					

根据我国耕地质量等级及其分布状况，整体上看具有总体等级偏低、高产耕地分布集中、高产耕地分布与经济发展复合度高等特点，即耕地总体等级偏低，且低于平均质量等级 9.8 的耕地（即 10~15 等耕地）面积占全国耕地评定面积的 57% 以上；耕地分布集中，沿燕山、太行山、大巴山以东地区，集中了我国 80% 以上的耕地面积，且有约 10 亿亩^①耕地属于根据等级评定结果划定的全国 52 片优质耕地集中区，其中又有 6 亿亩是可灌溉耕地；高产耕地分布与经济发展复合度高，全国经济最发达区域与最需要保护的集中连片优质耕地分布区域在空间上基本复合，83 个 50 万人口以上大中城市中有 73 个分布在 52 片耕地集中分布区。上述结果对我国耕地质量保护与地力培育提出了较现实的问题，即怎样实现经济发展和耕地质量提升的有机统一；而在经济不发达地区低产田分布较广、类型较多，怎样改良。

除国土资源部的耕地分级外，从 2002 年起，农业部在全国范围内开展了耕地地力调查和质量评价，并在 2014 年发布了相关调查结果，在该结果中将我国的耕地质量等级按照其单位面积产量等要素分成 1~10 等，其中 1 等地为产量高于 $13\,500 \text{ kg/hm}^2$ 的耕地、10 等地为产量低于 1500 kg/hm^2 的耕地，产量每相差 1500 kg/hm^2 为一个等级。1~3 等为高产田、4~6 等为中产田、7~10 等为低

^① 1 亩 $\approx 666.7 \text{ m}^2$ 。