



中国教师发展基金会教师出版专项基金资助

果园土壤

质量状况与提升

GUOYUAN TURANG ZHILIANG ZHUANGKUANG YU TISHENG

卢树昌◎著



化学工业出版社



中国教师发展基金会教师出版专项基金资助

果园土壤质量状况与提升

GUOYUAN TURANG ZHILIANG ZHUANGKUANG YU TISHENG

卢树昌 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是作者多年来从事果园土壤质量研究的结晶。全书由十章构成,包括我国果园生产发展现状、果园养分投入状况、果园土壤质量概况、果园土壤肥力质量状况、果园土壤环境健康质量状况、果园优质高效养分管理技术、果园氮磷面源污染防治技术、果园土壤酸化改良、果园土壤重金属污染修复以及果园土壤质量提升战略思考等。各章前后呼应,对果园土壤质量基本理论及管理作了较系统的论述,尤其增加了近些年出现的新观点和新理论,可作为从事果园养分资源科研与管理的学者们的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

果园土壤质量状况与提升 / 卢树昌著. — 北京: 化学工业出版社, 2013.3
ISBN 978-7-122-16513-8

I. ①果… II. ①卢… III. ①果园-土壤肥力-研究
IV. ①S660.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 027735 号

责任编辑: 刘亚军 张 赛

装帧设计: 杨 北

责任校对: 边 涛

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 246 千字

2013 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

自 20 世纪 80 年代以来，我国种植业结构调整力度日益加大，经济作物比重大幅度上升。果树栽培面积占农作物总面积的比重由 1980 年的 1.2% 上升为目前的 7.2%。2010 年我国水果总产量和水果栽培面积分别占世界水果总产量与栽培面积的 21.1% 及 20.8%，均居世界首位。我国果树分布较广，从各区域果树种植面积和产量水平看，果树优势产区主要分布于北方的河北、山东、陕西、新疆、河南及南方的广东、广西、四川、福建、湖北等省份。从我国各种果树种植面积和水果产量构成看，苹果是我国第一大果树，其次是柑橘类，梨和桃分居第三、四位，葡萄、香蕉和荔枝不相上下。果品产业拉动农村经济的增长作用越来越大，逐渐成为农民增收的重要支柱产业。相应地伴随果园集约化生产得到加强，果园肥料投入越来越高。国家统计局统计资料表明，目前我国每年生产和消费的化肥量已超过 5000 万吨，居世界第一。2010 年，我国氮肥和磷肥施用量分别达到 2353.7 万吨、805.6 万吨（折纯，下同，未包括复合肥中氮磷），分别是 1980 年的 2.9、3.5 倍，是世界第一氮磷肥消费大国。据近几年

农户施肥调查结果表明, 果园平均施氮量超过 $300\text{kgN}/\text{hm}^2$, 果树磷肥施用量为 $200\sim 500\text{kgP}_2\text{O}_5/\text{hm}^2$, 南方香蕉和柑橘园达到 $1000\text{kgP}_2\text{O}_5/\text{hm}^2$ 以上, 远远超过氮磷肥推荐施用量。化肥的过量施用不仅导致肥料利用率下降, 农业生产效益降低, 而且对生态环境造成不利影响。如过量施用氮肥时, 深层土壤硝态氮积累量大幅度增加, 淋洗风险大大增强。农业上长期施用高量氮肥是造成地下水硝酸盐污染的重要原因之一。水体富营养化引起的面源污染主要是由于农村种植业高量投入氮磷肥向水体的径流输出引起的。因此, 受集约化高产、高投入的驱动, 作为现代果业发展基础的果园土壤质量出现了土壤酸化、土壤重金属铜积累毒害加重等不同程度的退化现象, 导致单产低、品质差等问题。这些生产技术上所存在的问题及差距严重影响了果园生产体系的良性持续发展。

针对果园高产、高质、高效、安全目标, 如何协调好外界施肥调控和树体养分需求、土壤养分供应之间的关系, 提高果园生产系统土壤质量和持续综合生产力是重大的研究论题。

本研究基于果园生产体系, 以果园生产体系养分投入为核心, 通过 2005~2009 年的 6200 个农户调查研究样本数据、9711 个土壤样本分析数据以及大量统计资料数据和文献资料数据, 从我国华北、西北、西南和长江中下游等不同生态区域调查和典型分析两个层次研究了不同区域、不同果园之间养分投入特征。采用养分表观盈余法分

析了果园氮、磷、铜素盈余状况及对土壤养分状况影响，进一步分析了由于投入措施所导致的氮、磷、铜盈余带来的环境风险以及引发的土壤酸化等问题及其内在的联系，针对目前果园生产体系存在的养分管理等主要问题，探讨了果园土壤质量提升的技术和政策双层面的综合管理措施与对策。该著作基于作者博士论文《我国集约化果园养分投入特征及其对土壤质量的影响》的基础，经过补充近几年调查研究的数据，融合近年来新的理论观点，撰写完成该书。

本著作在撰写过程中，中国农业大学陈清教授给予了悉心指导与帮助，在数据调研中得到河北省土壤肥料总站、山东农业大学、山东招远市土肥站等领导、同志的大力支持，在此一并深表感谢！

由于水平所限，加之时间仓促，缺点和错误在所难免，恳请广大读者和同行专家批评指正。

著者

2012 年 12 月于天津

目 录

第一章 我国果园生产发展现状	1
第一节 我国果树生产总体发展	1
第二节 我国各种果树栽培生产结构	2
第三节 我国各区域果树生产状况	4
第四节 我国几种优势果树发展	6
第五节 我国果树生产发展问题及趋向	23
第二章 我国果园养分投入状况	25
第一节 研究方法	25
第二节 我国果园氮养分投入状况	29
第三节 我国果园磷养分投入状况	35
第四节 我国果园钾养分投入特征	42
第五节 我国果园养分投入存在的问题	48
第三章 果园土壤质量概况	51
第一节 果园土壤质量概念内涵	51
第二节 果园土壤质量评价指标体系	57
第三节 果园土壤质量评价方法	62
第四章 我国果园土壤肥力质量状况	67
第一节 果园土壤肥力质量研究方法	67
第二节 果园土壤肥力质量	69
第三节 养分投入对果园土壤肥力质量变化的影响	78

第五章 我国果园土壤环境健康质量状况	89
第一节 果园土壤氮磷环境质量	89
第二节 果园土壤酸化环境质量	102
第三节 果园土壤重金属健康质量	121
第六章 果园优质高效养分管理技术	152
第一节 果园优质高效养分技术体系构建	153
第二节 果园土壤培肥技术	164
第三节 果园灌溉施肥技术	170
第七章 果园氮磷面源污染防治技术	187
第一节 果园氮磷面源污染原因	188
第二节 果园氮磷面源污染防治技术措施	192
第八章 果园土壤酸化改良	199
第一节 果园土壤酸化的危害	199
第二节 果园酸化土壤改良	203
第九章 果园土壤重金属污染修复	212
第十章 果园土壤质量提升战略思考	221
第一节 内在途径措施	221
第二节 外在途径措施	227
第三节 果园土壤质量研究展望	230
附录	232
附录一 果树调查区域	232
附录二 果园生产状况调查表	233
附录三 果园立地、气候及经济状况调查表	235
附录四 果园田间管理技术调查表	236
附录五 果园调查中有机肥养分含量参数	240
参考文献	243

第一章 我国果园生产发展现状

第一节 我国果树生产总体发展

20 世纪 80 年代中期以前，我国果树产业发展较慢，生产水平较低，栽培面积不到 200 万公顷，产量不足 1000 万吨。20 世纪 80 年代中期以后，我国种植业结构调整力度日益加大，果树作物栽培面积和产量大幅度上升（图 1-1）。其中，2008 年果树栽培总面积达到 1073.4 万公顷，是 1978 年的 6.5 倍。果树栽培面积占农作物总面积的比重由 1978 年的 1.1% 上升为 2008 年的 6.9%；2008 年水果总产量达到 11338.9 万吨，较 1978 年增长了 16.2 倍。根据 FAO 统计数据，2008 年我国果树栽培面积和水果产量分别占世界果树栽培总面积和总产量的 19.5%、19.8%，均居世界首位。可见，我国果树产业在国际上具有举足轻重的地位。另据联合国粮农组织统计数据库显示，2007 年我国水果出口量和出口金额分别占全国农产品总出口量和总出口金额的 14.0%、14.2%。我国果树产业拉动农村经济的增长作用越来越大，逐渐成为

农民增收的重要支柱产业。

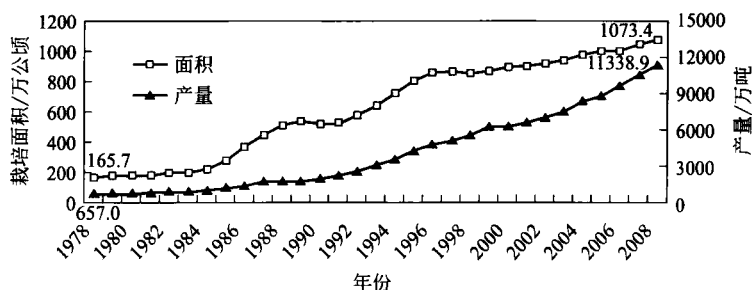


图 1-1 我国果树栽培面积与产量变化

第二节 我国各种果树栽培生产结构

2008 年我国各种果树栽培面积和水果产量构成如图 1-2、图 1-3 所示。从我国各种果树栽培面积的构成来看，柑橘类（包括柑、橘、橙、柚）果树栽培面积最大，成为我国第一大类果树，占果树栽培总面积的 27.0%，其次是苹果树，占 18.6%，梨和桃分居第三、四位，荔枝、葡萄和香蕉栽培面积相差不大，构成比重在 3%~5%，其他果树栽培面积较小；另外，从我国各种果树产量构成来看，苹果的产量最高，占我国水果总产量的 26.3%，其次是柑橘类，其产量占水果总产量的 20.6%，梨和桃分居第三和第四位，二者产量占水果总产量的 20.9%，香蕉和葡萄产量占 13.7%，位于第五、六位，其他果树水果产量较低。2006~2007 年我国各种果树栽培面积和

水果产量构成情况和 2008 年的状况相一致。综合近几年我国各种果树栽培面积和产量的构成情况，我国优势果树主要是苹果、柑橘、梨、桃、葡萄、香蕉等树种，这些果树成为影响我国果业发展的主体。

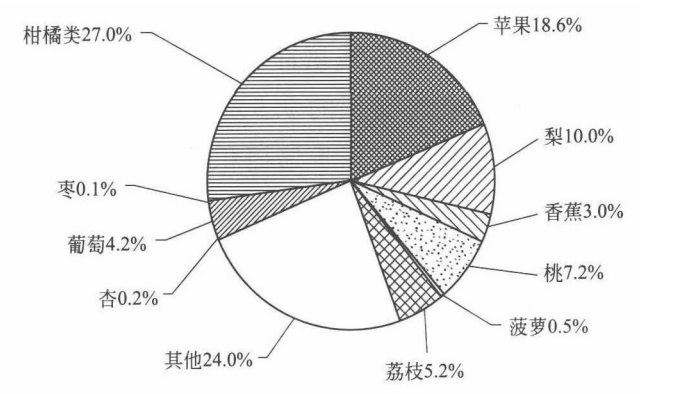


图 1-2 我国各种果树栽培面积构成

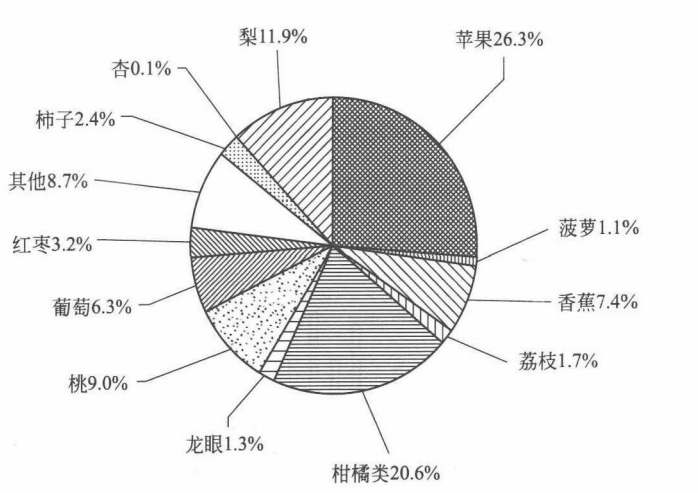


图 1-3 我国各种果树产量构成

第三节 我国各区域果树生产状况

我国果树分布较广，2008 年我国各省份栽培面积和水果产量如图 1-4 至图 1-7 所示。从各省份果树栽培面积及比重来看，河北省果树栽培面积最大，达 106.15 万公顷，占全国果树总栽培面积的 9.9%。其次是广东省，其果树栽培面积占全国果树总栽培面积的 9.8%。陕西和广西两省份分居第三和第四位，分别占 8.9%、8.3%。新疆和山东位列第五、第六位；从各省份果树产量及比重来看，山东省果树水果总产量最高，达 1395.91 万吨，占全国果树水果总产量的 12.3%。其次是陕西和河北两省，水果产量均在 1000 万吨以上，分别占全国果树水果总产量的 9.4%、9.3%。广东省仅次于河北省，其产量占全国的 8.7%。河南和广西列居第五、第六位，分别占全国的 6% 左右。2006、2007 年，各省份果树栽培面积和产量的分布情况与 2008 年基本一致。

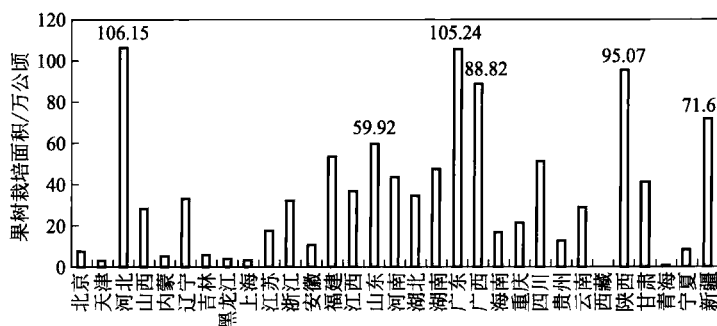


图 1-4 我国各省份果树栽培面积情况

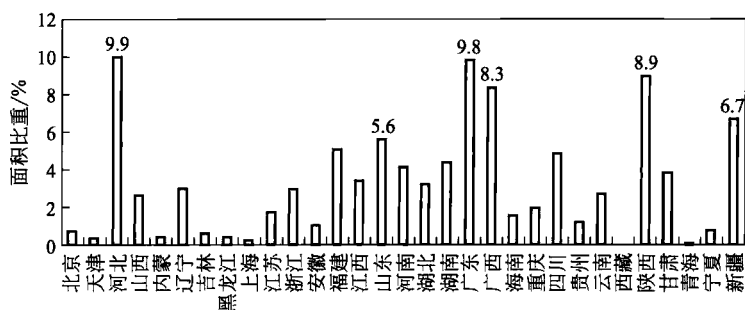


图 1-5 我国各省份果树栽培面积占全国比重情况

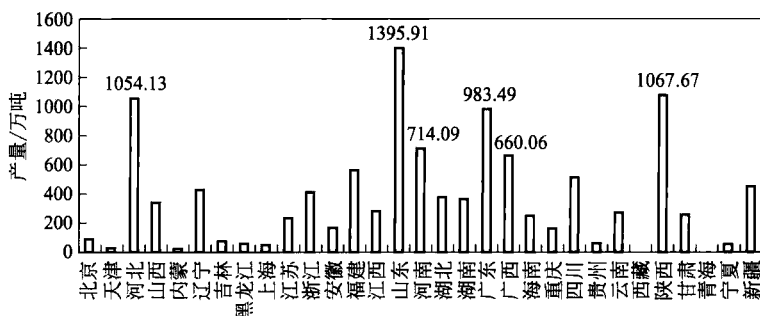


图 1-6 我国各省份果树产量情况

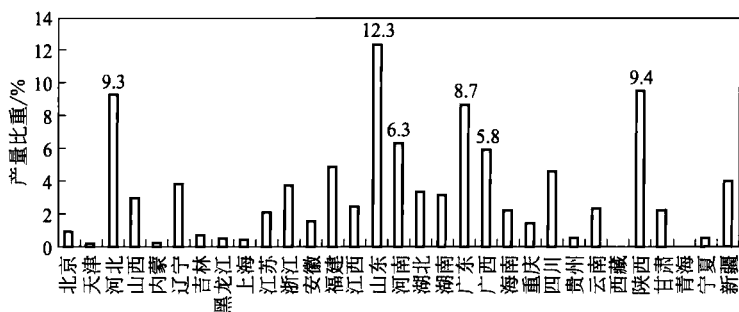


图 1-7 我国各省份果树产量占全国比重情况

综合近几年果树在各省份的栽培面积和产量分布情况，我国果树优势产区主要分布于北方的河北、山东、陕西及南方的广东、广西等省份。从各省份果树单产看，2008 年各优势果树产区除南方各优势产区绝大部分果树单产低于全国平均水平（ $10563.2\text{kg}/\text{hm}^2$ ），北方各优势产区大部分果树单产均高于全国平均水平。其中山东省果树单产最高，达 $23296.2\text{kg}/\text{hm}^2$ ，是全国平均水平的 2.2 倍。其次是上海、河南和安徽等省份，在 $15800\sim 17800\text{kg}/\text{hm}^2$ 。陕西略高于全国水平，河北和广东在 $9000\sim 10000\text{kg}/\text{hm}^2$ ，广西果树单产低于全国平均水平 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 。如图 1-8 所示。可见，我国果树各优势产区生产水平差异较大。

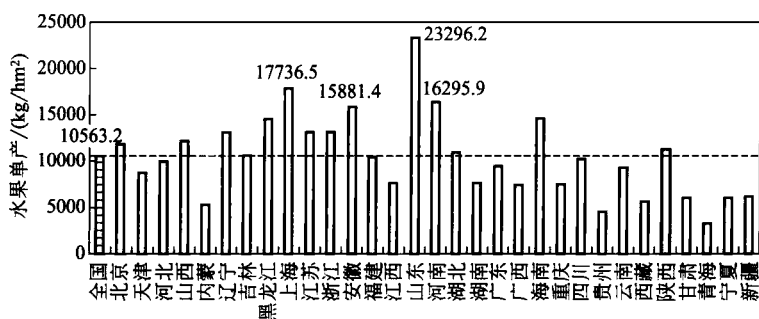


图 1-8 2008 年全国各区域果树单产情况

第四节 我国几种优势果树发展

一、苹果果树生产状况

1978~2008 年，我国苹果树栽培面积和产量变化如

图 1-9 所示。从 30 年的栽培面积变化来看，20 世纪 90 年代中期以前，我国苹果树栽培经历了两次明显的增加。第一次是 20 世纪 80 年代中后期，第二次是 20 世纪 90 年代初期至中期。两次增加使我国苹果树栽培面积达到历史最高点——298.7 万公顷，是 1978 年的 4.4 倍。这两次栽培面积增加与我国在这两个时期引进新红星和红富士栽培有关（姜远茂等，2006）。20 世纪 90 年代中期至 2004 年，苹果树栽培面积出现大幅度下降，到 2004 年下降至 187.7 万公顷。2004 年至今，栽培面积发生缓慢增长，2008 年增长到 199.2 万公顷。这可能与近些年国家调整苹果品种结构有关；从 30 年的产量变化来看，苹果总产量呈现上升趋势，尤其在 20 世纪 90 年代以后，上升幅度加大。2008 年苹果总产量与 1978 年比较，增长了 12.1 倍。从 20 世纪 90 年代中期至今栽培面积和产量变化来看，栽培面积虽出现下降，但总产量表现快速增长，2008 年苹果单产达到 $14981.7\text{kg}/\text{hm}^2$ ，是 1995 年的 3.2 倍（图

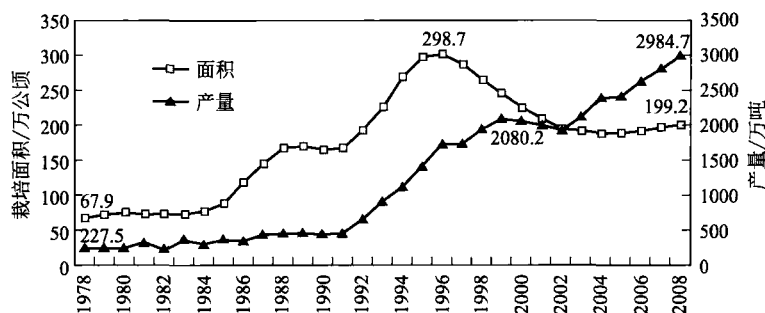


图 1-9 我国苹果树栽培面积与产量变化

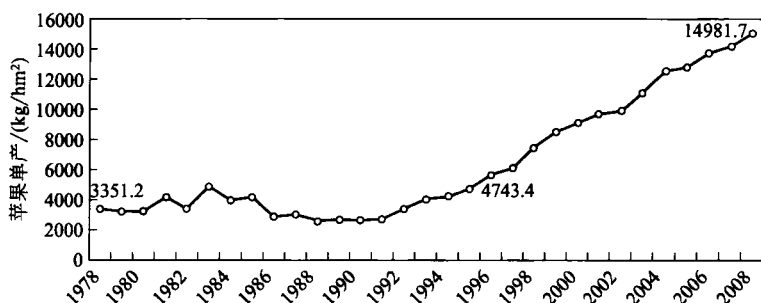


图 1-10 我国苹果单产变化

1-10)，反映出在此阶段我国苹果生产管理水平较高。根据 FAO 统计数据表明，2008 年我国苹果栽培面积和水果产量分别占世界苹果栽培总面积和总产量的 41.1%、42.9%，均居世界首位。可见，我国苹果产业在国际上具有重要地位。

苹果树作为我国的主要优势果树在各区域的发展情况如图 1-11 所示。图中显示，2008 年我国苹果栽培面积最大的省份在陕西省，其栽培面积为 53.09 万公顷，占全国苹果总栽培面积的 26.6%。其次是山东省，占全国的 13.9%。甘肃和河北省分别占 12.4%、12.2%，位居第三、四位。河南省也占一定面积，占全国的 8.7%，列在第五位；从各省份苹果产量状况看，产量最高的是山东省，达到 763.18 万吨，占全国苹果总产量的 25.6%。其次是陕西省，占全国的 25.0%。河南省占 12.5%，位列第三位。河北省和甘肃省分别占 8.8%、5.5%，分列第四、第五位。从我国苹果栽培面积和产量区域分布看，分

布区域基本在我国北方的华北地区和西北地区，优势区域主要分布于陕西、山东、河北、甘肃和河南等省份。但各优势区域苹果生产管理水平差异较大，以山东、河南生产管理水平最高，单产均在 $20000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上，其次是陕西省，河北和甘肃较低。

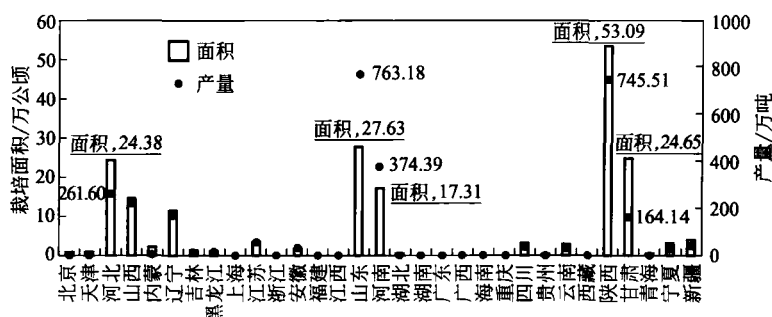


图 1-11 2008 年我国各区域苹果树栽培面积与产量

二、梨树生产状况

我国梨树栽培面积和产量变化情况如图 1-12 所示。从 30 年的栽培面积变化来看，1978~1991 年处于缓慢增长阶段，栽培面积由 1978 年的 27.9 万公顷增加到 1991 年的 48.3 万公顷。进入 20 世纪 90 年代，我国梨树栽培面积出现较大转折，发生明显的增加。1991~1996 年处于快速增长阶段，6 年中栽培面积增加了 44.9 万公顷。1996 年至今仍处于缓慢增长阶段，2008 年栽培面积增长至 107.5 万公顷，12 年中仅增加了 14.3 万公顷；从 30 年的产量变化来看，梨总产量呈现上升趋势，尤其在 20 世