

Potential and Ways to High Yield in Maize

玉米高产

潜力·途径



本书是关于玉米高产潜力、制约因素、增产途径、增产措施等方面的一部专著。全书共分6章。第一章概述了我国玉米生产现状、分布特点，对各玉米产区的气候资源、土壤资源、栽培模式及生产特点进行了评述；第二章分析了各玉米产区

李少昆 王崇桃 著



科学出版社

玉米高产潜力·途径

Potential and Ways to High Yield in Maize

李少昆 王崇桃 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是关于探索玉米产量潜力、制约因素与增产途径的一部专著。全书共分6章,第一章介绍了我国玉米种植的区域分布特点,对各玉米产区产量水平、气候资源、种植模式及生产特点进行了评述;第二章分析了各玉米产区气候因素的变化趋势,探讨了全球气候变化对未来玉米生产和产量的影响及应对策略;第三章在对我国玉米主产省(自治区)的产量潜力、限制因素及其所占份额和应对可能性与途径评估的基础上,构建了产量潜力差模型框架,提出玉米高产的策略与技术优先序;第四章回顾了中外玉米高产探索的历程,总结了中国与美国玉米高产竞赛及产量突破的经验;第五章综述了玉米高产潜力的研究进展,在总结分析我国 $15\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ 玉米高产形成规律的基础上,开展了玉米潜力实现的验证性研究;第六章介绍了我国各地玉米高产创建的典型。

本书内容对我国玉米高产研究、技术推广及政策制定具有一定的参考价值。可供农业科研、推广及生产管理部门的工作者及大专院校农学、农业经济与管理、农业推广专业的教师与学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

玉米高产潜力·途径/李少昆,王崇桃著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-029780-8

I. ①玉… II. ①李… ②王… III. ①玉米-栽培 IV. ①S513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 247046 号

责任编辑:莫结胜 刘 晶 / 责任校对:桂伟利

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年12月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2010年12月第一次印刷 印张:24 1/4

印数:1—2 800

字数:486 000

定价:116.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Abstract

In this book containing six chapters, high yield potential, yield restricting factors and the ways to increasing production are introduced. The first chapter mainly introduces the distribution areas of maize planting and comments the yield levels, planting patterns and climatic resources in the regions of maize production. In the second chapter, the variation of climatic factors in different regions of maize production and the influence of global climate changes on maize production and yield in the future are discussed. The third chapter gives the structure frameworks of the yield potential gap model, the strategy of increasing maize yield and the priority order of technology on high yield potential, on the basis of assessment in yield potential and yield limiting factors and possible countermeasure and pathway for overcoming the infection factors. The fourth chapter looks back on the exploration course of increasing maize yield at home and abroad and summarizes experiences of the high yield contest and yield breakthrough in China and the United States. The fifth chapter summarizes the progress on high yield research in maize and introduces a proving trial on achieving high yield potential of maize. The sixth chapter mainly introduces typical high-yield creation in China.

This book as a reference is of certain value for high yield research of maize technology extension and policy making in China, also should be profitable for the staffs in the field of agricultural research, technology extension, production management and for teachers and students whose majors are agronomy, agricultural economy and management and agrotechnique extension.

玉米是集粮食、饲料、加工和能源于一身的多元用途作物，又是具有高产潜力优势的C₄作物，被誉为21世纪的“谷中之王”。自2001年起玉米就成为全球第一大作物，在我国，玉米的种植面积占第一位，产量处于第二位。饲料和加工业需求的增长决定了全球玉米需求将持续增长的基本格局，而近期以玉米为原料的生物燃料——乙醇的迅速发展，使本来已偏紧的供求关系更加紧张。2008~2020年《国家粮食安全中长期发展规划》制定了新增1000亿斤^①粮食的目标，玉米承担了53%的份额，到2020年要达到基本自给。所以单产提高是保障玉米需求的根本途径，高产将是永恒的主题。

自20世纪60年代绿色革命以来，围绕提高作物产量，世界许多国家和组织开展了大量的高产研究与实践，主要集中在两个方面，一是提高产量潜力，二是缩小潜在产量与农户实际产量之间的差距。其中，在提高玉米产量潜力方面，通过利用杂种优势和选育耐肥、耐密、抗倒及保绿性好的品种，提高了品种遗传潜力；通过选育抗/耐病、虫品种，应用化肥、农药、灌溉及先进的高产栽培管理技术保证了产量潜力的发挥，并陆续创造出了一批玉米的高产纪录，目前世界纪录已达27 750.6 kg/hm²（1 850.2 kg/亩^②，442 bu/A^③）。然而，在现有生产管理条件下，玉米生产潜力远没有得到充分的挖掘，农户实际产量与潜在产量之间存在较大的差距，包括不同地区之间以及同一地区不同农户之间，这种现象在国内外广泛存在。提高产量潜力、缩小产量差距对于全面提升玉米产量水平和生产效率，确保粮食与能源的安全具有重要意义。那么，是什么制约了产量潜力的进一步突破？是什么造成了玉米实际产量与潜在产量、农户田块间及普通农户田块产量与高产农户田块产量之间的差距？这个差距到底有多大？限制其生产潜力发挥的真正因素又是什么？应该采取什么途径与措施来缩小这个差距？回答这些问题，就需要开展玉米高产潜力与实现途径的研究。如何有效、经济合算地提高玉米产量潜力，缩小产量差距是政策制定者、科学家及玉米种植农户面临的挑战。

① 1斤=500g。

② 1亩≈666.7m²。

③ bu，蒲式耳，1bu=3.523 91×10⁻²m³=35.239L；A，英亩，1A=0.404 686hm²。

为确保国家粮食安全和农民增产增收,农业部自2004年组织实施了四大粮食作物综合生产能力科技提升行动,2005年正式启动全国农业科技入户示范工程。本书作者李少昆被任命为科技入户玉米首席专家。在项目实施过程中,组织项目组成员系统开展了玉米高产潜力与实现途径的研究,并依托农业科技入户示范工程实施,边研究边实践,研究成果在农业科技入户示范工程实施中发挥了重要的作用。经过近6年的研究和实践,在圆满完成任务的同时,总结形成了《玉米高产潜力·途径》、《玉米生产技术创新·扩散》、《玉米技术扩散理论·实践》、《玉米抗逆减灾栽培》和《玉米病虫害诊断专家系统》等系列专著。

本书共分6章,首先评价了我国玉米产量水平、气候资源、种植模式及生产特点的区域分布特点,分析了各产区主要气候因素的变化趋势,全球气候变化对未来玉米生产的影响与应对策略;接着在对我国玉米产量潜力、限制因素及解决可能性评估的基础上,构建了作物产量潜力模型,提出了玉米增产的策略与技术优先序;最后,回顾和总结了中国与美国玉米高产探索的历程、高产竞赛及产量突破的经验;在探讨玉米高产形成规律的基础上,开展了玉米潜力实现的验证性研究;并介绍了我国各地玉米高产创建的典型。

本书第一、四、五和六章由李少昆研究员编写,第二、三章由王崇桃博士编写,全书由李少昆统稿。薛吉全、王立春、赵明、刘永红、王友德、郭斌、李登海、赵久然、杨祁峰、王永宏、宋慧欣研究员、高聚林、董树亭、李潮海、崔彦宏教授提供了各地玉米高产典型田块的基础数据;王克如副教授、王永宏研究员与新疆生产建设兵团农四师71团和62团、农五师87团、农七师131团和130团、农六师奇台农场的科技人员参与了玉米高产潜力突破的验证性试验,博士研究生牛兴奎参加了玉米产量提高过程中品种与技术演替部分的研究。2004年3~10月在农业部玉米综合生产能力科技提升试点行动项目实施的5个玉米主产省份、9个县市(包括吉林省梨树县和公主岭市、辽宁省昌图县和铁岭县、河北省辛集市、山东省兖州市和曲阜市、河南省汝州市和永城市)的首席专家及技术指导员参加了玉米生产技术农民需求调研;2005年1~5月来自13个玉米主产省(自治区)和66个玉米生产、科研和教学单位的182位专家参与了玉米高产限制因素调查与评估;2006年3~6月来自51个单位的67位专家提交了对限制因素解决的可能性评估的调查问卷。在本书编写过程中,课题组刘月娥、柏军华、白彩云和高世菊参与了部分数据的处理及图表制作。书稿完成后,李潮海教授,刘永红、



陈现平、王桂跃、谢俊良、佟文悦、毕世敏研究员对全国玉米各产区气候资源、种植模式及生产特点评价的相关内容进行了审阅，并补充了部分图片；王璞教授对玉米产量潜力、限制因素与技术优先序章节进行了审阅，李潮海教授、薛吉全和祁保滋研究员审阅了全文，提出了许多宝贵的意见。本书的完成汇聚了全国众多玉米专家的智慧，在此对各位专家和研究生辛勤付出一并表示衷心感谢！

本书得到了农业部农业科技入户示范工程、国家玉米产业技术体系、科技成果转化基金“典型生态区玉米高产高效生产技术集成与示范推广”（2009 GB23260463）等项目的支持，在此一并表示感谢！

本书是关于玉米高产潜力、制约因素与增产途径的系统研究专著，由于作者水平有限，书中错误在所难免，我们希望“抛砖引玉”，希望有更多的人来关心和探讨玉米高产问题，以促进我国玉米生产和科学的发展。

李少昆

2010年6月

前言

第一章 玉米生产区域布局 1

第一节 我国玉米生产的区域分布 1

一、玉米种植面积 2

二、玉米单产 3

三、玉米总产 5

第二节 中国玉米生产区划 5

一、玉米种植区划 6

二、玉米气候区划 9

第三节 中国玉米分区评述 11

一、北方春播玉米区 11

二、黄淮海夏播玉米区 20

三、西南山地丘陵玉米区 27

四、南方丘陵玉米区 36

五、西北内陆玉米区 41

六、青藏高原玉米区 48

第二章 全球气候变化与玉米产量 54

第一节 温室气体浓度的变化及原因 55

第二节 CO₂ 浓度升高及对玉米生长和产量的影响 56

一、CO₂ 浓度与玉米光合作用的关系 56

二、CO₂ 浓度升高对玉米生产力的影响 57

三、CO₂ 浓度升高对玉米水分利用效率的影响 58

第三节 气温升高及对玉米生长和产量的影响 59

一、全球及区域温度变化趋势 59

二、不同玉米产区温度变化趋势 61

三、温度与玉米生长和产量的关系 75

四、温度升高对玉米生长和产量的影响 81

五、CO₂ 浓度、温度升高对玉米生长和产量影响的交互作用 84

第四节 降水量的变化及对玉米生长和产量的影响	86
一、全球及区域降水格局变化	86
二、不同玉米产区降水变化趋势	88
三、水分与玉米生长和产量的关系	89
四、降水量变化对玉米生产的影响	91
第五节 极端天气气候事件	92
第六节 气候变化的其他影响	94
一、日照时数及其对玉米生产和产量的影响	95
二、气候变化对土壤及土壤微生物的影响	97
三、气候变化对病虫草害的影响	97
第七节 玉米生产适应全球气候变化的对策	98
一、玉米生产面临的突出问题	98
二、适应全球气候变化的对策	99
 第三章 玉米产量潜力、限制因素与技术优先序	104
第一节 玉米单产潜力估算	104
一、增产潜力和产量差界定	105
二、光温理论产量	106
三、高产纪录、区试产量和大田实际产量	107
四、主产省（自治区）玉米的产量潜力	112
第二节 作物产量差模型与增产途径	114
一、作物产量差研究进展	115
二、作物产量差模型的构建	119
三、产量目标与增产途径	121
第三节 玉米产量限制因素及预期解决的可能性评估	123
一、评估方法	124
二、自然和技术性限制因素评估	127
三、限制因素预期解决的可能性评估	132
第四节 玉米生产技术创新扩散的优先序	135
一、前人相关研究	135
二、优先序研究方法	137
三、玉米生产技术优先序的建立	139
第五节 玉米产量限制因素解决途径与措施	141
一、栽培与种植技术中的问题	141
二、生态和气候因素	150
三、品种与种子问题	155



四、土壤因素	161
五、生物逆境因素	164
第四章 玉米高产突破之路	171
第一节 美国玉米高产之梦	171
一、玉米高产竞赛概况	171
二、美国玉米高产竞赛规则	173
三、美国玉米高产竞赛的产量水平	178
四、美国玉米高产种植经验	184
五、美国玉米高产典型	195
第二节 我国玉米高产探索之路	200
一、玉米高产创建的历程	200
二、李登海的玉米高产探索	204
三、关于“超级玉米”	209
第三节 我国玉米高产竞赛	213
一、玉米高产竞赛活动的组织	213
二、田间测产验收方法和标准	215
第五章 玉米高产潜力探索与实践	217
第一节 挖掘玉米产量潜力的途径	217
一、提高与实现产量潜力的途径	218
二、产量提高过程中生理性状的演变	227
第二节 玉米 15 000kg/hm ² 高产田特征	240
一、高产田的区域分布	244
二、高产的气象与土壤条件	245
三、玉米高产田特征	258
四、高产田的管理技术	262
五、创建高产的经验	266
第三节 玉米高产验证	274
一、高产潜力突破的验证性试验设计	276
二、高产特征分析	282
三、产量未达标的原因分析	289
四、玉米 22 500kg/hm ² 高产再设计	293
第四节 缩小高产纪录和农户大田实际产量的差距	295

第六章 各地玉米高产典型	299
第一节 黄淮海夏播玉米区高产典型	299
一、山东莱州登海集团创每亩 1 289.8kg (19 347.0kg/hm ²) 全国夏玉米高产纪录	299
二、山东莱州金海种业 3.05 亩 (0.203hm ²) 玉米亩产 1 171.53kg (17 572.95kg/hm ²)	303
三、山东兖州 10 亩 (0.667hm ²) 夏玉米高产田实现亩产 1 029.58kg (15 443.7kg/hm ²)	304
四、河南浚县 15 亩 (1hm ²) 夏玉米高产田亩产再次突破吨粮 (15 000kg/hm ²)	306
五、河北辛集 50 亩 (3.33hm ²) 夏玉米实收亩产 743.59kg (11 153.85kg/hm ²)	309
第二节 北方春播玉米区高产典型	311
一、黑龙江农场大面积机械化种植玉米亩产突破 900kg (13 500kg/hm ²)	311
二、吉林桦甸创东北非灌溉条件下春玉米亩产 1 164.55kg (17 468.25kg/hm ²) 的高产纪录	315
三、辽宁建平玉米每亩 1 211.6kg (18 174.0kg/hm ²)	318
四、内蒙古农业大学春玉米亩产 1 158.9kg (17 383.50kg/hm ²)	320
五、内蒙古松山区连续两年刷新东北—内蒙古春玉米高产纪录	322
六、内蒙古松山区万亩连片玉米亩产 913.2kg (13 698.0kg/hm ²)	327
七、内蒙古临河区春玉米创河套平原黄灌区每亩 1 163.2kg (17 448.0kg/hm ²) 高产纪录	329
八、陕西定边创每亩 1 326.4kg (19 896.0kg/hm ²) 全国 春玉米高产纪录	331
九、陕西靖边百亩连片创每亩 1 234.3kg (18 514.5kg/hm ²) 全国大面积高产纪录	333
十、陕西澄城科技示范户雷王伟 3.48 亩 (0.232hm ²) 玉米 连续 2 年亩产突破 1 250kg (18 750kg/hm ²)	335
十一、宁夏银川市郊区春玉米亩产 1 248.87kg (18 733.05kg/hm ²)	337

十二、山西应县玉米亩产 1 165kg (17 475.0kg/hm ²)	340
十三、河北张家口市姚家房镇 2.2 亩 (0.147hm ²) 春玉米 亩产 1 231.6kg (18 474.0kg/hm ²)	341
十四、北京延庆春玉米亩产 1 029.67kg (15 445.05kg/hm ²)	343
第三节 西北内陆玉米区高产典型	344
一、新疆伊犁农四师 62 团玉米亩产 1 145.02kg (17 175.3kg/hm ²)	344
二、新疆伊犁 71 团创亩产 1 360.1kg (20 401.5kg/hm ²) 全国 玉米高产纪录	348
三、甘肃凉州区玉米亩产 1 167.17kg (17 507.55kg/hm ²)	349
四、甘肃凉州区春玉米创全国万亩连片示范高产纪录	351
第四节 西南山地丘陵玉米区高产典型	353
一、四川宣汉创每亩 1 181.6kg (17 724.0kg/hm ²) 盆周山区 玉米高产纪录	353
二、四川简阳低山浅丘区实现玉米每亩 724.9kg (10 873.5kg/ hm ²) 高产	354
参考文献	357



Preface

Chapter 1	Production areas of maize in China	1
Section 1	Regional distribution of maize production in China	1
1. Planting area of maize		2
2. Maize yield per unit area		3
3. Total production of maize		5
Section 2	Maize production districts in China	5
1. Division of maize planting region		6
2. Climatic division of maize planting region		9
Section 3	Comments on maize production districts in China	11
1. North spring maize areas		11
2. Huanghuaihai summer maize areas		20
3. Southwest mountainous and hilly maize areas		27
4. South hilly maize areas		36
5. Northwest inland maize areas		41
6. Tibetan plateau maize areas		48
Chapter 2	Global climate changes and maize yield	54
Section 1	The change and reason of greenhouse gases	55
Section 2	Effects of increasing CO ₂ concentration on maize growth and yield	56
1. Relationship between CO ₂ concentration and maize photosynthesis		56
2. Effects of increasing CO ₂ concentration on maize productivity		57
3. Effects of increasing CO ₂ concentration on water use efficiency		58
Section 3	Temperature rising and its effects on maize growth and yield	59

1. The variation trends of global and regional temperature	59
2. Temperature change trend in different production areas of maize	61
3. Relationship between temperature and maize growth and yield	75
4. Effects of temperature rising on maize growth and yield	81
5. Effects of the interaction of CO ₂ concentration and temperature rising on maize growth and yield	84
Section 4 Rainfall change and its effects on maize growth and yield	86
1. The variation trends of global and regional rainfall	86
2. Rainfall change trend in different production areas of maize	88
3. Relationship between water and maize growth and yield	89
4. Effects of rainfall change on maize growth and yield	91
Section 5 Extreme weather events	92
Section 6 Other effects of climatic changes	94
1. Sunshine time and its effects on maize production and yield	95
2. Effects of climatic changes on soil and soil microbes	97
3. Effects of climatic changes on disease, pest and weed harm	97
Section 7 Countermeasures in maize production adapting to global climate changes	98
1. Outstanding problems faced by maize production	98
2. Countermeasures in maize production adapting to global climatic variations	99
Chapter 3 Maize yield potential, limiting factors and priority order of technology	104
Section 1 Estimation of maize yield potential	104
1. Definition of yield potential and gap	105
2. Theoretical yield based on light and temperature	106
3. Yield records, regional test yield and actual yield	107



4. Maize yield potential in main production provinces	112
Section 2 Yield gap model of crops and yield increasing ways	114
1. Research progress on crop yield gap	115
2. Construction of crop yield gap model	119
3. Target yield and the ways to high yield	121
Section 3 Limiting factors to maize yield and the evaluation	123
on possible anticipant resolution	123
1. Methods of evaluation	124
2. Evaluation on natural and technological factors	127
3. Possible evaluation on anticipant resolution for limiting factors	132
Section 4 Priority order of innovation diffusion of maize	135
production technology	135
1. Previous related research	135
2. Research methods of priority order	137
3. Establishment of priority order for maize production technology	139
Section 5 Ways and measures of overcoming limiting factors to	141
maize yield	141
1. Problems in cultivation and planting technology	141
2. Ecological and climatic factors	150
3. Variety and seed problems	155
4. Soil factors	161
5. Biotic stress factors	164
Chapter 4 Road of making a high yield breakthrough	171
in maize	171
Section 1 High yield dream of American maize	171
1. Yield contest situation of maize	171
2. Yield contest rules of American maize	173
3. Maize yield level of American yield contest	178
4. Planting experiences of American maize high yield	184
5. Typical high-yield creation of American maize	195
Section 2 Road of exploring maize high yield in China	200
1. High yield creation course of maize in China	200

2. High yield exploration by Li Denghai	204
3. Exploration of “super maize”	209
Section 3 Yield contest in China	213
1. Organization of maize high yield contest	213
2. Methods and criterion of yield estimation in the field	215

Chapter 5 Explorations and practices on maize high yield potential

Section 1 Ways exploiting maize yield potential	217
1. Ways of realizing yield potential improvement in maize ...	218
2. Evolution of physiological characters in process of yield increasing	227
Section 2 Characteristics of high yield plot with the yield of 15 000kg/hm ²	240
1. Regional distribution of high yield plot	244
2. Meteorological and soil conditions for high yield	245
3. High yield plot characteristics of maize	258
4. Management technology of high yield plot	262
5. Experiences of creating high yield plot	266
Section 3 Validation of maize high yield	274
1. The confirmatory experiment design of making a breakthrough in high yield	276
2. The analysis of high yield characteristics	282
3. Causes of the yield not reaching high-yield standard	289
4. The experiment design of the maize yield reaching 22 500kg/hm ²	293
Section 4 Narrowing the gap between yield records and farmers' yield	295

Chapter 6 Typical high-yield creation in maize in every production area

Section 1 Typical high-yield creation in Huanghuaihai summer maize area	299
1. The national highest summer maize yield record, 19 347.0 kg/hm ² , created by Denghai Seeds Co., Ltd, Laizhou, Shandong Province	299



2. The yield of 17 572. 95 kg/hm ² (0. 203hm ²) created by Jinhai Seeds Co. , Ltd in Laizhou, Shandong	303
3. The summer maize high yield of 15 443. 7kg/hm ² (0. 667hm ²) created in Yanzhou, Shandong	304
4. The summer maize high yield of 15 000kg/hm ² (1. 0 hm ²) created in Xunxian, Henan	306
5. The summer maize high yield of 11 153. 85 kg/hm ² (3. 33 hm ²) created in Xinji, Hebei	309
Section 2 Typical high-yield creation in North spring maize area	311
1. The spring maize high yield of 13 500 kg/hm ² in large area of Heilongjiang farm	311
2. The spring maize high yield of 17 468. 25 kg/hm ² created in Huadian, Jilin under rainfed condition	315
3. The yield of 18 174. 0 kg/hm ² created in Jianping, Liaoning	318
4. The spring maize yield of 17 383. 5 kg/hm ² created in Inner Mongolia Agricultural University	320
5. Two highest yield records in successive two years created in Songshan, Inner Mongolia	322
6. The spring maize yield of 13 698. 0 kg/hm ² (667 hm ²) created in Songshan, Inner Mongolia	327
7. The highest spring maize yield of 17 448. 0 kg/hm ² created in Linhe of Hetao plain in Inner Mongolia	329
8. The national spring maize high yield record of 19 896. 0 kg/hm ² created in Dingbian, Shaanxi	331
9. The national spring maize high yield record of 18 514. 5 kg/hm ² (6. 67 hm ²) created in Jingbian, Shaanxi	333
10. The spring maize yield of 18 750. 0 kg/hm ² (0. 232 hm ²) created by farmer Lei wangwei in Chengcheng, Shaanxi in successive two years	335
11. The spring maize yield of 18 733. 05 kg/hm ² created in the suburbs of Yinchuan city, Ningxia	337