

北方水稻生产与 气候资源利用

谢立勇 冯永祥 著



中国农业科学技术出版社

北方水稻生产与 气候资源利用

谢立勇 冯永祥 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北方水稻生产与气候资源利用/谢立勇, 冯永祥著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2009. 6
ISBN 978 - 7 - 80233 - 804 - 3

I. 北… II. ①谢…②冯… III. 水稻 - 栽培 - 气候资源 -
资源利用 IV. S511 S16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 031952 号

内 容 提 要

本书通过对东北地区水稻生产的可持续能力和适应未来气候变化的能力等问题的初步探索, 总结了水稻植株形态、田间配置与光热资源高效利用的规律和特点。本书可以作为从事水稻研究的教学、科研人员和推广人员的参考用书, 也可以作为农业院校相关专业研究生的参考书。

责任编辑 梅 红

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106630 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106636

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京科信印刷厂

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

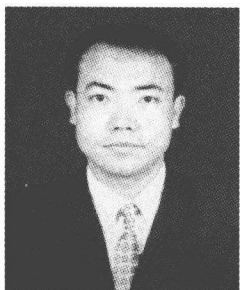
印 张 14.75

字 数 260 千字

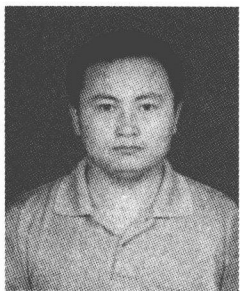
版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

作者简介



谢立勇 1992年毕业于沈阳农业大学农业气象专业并留校工作。2000年、2004年分别获农学硕士和农学博士学位。2005~2008年在中国农业科学院从事博士后研究。主要从事气候变化与农业可持续发展研究,发表学术论文30余篇,出版著作、教材等6部。主持中国博士后科学基金等课题4项,获得省部级教学、科研奖励4项。先后在荷兰、瑞典、澳大利亚和英国进行合作研究或学术交流。



冯永祥 1994年毕业于沈阳农业大学农业气象专业,1999年、2003年分别获农学硕士和农学博士学位。先后任教于内蒙古民族大学和黑龙江八一农垦大学。主要从事农业气象与水稻栽培研究,发表学术论文20余篇,参编著述2部,主持或参加科技部、黑龙江省科技厅和教育厅课题4项。获得省部级教学、科研奖励2项。

序

粮食生产过程就是根据作物品种特性，充分利用自然资源特别是气候资源，抵御自然灾害，获得农业高产、稳产的过程，也是实现人类活动与气候环境协调统一的过程。概而言之，人类生存发展的过程是人类不断适应气候环境演变的过程。《齐民要术》中“顺天时，量地利，则用力少而成功多；任情返道，劳而无获”的论述正是对人与自然和谐相处的精彩描述，也是农业生产工作的良好境界。在所有的自然资源中，气候资源与农业的关系，既是基础，又是关键。所以，要实现农业生产上的“天人合一”，需要从两方面入手开展工作：一是深入了解作物生长发育机理及对气候条件的要求，二是全面掌握气候条件及其变化，然后将二者有机地联系在一起。

在全球变暖的大背景下，我国东北地区增温水平明显高于全国平均水平，已经给农业生产带来了直接或间接的影响。温度的增高、热量资源的增加给东北地区水稻生产带来了机遇和便利。近 30 年来，东北地区水稻大面积扩种，单产水平大幅度提高，稻米品质优良，使得水稻大发展，种植面积已达三百余万公顷，成为仅次于玉米的主栽作物，每年为国家提供大量的商品粮（稻米）。但是降水变化和水资源日渐短缺的风险加大也给这里的水稻生产带来新的压力和挑战。如何充分利用有利条件，克服不利因素，挖掘水稻产量潜力，实现东北地区水稻的高产、稳产、优质、高效，是需要回答的一个新问题。与此同时，大气中 CO_2 浓度的增高也给水稻等 C_3 作物生产带来一定的积极影响。准确评价 CO_2 肥效作用及其对作物产量、品质的深刻影响，对全面认识和评估未来中国粮食生产和粮食安全同样具有重要意义。

谢立勇、冯永祥两位青年学者通过多年的试验研究，对北方水稻生理、生态及其与光热资源、 CO_2 浓度之间的关系问题开展了机理性的研究与探索，得出了一系列重要结论，并结合地区特点和生产实际提出了相关的措施建议，集中体现在《北方水稻生产与气候资源利用》这本著作里。本书在简要介绍了东北地区气候资源和水稻生产状况之后，首先估算了北方水稻的产量潜力，

巨大的潜在产量空间令人振奋给人希望；然后通过开展的大量试验，结合作物学中的理想株型理论和实践，深入细致地阐述了北方水稻对光热资源和 CO_2 浓度增高有效利用的特征规律，为北方水稻生产适应气候变化提供了充分的理论依据；最后对未来气候条件下各气候要素变化趋势和可利用性做了讨论。

著者邀我作序，使我有机会对此书先睹为快。通读全书，确是一部严谨的学术专著。两位青年学者针对农业生产中的传统问题，结合气候变化的现实，进行了崭新的设计与探索，开展了大量的基础性的试验与研究，特别为农业适应气候变化的研究与实践做了极其宝贵的开拓性和基础性工作，具有鲜明的时代特色和重要的理论意义。

我们知道，气候变化作为全球重大环境问题之一，对人类社会经济可持续发展构成巨大挑战。对中国而言，农业适应气候变化的工作非常艰巨，而适应气候的最终归宿还是如何充分利用气候资源、协调作物与自然环境的关系，趋利避害，从而获得农业的高效产出和人类社会的可持续发展。所以，开展这些基础性研究不仅是及时的，更是必要的。在此，我希望和祝愿两位著者再接再厉，深入实践，及时总结，不断补正，为提高东北地区以及全国农业生产适应气候变化的能力做出更大贡献。



2009 年 4 月于北京

（作者系全国政协常委、人口资源环境委员会委员，国家气候变化专家委员会委员，中国农业科学院农业与气候变化研究中心主任、农业气象学首席研究员、博士生导师）

前 言

气候资源一般指大气圈中的光、热、水、气、风等可以被直接或间接利用的自然物质和能量，是一种可再生的自然资源，也是人类社会赖以生存和发展的基本条件。它为农业生产提供物质、能量和生态环境。作物有机物的积累过程就是通过光能把水和二氧化碳等无机物合成糖和淀粉等有机物的过程。充分利用光能是作物增产的基础所在，也是潜力所在。北方稻区温度和日照仍然是影响水稻产量的重要因素。东北地区光热资源丰富，雨热同季，农业生产优势明显，潜力巨大。水稻近 30 年来在东北地区有很大的发展，播种面积大幅度增加，单产和总产大幅度提高。因其产量高、米质好而备受青睐，市场需求潜力大，发展前景好。

作物高产、优质、高效是农业生产追求的永恒目标。由于人口数量的增加、土地资源的有限性，提高单产成为提高粮食总产、保证粮食安全的重要途径。除品种因素外，环境因子调控是提高产量的有效途径。在环境因子中，又以可再生的光热资源最为清洁和廉价。它们不仅具有提高产量的潜力功效，而且可以永续利用，还能保护环境，适应气候变暖的影响，减缓田间温室气体排放。所以，农业生产上充分高效地利用气候资源是一项无悔双赢的举措。

本书是作者近年来在全球气候变化的大背景下，结合中国北方农业气候资源利用、生态环境变化开展研究并总结而成的。旨在探索改进和提高水稻生产中气候资源利用、生态环境保护以及适应气候变化的策略与措施，为地方农业可持续发展提供技术支持和政策咨询。全书共分十章，第一章介绍了东北水稻生产历史、现状及农业气候资源基本情况；第二章介绍了水稻产量形成的光学基础；第三章以沈阳地区的光热资源为例，估算了水稻的产量潜力并进行了分析；第四章、第五章集中研究了二氧化碳肥效作用对水稻产量、品质及生理代谢的影响，初步阐释了大气中二氧化碳浓度增高对水稻生产的可能影响；第六章、第七章从田间配置方式和株距、行距比较了水稻群体光环境和光能利用效

果；第八章和第九章从水稻株型、穗型特征，进一步研究了不同特征群体水稻对光热资源的利用；第十章综合全书进行了讨论，针对北方水稻生产实际，提出了适应未来气候变化的水稻生产研究重点与方向。由于水资源对于水稻来说，至为关键又非常复杂，研究者也颇多，限于篇幅，没有在本书中进行详细讨论。

本书的成果研究和出版得到了中国博士后科学基金（20060390547）、国家科技支撑计划“十一五”重大项目（2007BAC03A06）等课题的资助。多年的研究和工作中，得到中国农业科学院、沈阳农业大学等单位的支持。全国政协常委、中国农业科学院农业与气候变化研究中心主任林而达研究员不仅对本书的出版给予了指导和关注，而且还欣然命笔，为本书作序，使我们备受鼓舞！沈阳农业大学的徐正进教授、曹敏建教授长期以来给予支持和关心，并为本书提出了宝贵的修改意见，使我们充满信心，在此一并表示感谢！

气候变化是一个新课题，作物生产又是一个复杂的系统，二者间的关系精细微妙、错综复杂。本书只是在气候变化背景下，针对北方水稻生产与气候资源利用研究的一个初步尝试和探索。由于我们水平有限，经验不足，书中疏漏和错误之处必然存在，恳请读者批评指正。

著 者

2009年5月于沈阳

目 录

第一章 东北水稻与气候资源概述	(1)
第一节 东北地区水稻生产历史、发展与现状	(1)
一、东北水稻生产历史	(1)
二、东北地区水稻的发展现状	(2)
三、东北水稻发展面临的问题和挑战	(4)
第二节 东北地区气候资源与气候变化	(5)
一、东北地区气候与水稻生产	(6)
二、东北地区气候变化	(8)
第三节 水稻生产与气候资源利用	(12)
一、气候资源对农业的重要性	(12)
二、水稻生产与气候的关系	(12)
三、气候变化对水稻生产的影响	(14)
主要参考文献	(17)
第二章 水稻产量形成的光学基础	(19)
第一节 光合有效辐射	(19)
一、光合有效辐射 (PAR) 的理论计算	(20)
二、光合有效辐射的气候学估算	(21)
三、我国光合有效辐射的时空分布	(22)
第二节 光合有效辐射与水稻产量形成	(23)
一、水稻产量形成机理	(23)
二、光能的利用与损失	(23)
第三节 水稻光能利用率	(24)

一、最大光能利用率的计算	(25)
二、光能利用率低的原因	(25)
三、提高光能利用率的途径	(25)
第四节 水稻光合特性的研究进展	(26)
一、水稻光合特性研究的简要回顾	(26)
二、光合速率与水稻产量形成	(27)
三、叶片厚度和叶绿素含量与水稻产量形成	(27)
四、气孔与水稻产量形成	(28)
第五节 水稻株型研究与光合生产潜力	(28)
一、理想株型理论	(29)
二、水稻根、茎、叶型的研究与应用	(29)
三、水稻穗型的研究与应用	(32)
主要参考文献	(35)
第三章 水稻产量潜力的计算与分析	(37)
第一节 水稻光合生产潜力的估算方法	(38)
一、作物光合生产潜力的估算方法	(38)
二、水稻光合生产潜力的估算方法	(40)
三、50 年来东北地区水稻产量变化分析	(43)
第二节 水稻光合生产潜力的估算	(45)
一、水稻光合生产潜力的估算	(46)
二、全生育期太阳辐射计算水稻光合生产潜力	(47)
三、产量形成期太阳辐射计算水稻光合生产潜力	(50)
四、水稻气候生产潜力	(51)
主要参考文献	(53)
第四章 CO ₂ 浓度增高对水稻产量与生理的影响	(55)
第一节 CO ₂ 浓度增高对水稻产量的影响	(55)
一、试验系统原理及改进	(56)
二、试验材料与方法	(58)

三、结果与分析	(59)
四、结论与讨论	(61)
第二节 CO ₂ 浓度增高对水稻生理的影响	(62)
一、试验材料与方法	(62)
二、结果与分析	(63)
三、结论与讨论	(66)
第三节 CO ₂ 对水稻灌浆速率的影响	(68)
一、试验材料与方法	(68)
二、结果与分析	(68)
三、结论与讨论	(70)
主要参考文献	(70)
第五章 CO ₂ 浓度增高对水稻品质的影响	(72)
第一节 CO ₂ 与作物品质形成	(72)
一、CO ₂ 对蛋白质及氮含量的影响	(73)
二、CO ₂ 对稻米蒸煮品质与微量元素的影响	(75)
三、CO ₂ 对其他品质性状的影响	(76)
第二节 CO ₂ 浓度增高对水稻品质的影响	(77)
一、试验材料与方法	(77)
二、结果与分析	(78)
三、结论与讨论	(86)
第三节 CO ₂ 与作物品质研究展望	(86)
一、国际关注的研究焦点	(86)
二、CO ₂ 作用研究展望	(87)
第四节 CO ₂ 浓度增高的适应能力建设	(88)
一、CO ₂ 的肥效作用与作物的响应与适应	(88)
二、品种选育适应潜力	(89)
三、耕作制度适应潜力	(90)
四、栽培措施适应潜力	(91)

五、结论与讨论	(93)
主要参考文献	(94)
第六章 有序无序配置方式对水稻生理生态特性的影响	(96)
第一节 田间配置方式对水稻群体器官建成和物质分配的影响	(96)
一、茎蘖形态的比较	(99)
二、不同分布方式水稻群体叶片性状比较	(103)
三、穗部性状的比较	(106)
四、产量结构及稻谷品质比较	(108)
五、不同分布方式群体干重动态比较	(110)
第二节 田间配置方式对水稻有序群体和无序群体的影响	(111)
一、叶绿素变化的比较	(111)
二、可溶性糖含量和伤流速度的比较	(112)
第三节 田间配置方式对水稻群体小气候的影响	(113)
一、光环境的比较	(114)
二、叶温比较	(124)
三、不同群体内气温日变化比较	(125)
四、不同分布方式群体湿度比较	(125)
五、不同分布方式群体内风速比较	(126)
六、结论	(127)
主要参考文献	(128)
第七章 行向行距对水稻不同穗型群体的影响	(130)
第一节 行向行距对不同穗型水稻群体物质生产和分配的影响	(130)
一、行向、行距对分蘖发生进程及茎鞘干重分布的影响	(131)
二、行向行距对水稻群体叶重的影响	(139)
三、不同群体穗部性状比较	(145)
四、干重动态比较	(146)
五、穗粒结构及产量构成因素比较	(148)
第二节 行向行距对不同穗型水稻群体生理特性的影响	(152)

一、叶绿素含量比较	(152)
二、可溶性糖含量比较	(153)
三、伤流速度比较	(155)
四、群体光合速率比较	(155)
第三节 行向行距对不同穗型水稻群体光环境的影响	(156)
一、拔节期群体对散射光合有效辐射的影响	(157)
二、拔节期行向行距对总光合有效辐射的影响	(159)
三、灌浆前期行向行距对总光合有效辐射的影响	(162)
四、灌浆后期不同群体对总光合有效辐射的影响	(164)
五、结论	(167)
主要参考文献	(169)
第八章 不同穗型水稻群体对光能的截获与利用	(171)
第一节 不同水稻群体对太阳辐射的吸收和利用	(171)
一、太阳高度角、太阳方位角对入射光的影响	(172)
二、行向对群体内太阳直接辐射影响的理论分析	(174)
三、行向对日照叶面积指数影响	(177)
第二节 不同水稻群体的光分布	(180)
一、行向对冠层内光分布的影响	(181)
二、行向对弯曲穗型群体冠层内光分布的影响	(184)
三、行向对直立穗型水稻群体冠层内光分布的影响	(190)
四、行向对水稻群体漏射率及反射率的影响	(195)
第三节 不同水稻群体的光合速率	(195)
一、行向对水稻群体光合速率的影响	(195)
二、到达地面的光合有效辐射与太阳高度角的关系	(196)
三、群体光合速率与冠层中部光合有效辐射强度的关系	(197)
四、群体光合速率的模拟	(198)
五、结论	(199)
主要参考文献	(201)

第九章 穗型对水稻群体光环境的模拟	(202)
第一节 水稻穗型与产量性状	(202)
一、改型后群体穗部性状比较	(202)
二、改型后产量结构比较	(203)
第二节 水稻穗型与生理性状	(205)
一、穗型与叶绿素含量变化的关系	(205)
二、穗型与可溶性糖含量的关系	(205)
三、穗型与伤流速度的关系	(206)
第三节 水稻穗型与光分布	(207)
一、穗型对漏射率、反射率的影响	(207)
二、穗型对冠层中部光水平分布的影响	(207)
三、穗型对光垂直分布的影响	(208)
四、穗层下部相对照度比较	(210)
五、结论	(210)
主要参考文献	(211)
第十章 综合讨论与展望	(212)
第一节 东北地区未来气候变化趋势与水稻生产	(212)
一、未来东北地区气候变化趋势	(212)
二、未来东北地区水稻生产的利弊条件	(213)
三、未来东北水稻生产适应气候变化的发展方向	(215)
第二节 适应未来气候变化, 充分利用气候资源	(216)
一、关于温度与积温利用	(216)
二、关于水稻株型与光能利用	(217)
三、关于 CO ₂ 和肥力	(218)
四、关于水资源利用	(220)
主要参考文献	(221)

第一章 东北水稻与气候资源概述

本章主要阐述了东北地区水稻栽培的历史渊源、发展现状，及今后发展面临的问题和挑战；分析了我国东北地区热量、气温、降水、日照及灾害天气及未来气候的变化趋势对水稻生产的影响；讨论了东北地区水稻生产与气候资源的辩证关系。

第一节 东北地区水稻生产历史、发展与现状

东北地区地处亚欧大陆东缘，位于我国东北部。地理位置为 $38^{\circ}40' \sim 53^{\circ}30'N$ ， $115^{\circ}05' \sim 135^{\circ}02'E$ 。从自然环境角度看，东北地区包括黑龙江、吉林、辽宁省和内蒙古自治区东北部的赤峰市、通辽市、兴安盟和呼伦贝尔市。北起黑龙江南抵辽东半岛，纵括 14.8 个纬度，东自乌苏里江西，至蒙古，横跨 19.7 个经度，地区土地面积约 145 万 km^2 ，约占全国总面积的 13%，地域辽阔，地形复杂，包括大、小兴安岭、长白山地以及三江平原、松辽平原和呼伦贝尔草原。整个地区自然地理单元完整、自然资源丰富、经济联系密切。东北地区耕地面积大，约占全国耕地面积的 20%，是全国人均水平的 2 倍。土壤有机质含量高，黑土层深厚肥沃，规模化生产水平高。东北地区属温带季风气候，大陆性较强，雨热同步，日照充足，昼夜温差较大，这种独特的气候、土壤条件造就了稻米的高产优质。经过多年的发展，东北稻区已成为世界最大的以种植早、中熟粳稻为主的优质粳稻生产区。

一、东北水稻生产历史

中国水稻虽起源于长江以南，但自有史以前，已传至黄河流域，新石器时期北方就有水稻种植（张瑞岭，1990）。《周礼》记载中国宜稻区域有扬州、荊州、豫州、青州、兖州、幽州等地，其中的幽州就包括了今天辽宁的部分地区。当时水稻栽培已由黄河流域逐渐向东北扩展（张芳，1991、1992）。据史料记载，东北地区的稻作始于青铜时代，是稻作传往日本路线的

中间环节。即从长江下游→山东半岛→辽东半岛→朝鲜半岛→日本九州再到本洲,这样一条以陆路为主,兼有短程海路的弧形路线。两汉时期水稻栽培得到发展,种植区扩大。唐代渤海时期,以宁安为中心的渤海国与唐朝交好,往来频繁,中原文化大量输入,在中京地区则培育出享誉海内外的“卢城之稻”即“响水大米”,到金代已遍及辽东各州及上京地区。

东北水稻栽培,起源很早,但过去并无大发展,这与当时农业生产设施不完善有关。辛亥革命前后,东北地区灌溉事业有所发展。同时,朝鲜人民因不堪日本帝国主义的压迫,逐渐移居东北,由于他们善于种植水稻,因此,水田面积在辽宁、吉林等地均有扩大,并逐渐向北扩展(金颖,2007;张伟夫,2003),1920年前后扩展到黑龙江省。东北地区的自然条件虽适于种稻,但解放前因生产力落后并未得到应有的发展。解放后,随着生产关系的变革,农田水利设施的完善和栽培技术的改进,特别是20世纪80年代以来,东北地区水稻的栽培面积不断扩大,单位面积产量大幅度提高,水稻生产有了长足快速的发展。

二、东北地区水稻的发展现状

1. 东北三省是单季粳稻生产的适宜产区

东北地区农业生产资源丰富,为单季粳稻生产提供了有利条件。由冲积物组成的辽阔平原上,黑土、黑钙土、草甸土等肥沃的土壤中富含腐殖质,土层深厚,有机质含量达1.24%~3.42%。正常年份,年降雨量600~800mm,5~9月水稻生长期内的降雨量占年降雨量的80%,松花江、黑龙江、牡丹江、鸭绿江、辽河、绥芬河、图们江等水系构成了稠密的水网,地表径流量达1367.4亿 m^3 ,地下储水量达468.6亿 m^3 。大部分地区霜前日平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的持续日数120~160天,此间的活动积温2000~3500 $^\circ\text{C}$,年日照时数2200~3000小时,6~8月每天可照时数达14小时以上,5~9月大部分地区昼夜温差达10~14 $^\circ\text{C}$ (周琳,1991)。东北江河两岸和山间平原,低洼地面积大,土肥水丰,特别是雨热同季、日照长、光照足、昼夜温差大、蒸腾量小的气候很适合发展优质单季粳稻。

2. 东北三省粳稻种植面积逐年扩大

据史料记载,唐朝初期东北水稻种植主要限于鸭绿江、图们江沿岸的河谷盆地,面积较小,1949年种植面积还不到25万 hm^2 ,总产58.1万t,面积、总产分别只占全国水稻比重的1%和1.2%,1980年水稻面积85万 hm^2 ,总产

423 万 t, 40 年面积扩大近 3 倍, 总产增加 6 倍多。改革开放以来, 水稻面积得到了飞快的发展, 2006 年水稻面积达 322 万 hm^2 , 总产 2 126 万 t, 面积比 1980 年又扩大 237 万 hm^2 , 总产增加 1 703 万 t。近年来, 水稻面积约占全国的 10%, 总产占全国水稻总产的 11%。目前, 从生产总量来说, 水稻已经成为了东北三省的第一大口粮作物。松嫩平原、三江平原和松辽平原是东北粳稻生产的重要产区, 70% ~ 80% 的水稻生产集中在这个产区。其中黑龙江省已经成为北方水稻生产重要省份, 2002 年水稻面积达 156 万 hm^2 , 总产 921 万 t, 面积约占北方稻区的 40%, 占东北三省的 56%, 总产占北方稻区的 37%, 占东北三省的 54%。

“十五”期间, 中国水稻生产年度间波动很大 (表 1-1)。由于当时的政策导向和稻米市场的持续走低, 严重影响了农民的种粮积极性。2001 年, 东北水稻种植面积为 276.94 万 hm^2 , 总产 1 722.7 万 t。2003 年, 东北水稻种植面积、总产已分别下降到 233.25 万 hm^2 、1 512.4 万 t, 粳稻生产的大幅度下滑, 导致 2003 ~ 2004 年粳米价格的迅速上扬, 甚至影响到中国的“口粮”安全。2004 年以后, 全国粳稻生产出现了快速的恢复性增长, 东北水稻也出现较大幅度的增长, 总面积由 2003 年的 233.25 万 hm^2 迅速扩大到 2006 年的 321.57 万 hm^2 , 增长幅度为 37.8%; 总产则由 1 512.4 万 t 增加到 2 126.1 万 t, 增长幅度为 40.6%。面积和总产比 2001 年分别增加了 16.1% 和 23.4%。东北水稻单产有逐渐提高的趋势, 但由于夏季干旱等气候变化因素, 2005 年、2006 年东北水稻单产略有下降。

表 1-1 2001 ~ 2006 年东北与全国水稻播种面积、总产及单产比较

年度	东北地区			全国		
	播种面积 (万 hm^2)	总产量 (万 t)	产量 (t/ hm^2)	播种面积 (万 hm^2)	总产量 (万 t)	产量 (t/ hm^2)
2006	321.57	2 126.1	6.84	2 929.48	18 257.1	6.23
2005	314.10	2 011.3	7.12	2 884.74	18 059.2	6.26
2004	273.21	1 969.1	7.26	2 837.90	17 908.8	6.31
2003	233.25	1 512.4	6.48	2 650.79	16 065.5	6.06
2002	278.69	1 697.2	6.25	2 820.13	17 454.0	6.19
2001	276.94	1 722.7	6.13	2 881.25	17 758.1	6.16

3. 东北三省是优质稻生产的强势产区

东北三省生态环境良好, 土壤、空气和水污染少, 土壤中有机质含量高,