

李伯航
黄舜阶
佟屏亚
主编

黄淮海玉米高产理论与技术

学术书刊出版社

黄淮海玉米高产理论与技术

李伯航 黄奔阶 佟屏亚 主编

学术书刊出版社

内 容 提 要

本书以玉米亩产千斤为中心，分12个专题介绍了黄淮海平原玉米生产现状和增产潜力，气候资源及其利用，合理密植和产量构成的理论及其调控，需肥规律及配方施肥方法，需水规律及节水灌溉技术，模式化栽培的理论与实践，以及间套混种的机理和技术等。

本书供黄淮海地区广大县、乡农业技术干部知识更新和高产实践应用，也可供全国有关科研、教学、推广部门参考。

黄淮海玉米高产理论与技术

李伯航 黄舜阶 佟屏亚 主编

责任编辑：吕秀齐

•

学术书刊出版社出版（北京海淀区学院南路86号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京燕山印刷厂印刷

•

开本：787×1092 毫米 1/32 印张：7.875 字数：176 千字
1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷
印数：1—3000册 定价：3.00元
ISBN 7-80045-663-3/S·88

序

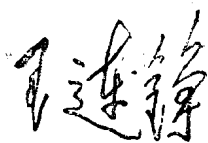
黄淮海平原是我国最大的玉米产区，玉米面积和总产量均占全国的1/3以上，在粮食和饲料供需中有极其重要的地位。1989年，农业部组织实施了黄淮海亿亩玉米特别丰收项目，计划在3年内亿亩玉米亩增100斤，总产增加100亿斤。这一活动受到有关省市的领导、科技人员的欢迎和支持，并获得了显著的成绩。1989年黄淮海平原玉米增产的特点是：面积大，地域广，产量高，并出现一村、一乡、一县玉米大面积亩超千斤、小面积亩产吨粮的纪录，显示了黄淮海平原玉米的增产潜力，并为今后玉米持续增产树立了样板。

学术书刊出版社组织黄淮海有关省（市）科研、教学单位有实践经验的玉米专家、教授，编写了《黄淮海玉米高产理论与技术》一书，我认为是及时地、有效地配合了黄淮海亿亩玉米特别丰收项目活动。我很欣赏本书编写4个为主的原则：以高产为主，以措施为主，以提高为主，以科研新成果为主。面向黄淮海平原玉米产区，从科学角度比较系统地总结了80年代黄淮海平原玉米高产的技术经验和增产潜力，介绍了玉米高产的新技术和新成果。本书具有一定的理论深度，又有针对性很强的实用价值；既可作为夺取玉米高产的技术手册，又可作为知识更新的教材，无疑它将为传播和推广玉米高产技术、实现玉米高产再高产起促进作用。

粮食要大上，玉米挑重担。把黄淮海平原的玉米产量搞上去，将对全国粮食生产上新台阶起重要作用。我感谢学术

书刊出版社编辑和各位玉米专家、教授在百忙中为黄淮海玉米增产所作的辛勤劳作；并向黄淮海平原有关省（市）的农业管理干部、科技人员推荐这本书，期望它能迅速地转化为生产力，为黄淮海平原玉米的持续增产做出贡献。

农业部副部长

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王连军' (Wang Lianjun), written in a cursive style.

目 录

I. 玉米生产现状和增产潜力.....	1
II. 玉米气候资源及其利用.....	18
III. 玉米杂交种的利用.....	38
IV. 玉米间混套种的理论及其适应性分析.....	51
V. 玉米合理密植与光能利用分析.....	65
VI. 玉米产量构成及其调控.....	102
VII. 玉米土壤培肥理论与技术.....	130
VIII. 玉米需肥规律和配方施肥方法.....	145
IX. 玉米需水规律和灌溉技术.....	168
X. 旱作玉米蓄水保墒技术.....	198
XI. 玉米模式化栽培的理论与技术.....	208
XII. 玉米田间管理技术.....	226

I. 玉米生产现状和增产潜力

黄淮海平原耕地面积约2.7亿亩，玉米面积1.1~1.3亿亩，80年代玉米总产量为2500~3000万吨，玉米面积和总产量均占全国的三分之一以上，是我国夏玉米的集中产区，在我国粮食和饲料生产中占有极其重要的地位。

一、玉米生产概况

黄淮海平原位于北纬35~40度，凡属黄河下游、淮河流域和海河流域的平原地区，均属黄淮海平原范围，包括山东、河北、河南以及苏北、皖北和京、津地区。这一地区土层深厚，地势平坦，河系纵横，土壤以砂质和壤质为主，属暖温带半干旱、半湿润季风气候区，全年太阳辐射总量每平方米110~140千卡，日照2200~3100小时，无霜期从北向南170~220天，全年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温4200~5500 $^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温4100~4700 $^{\circ}\text{C}$ ；年降雨量550~1100毫米，其中85%集中在4~9月。该地区温度适宜，日照充足，热量丰富，雨热同期，有丰富的地下水，灌溉玉米面积占一半以上，对玉米生长发育和夺取高产十分有利。

从全国来说，黄淮海平原玉米属于中产地区。就本区而言，又可相对地划分为高、中、低产区。据中国农业科学院1989年调查，黄淮海平原玉米高产区（亩产高于350公斤）占25%，大致分布在胶东和鲁中平原，冀东和冀中山前平

原，苏北、豫北和北京地区。玉米中产区（亩产200~350公斤）占46%，大致分布在河北中北部和鲁西北、河南中部和东部，以及苏北和皖北部分地区。玉米低产区（亩产低于250公斤）占29%，主要分布在冀中南低海拔平原、渤海滨海区以及皖北和苏北地区。

从50年代到80年代，黄淮海平原玉米生产获得较快的发展。大致说来，50和60年代，农业生产基本属于恢复阶段，玉米面积变化不大，单产略有提高；70年代随着农田基本建设的发展和适应人口急剧增长对粮食的需要，玉米面积迅速扩大。80年代随着农村经济体制改革、科学技术发展和物质能量投入的增加，玉米种植面积基本稳定，而单位面积产量则增加2~3倍。据有关部门统计，从1952年至1988年，山东省玉米种植面积从1473万亩增加到3468万亩，增加1.35倍；单产从81公斤增加到328公斤，增加3.05倍；河北省分别增

表 I-1 黄淮海平原各省玉米种植面积和产量的增长

(万亩、公斤)

年 份 省 名	山 东		河 北		河 南		江 苏		安 徽	
	面积	亩产	面积	亩产	面积	亩产	面积	亩产	面积	亩产
1952	1473	81	1967	80	1493	66	844	69	322	62
1955	1905	92	2322	92	1583	76	952	80	329	63
1965	2016	99	2293	89	1475	73	661	144	254	98
1975	2699	182	2844	148	2361	141	569	233	330	179
1980	3214	257	3511	189	2520	212	646	215	246	157
1985	3131	299	2642	259	2496	215	689	315	338	196
1988	3468	328	2914	245	2739	215	709	332	448	221

注：引自农业部《中国农业统计资料》。京津二市玉米面积较小，从略。

加0.98倍和2.06倍；河南省分别增加0.83倍和1.26倍；苏北、皖北以及京、津地区玉米生产也有较大的发展(表 I-1)。

80年代，特别是在“七五”期间，本区实行玉米大面积科技开发，玉米生产有较快的发展，特别是有些玉米产量长期低产徘徊的地区，由于领导重视，狠抓生产条件的改善，大力普及适用技术，玉米种植面积迅速扩大，产量成倍增长。例如，河南省驻马店地区，过去种玉米很少，1980年时仅99.4万亩，亩产169公斤；1988年玉米种植面积扩大到338.7万亩，增加2.41倍，单产提高到215公斤，增加27.2%。安徽省阜阳地区，1980年玉米种植面积仅49.1万亩，亩产164公斤，1988年玉米面积扩大到166.6万亩，增加2.39倍。单产提高到231公斤，增加40.9%(表 I-2)。其他如德州、聊城、沧州、周口等地区，80年代玉米生产都有快速的发展。

最近几年，随着紧凑型玉米品种的应用和规范化栽培技术的推广，各地还出现了许多大面积玉米丰产田和小面积高产田。例如，1989年河南省玉米面积、单产和总产量均创造了历史最高纪录，漯河市11万亩夏玉米高产田，平均亩产504.7公斤；河北省新乐县，21万亩夏玉米平均亩产501.1公斤；山东省德州地区150万亩夏玉米平均亩产442.2公斤，其中10万亩开发田平均亩产633.8公斤；山东省莱州市李登海种植的14.9亩夏玉米高产田，创夏玉米亩产1 008.6公斤的最高纪录，为玉米的持续增产树立了样板。

长期以来，本区生产的玉米主要供作粮食，部分地区还依靠国家调拨口粮。80年代以来供作食用的玉米逐渐减少。据1989年在黄淮海平原玉米科技开发会议上调查，本区农民生产的玉米41.3%供作饲料，25.8%供销市场，9.5%交售

表 I-2 黄淮海平原80年代几个地区玉米生产的发展

(万亩, 公斤)

地 区 年 份	驻 马 店		德 州		衡 水		阜 阳	
	面积	单产	面积	单产	面积	单产	面积	单产
1980	99.4	169	420.2	169	334	100	49.1	164
1981	125.5	189	401.6	218	339	136	49.1	159
1982	109.2	145	359.5	242	282	175	43.2	112
1983	155.7	252	337.1	273	247	156	58.4	198
1984	180.2	202	296.5	307	206	160	86.1	174
1985	218.1	217	309.2	298	198	180	134.4	184
1986	282.8	112	357.9	289	218	158	141.5	172
1987	325.1	274	372.5	330	231	140	168.8	236
1988	338.7	215	352.9	337	231	214	166.6	231
1988较1980年增产%	240.7	27.2	-16.0	99.4	-30.8	114.0	239.3	40.9

注:《黄淮海平原玉米科技开发会议》统计资料, 1989。

公粮, 15.1%供作口粮。在国家商业部门掌握的玉米中, 有相当一部分运销京、津和南方省市供作饲料以及出口。据1985年统计, 河北省的玉米除供销北京6200吨和上海10900吨外, 还运向西南和南方省市近100万吨; 山东省的玉米主要销往江、浙和上海市; 河南省销售市场遍及南方9省市(表I-3)。表明黄淮海平原的玉米生产在全国愈来愈显示其重要地位。

二、玉米增产的技术经验

80年代以来, 特别是在“七五”期间, 黄淮海平原玉米生

表 I-3 1985年黄淮海平原几个玉米产区的玉米流向和流量

(百吨)

产 区	流 向	全国	北京	上海	浙江	广东	广西	云南	贵州	四川	出口
河北省		10,196	62	109	113	180	586	455	1,011	215	647
山东省		689	7	42	67	27	—	—	—	—	319
河南省		4,270	—	444	567	217	153	20	231	185	991

注：摘编自《我国粮食产需和区域平衡研究》，1987。

产发展的速度快，产量高，农业科研和推广工作积累了系统的行之有效的技术经验。概括起来，就是一换、二增、三改。据玉米专家评估以下栽培技术在玉米增产诸因素中所起的作用，杂交种占24.5%，施肥占24.0%，密植占17.8%，其他措施的增产顺序为播期、灌溉、防虫和整地。

一换：即更换优良品种，特别更换紧凑型高产玉米良种

黄淮海平原玉米品种曾经历过三次更换：即50年代从农家种更换为品种间杂交种，60年代更换为双杂交种，70年代更换为单杂交种，每次品种更换都使玉米单产提高15~30%。80年代玉米品种更换的特点是，随着肥水条件的改善和规范化栽培技术的推广，紧凑型玉米逐步代替了一部分平展叶型玉米。据1989年调查统计，黄淮海平原种植紧凑型玉米占玉米总面积的40%，其中山东省占62%，河北省占46%，河南省占30%，苏北占65%，皖北占40%，而且还有逐步扩大的趋势。

紧凑型玉米表现是株型紧凑，叶片斜举，茎基坚韧，适宜密植，在生产上大面积地推广应用，对玉米栽培理论和生

产技术均产生显著的影响。和平展型玉米比较，它有三个明显的特点：一是透光性好。紧凑型玉米大田消光系数为 $e^{-0.5}$ ，而平展型玉米为 $e^{-0.7}$ ；据山东省德州地区农业局调查资料(1989)，平展型玉米总光合势一般在 $12\sim14$ 万 $\text{米}^2\cdot\text{日}$ ，紧凑型玉米在 $22\sim24$ 万 $\text{米}^2\cdot\text{日}$ 。二是群体叶面积指数高。平展型玉米叶面积指数一般为3.5，最高不超过4.0，成熟时多在2.5以下；而紧凑型玉米叶面积指数一般为5.0，最高可达5.5~6.5，在适宜的田间管理条件下，成熟时保持在4.0以上。过去人们普遍认为，随着玉米籽粒成熟的进程，叶面积指数迅速下降是合理的发展趋势。现在人们认识到叶面积指数随成熟下降是农业技术不完善的结果。实践证明，现在黄淮海平原亩产750~1000公斤的紧凑型玉米，在籽粒灌浆至收获的整个阶段，植株均保持青枝绿叶，从而延长了叶片的功能期。三是生物学产量高，经济系数高，这是籽粒高产的基础。据科研机关研究和生产实践调查，平展型玉米每亩生物学产量最多在1200~1600公斤；而紧凑型玉米可达1800~2000公斤或更多。平展型玉米品种经济系数多为0.35~0.40，而紧凑型玉米品种可达0.50~0.60。这些优良性状为玉米密植和高产创造了条件。

二增：即增加密度和增施肥料

1. 增加密度 如上所述，紧凑型玉米株型紧凑，叶片斜举，适于密植，增加单位面积上的株数是发挥紧凑型玉米增产潜力的重要环节。黄淮海平原玉米栽培的实践表明，紧凑型玉米比平展叶型玉米每亩一般可多植1000~2000株。山东省推广紧凑型玉米后密度逐年增加，全省大田玉米平均每亩密度从1980年的2500株增到1988年的3500株，玉米高产田从3500株增至5000株以上。据山东省龙口市农业技术推广站

试验(1983),玉米亩产250~400公斤,密度(穗数)与产量的相关系数为 $r=0.9871^{**}$,穗粒数与产量的相关系数为 $r=0.4317$,粒重与产量的相关系数为 $r=0.3934$;当亩产达400~700公斤时,密度(穗数)与产量的相关系数 $r=0.9332^{**}$,穗粒数和粒重与产量的相关系数分别为 $r=0.6049^{**}$ 和 0.5793^{**} 。可见无论在高产或低产水平下,密度与产量均呈显著相关。

但玉米密度应有一个比较合理的范围,并不是愈密愈好。在玉米栽培实践中,改变密度不同于其他措施,它自身具有很强的两重性。增加密度加剧了群体竞争,以削弱个体为代价。密植给产量结构带来3个变化:一是密度与穗数的关系。随着密度的增加,穗数有两种可能的变化趋势:紧凑型玉米密度与穗数呈直线正相关关系,可用 $y=a+bx$ 方程表述;平展型玉米密度与穗数关系可用 $y=\frac{x}{a+bx}$ 方程表述,

即随密度增加,穗数的增长比数越来越小,最后表现为一定值;二是密度与穗粒数的关系。它不同于密度与穗数的关系。穗粒数总是随密度增加而降低,在一定范围内每亩粒数与产量呈正相关,当亩粒数超过一定值之后,产量下降;三是密度与粒重的关系。两者无例外呈负相关。但粒重对密度的反应因品种而有区别,有的品种表现为直线相关,另些品种表现为双曲线相关。由于品种间存在耐密性的差异,所以也出现两种产量曲线:一种是常态曲线,另一种是非常态曲线,即在低密度情况下,产量随密度增加而增加;当密度达到一定限度后,产量为一常数,不再受密度的影响。

概括来说,增加密度要根据品种特性、土壤肥力和栽培技术因地制宜。据中国农业科学院作物研究所试验(1989),

掖单4号每亩在4 000~6 000株,掖单13号每亩在3 000~5 500株范围,均可获得亩产500公斤以上的产量,低于或高于这个密度则有减产的趋势。从黄淮海平原各地推广的烟单14、掖单2号、掖单4号等紧凑型玉米种植密度及产量来看,每亩适宜密度在4 500~5 500株,此密度范围内亩产均在500公斤以上。中肥水平地可取下限,高肥水平地可取上限。

2. 增施肥料 随着密度的增加,增施肥料就成为获取玉米高产必不可少的物质基础。长期以来黄淮海平原有些省或地区存在着“重夏轻秋”的倾向,给玉米施肥甚少或基本不施肥,使玉米产量徘徊不前。“七五”期间,随着玉米商品市场不断活跃,刺激了农民种玉米的积极性。特别是由于高产紧凑型玉米的推广,农民增加了给玉米物质投入数量。据调查,现今黄淮海平原玉米施氮肥面积占86.2%,施磷肥面积29.2%,施钾肥面积5.1%。每亩平均施氮肥30公斤(20~50公斤),最高氮肥用量75公斤,同时还施用一定数量的磷肥。据河北省农业科学院试验(1986),在低肥力水平下(指土壤有机质<1%,全氮<0.06%,碱解氮<40ppm,有效磷<5ppm),玉米亩产508.1公斤,最佳施氮量10.8公斤;在中肥力水平下(有机质1.0~1.5%,全氮0.06~0.08%,碱解氮40~60ppm,有效磷10~20ppm),玉米亩产520.3公斤,最佳施氮量8.75公斤。氮肥与产量的相关系数 $r=0.9880$,呈极显著正相关。据山东省农业技术推广总站报道(1988),全省玉米产量与施肥量之间相关系数 $r=0.9110$,呈极显著的正相关。

给玉米增加物质投入,随之产生的问题是有无适宜的产投比?回答是肯定的。随着给玉米施肥量的增加,经济效益不仅没有降低,而是亩增益显著增加。因为随着农田水利条

件的改善，特别是高产紧凑型玉米杂交种的应用，物质投入（主要是化肥）虽然是增加的，但亩产出增加的更多，斤成本相应减少。据中国农业科学院作物研究所在河北省廊坊地区试验调查(1989)，70年代玉米亩产一般150~200公斤，仅只施入有机肥，基本上不施化肥；80年代每亩玉米约施尿素15公斤(纯氮7公斤)左右，亩产250~300公斤，投产比大致是1:30~35；1989年千亩玉米高产田亩施尿素30公斤(纯氮14公斤)左右，亩产500~600公斤，投产比是1:30~35；其中高产田玉米亩施尿素45公斤(纯氮20公斤)左右，亩产700~800公斤，投产比增至1:35~40，没有出现所谓报酬递减和地力衰竭的现象。

三改：改进种植方式、施肥技术和灌溉制度

1. 改进种植方式 黄淮海平原无霜期170~220天，210°C积温4100~4700°C。种一季光温有余，种两季光温不足，特别是在北部和东部地区，矛盾更加突出。50年代本区主要是两年三熟制，玉米多为春播，光热资源和土地均有很大的浪费，而且春玉米拔节前后易遇卡脖旱，影响产量。60年代以后逐步改为一年两熟制，玉米由春播改为夏播，因而出现光温不足和芽涝危害。据山东省农业科学院研究，夏玉米播期与芽涝频率的关系：5月20~30日播种为11%，即100年中约发生11年，6月5日前播种为14%，6月10日前为29%，6月15日前为43%，6月20日前为54%，6月25日前为61%。从6月1日至25日，每晚播一天，芽涝频率增加2%。随着肥水条件的改善，70年代发展为小麦玉米两作套种，可以增加200~500°C的有效积温，既解决了积温不足、农时季节紧张的矛盾，又可以更换生育期较长的中晚熟高产玉米品种。夏玉米在进入雨季前达到8片叶，根深叶茂，有较强的抗涝能

力，并能在种麦前成熟并获得高产。据中国农业科学院作物研究所研究(1984)，夏玉米籽粒灌浆适宜温度在 $24\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，并有较大的昼夜温差。黄淮海平原一般在9月下旬气温骤降至 15°C 以下，灌浆基本停止或增重极微。现有夏玉米品种必须在8月10日前开始籽粒灌浆，9月20~25日结束。因此，夏玉米套种不仅是一项稳产高产技术，也是一项保证适时种麦和两作增产技术。据山东省农业科学院在133个试验点调查，套种玉米平均亩产470.9公斤，直播玉米平均亩产412.1公斤，套种玉米比直播玉米增产14.3%。套种玉米增产的关键措施是把好播种关，树立“七分种、三分管”的高产思想，做到早播、早管、早定苗、早中耕，努力实现一播全苗，苗齐苗壮。

据统计，1989年黄淮海平原夏玉米套种面积占玉米总面积52.2%，直播玉米占47.8%。从各省分布情况看，河北省套种面积占40%，河南省占65%，山东省占70%，苏北占10%，皖北占5%。在套种形式中，宽行套种占43%，窄行套种占56.6%。冬小麦夏玉米两作套种是黄淮海平原玉米增产的一项重要措施。

2. 改进施肥技术，推广配方施肥 黄淮海平原夏玉米长期施肥量偏少，一般采用“一炮轰”施肥方法，即将少量的化肥在玉米播种前或在拔节期一次施入。80年代随着施肥数量的增加，在高产田根据玉米需肥规律，推广分次施肥技术，有明显的增产效果。综合各地经验，夏玉米追肥基本遵循以下原则：一是注意需肥的恒定性。据中国农业科学院作物研究所综合16例玉米需肥规律研究报道，每生产100公斤籽粒，需要氮2.84公斤，五氧化二磷1.22公斤，氧化钾2.49公斤。氮、磷、钾比例为 $1:0.43:0.88$ 。玉米亩产从

200~250公斤增加到900~1000公斤，其所需氮、磷、钾数量基本相同，仅在高产条件下钾肥的需求量略有增高的趋势。二是采用三攻追肥技术。即在施足底肥的基础上，拔节期施肥攻秆，孕穗期施肥攻穗，灌浆期施肥攻粒。三是合理分配施肥数量。原则上是高肥力地宜采用“前轻后重”，低肥地力宜采用“前重后轻”施肥方案。四是在小麦玉米两作区，农时紧张，应尽可能在玉米播种时施入有机肥料；有些地区给小麦重施底肥，培肥地力，对后作玉米亦表现良好的增产效果。

据全国微肥科研协作组在全国422个点联合试验，土壤pH值大于7，有效锌临界值0.6ppm以下时，给玉米施用锌肥有良好的增产效果。采用底施、拌种、浸种等方法，每亩施用硫酸锌1公斤，玉米增产10~12%。

3. 改进灌溉制度，特别是浇好灌浆水 玉米是需水较多的作物。据河南农业大学研究(1989)，夏玉米亩产400~500公斤，需耗水250~300方，耗水系数600~625；亩产600~700公斤，需耗水320~370方，耗水系数530。而在夏玉米生长期内的降雨量，黄河以北为254~358毫米，黄河以南为350~397毫米，不能满足玉米高产的需要；而且由于雨量的时空分布不均，多数年份降雨量集中在短短几天之中，且常以暴雨形式出现，玉米不能充分利用。因此，更需要进行补充灌溉以提高玉米产量。

根据玉米需水规律，玉米一生需要浇播前水、拔节水、孕穗水和灌浆水。但在生产实践中，农民习惯于靠天等雨，即使是有灌溉条件的地区亦不浇水。特别是在玉米抽雄吐丝之后，植株青枝绿叶，果穗硕大，农民有“立了秋，挂锄钩”等待收获的错误认识，这是长期玉米低产徘徊的重要原因之