

现代玉米生产

佟屏亚

罗振铎

矫树凯

中国农业科技出版社

现代玉米生产

佟屏亚 罗振锋 矫树凯

编 著

中国农业科技出版社

(京)新登字第 061 号

图书在版编目(CIP)数据

现代玉米生产/ 佟屏亚等编著. - 北京: 中国农业科技出版社,
1998.12

ISBN 7-80119-607-4

I. 现… II. 佟… III. 玉米-生产 IV. S.513

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 13682 号

责任编辑	李祥洲 姚 杰
出 版	中国农业科技出版社 (北京市海淀区白石桥路 30 号 100081)
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	北京时事印刷厂
开 本	850 毫米×1168 毫米 1/32 插页:16 印张:8.94
印 数	2 500-4 500 册 字数:240 千字
版 次	1998 年 12 月第一版 1999 年 12 月第二次印刷
定 价	20.00 元

内 容 提 要

玉米已发展成为重要的粮(食)、饲(料)、经(济)兼用作物。90年代以来,我国玉米高产栽培技术成就可以概括为:现代科学技术与传统精细农艺结合,以推广高产、抗病、耐密杂交种为突破口,增加物质投入和种植密度,改进施肥和灌溉技术,扩大覆膜栽培面积以及发展间套复种(或称“一换、二增、三改”综合配套技术)。本书采集90年代我国玉米科研新成果以及高产经验,从宏观角度论述玉米生产的新形势、分区发展方向以及综合利用的策略和前景;对种子生产、土壤耕作、合理密植、肥水运筹以及间套复种、覆膜栽培、旱作技术作了详细论述;还介绍了蔬果玉米栽培技术以及玉米秸秆的青贮技术和氨化技术。

本书有以下新经验、新技术、新观点:

* 系统分析90年代中国玉米高产经验,论述了21世纪快速发展玉米生产的策略和措施。

* 提出农业组装科学的新观点,即以种、密、肥、水、覆、改(制)六项技术为中心的综合组装适用技术。这是农业科学发展的必然趋势,它强调了农业措施的多元性和叠加效应。

* 根据长期从事玉米高产栽培研究实践,进一步提出玉米高产“七分种、三分管”的观点,论述播前准备和一播全苗对获取玉米高产的重要作用。

* 在研究玉米高产规律的基础上,提出玉米高产群体质量指标的新概念,标志着玉米高产栽培从个体数量型为主转向以群体质量型为主的新阶段;论述了综合运筹栽培技术实现优化群体质量指标的途径。

* 贯穿了玉米高产栽培全方位节约用水的新思路,即节约地下水,拦蓄天上水,巧用土壤水的高效节水的综合措施。

* 全面系统总结中国发展玉米覆膜栽培的历程、理论、经验、栽培技术和适宜地区。

* 适应 90 年代蔬果玉米发展的新形势,评述和介绍了甜玉米、爆玉米、糯玉米的生产形势和开发重点。

* 借鉴国外经验,立足中国实践,提出中国发展玉米综合利用的策略:即大力发展配合饲料工业,积极发展食品加工业,稳步发展现代玉米工业,重视玉米秸秆的科学利用。

本书具有科学性、实用性、资料性。每章后附有内容提要、思考例题和参考书录。可供农业科研、教学、农技推广人员和种粮大户参考,特别是供作农业院校和基层科技培训教材之用。

目 录

第一章 玉米生产形势和任务	(1)
第一节 中国玉米的种植特点	(1)
第二节 玉米生产的新形势	(2)
第三节 高产栽培技术的新成就	(9)
第四节 玉米的增产潜力分析	(13)
第五节 发展玉米生产的策略	(15)
第二章 玉米生长发育进程	(19)
第一节 器官构造	(19)
第二节 生态环境	(28)
第三节 雌雄穗分化	(33)
第四节 籽粒建成	(37)
第五节 干物质积累	(39)
第三章 种子生产和优良品种	(47)
第一节 自交系原种繁育	(47)
第二节 种子生产技术	(50)
第三节 种子加工技术	(54)
第四节 种子质量检验	(57)
第五节 优良品种	(62)
第四章 播前准备和全苗技术	(69)
第一节 深耕改土	(69)
第二节 种子处理	(74)
第三节 全苗技术	(78)
第五章 需光特点和合理密植指标	(85)
第一节 需光特点	(85)
第二节 光能利用	(89)
第三节 密植与环境	(92)

第四节 产量构成	(96)
第五节 合理密植指标	(101)
第六节 合理密度的确定	(104)
第七节 合理密植技术	(106)
第六章 需肥规律和经济施肥技术	(109)
第一节 需肥特点和规律	(109)
第二节 需肥诊断指标	(113)
第三节 高产施肥技术	(117)
第四节 配方施肥	(124)
第七章 需水指标和节水灌溉技术	(129)
第一节 需水规律	(129)
第二节 农业措施与水分	(132)
第三节 灌溉制度	(136)
第四节 灌溉方法	(140)
第五节 防渍排水	(143)
第八章 高产群体质量指标及优化途径	(145)
第一节 幼苗期主攻群体整齐度	(146)
第二节 孕穗期主攻株壮穗大粒多	(150)
第三节 灌浆期主攻延长群体叶片功能期	(153)
第四节 玉米按叶龄促控管理法	(159)
第九章 旱作玉米理论与技术	(167)
第一节 旱区特点	(167)
第二节 旱作机理	(169)
第三节 旱作方法	(171)
第四节 旱作技术	(178)
第十章 间套复种理论与技术	(185)
第一节 增产机理	(185)
第二节 构建原则	(188)
第三节 调控技术	(191)
第四节 高产典型	(193)

第十一章 覆膜栽培和育苗移栽	(199)
第一节 应用概况	(199)
第二节 生态环境	(202)
第三节 增产机理	(205)
第四节 覆膜技术	(212)
第五节 育苗移栽	(216)
第六节 发展趋势	(218)
第十二章 蔬果玉米及其栽培技术	(221)
第一节 爆裂玉米	(221)
第二节 糯质玉米	(226)
第三节 甜质玉米	(230)
第十三章 玉米秸秆青贮和氨化技术	(235)
第一节 青贮技术	(235)
第二节 氨化技术	(241)
第十四章 玉米分区发展策略	(247)
第一节 北方春播玉米区	(247)
第二节 黄淮海夏播玉米区	(250)
第三节 西南山地玉米区	(254)
第四节 西北灌溉玉米区	(256)
第五节 南方丘陵玉米区	(258)
第十五章 玉米综合利用及发展方向	(261)
第一节 大力发展配合饲料工业	(261)
第二节 积极发展食品加工业	(264)
第三节 稳步发展现代玉米工业	(265)
第四节 重视秸秆的科学利用	(269)
第十六章 田间记载项目和测产方法	(273)
第一节 田间记载标准	(273)
第二节 大田测产方法	(275)
第三节 高产纪录验收方法	(277)

第一章 玉米生产形势和任务

人类栽培驯化农作物有近万年的历史。现今供作人类主要食物来源的仅有 20 多种农作物,其中 75% 来源于水稻、小麦和玉米;而玉米总产量的一半以上转换为人类必需的畜禽产品。随着畜牧业的发展和综合利用新技术的应用,玉米已发展成为全世界重要的粮食、饲料、经济兼用作物,在国民经济和人民生活占有愈来愈重要的地位。

第一节 中国玉米的种植特点

玉米起源于美洲大陆,16 世纪初期传入中国;20 世纪以来,特别是 50 年代以来,随着科技进步和物质投入增加,中国玉米生产迅速发展并形成今日的种植格局。

一、中国是四季玉米之乡

玉米种植地区东起台湾和沿海各省,西至新疆和青藏高原,南自北纬 20 度的海南岛,北到北纬 50 度的黑龙江黑河附近,优越的自然条件使中国成为四季都能种植玉米的国家。春玉米主要分布在北纬 40 度以北的东北地区,以及西北高海拔丘陵地区和干旱地区,以东北三省种植面积最大。夏玉米分布在黄淮海平原地区,有间种、套种和复种,其中以套种面积最大。秋玉米分布在南方沿海省份以及内陆丘陵山地,如浙江、江西、广西、四川等省(区),一般作为水旱复种或双季玉米栽培。冬玉米是 60 年代以来逐渐发展起来的种植类型,分布在北纬 24 度以南的云南、广西和海南等省(区),一般在 10 月中、下旬或 11 月上旬播种,翌年 2~3 月份收获,主要供作育种单位原种加代或良种繁育之用,也有部分冬玉米作为多熟制栽培。

二、玉米分布在从东北斜向西南的玉米带

玉米性喜暖湿气候,分布在降雨量 800~1 500 毫米之间地区,生长期月均降雨 100 毫米最为适宜;年降雨量在 350 毫米以下的地区需

进行灌溉。长期以来,根据玉米生长发育规律和自然条件的特点,因地制宜,趋利避害,使玉米比较集中地分布在从东北走向西南狭长的半山丘陵地带,包括黑龙江、吉林、内蒙古、辽宁、河北、山西、山东、河南、陕西、四川、云南、贵州、广西 13 个省(区)。其中玉米种植面积最大的为山东省,其次为黑龙江、吉林、河北等省,种植面积均在 3 000 万亩以上;其总产量以山东、吉林、黑龙江、河北、河南省最高。这 13 个省(区)的玉米种植面积和总产量均占全国的 85% 以上(图1-1)。

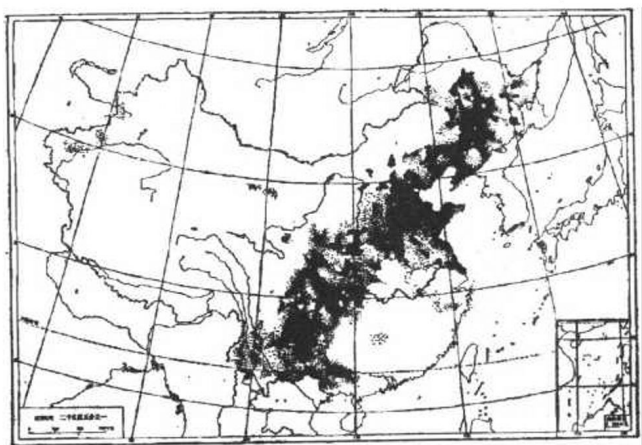


图 1-1 中国从东北斜向西南分布的玉米带

三、间套复种是中国玉米栽培的重要特点

中国地域辽阔,自然条件差别很大,加上各地的地形、土壤以及劳力和经济条件的差异,形成了多种以玉米为主作物的间套复种种植制度。在 3 亿多亩玉米中,套种玉米约占 1/3,是玉米的主要种植形式;玉米(春、夏)与豆类作物(大豆、绿豆、小豆等)间作也有相当大的面积,此外,尚有一定面积的春播清种玉米和夏播复种玉米。间套复种植制度是我国提高农作物复种指数和单位面积产量的极其重要措施之一。

四、旱作玉米占有较大的比重

全国约有 1/2 的玉米分布在西南、西北、华北和东北依靠自然降

雨的丘陵旱地或平原旱地上,又称为“雨养玉米”,只有黄淮海平原和西北地区一部分玉米种植在灌溉地上。玉米有一定的耐旱性,且生育期因早、中、晚熟品种的不同变幅在 80 ~ 150 天,适应地区较广,在低纬度、低海拔至高纬度、高海拔的平原或山地均可生长。例如,在海拔 3 000 米以上的滇北高原仍能种植玉米。

第二节 玉米生产的新形势

20 世纪 80 年代以来,随着高产杂交种培育、新技术应用和化肥施用量增加,中国玉米发展迅速并在世界上居于举足轻重的地位。

一、中国玉米产量增长速度居世界首位

据联合国粮农组织报道,1980 ~ 1996 年,世界玉米种植面积稳定在 20 亿亩左右,单位面积产量从每亩 204 公斤增加到 274 公斤,提高 34.3%;总产量从 39 406 万吨增加到 57 682 万吨,增加 46.3%。美国玉米种植面积变动在 4.0 ~ 4.4 亿亩,单产从 381 公斤增至 532 公斤,提高 39.6%。而中国玉米种植面积从 30 053 万亩增至 34 605 万亩,增加 15.1%;单产从 203 公斤增至 345 公斤,提高 69.9%(表 1-1),是全世界玉米面积和单产增长最多最快的国家。

表 1-1 1980 ~ 1996 年世界和中国玉米面积和产量

项 目	1980		1996		增长(%)	
	面积 (万亩)	单产 (公斤/亩)	面积 (万亩)	单产 (公斤/亩)	面积 (万亩)	单产 (公斤/亩)
世界	193 146	204	210 159	274	+ 8.8	34.3
美国	44 333	381	44 403	532	—	39.6
中国	30 053	203	34 605	345	+ 15.1	69.9

1996 年农业统计资料显示(表 1-2):世界玉米种植面积最大的

表 1-2 世界主要玉米生产国玉米面积和产量

项 目	1980			1996		
	面积 (万亩)	总产 (万吨)	单产 (公斤/亩)	面积 (万亩)	总产 (万吨)	单产 (公斤/亩)
世 界	193 146	39 406	204	210 159	57 682	274
美 国	44 333	16 879	381	44 403	23 606	532
中 国	30 053	6 111	203	34 605	11 935	345
巴 西	17 157	2 037	119	20 048	3 198	160
墨 西 哥	10 443	1 238	119	11 850	1 730	146
印 度	8 975	608	76	9 225	866	94
前 苏 联	4 466	945	212	4 965	1 166	233
罗马尼亚	4 932	1 115	226	4 947	960	216
阿 根 廷	3 735	640	171	3 915	1 046	301
南斯拉夫	3 242	932	287	3 249	1 155	356
泰 国	2 343	315	134	2 073	436	210
法 国	2 636	936	355	2 594	1 445	557
意 大 利	1 406	640	456	1 428	872	610
南 非	9 000	1 079	120	6 018	1 035	172
加 拿 大	1 437	534	378	1 620	730	451

※ 联合国粮农组织生产年鉴,有关年份。前苏联和南斯拉夫取 1990 年

前 5 个国家依次是:美国 - 44 403 万亩(占世界玉米面积的 21.1%), 中国 - 34 605 万亩(16.5%), 巴西 - 20 048 万亩(9.5%), 墨西哥 - 11 850 万亩(5.6%)和印度 9 225 万亩(4.4%); 玉米总产量比较高的前 5 个国家依次是:美国 - 23 606 万吨(占世界玉米总产量的 34.8%), 中国 11 935 万吨(20.7%), 巴西 - 3 198 万吨(5.5%); 墨西哥 - 1 730 万吨(3.0%), 法国 - 1 445 万吨(2.5%); 玉米单位面积产量最高(种植面积在 1 000 万亩以上)的前 5 个国家依次是:意大利 - 610 公斤, 法国 - 557 公斤, 美国 - 532 公斤, 加拿大 - 451 公斤, 南斯拉夫 - 356 公斤(图 1-2)。世界玉米高产纪录 - 春玉米亩产 1 548

公斤(美国,1985 年),夏玉米亩产 1 096 公斤(中国,1989 年)。

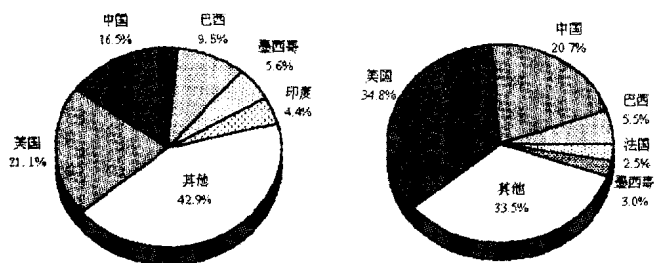


图 1-2 中国玉米生产在世界玉米生产中的位置

左：面积

右：总产量

1952~1980 年,中国玉米单产的增长超过整个历史记载的产量水平即从亩产 90 公斤增至 203 公斤,增长 1.26 倍;而 1980~1996 年,玉米面积从 3.05 亿亩增至 3.67 亿亩,增加 20.3%;单产从 205 公斤增至 347 公斤,增加 69.3%(图 1-3、表 1-3)。还出现大面积玉米亩产超 500 公斤的地区(市),超 600 公斤的县(市),超 800 公斤的乡和亩产超吨粮的高产纪录。从绝对数字上看,吉林省增加 1 199 万亩(47.5%),黑龙江省增加 1 170 万亩(41.4%),山东省增加 1 026 万亩(31.9%),河南省增加 705 万亩(27.9%),内蒙古增加 695 万亩(71.0%)。全国玉米种植面积最大的省重新排行:第一是山东省(4 240 万亩),第二是黑龙江省(3 996 万亩),第三是河北省(3 787 万亩),第四是吉林省(3 722 万亩),第五是河南省(3 225 万亩),第六是四川省(2 643 万亩)。

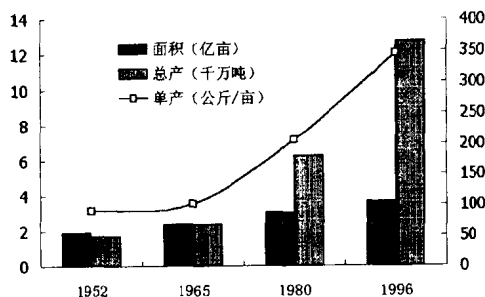


图 1-3 中国玉米面积和产量的增长

表 1-3 1980~1996 年中国各省(区)玉米面积和产量的增长

项 目	1980			1996		
	播种面积 (万亩)	总产量 (万吨)	单产 (公斤/亩)	播种面积 (万亩)	总产量 (万吨)	单产 (公斤/亩)
全国总计	30 529.2	6 260.0	205	36 747.5	12 747.0	347
北 京	296.1	89.0	301	311.7	119.7	384
天 津	253.5	57.5	228	244.4	75.4	309
河 北	3 511.4	663.0	189	3 787.4	1 168.4	308
山 西	1 113.5	263.0	236	1 255.0	457.5	365
内 蒙 古	979.2	139.0	142	1 674.2	751.5	449
辽 宁	2 124.3	653.5	308	2 365.1	969.5	410
吉 林	2 522.8	507.0	201	3 722.0	1 753.4	471
黑 龙 江	2 826.0	520.5	184	3 995.6	1 445.0	362
上 海	14.5	4.0	276	12.5	5.2	418
江 苏	646.2	139.0	215	701.7	259.9	370
浙 江	98.3	15.5	157	58.2	13.7	235
安 徽	245.8	38.5	157	922.2	264.1	286
福 建	2.4	—	44	47.4	8.0	169
江 西	11.9	—	77	60.3	9.0	149
山 东	3 214.1	825.5	257	4 240.1	1 603.4	378
河 南	2 520.2	533.0	212	3 225.3	1 038.3	322
湖 北	610.4	86.0	142	607.7	165.8	273
湖 南	221.8	21.5	96	245.0	47.7	195
广 东	68.8	6.5	95	155.6	37.1	238
广 西	802.8	111.0	139	837.8	151.0	180
海 南	—	—	—	25.7	3.9	152
四 川	2 732.2	612.0	224	2 643.2	716.9	271
贵 州	1 076.6	211.5	197	954.0	262.4	275
云 南	1 666.2	263.0	158	1 490.7	369.2	248
西 藏	—	—	—	4.5	1.3	289
陕 西	1 615.1	275.0	171	1 631.1	472.3	290
甘 肃	477.3	89.0	187	645.8	215.2	333
宁 夏	41.8	8.5	204	182.3	79.7	437
新 疆	833.7	126.5	152	701.9	282.5	402

※ 1. 中国农业统计资料,1996 年,农业出版社;2. 缺青海省和台湾省

二、玉米生产新形势的原因分析

第一,玉米在饲料中的主导地位日益重要。玉米已发展成为粮食、饲料、经济兼用作物,其主要特点是丰年可作饲(料),歉年可供粮(食),玉米在食用和发展畜牧业转化为肉、蛋、奶中起重要作用。90年代玉米种植面积保持在3亿亩以上,全国生产的玉米70%以上供作饲料,基本上使全国种植业逐步形成粮食—饲料—经作三元结构。

第二,科技进步在玉米增产中起重要作用。现代科学技术为玉米持续增产开辟了新天地。最重要的有两项:一是紧凑叶型玉米或称耐密型玉米的选育和推广。紧凑型玉米表现为株型紧凑,叶片斜举,茎基坚韧,适宜密植。与平展叶型玉米比较,每亩可增加1 000~2 000株,一般每亩密度4 000~5 000株,亩产在600~800公斤。紧凑型玉米的扩大推广为玉米持续高产和两作(小麦—玉米、水稻—玉米等)亩产吨粮创造了条件。据全国农业技术推广服务中心报道,1997年全国紧凑型玉米种植面积超过1亿亩,其中种植面积最大的紧凑型玉米杂交种有掖单13(3 003万亩)、掖单2号(1 566万亩)、掖单12号(1 034万亩)、掖单19(1 192万亩)和西玉3号(889万亩)等。二是玉米覆膜栽培技术的快速推广,有明显的增温保墒、增产增收的效果,一般每亩增产30%~60%,高的在1倍以上。1996年全国玉米覆膜栽培面积3 300多万亩。

第三,物质投入增加进一步发挥农业措施效益。现代新兴科学技术应用之前,关键性的物质投入水平较低,随着物质投入增加使产出效益通过新技术转向高水平,特别是价格政策调动农民种粮的积极性。例如玉米价格上扬,出口数量增加,尽管农用生产资料涨价,但种玉米技术简便,操作易行,投产比适宜。据安徽省阜阳地区农业技术推广站(1995)对主要农作物投产比调查分析,水稻投入受益比(元/元)为1:3.31,小麦为1:2.82,大豆为1:6.65,玉米为1:5.70。种玉米的收益是比较高的(表1-4)。农民积极增加物质投入,特别是增加化肥、农药的投入,对玉米持续增产起重要作用。许多地区还建立种植—饲料—养殖“一条龙”服务体系,保证玉米销售和配合饲料价格稳定,农民从种植业和养殖业中受益。

表 1-4 安徽省阜阳地区 1995 年主要作物投入产出比

项目	亩 投 入(元)							亩产出(元)			投产比	纯收益 (元/亩)
	种子	化肥	农药	灌溉	机耕	用工	小计	主品	副品	小计		
小麦	37.5	64.0	15.0	10.0		24	185.5	642.4	60.0	522.4	1:2.82	336.9
玉米	24.0	37.0	5.0	10.0	25.0	24	100.2	499.8	71.4	571.2	1:5.70	471.2
甘薯	30.0	35.2	5.0	—		24	94.0	442.4	67.2	505.6	1:5.38	411.6
大豆	19.2	4.5	8.0	—		20	51.0	318.0	21.2	339.2	1:6.65	287.5
水稻	24.0	67.0	60.0	60.0		40	251.4	735.0	98.0	833.0	1:3.31	581.6

※ 1. 化肥: 碳铵 0.6 元/公斤; 磷肥 0.56 元/公斤; 用工 4 元/日

2. 播量: 小麦 12.5 公斤; 玉米 3 公斤; 大豆 6 公斤; 水稻 1.5 公斤

第四, 适应玉米进出口调剂余缺的需要

中国长期是一个玉米进口国, 70 年代每年进口玉米 400 ~ 500 万吨。80 年代玉米产量增加; 1984 年中国玉米开始进入国际市场, 每年出口玉米 500 ~ 600 多万吨, 1992 年增至 1 000 万吨, 成为世界玉米重要出口国家之一。但中国每年仍需进口一部分玉米调剂余缺。例如东北地区出口部分玉米以换取农用生产资料; 南方进口部分玉米供作饲料。今后仍将适应这种形势, 接轨国际市场。

第三节 高产栽培技术的新成就

90 年代以来, 中国玉米高产栽培有突破性进展。高产栽培技术的经验和成就概括为: 现代科学技术与传统精细农艺结合, 以推广高产、抗病、杂交种为突破口, 增加物质投入和种植密度, 改进施肥和灌溉技术, 扩大覆膜栽培面积和改革耕作制度(或称一换、二增、三改综合配套技术)综合组装适用技术, 充分发挥玉米的增产潜力和栽培措施的综合效应。

一、选用高产、抗病、耐密的杂交种

据佟屏亚等(1990)研究, 高产杂交种在玉米增产诸因素中起

20%~24%的作用。90年代玉米品种更换的特点是,随着肥水条件的改善,耐密抗倒的紧凑型玉米逐步代替了一部分平展叶型玉米。紧凑型玉米表现为株型紧凑,叶片上冲,茎基坚韧,适宜密植,在生产上大面积推广应用,给玉米栽培理论和生产技术带来新的变化。它有3个明显的特点:一是透光性好。平展型玉米总光合势在12万~14万 $\text{米}^2 \cdot \text{日}/\text{亩}$,紧凑型玉米总光合势在18万~20万 $\text{米}^2 \cdot \text{日}/\text{亩}$ 。二是群体叶面积指数较高。平展型玉米叶面积指数一般为3.5,最多不超过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左右,青秆绿叶,活秧成熟。三是生物学产量高,经济系数高。平展型玉米每亩生物学产量最多在1200~1400公斤,经济系数在0.35~0.40;而紧凑型玉米生物学产量多在1800~2000公斤,经济系数在0.50以上。这些优良性状为玉米高产创造了条件。如河南省温县采用紧凑型玉米掖单12号,22万亩夏玉米平均亩产604.5公斤,加上前茬小麦亩产412.2公斤,两作合计1016.7公斤,成为黄河以北第一吨粮县。山东省淄博市大力推广紧凑型玉米,1995年全市160多万亩玉米平均亩产超过千斤。

二、增加种植密度,提高光能利用率

玉米籽粒产量是由每亩穗数、每穗粒数和粒重三要素构成。这些性状均受种植密度的影响,适当增加种植密度是发挥玉米杂交种增产潜力的重要环节。但密度要有一个合理的界限,并不是愈密愈好。密植给产量结构带来3个变化:一是密度与穗数的关系。紧凑型玉米随着密度的增加,密度与穗数呈直线相关。可用 $y = a + bx$ 方程表述;平展型玉米的穗数随密度增加而增加的很少,最后表现为一定值,可用 $y = x/a + bx$ 方程表述。二是密度与穗粒数的关系。穗粒数总是随密度增加而降低,但每亩粒数在一定范围内与产量呈正相关,当超过一定值之后,产量下降。三是密度与粒重的关系。两者均呈负相关。但粒重对密度的反应在不同品种之间有差别,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,可用 $ae^{-bx + \ln x}$ 方程表述;另一种是非常态曲线。可用 $y = HW^h$ 表述。