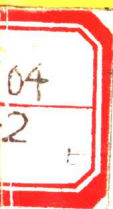


全国“星火计划”丛书



紧凑型玉米 高产栽培的 理论与实践

陈 国 平 李 伯 航 主 编



业出版社



紧凑型玉米高产栽培的 理论与实践

陈国平 李伯航 主编

中国农业出版社

紧凑型玉米高产栽培的
·理论与实践

陈国平·李伯航 主编

* * *

责任编辑 张兴瓚

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 北京市通县京华印刷制版厂印刷

787×1092mm32 开本 12.5 印张 269 千字

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月北京第 1 次印刷

印数 1—3300 册 定价 19.00 元

ISBN 7-109-04040-2/S·2522

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

编 者 的 话

紧凑型玉米是近几年在我国新崛起的一种品种类型。它是理想株型育种的产物，其主要特点是植株下部叶片平展，中上部叶片倾于直立，因此，群体的透光性好，在单位土地面积上可容纳更多的植株，每亩比平展型玉米多种 1000—1500 株，多 1—2 个叶面系数，因而能更充分利用光能，生产更多的干物质。

由于紧凑型玉米具有耐密增产的优点，农业部 1990 年连山东莱州会议上决定“八五”期间在全国推广紧凑型玉米一亿亩，增产玉米 100 亿 kg，以此作为 90 年代重点抓玉米的一项重大举措。

但是，除黄淮海平原外，紧凑型玉米对全国多数地区而言还是一项新生事物。人们对它的生育特性、增产机理尚不够了解，高产栽培技术还不够系统和配套，很难做到良种良法配套推广。因此，系统地介绍紧凑型玉米的生育规律及相应的高产栽培技术甚有必要。我们衷心地希望，通过此书的出版，能对推动全国紧凑型玉米的推广起到一定的作用。由于作者水平有限，错误和不足在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

1994 年 9 月

目 录

序

第一章 推广紧凑型玉米的理论依据及实践意义	1
第一节 一项重要的生产决策	1
第二节 株型改良在干物质积累中的作用	3
第三节 科学试验的论证	6
第四节 生产实践的考验	11
第五节 因地制宜采用不同株型品种	14
第二章 紧凑型玉米的生长发育规律	17
第一节 个体发育状况	19
第二节 叶面系数发展动态	21
第三节 光合势发展动态	22
第四节 干物质的积累	24
第五节 籽粒灌浆过程	27
第六节 产量及产量构成要素	29
第三章 紧凑型玉米的群体光合特性	36
第一节 玉米群体光合	36
一、玉米群体光合速率的变化动态	36
二、玉米群体光合速率的冠层分布	39
三、玉米群体光合速率与叶面积指数关系	42
四、两类玉米品种单叶光合与群体光合特性的差异	44
五、光照、二氧化碳与玉米群体光合	47

六、玉米群体光合速率与产量构成因素关系	53
第二节 玉米群体呼吸	56
一、玉米群体呼吸速率的变化动态	56
二、玉米群体呼吸速率的冠层分布	57
三、玉米群体呼吸速率与叶面积指数关系	59
四、玉米群体呼吸与干物质积累和分配关系	60
第四章 杂交种的选育、常用杂交种介绍及制种技术	66
第一节 推广杂交种的作用	66
第二节 紧凑型品种的选育	67
第三节 常用紧凑型杂交种介绍	70
第四节 紧凑型玉米杂交种优质高产制种技术	75
第五章 群体密度及光能利用	103
第一节 合理增加密度是玉米高产的必由之路	103
一、玉米种植密度的发展概况	103
二、玉米适宜密植的主要特点	104
第二节 群体密度与产量构成因素	113
一、群体密度与穗数	114
二、群体密度与粒数	115
三、群体密度与粒重	119
四、产量构成因素的主次关系	122
第三节 密度压力与干物质生产	123
一、拥挤效应	123
二、密度压力与个体生产力	126
三、密度压力与群体库源关系	128
四、群体干物质生产	131
五、光合产物的运转与分配	135
第四节 群体内光分布与光能利用	138
一、群体内光通量密度	138

二、群体密度与光分布	139
三、群体密度与光能利用	142
第五节 紧凑型玉米合理密植的原则与技术	146
一、合理密植的原则	146
二、合理密植技术	149
第六章 矿质营养与施肥技术	153
第一节 玉米的需肥量	154
一、产量水平与需肥量	155
二、品种特性与需肥量	157
三、土壤肥力与需肥量	159
四、施肥与需肥量	159
五、气象因素与需肥量	161
第二节 大量元素吸收规律	162
一、玉米各生育时期对氮、磷、钾的吸收	162
二、不同品种氮、磷、钾吸收特性	166
三、不同年际间氮、磷、钾吸收变化	168
四、施肥对氮、磷、钾吸收的影响	171
第三节 常量和微量元素吸收规律	171
一、常量元素吸收规律	171
二、微量元素吸收规律	176
第四节 矿质元素在器官间的分配与转移	180
一、大量元素的分配与转移	182
二、常量元素的分配与转移	185
三、微量元素的分配与转移	187
第五节 玉米需肥诊断和施肥技术	192
一、需肥诊断指标	193
二、施肥量和施肥效应	204
三、施肥的技术原则	208
四、提高肥料利用率的途径	210

第六节 施肥对玉米籽粒品质的影响	214
一、氮肥对玉米籽粒品质的影响	214
二、磷肥对玉米籽粒品质的影响	218
三、钾肥对玉米籽粒品质的影响	219
四、氮、磷、钾肥配合施用对玉米籽粒品质的影响	220
五、微量元素肥料对玉米籽粒品质的影响	222
第七章 需水、降水与灌溉	229
第一节 玉米的需水特性	229
一、玉米的需水量	229
二、玉米需水动态	246
第二节 玉米旱害	258
一、玉米的抗旱机理	258
二、干旱对玉米生长的影响	267
三、干旱对玉米产量的影响	271
四、提高玉米抗旱性的途径和措施	275
第三节 降雨条件与灌水时期	279
一、高产玉米土壤水分适宜指标	279
二、降雨与灌水时期	284
三、不同生育时期灌溉的增产效果	290
第四节 玉米涝害	291
一、玉米的涝害机理	291
二、不同生育时期涝害对生长发育的影响	295
三、涝害对玉米产量的影响	301
四、影响涝害的因素和防涝措施	303
第八章 新技术在玉米生产上的应用	310
第一节 ABT 生根粉	310
一、增产效果和经济效益	310
二、增产的生理生化机制	311
三、水分胁迫条件下生根粉对抗旱性的影响	316

四、生根粉对玉米生长发育的影响	321
五、应用技术	325
第二节 抗蒸腾剂在玉米上的应用	332
一、抗蒸腾剂的类型	332
二、抗蒸腾剂的作用机理	333
三、应用抗蒸腾剂的理论依据	335
四、抗蒸腾剂对玉米的效应及评价	337
第九章 玉米地膜覆盖栽培	343
第一节 地膜覆盖的生态效应	343
一、土壤增温效应	344
二、土壤水分效应	346
三、改善土壤物理性状	348
四、促进微生物活动和养分分解	351
五、增强田间光照强度	355
六、抑制土壤返盐、抑制杂草、减少虫害	356
第二节 地膜覆盖的生物学效应	357
一、覆膜促进玉米生长发育	357
二、覆膜玉米群体光合性能	365
三、覆膜产量效应	368
第三节 地膜玉米栽培技术	370
一、选地整地及盖膜	370
二、品种选用及种子处理	376
三、确定合理的密度	379
四、播种和田间管理	380

第一章 推广紧凑型玉米的理论依据及实践意义

(北京市农林科学院 陈国平)

第一节 一项重要的生产决策

农业部根据全国杂交玉米专家顾问组的建议,决定 90 年代在全国突出抓一下玉米生产。之所以决定这样做,其主要理由有二:一是根据历史的经验,确定在某一特定时期抓一下重点作物,比较容易取得成效。如农业部 70 年代重点抓小麦,80 年代重点抓杂交水稻,都收到显著的成果,对玉米生产也应该借鉴以往的工作经验。二是玉米是具有巨大增产潜力的高产作物。1990—1991 年我国粮食生产连续获得丰收,两年粮食总产平均为 4435.4 亿 kg,比 1984—1986 年三年的平均 3926 亿 kg 增加 509.4 亿 kg,其中播种面积只占粮食总播种面积 18.8% 的玉米,产量就增加了 289 亿 kg,占粮食总增产量的 56.7%,可见其增产作用之大。

国内无数事实也证明,只要认真抓玉米,在短期内均可收到明显的增产效果。北京市把 1990 年定为玉米年,上下齐心抓玉米,结果这一年玉米平均亩产比上一年增加 46kg,1991 年又比 1990 年增加 26.8kg。山东省 1990 年玉米平均每亩玉米增产 38kg,1991 年又增产 34kg,两年总产增加 36.4

亿 kg。据 1989 年的统计，全世界玉米平均亩产比小麦高 83.1kg (52.3%)，比水稻高 11.3kg (5%)。再从小面积高产纪录来看，也是玉米最高。世界小麦最高产纪录是 1013kg (1978, 中国)，水稻是 1014.8kg (1983, 中国)，而玉米是美国伊利诺依州农民华索，1985 年在 7.1 亩地上创造了 1548.3kg。1989 年我国 3 亿多亩玉米平均亩产 248kg，居世界第 29 位，距最高产纪录相差甚远，增产潜力很大。从 1949 年到 1979 年，北京市玉米平均每年每亩增产 5kg，1980 年北京市政府成立了玉米顾问团，加强了对玉米生产的领导和科学指导，1980—1993 年玉米平均每年每亩增产 18kg。可见，只要思想上重视玉米的增产潜力，行动上认真落实关键措施，玉米产量就肯定能很快提高上去。

目前我国出现的粮食紧缺问题，实质上就是玉米紧缺的问题。因为目前我国所产小麦、水稻数量，基本上能满足全国人民口粮的需要，所缺少的就是玉米饲料。随着人民生活水平的提高，对肉、蛋、奶、鱼等蛋白质副食品提出了更高的要求，而这些副食品都需要用玉米作饲料来转化。这个问题在我国长江以南地区表现尤为突出。江苏、上海、浙江、福建和广东等经济发达地区，人民对肉、蛋、奶、鱼的消耗量很大，但在这些地区恰恰又非常缺乏玉米作配合饲料，人们或被迫从北方调运玉米，或用经济价值较高的大米作饲料，而每公斤玉米的饲料价值又相当于 1.5kg 稻谷，可见用大米喂猪是一个巨大的浪费。再者，我国多数老、少、边、穷贫困地区，群众多数以玉米为主粮，因此，发展这些地区的玉米生产，对解决群众温饱的问题，也有重要的意义。

1990 年农业部在山东省莱州市召开了全国玉米生产会议，会上决定把推广紧凑型玉米品种作为 90 年代突出抓玉米

的重大措施,计划1991—1995年在全国推广紧凑型品种1亿亩,争取增产玉米100亿kg。

众所周知,玉米籽粒产量是叶片光合作用活动的结果,紧凑型玉米由于它的株型结构特点,在同等栽培条件下,可以比平展型玉米每亩多种1000—1500株,因而可以扩大叶面积和增加光合势,从而可以积累作为产量形成基础的干物质和提高产量。再者,密度是诸项玉米增产措施的龙头,通过更换紧凑型品种可以带动其它栽培措施的革命,用紧凑型品种代替平展型品种后,密度增加了,相应就要增加肥水的投入,从而把玉米的整个栽培技术提高到一个崭新的高度。

在作出推广1亿亩的紧凑型品种后,农业部成立了全国紧凑型玉米试验、示范、推广协作组,各省市也纷纷开展了这项工作。1991年全国紧凑型玉米已推广到8610万亩,比1989年增加3000多万亩。

第二节 株型改良在干物质积累中的作用

作物生产的本质是利用叶片的光合作用功能,把太阳能转化成贮藏于干物质中的化学能。籽粒产量不是别的东西,而正是分配到籽粒部分的光合产物——干物质。原苏联著名的生理学家A. A. 尼奇波罗维奇把作物产量的形成概括如下列公式:

$$\text{经济产量} = \text{生物学产量} \times \text{经济系数}$$

提高生物学产量或经济系数中的任何一个要素,都能提高产量。简而言之,增产的根本途径无非是尽量提高生物学产量,并使干物质尽可能多地分配到籽粒部分去。产量和干物质总产量及经济系数都呈正相关关系,但产量和干物质总

产量的相关更密切, $r=0.9731^{**}$ 。在经济系数 0.48—0.5 的情况下, 在一定范围内, 干物质产量越高, 籽粒产量也就越高。干物质产量 750.5kg 时籽粒产量 325kg/亩; 干物质产量 1122kg, 籽粒产量 616.5kg/亩; 干物质产量 2319.6kg, 籽粒产量为 1227.1kg/亩。产量和干物质重的相关方程式是: $y=95.65+0.5968x$ (陈国平, 1994)。

干物质既然是产量形成的物质基础, 人们总是企图通过增加干物质生产来提高产量。人类增加干物质生产的斗争大体可分为三个阶段:

第一个阶段, 一般发生在产量较低的时期, 在我国, 相当于从新中国成立初期到 70 年代初这个阶段。在这一时期中, 由于地力低, 灌溉条件差, 玉米的种植密度不可能太大, 农民形象地说: “稀八百, 稠一千”, 又说: “玉米地里卧下牛, 还嫌玉米长得稠”。新中国成立初期, 用的都是高大的农家品种, 地力低, 肥水条件又差, 每亩玉米只能种 800—1000 株。假设单株最大叶面积为 $0.8m^2$, 最大叶面系数也只不过 0.96—1.2, 造成大量光能漏射地面而浪费掉。

在这一阶段, 人们注意增施化肥, 改善灌溉条件和改良品种以增加种植密度。到了 70 年代初, 种植密度增加到 3000—3500 株, 假设单株最大叶面积为 $0.75—0.78m^2$, 最大叶面系数达到 3.5—4, 这样光能利用率就提高了一大步。

第二个阶段, 发生在中产水平时期, 相当于 70 年代初期到现在。在这一时期中, 肥水条件虽有显著的改善, 但是, 采用的都是平展型的品种, 种植密度和叶面系数都到了极限, 进一步密植势必增加叶片的相互遮光, 从而恶化整个群体的光照条件。

为了进一步扩大叶面系数和提高光能利用率, 玉米育种

学家，提出了理想株型育种的设想。所谓理想株型，指的是下部叶片平展，中上部叶片倾于直立，并具有较小雄穗。经过育种学家的不懈努力，70年代初出现了白单号第一代紧凑型杂交种，但可惜由于这批品种不抗病而未能在生产上推广开来。到了70年代末，随着紧凑型自交系黄早四的育成，培育成早熟、抗病的杂交种京早7号，在京、津、河北推广面积达1200万亩，在生产上起了很大作用。接着，到了80年代中后期，随着紧凑型自交系的育成，在山东莱州、烟台地区培育出掖单4、掖单2等系列品种，并成为我国目前玉米生产上的主栽品种。

紧凑型品种有别于平展型品种的主要特点是，下部叶片平展，中上部叶片倾于直立，茎叶夹角较小。因此，太阳光比较容易从冠层的顶部透射到群体的中下部，因而能耐密植。据山东省试验，平展型中单2号亩种3500株时，单株产量为102.5克，而紧凑型的烟台14和鲁玉4号每亩种到5000株，单株产量仍可达到110克（莱阳农学院，1988）。据徐庆章（1988）试验，平展型沈单7最高产的密度是每亩3500株，而紧凑型掖单4的最高产密度为6000株。总之，在中上等地力水平下，紧凑型品种每亩可种到4500—5500株，每亩比平展型多种1000—2000株，这样就使最大叶面系数由过去公认的3.4—4增加到5—6，大大提高了光能利用率和干物质产量。所以，紧凑型品种的育成，使干物质积累又提高到一个新水平。

第三个阶段，发生于目前少数的玉米高产县和高产地块。当玉米的种植密度达到5000—5500株，最大叶面系数扩大到5—6，对光能的利用都已达到了极限，进一步增加密度只能增加叶片的相互遮光，恶化群体的光照条件，最后终因单株

产量降低过多而导致减产。在这种情况下，进一步提高干物质产量主要靠提高单位叶面积的光合效率。事实上，在玉米不同品种之间，光合效率存在着巨大的差异。Heichel 测定不同杂交种的光合效率，结果发现光合效率低的只有 $21\text{mg}/\text{dm}^2$ ，高的可达 $85\text{mg}/\text{dm}^2$ 。赵化春等测定灌浆期间光合强度同土壤田间持水量关系，结果如下：水分占田间持水量 50%，光合强度为 $10.1\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ ；占 70% 的为 $12.2\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ ；占 74% 的为 $20.2\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ ；占 87.5% 的为 $23\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ 。

在生产中我们也不难发现，同一品种掖单 13，同样每亩种 5300 株，叶面系数都可达到 5—6，但由于栽培条件不同，有的亩产 400kg，有的却可达到 1225kg，这不应该归诸于叶片光合效率的不同吗？

目前我国的玉米生产正处于干物质积累三个阶段相互交叉的时期，在少数玉米亩产低于 300kg 的低产区，改善肥水条件以增加种植密度仍然是主要矛盾。而在多数玉米产区，则正处于由平展型品种向紧凑型品种过渡的阶段。就地域而论，主要分布在黄淮海平原、东北和西北内陆灌区，这也正是紧凑型品种的主要推广地区。少数玉米亩产达到 600kg 以上的千斤县和高产地块，紧凑型品种基本上普及，每亩种植密度已达 5000 株以上，进一步提高产量，不是依靠继续提高密度，而主要应靠提高叶片的光合效率。从产量结构的角度看，则是要在稳定合理亩穗数的基础上，主攻穗粒数和千粒重。

第三节 科学试验的论证

鉴于对株型在提高玉米产量中的作用目前学术界尚存在着争论，一些学者布置了专门的试验来回答这个问题。

S. R. Winter 和 A. J. Ohlrogge (1973) 用同一基因型的品种, 在不同种植密度下, 研究改变株型对籽粒产量的影响。他们用人为调整的方法设法把平展型的中上部叶片吊起来, 造成两种株型结构: 平展型茎叶夹角 45° , 紧凑型茎叶夹角 $10-15^{\circ}$, 试验结果列于表 1-1。

表 1-1 不同密度下茎叶夹角对产量的影响

(S. R. Winter 和 A. J. Ohlrogge, 1973)

年份	密度 (株/ha)	叶面系数		产量 (kg/ha)		紧凑型为平 展型%
		全期	最大	平展	紧凑	
1968	44500	2.3	2.4	7790	7310	93.8
	64250	3.0	3.2	9360	9180	98.0
	84000	3.8	4.1	9480	9350	98.7
	103750	4.3	4.7	8730	9520	109.1
1969	59000	4.1	4.6	10140	10310	101.7
	64000	4.4	4.9	10390	10220	98.4
	69000	4.7	5.2	10060	10730	106.7
	74000	5.0	5.5	10310	10990	106.6
	79000	5.2	5.7	10060	10990	109.2
	84000	5.5	6.1	9550	10900	114.2
1970	64000	4.4	4.9	10560	10390	98.3
	84000	5.8	6.5	9980	11180	112.0

由于试验中采用的是同一品种, 因而排除了品种配合力的干扰, 试验结果完全可以反映株型所起的作用。

从表 1-1 看出, 株型的作用因种植密度和叶面系数而异。在最大叶面系数低于 3—4 的情况下, 紧凑型对光能的利用不