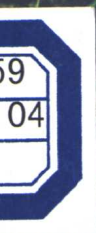




紧凑型玉米 高产理论与技术

吴远彬 主编



 科学技术文献出版社

紧凑型玉米高产 理论与技术

主 编 吴远彬

副 主 编 栗铁中 佟屏亚 程映国

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王庆成	王空军	王积军	王俊忠
方继友	刘开昌	李少昆	李伟华
李朝霞	李增嘉	李潮海	关义新
陆卫平	杨春英	陈常兵	苟小红
周苏玫	张 毅	张智猛	金达生
金晓华	郝建平	贾振业	章履孝
董树亭	戴法超		

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

紧凑型玉米高产理论与技术/吴远彬主编. -北京:科学技术文献出版社,1999.9

(农民快速致富丛书)

ISBN 7-5023-3417-3

I. 紧… II. 吴… III. 玉米-栽培 IV. S513.048

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 43737 号

出 版 者:科学技术文献出版社

图 书 发 行 部:北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图 书 编 务 部:北京市西苑南一院东 8 号楼(颐和园西苑公汽站)/100091

邮 购 部 电 话:(010)68515544-2953, (010)68515544-2172

图书编务部电话:(010)62878310, (010)62878317(传真)

图书发行部电话:(010)68514009, (010)68514035(传真)

E-mail:stdph@istic.ac.cn; stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:王 琦

责 任 编 辑:聂翠蓉

责 任 校 对:李正德

责 任 出 版:周永京

封 面 设 计:樊征宇

发 行 者:科学技术文献出版社发行 新华书店总店北京发行所经销

印 刷 者:三河市富华印刷包装有限公司

版 (印) 次:1999 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:850×1168 32 开

字 数:232 千

印 张:8.625

印 数:1~3000 册

定 价:11.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

紧凑型玉米及配套技术是国家科委、农业部“八五”、“九五”期间下达的重点技术推广项目。本书由从事玉米科研、教学和推广的专家教授执笔,内容主要包括两部分,第一部分(第一章~第六章)阐述了紧凑型玉米的生物学特性、生长发育规律等;第二部分(第七章~第十一章)介绍了与紧凑型玉米配套的高产栽培技术,如间套复种理论与技术、覆膜栽培原理与技术等。另外,第十二章还比较系统地介绍了南方玉米的发展与高产技术。全书既有高产理论,又有实用技术,而且两者有机地结合,是目前最新的紧凑型玉米专著之一,具有较强的指导性。

本书适用于广大农技推广人员和农业院校师生参阅。

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合性出版机构,主要出版科技政策、科技管理、信息科学、农业、医学、电子技术、实用技术、培训教材、教辅读物类图书。

前 言

玉米是我国重要的粮食、饲料、经济兼用作物,在国民经济和人民生活中的地位日益重要。近几年来我国玉米种植面积在 3.5 亿亩以上,总产 1 200 亿公斤左右,面积与总产分别占我国粮食作物 21 % 和 24 %,仅次于水稻、小麦,是我国三大粮食作物之一。80 年代以来,随着人民生活水平的提高和畜牧业的发展,对玉米的需求一直呈增长趋势,而且玉米还有一个重要特点,即“丰年可供饲,歉年可转粮”。一般年份 70 % 以上的玉米直接或间接供作饲料。因此,发展玉米有着广阔的前景。

杂种优势利用在玉米增产中发挥了重要作用。我国自 60 年代后期开始推广玉米杂交种,到 90 年代杂交种应用面积已达到玉米总面积的 90 % 左右,使玉米单产有了大幅度的提高。我国培育的紧凑型杂交玉米,植株紧凑,下部叶片平展,中上部叶片直立,透光性好,适宜密植,每亩株数可比平展型玉米多 1 000 ~ 1 500 株。经各地示范种植,增产效果显著,一般每亩增产 70 ~ 100 公斤。“八五”期间,农业部组织大力推广紧凑型玉米,使紧凑型杂交玉米种植面积从“七五”末的 5 000 万亩迅速扩大到“八五”末的 1.4 亿亩,仅此一项,可年增产玉米 100 多亿公斤。

“九五”期间,原国家科委和农业部将“紧凑型玉米及配套技术”列入国家重中之重推广项目,在全国推广取得显著效益。为配合项目的执行,进一步促进紧凑型玉米及配套技术的推广应用,国家科技部发展计划司和全国农业技术推广服务中心共同组织从事玉米研究、教学、推广方面的专家教授编著了《紧凑型玉米高产理论与技术》

一书。

本书共十二章,论述了紧凑型玉米生理特点、生育特性、高产理论以及配套技术等,是对我国紧凑型玉米先进栽培技术的总结和概括,具有较高的理论水平和实用价值,适宜广大农技推广人员和农业院校师生学习参考。

由于编写时间仓促,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1999年8月8日

目 录

第一章 紧凑型玉米的选育与发展	(1)
第一节 关于玉米理想株型的酝酿	(1)
第二节 紧凑型玉米的选育及其成就	(6)
第三节 紧凑型玉米形态生理特点	(9)
第四节 紧凑型玉米优良品种	(14)
第二章 紧凑型玉米的生长发育规律	(18)
第一节 玉米生育时期与阶段	(18)
第二节 玉米的器官建成	(21)
第三节 影响玉米生长发育的环境因素	(41)
第三章 玉米种子生产与良种选择	(46)
第一节 高产优质紧凑型玉米杂交种的繁育	(46)
第二节 种子加工、检验	(56)
第三节 紧凑型良种的选择和引种	(64)
第四章 玉米光合特性与合理密植	(66)
第一节 单叶光合作用特点	(66)
第二节 群体光合作用	(70)
第三节 光合产物的消耗与分配	(76)
第四节 群体密度与光能利用	(82)
第五章 玉米的营养与施肥技术	(98)
第一节 玉米的氮素营养	(98)
第二节 玉米的磷素营养	(102)
第三节 玉米的钾素营养	(105)

第四节	玉米的微量元素营养·····	(109)
第五节	玉米科学施肥的原则与技术·····	(112)
第六节	微生物肥料·····	(117)
第六章	玉米需水规律和水分管理·····	(120)
第一节	玉米需水规律·····	(120)
第二节	玉米对于干旱胁迫的反应及其生理调节作用·····	(133)
第三节	玉米的灌水效应和节水灌溉技术·····	(139)
第七章	玉米高产栽培技术的综合运筹·····	(148)
第一节	玉米高产群体的主要特征·····	(148)
第二节	玉米高产栽培技术的调控·····	(159)
第八章	玉米间套复种理论与技术·····	(171)
第一节	玉米间套复种的概念及其效益评价·····	(171)
第二节	玉米间套复种增产机理·····	(177)
第三节	玉米间套复种的主要模式·····	(184)
第九章	旱作玉米生产原理与技术·····	(196)
第一节	我国旱作玉米的生态条件·····	(196)
第二节	旱作玉米生产原理·····	(199)
第三节	旱作玉米耕作栽培技术·····	(206)
第四节	化学制剂在旱作玉米上的应用·····	(217)
第十章	玉米覆膜栽培理论与技术·····	(220)
第一节	地膜玉米发展及其意义·····	(220)
第二节	地膜玉米生长和发育特点·····	(222)
第三节	玉米地膜覆盖栽培技术·····	(227)
第四节	残膜污染及回收利用·····	(235)
第十一章	玉米病虫草鼠害防治·····	(237)
第一节	病害·····	(237)
第二节	虫害·····	(242)
第三节	草害·····	(249)
第四节	鼠害·····	(252)

第十二章	南方玉米综合开发的策略与措施·····	(254)
第一节	自然条件和玉米生产的发展·····	(254)
第二节	发展玉米生产的必要性和可行性·····	(256)
第三节	南方玉米综合开发的策略·····	(258)
第四节	玉米高产稳产栽培技术·····	(261)

第一章

紧凑型玉米的选育与发展

50年代以来,我国玉米品种经过多次更换:从农家品种到综合杂交种、三交种、双交种和现今广泛种植的单交种,每次品种更换都促进了玉米生产的发展。90年代玉米以紧凑型品种代替了部分平展型品种,对玉米的科学研究和产量增长均起到了重要作用。

第一节 关于玉米理想株型的酝酿

农作物的株型改良历来为育种家所关注。60年代,育种家注意作物株型在空间的几何结构(Evans, 1973),以单株形态作为选择依据。1986年Donald正式提出理想株型(ideotype)的概念。自此育种家把作物群体水平的表现作为选择的基础,综合考虑形态和生理特性,重视基因型与环境的相互作用,改善影响光合作用、生长发育和产量构成的各种因素。其中Mock(1975)最早针对玉米设计了一种理想株型。但正如Sinha等(1984)指出,Donald及其后人某些作物的理想株型育种,偏重的仍然是作物形态的改进,进展并不突出。强调理想株型育种应包括形态、生理、生态三个方面的结合,重视协调个体间矛盾,使群体内竞争最小,能充分利用周围环境资源。

当代玉米育种是以杂种优势利用为理论基础的,其中形态、生理上的杂种优势表现,在选择过程中已经受到充分注意。Dewick

(1977)、Russell(1978)总结了玉米株型方面的改进:如根和茎质量、叶角大(指叶片与水平方向的夹角,以下同)、叶片上举、叶片抗衰老能力、保绿度等对增产有重要作用。Crosbie(1983)列举了40~70年代间美国玉米单交种生理性状的改进,认为近代玉米品种在有关“源”的性状(幼苗生长势、单株叶面积、穗位以上和以下的叶角、保绿度)多数得到改善,尤其是叶角和保绿度。在有关“库”和“分配”性状(抽雄与吐丝间期、单株粒数、粒重、灌浆速率、灌浆天数)也得到了较大的改进。但在 CO_2 交换率(有关“源”的性状)和收获指数(有关“分配”性状)没有明显提高,收获指数还略有下降。

玉米是典型 C_4 作物,以单株或单叶测定,有很高的光合强度,最高值可达0.89毫克 CO_2 /厘米²·小时(Baker, 1964);在10万勒克斯光强下未达到光饱和点,光补偿点在1400~8000勒克斯范围内(Hesketh, 1967; Moss, 1971), CO_2 补偿点为 5×10^{-6} 左右。这些是玉米在长期自然进化过程中形成的,但从理想株型角度看,玉米育种仍有较大的游刃之处。

玉米育种家着重从以下几方面改进株型。

一、提高截光能力

玉米冠层截光能力直接影响光合作用效率。据Duncan(1972)模拟计算和Allison(1979)试验,玉米叶面积指数在4.0和5.8时,截光能力可在90%以上。截光能力受叶面积指数影响最大,随着叶面积指数的上升,截光能力开始几乎呈线性增长;当叶面积指数上升到4~5后,呈曲线上升,并逐渐趋于平缓。平缓的程度因基因型和构成的冠层结构而异。据此特点可以从3个方面提高截光能力:①Duncan(1975)认为截光能力与光化学反应有关,可从光反应差异来选育高截光能力的基因型。②从时间上尽早使群体最大和最适叶面积出现。理想的基因型应在幼苗期、拔节期有较强的生长势、较快的出叶速度和叶片生长速度,而且叶片保持较长的功能持续期。由于

保绿度综合反映了叶片功能持续期、耐逆境和氮代谢的能力(Sherard & Hageman 1984),加之容易测定,可作为玉米育种的重点选择指标。③从空间上有利于群体对光的截获。在光的矛盾未激化之前,即幼苗期以及拔节期前出生的叶片,应宽、长且叶角小,平面能截获较多的光。而上部的叶片宜短小狭长,穗位以上叶片不宜过多,一般6~7片乃至更少,使穗位及相邻叶片截光较多;雄花序小而花序集中,使遮光(最大可达19%,Duncan 1967)尽可能地减少。

二、改善群体内光分布

阳光辐射到玉米群体冠层有4种分配:反射光、透射光、间隙光和漏射光。被冠层反射掉的反射光占10%~30%(Yocum等,1964)。到达地面的称漏射光,为10%~20%。透射光是指穿透叶片的光,从叶片间隙透过的光为间隙光。玉米冠层的光合效率为3%~7%(Hatfield,1976;Moss,1961;Lemon,1964)。理想株型设计应着力协调间隙光和透射光的均匀分布。

透射光、间隙光在群体内的变化,符合Monsi-Seaki的 $I_F = I_{0e}^{-KF}$ 方程。对某个地域来说,入射光强 I_0 。相对比较稳定,高产栽培要求叶面积指数 F 一般在5左右,也就是说 $I_0 \cdot F$ 相对稳定。因此群体内某处光强 I_F ,相对地取决于消光系数 K 。

$$K = \frac{1}{\sin \alpha} \left[\frac{F'}{F} \right] \theta \cdot \beta$$

从式中可得出,随着叶片茎叶夹角 θ 变小, K 值也变小。其余因素如太阳入射角 α 、叶面积 F 、叶面积在水平面上的投影 F' 等,在株型育种上均难以变动。因此,改变叶角、减小消光系数 K 值较为现实。然而叶角越大,截光能力越低(Duncan,1972)。换言之,叶角在影响消光系数和截光能力这两个重要参数上是矛盾的。为了权衡叶角在株型育种上的实际效果,前人对叶角与产量的关系作了不少研究,Trenbath等(1975)总结了这方面的研究结果。总的来说,叶角

大的上举叶片对玉米产量是有益的。Pendleton(1968)认为,穗位以上叶片斜举要比全部叶片斜举增产更为显著。Pepper 等(1977)进一步提出在玉米群体中不仅叶角、还有叶片下垂状况也会影响消光系数,为此提出了叶向值 LOV 的概念:

$$LOV = \sum_{i=1}^n [\theta(I_f/I)] \frac{1}{n}$$

式中: I_f ——叶片到最高处的长度;

I ——叶片全长;

n ——测定叶片数;

θ ——叶夹角。

据 Pepper 等研究,LOV < 30 度为紧凑型,LOV = 30~60 度为中间型,LOV > 60 度为平展型。叶向值与消光系数的相关值为 0.756。所以,要改善群体内光的分布,叶角和叶向值仍是改进的重点方面。

植株高度也影响到光的合理分布。理想的植株高度是把叶片层次拉开,叶层间有合理的间隙,发挥间隙光的调节作用。科学家曾利用 br_2 隐性矮秆基因,选育株高 1.5 米左右的矮秆玉米品种。据 Kempton(1921)、Stein(1955)、Scott(1969)等研究, br_2 基因并不减少茎秆的叶片数。众多叶片紧缩在 1.5 米的植株上显得过分集中。据山东省农业科学院研究,玉米叶面积指数为 4 时,株高 2.1 米群体的底部光强为自然光强的 1.84%。据此计算,底部的光强仍可达 1 472 勒克斯,在玉米光补偿点 1 400 勒克斯之上。看来,株高 2 米左右比较合理。色泽浓绿、较厚的叶片会减弱光的透射。虽然透射光与间隙光相比,在调节群体内光的分布上作用较小,但仍然值得注意。希望叶片较厚是支撑叶片直立、坚挺的重要条件之一;叶色较浓绿也是间接衡量叶绿素含量高的指标。田中明(1970)报道,当消光度(OD)未达到 0.6 前,随着叶绿素含量的提高,光合强度明显增强。当消光度达到 0.8 时,光合强度不再随之提高。据此看来,玉米的叶片也不是越厚越好,叶片颜色也决非越浓越好。

三、提高光合能力

上述改进玉米空间几何结构和受光态势的设计,在增加群体总光合量和收获指数方面应当尚有潜力(Austin, 1988; Nelson, 1988)。不过当群体叶面积指数已达 5 左右,无论提高截光能力还是进一步协调光的分布都难以明显奏效。看来进一步关注的方面是如何提高光合能力。Moss (1971) 和 Crosbie (1981) 用轮回选择法提高玉米 CO_2 的交换率,曾经分离出光合强度有差异的材料。Crosbie 的结果还证实通过 5 轮的轮回选择,每轮的光合强度大约能提高 5%,效果十分明显。遗憾的是尽管提高了光合强度,但没有因此提高产量。也可以这样认为,后人没有从提高光合能力来提高玉米的产量的事例。但是正如玉米育种家 Zuder (1983) 评论,光合能力的提高可能已经影响到根系、茎秆、叶片和穗,只是还没有大到足以影响产量的程度。理想株型育种还不能就此丧失提高光合能力的信心。

四、缓和和对光合产物的竞争

理想株型育种很关注物质流向。一般来讲,源(主要是叶片)和库在各自建立和发展过程中,在光合产物的需求上存在竞争。按 Sinha 的观点,理想株型育种就是要使群体内竞争达到最小。角田 (1984) 和国分 (1988) 以实验为基础分别对水稻和大豆从源、库发展的时空关系上,提出缓和竞争的株型设计。就玉米来说,也有类似的设计:从时间上加快叶片的前期生长量和生长速度,迅速形成最大、最适的叶面积,以避免或至少是减少建库、扩库所需养分高峰的重叠;又因为穗位及其相邻叶片制造源的能力对产量的形成甚为重要,因此从空间上针对雌穗体积、穗位高度、穗位以上叶片数、叶角、叶色、叶片大小及其厚度,进行一系列理想设计,尽可能满足穗位及其相邻叶片对光的需要。

五、不同层次叶片的光合潜力

理想株型希望上层叶片具有对高光强的适应能力,饱和光合强度要高,有耐光氧化特性;中部叶片在弱光下有较强吸收光能的特性,也就是说具有适应广幅光强的基因型。

第二节 紧凑型玉米的选育及其成就

一段时期以来,玉米育种家从几个方面设计了理想株型实施方案。一是发掘新的种质资源。从现有资源中发掘可供利用的基因(型),特别是在形态生理上具有特点的基因(型)。如光合强度高、光强适应变幅大、耐光氧化、硝酸还原酶活性高等。创造类型多样、遗传基础丰富、综合农艺性状优良、有特色株型的自交系;二是重视在高密度条件下选择。株型选择是让株型最优的某一部分个体进行繁殖。由于株型不是一个独立性状,而是玉米地上部器官,主要是叶片、茎秆、雌雄穗等形态、形体、大小方位分布、相互配置、生理性状等综合的总体概念。其中最重要的部分是无量级表示的性状,如“方位分布”、“相互配置”、“性状综合”,采用常用的选择响应(仅适用于单个性状选择)和选择指数(虽用于多性状选择,但多用于可用数量表示的性状)都不适合。因此建议用加大选择压(Selection Pressure)来解决。在人工选择下,若某地最适种植密度为每亩 4 500 株,再增加 10%(或 15%),即在 4 950 株密度下评价鉴定群体的表现,在加大选择压群体中选出的后代,再回到正常密度一般不易丧失它原有株型的特点。

我国紧凑型玉米育种始于 60 年代,其育种指导思想一开始就受高光效育种和理想株型育种的影响,它的发展是我国玉米育种的一个重要阶段。高光效育种的出发点是提高作物光合效率,降低能耗,

以此来达到增产的目的。理想株型育种则是从提高光能利用率入手,希望通过株型理想化来提高光能利用率达到增产的目的。

理想株型育种是一个笼统的概念,育种家对于什么样的株型才是理想型并无统一的看法。70年代初,玉米育种家利用无叶舌基因材料,从无叶舌植株叶片上冲直立受到启发,逐步提出紧凑株型育种,并主张株型育种和产量育种一定要结合;同时对紧凑型的标准进行了研究和探讨。株型育种和产量育种的结合,实际上就是高光效育种和理想型育种的结合。中国70年代株型育种初显端倪。1974年,北京市农林科学院率先育成了株型紧凑、叶片直立的玉米自交系黄早4,并以黄早4为亲本组配了一批玉米组合。1976年,烟台市农业科学研究所于伊主持用黄早4×Mo17组配烟单14;1982年,莱州市农业科学研究所吕华甫主持育成了株型紧凑、配合力高、抗倒伏、抗病力强的自交系U8112,进而选育出紧凑型玉米掖单4号;继之,莱州市玉米研究所李登海主持选育出掖107和掖478等高配合力的紧凑型自交系,组配了掖单2号、掖单11号、掖单12、掖单13等系列紧凑型高产杂交种。由于采取株型育种与高产栽培相结合的路子,不断改进株型,从1989年以来,由李登海主持连续多年创造出玉米亩产900~1000公斤的高产纪录,充分显示出紧凑型玉米的高产潜力。

紧凑型玉米的育成,对玉米育种和栽培研究均产生了重大影响。

在玉米育种方面,首先是影响育种目标。传统的玉米育种目标是单株大穗,换句话说,人们关心的主要是单株生产力的高低,希望在亩植3000株左右的密度下,以单株大穗来获取高产。紧凑型玉米品种则是以株型紧凑、增加密度、依靠群体产量来获取高产。因而紧凑型育种适当注重单株产量,而更注重群体产量。许多紧凑型品种的果穗多属中穗或中小穗,但在高密度条件下果穗减小并不明显,穗型表现均匀,因而群体产量提高。多数育种家已经充分认识到紧凑型品种的这一优势,确定以紧凑株型为玉米育种的首要目标之一。其次是选系密度。选系密度与大田种植密度有关。长期以来,玉米

的种植密度多在 3 000 株左右,80 年代略有增加,但也很少超过 4 000 株,与之相应,许多单位选系密度也在 3 000~4 000 株。而紧凑型玉米品种最适密度在 5 000~6 000 株,一般种植密度每亩 5 000 株。玉米耐密性与遗传特性有关,要使杂交种耐受高的密度,自交系也应有相应的耐密性。特别是在选系材料的早代,必须在高密度下选择以增加选择压力。因而许多育种家主张选系密度每亩在 5 000 株左右。三是对选系的抗倒性提出了新要求。随着种植密度的增加,玉米植株的倒伏现象加剧。人们真正注意抗倒性的问题是在掖单 4 号玉米推广以后。掖单 4 号由于具有较强的抗倒性而被誉为“铁秆玉米”。育种家在选系时注意抗倒性选择以后,育成的杂交种抗倒能力大大增强。

在玉米栽培方面,对基础理论和生产技术均产生影响。紧凑型玉米表现为株型紧凑,叶片上冲,茎基坚韧,适宜密植,和平展型玉米比较,它有 3 个明显的特点:一是透光性好。平展型玉米总光合势为 12 万~14 万米²·亩·日,紧凑型玉米为 18 万~20 万米²·亩·日。二是群体叶面积指数较高。平展型玉米一般为 3.5,最高不超过 4.0,成熟时多在 2.5 以下;而紧凑型玉米一般为 5.0,最高可在 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,植株青秆绿叶,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 1 200~1 400 公斤,经济系数在 0.35~0.40;而紧凑型玉米生物学产量最可达 1 800~2 000 公斤,经济系数在 0.5 以上。这些优良性状为玉米密植高产创造了条件。

紧凑型玉米的育成,为我国玉米扩大面积和提高单产创造了条件。据国家农业统计资料:1985 年全国紧凑型玉米种植面积不足 3 000 万亩,占玉米总面积的 11.2%;1990 年扩大到 5 600 万亩,占全国玉米总面积的 17.7%。1990 年 9 月国家农业部在山东省莱州市召开全国玉米生产会议,决定“八五”期间全国推广紧凑型玉米 1 亿亩,增产粮食 50 亿公斤。据 1995 年统计,全国种植紧凑型玉米面积达 1.4 亿亩,占玉米总面积的 32.5%,几近占杂交种面积的 1/2。在