

玉米高产理论与技术

YUMI GAOCHAN
LILUN YU JISHU

路海东 编著



西北农林科技大学出版社

非外借

玉米高产理论与技术

路海东 编著

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

玉米高产理论与技术 / 路海东编著. —杨凌 : 西北农林科技大学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-5683-0071-1

I. ①玉… II. ①路… III. ①玉米—高产栽培 IV. ①S513

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 286304 号

玉米高产理论与技术

路海东 编著

出版发行	西北农林科技大学出版社
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编:712100
电 话	总编室:029—87093105 发行部:87093302
电子邮箱	press0809@163.com
印 刷	陕西杨凌森奥印务有限公司
版 次	2015 年 12 月第 1 版
印 次	2015 年 12 月第 1 次
开 本	787 mm × 1092 mm
印 张	18.5
字 数	386 千字

ISBN 978-7-5683-0071-1

定价:38.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

前 言

玉米是重要的粮食作物、饲料作物和工业原料作物,具有较大的增产潜力。自2001年以来,玉米就已超过水稻和小麦成为全球第一大作物,并且这种超过幅度越来越明显。在我国,玉米已有400多年种植历史,与其他作物相比,栽培历史最短,发展速度最快。2008年我国玉米总产量已达到1.2亿吨以上,玉米种植面积和总产均仅次于美国而居世界第二位,约占全国粮食总产量的四分之一,已成为我国粮食增产的主力军。加快玉米生产发展对于保障我国的粮食安全具有重要意义。早在20世纪80年代初,国外许多国家的科技人员就开展了玉米高产栽培技术研究,该研究的宗旨是综合利用有关领域的最新科学技术,充分发挥各项有关技术措施对于玉米增产的正交互作用,最大限度地发挥玉米增产潜力,获取玉米遗传因素和当地自然条件所允许的最高产量;并在此基础上,通过对收入和产出的经济分析,找出获得最大经济效益时的产量水平和相应的综合技术措施。有关研究已经取得丰硕成果。近年来,随着人口不断增加、耕地不断减少,水资源日益紧缺等资源环境恶化程度的加剧,进一步挖掘和提高玉米的综合生产能力,开展玉米高产栽培技术研究和集成,对保障未来我国粮食安全,促进农业和农村经济可持续发展至关重要。

本书围绕解决玉米产量与效益同步提高的理论和关键技术,以作者多年研究成果为基础,从玉米高产栽培机理方面,论述了玉米产量形成过程中的光合特性、物质形成等内在变化规律;并进一步从玉米高产栽培技术方面,阐明了玉米播种时期与品种选择、玉米栽培密度与肥料施用技术及玉米的收获等相关技术及其增产机理,形成了较为完整的玉米高产栽培理论体系;同时,结合陕西不同生态区域气候特点,提出了不同生态区域的玉米高产栽培管理技术措施,为陕西玉米高产栽培提供理论和技术依据。

本书是近15年来研究工作的总结,其中部分研究结果已在相关学报刊物上发表。由于玉米栽培技术与品种特性密切相关,因此,收集了部分主要玉米品种,将其特征特性作为附录列于书后,供参考利用。在本书即将出版之际,感谢课题组同仁多年来给予的支持和帮助,书中研究的点点滴滴无不凝结了课题组成员的辛勤劳动和团结协作。特别感谢我的老师薛吉全教授多年来对我的辛勤培养和悉心指导。本书的出版得到了陕西省科技攻关项目(2013K01-11)和西北农林科技大学试验示范站科技成果推广项目(TGZX2014-22)的资助,在此深表衷心感谢。

本书编者是西北农林科技大学农学院助理研究员,作物栽培与耕作学专业

博士,硕士研究生导师,陕西省玉米产业技术体系秘书长,《作物学报》、《玉米科学》等刊物审稿专家。先后主持和参加各类玉米科研项目 20 余项,获得省部级科技奖励 4 项,其中陕西省科技进步一等奖 1 项,二等奖 2 项,陕西省科技推广成果二等奖 1 项。申请国家发明专利 3 个,作为副主编,出版《陕西玉米高产高效栽培技术》农民培训教材 1 部,在《作物学报》、《应用生态学报》、《生态学报》等刊物上发表科技论文 30 余篇。该著作是编者出版的首部科技著作,作为一名长期从事玉米高产栽培生理和技术研究的科技工作者,应当不断地有所发现、有所发明、有所创造、有所进步。这本书既是研究工作的凝炼和总结,也是下一步发展的起点和动力。

本书从申报、审查、编写、签订出版合同到最后定稿时间较短。受时间和笔者水平所限,难免出现缺点和错误,恳请专家、同行及广大读者们提出宝贵的批评和建议。

愿本书对提升陕西省玉米生产水平提供借鉴和参考,祝愿我国农业再创辉煌、玉米产业发展取得更大成就。

编者

2015 年 2 月于杨凌

目 录

第一篇 玉米的高产机理	(1)
第一章 玉米高产栽培环境与植株生长发育	(3)
第一节 陕西不同生态区玉米超高产的潜力和途径	(3)
第二节 玉米高产田土壤理化性状及根系分布	(10)
第三节 黑色地膜覆盖对旱地玉米土壤环境和植株生长的影响	(16)
第四节 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响	(28)
第五节 玉米高产群体的生长发育规律	(33)
第六节 不同类型饲用玉米的生长发育规律	(39)
第二章 玉米高产群体的光合	(46)
第一节 不同高产群体叶面积系数和受光态势	(46)
第二节 不同高产群体的光合生理特性	(51)
第三节 不同密度与施氮水平的群体生理特性	(55)
第四节 不同群体的源库关系和性状指标	(63)
第三章 玉米高产群体的干物质生产	(72)
第一节 不同群体的干物质生产与分配规律	(72)
第二节 不同基因型玉米的干物质生产与分配	(77)
第三节 低氮胁迫对不同基因型夏玉米源库性状和灌浆特性的影响	(82)
第四章 玉米高产群体的产量形成	(92)
第一节 玉米不同群体的库源关系及产量形成	(92)
第二节 不同基因型玉米源库调节与籽粒产量形成关系	(97)

第三节	密度对不同类型青贮玉米饲用产量及营养价值的影响 …	(103)
第四节	基于群体产量及相关性状的玉米耐密性评价 ……………	(111)
第二篇	玉米高产技术研究 ……………	(121)
第一章	玉米播种时期与方式 ……………	(121)
第一节	夏玉米适宜播期与密度研究 ……………	(121)
第二节	播期对雨养旱地春玉米生长发育及水分利用的影响 ……	(127)
第三节	基于宽窄行条带深旋免耕技术的玉米精量播种机械应用效果 分析 ……………	(137)
第二章	玉米播种密度与品种选择 ……………	(145)
第一节	玉米高产适宜密度与产量构成因素研究 ……………	(145)
第二节	不同类型饲用玉米高产栽培密度研究 ……………	(150)
第三节	耐旱优良玉米品种筛选 ……………	(154)
第三章	玉米的需肥规律及施肥技术 ……………	(161)
第一节	玉米不同肥料的施用效应研究 ……………	(162)
第二节	陕单 8806 密度与氮肥用量的优化栽培技术研究 ……………	(167)
第三节	不同类型饲用玉米的氮肥运筹研究 ……………	(174)
第四节	玉米控释肥试验研究 ……………	(178)
第四章	玉米的适时收获 ……………	(183)
第一节	收获期对不同栽培措施玉米产量及粒重的影响 ……………	(183)
第二节	收获期对饲用玉米产量和品质的影响 ……………	(189)
第三节	玉米适期晚收增产技术研究 ……………	(197)
第四节	不同种植行距对机械化收获作业的影响 ……………	(200)
第三篇	玉米高产栽培技术 ……………	(204)
第一章	夏玉米高产栽培技术 ……………	(205)
第一节	关中灌区夏玉米高产高效栽培技术 ……………	(205)

第二节	小麦玉米一体化高产高效栽培技术	(210)
第三节	关中夏玉米条带深旋一体化播种技术	(217)
第四节	玉米宽窄行双株密植保匀栽培技术	(221)
第五节	玉米全程机械化高产高效生产技术	(222)
第六节	饲用玉米“双促双高”栽培技术	(228)
第二章	旱地春玉米高产栽培技术	(232)
第一节	旱地春玉米抗旱保苗丰产技术	(232)
第二节	陕西水地春玉米吨粮技术	(233)
第三节	旱作雨养区春玉米垄盖集雨膜侧种植技术	(243)
第四节	旱地玉米全膜双垄沟播技术	(246)
第三章	玉米抗逆栽培技术	(250)
第一节	干旱预防技术	(250)
第二节	低温预防技术	(255)
第三节	高温预防技术	(259)
第四节	寡照预防技术	(263)
第五节	涝灾预防技术	(265)
第六节	优良品种选择	(266)
附录	玉米品种简介	(271)

第一篇 玉米的高产机理

玉米具有食用、饲料、加工和能源等多种用途,素有高产之王、饲料之王和加工原料之王的美称。玉米是世界上种植最广泛的谷类作物,其种植面积和总产仅次于水稻,单产水平居第1位。玉米现已成为我国第一大粮食作物,也是陕西省第一大粮食作物。作为种植面积较大的作物,粮饲(能源)兼用,其产量的丰欠和价格的波动对我国国民经济的持续稳定发展以及农村产业结构的调整等,均具有十分重要的意义。明确玉米高产栽培机理,对实现玉米产量潜力的持续增进,促进我国玉米科研和生产上台阶等具有重要作用。

玉米植株是由一些不同的器官构成,每个器官都具有独特的生理功能。植株及各个器官在玉米整个生活周期中,经历着一系列的生长发育过程,在每个过程中不仅发生着形态、构造的变化,同时也发生着生理生化变化,通过这些变化来完成玉米生活史。这些过程具有顺序性、连续性、阶段性和不可逆性。前一个过程是后一个过程发生的基础,后一个过程是前一个过程发展的结果。每个生长发育过程都受一系列内外因素的控制,只有满足植株在各个生长发育期对各种条件的综合要求,才能顺利完成生长发育的全过程,形成一个健壮的植株。要实现玉米高产的目的,就要了解植株各器官的生长发育规律及对环境的要求。

玉米对土壤条件要求并不严格,可以在多种土壤上种植。但以土层深厚、结构良好,肥力水平高、营养丰富,疏松通气、能蓄易排,近于中性,水、肥、气、热协调的土壤种植最为适宜。玉米生育期短,生长发育快,需肥较多,对氮、磷、钾的吸收尤甚。其吸收量是氮大于钾,钾大于磷,且随产量的提高,需肥量亦明显增加。除苗期应适当控水外,其后都必须满足玉米对水分的要求,才能获得高产。玉米需水多受地区、气候、土壤及栽培条件影响。同时,由于春、夏玉米的生育期长短和生育期间的气候变化的不同,春、夏玉米各生育时期耗水量也不同。玉米是喜温作物,对温度反应敏感,目前应用的玉米品种生育期要求总积温在1 800~2 800℃。不同生育时期对温度的要求不同,在土壤水、气条件适宜的情况下,玉米种子在10℃能正常发芽,以24℃发芽最快。拔节最低温度为18℃,最适温度为20℃,最高温度为25℃。开花期是玉米种植与收获过程中对温度要求最高、反应最敏感的时期,最适温度为25~28℃。温度高于32~35℃,大气相对湿度低于30%时,花粉粒因失水失去活力,花柱易枯萎,难于授粉、受精。玉米是短日照作物,喜光,全生育期都要求强烈的光照。出苗后在8~12小时的日照下,发育快,开花早,生育期缩短,反之则延长。

玉米是高光效 C4 植物,增产潜力大,其群体产量取决于该群体冠层光合系统的大小和效率;运用栽培技术建立科学合理的最佳光合系统,尽可能地提高玉米群体光合速率是提高群体质量、实现较高生物产量和尽可能达到经济产量的技术途径;玉米高产开发的实践以及众多研究表明:“足群体、壮个体、高积累”是实现玉米产量潜力增进中玉米生长发育所有栽培技术攻关的总纲。如何实现玉米生产中“足群体、壮个体、高积累”?过去,前人已有的玉米高产开发攻关研究的理论与实践研究较多地认为应通过品种改良,即培育推广叶片直立向上的“理想株型”高产杂交种,增加玉米种植密度实现“足群体”,同时在栽培技术方面运用水、肥的调配进行玉米的规范化、模式化栽培以实现“壮个体”,但由于玉米群体不仅涉及玉米群体大小,也涉及玉米群体组成结构,特别是玉米在田间的配置状况,玉米的营养不仅涉及玉米根际的水肥供给,也涉及光、热、气、空间状况,所以在强调品种改良增密的过程中以及在高密度下,如何运用栽培技术来确定玉米的最佳株行距,建立高光效玉米群体冠层光合系统,尽可能地提高玉米群体光合速率是玉米高产栽培的技术攻关切入点。

第一章 玉米高产栽培环境与植株生长发育

玉米全生育期分为播种、出苗、三叶、七叶、拔节、抽雄、开花、吐穗、灌浆、乳熟、成熟等主要发育期。玉米生长发育与温度、光照、水分、养分、空气及土壤等环境条件有着密切关系,适宜的环境条件下,玉米的生长发育就好,产量高。明确不同环境下玉米的产量潜力,了解玉米不同产量水平的土壤环境及生长发育规律,对进一步制定相应的栽培技术,促进玉米增产具有重要的作用。

第一节 陕西不同生态区玉米超高产的潜力和途径

玉米是 C4 作物,光合效率高,增产潜力大。玉米的高产甚至超高产是农学家一直不断追求的目标,M Tollenaar^[1]认为,当前玉米的生产力上限为 2 102 kg/亩,根据玉米的干物质生产特性和光能习性估算,在优越的自然和栽培条件下,配以优良的杂交种,玉米产量可望达到 2 055.6 kg/亩,美国依利诺斯州农民连续 18 年种植 12 hm² 玉米,平均亩产达 1 120 kg,1985 年在 7.5 亩地上创造了 1584.3 kg/亩的高产纪录;Francis Childs 于 2002 年创造的亩产为 1 823.4 kg,于 2003 年创造的亩产为 1 850 kg。我国的春玉米也曾取得过 1 335.6 kg/亩的产量^[2-4],山东省李登海用自育的紧凑型玉米品种于 1989 年创造了我国夏玉米 1 009.35 kg/亩的高产纪录,2005 年刷新为 1 289.8 kg/亩。然而,目前我国玉米产量平均在 300 kg/亩左右,高产田的产量水平也仅为 500 kg/亩,一般认为产量水平比高产田提高 30% 的为超高产。在现有水平上,充分发挥玉米增产潜力,实现大面积超高产完全有可能。

陕西地处内陆腹地,南北狭长。属大陆季风性气候,年平均温度 7 ~ 16℃,其中陕北 7 ~ 11℃,关中 11 ~ 13℃,陕南 14 ~ 15℃;年降水量陕北 400 ~ 600 mm,关中 500 ~ 700 mm,陕南 700 ~ 900 mm,降雨主要集中在 7 ~ 9 月份;光照充足,是玉米生长的适宜地区。自 20 世纪 80 年代以来,陕西就开始了玉米超高产的研究和实践,特别是 2005 ~ 2006 年,先后在澄城县、旬邑县等地建立了多个亩产超过 1 000 kg 的超高产示范田,进一步推动了陕西玉米超高产的研究和推广。随着玉米超高产竞赛的开展,总结和回顾陕西玉米超高产发展过程,探索继续实现超高产的途径,对陕西玉米生产再上新台阶、新水平有着重要意义。

一、玉米高产栽培技术的发展历程

回顾玉米栽培的发展历史,围绕高产再高产栽培问题,农业科研工作者作了许多艰苦细致的工作,在理论和生产上取得了一定的进展。由 20 世纪 50 年代少数农民的丰产栽培,发展到 80 年代、90 年代各地出现大面积丰产典型,说明了玉米栽培技术水平普遍提高,有力地促进了玉米生产的发展。在玉米高产栽培技术研究方面,区域范围不断扩大,交流论文不断增加,研究内容不断向广度和深度方向发展。回顾玉米高产栽培技术的发展历程,主要可以分为 4 个阶段。

(一) 经验高产栽培技术

50~60 年代,玉米的栽培注意的重点是与玉米生育有关的各项环境因子及其变化规律,试验研究的目的是为了探讨通过肥水运筹以及其他措施来造就一个最理想的生育环境的方法,使玉米能够实现合理的生育进程而获得高产,这一时期的主流和方向是学习、总结和推广劳模经验。为此各级农业科研单位和农业院校的大批科技工作者纷纷奔向农村,建立基点,系统调查大面积丰产经验和劳模高产经验,在全国掀起总结推广丰产经验的热潮。当时被认为最富有科学性和进步性的口号是“看天、看地、看庄稼”。由于这些经验大都是一些可以体会不能言传的模糊口号,所以没有形成高产栽培体系。

(二) 高产形态指标栽培技术研究

70~80 年代,玉米栽培由影响玉米生长发育的环境因子的研究转移到了对玉米本身外部形态指标的研究。研究的重点是株高、叶面积、叶色变化、穗数、穗粒数和千粒重及它们同栽培措施的关系。其目的是协调群体数量关系,以培育结构合理的群体而取得高产。代表这一时期高产栽培方向主流的是举国上下的群体结构研究热和关于群体合理结构的大讨论,通过群体结构研究成果的推广应用,玉米产量得到了大幅度的提高。

(三) 高产模式栽培技术体系

80~90 年代以后,兴起“生长发育规律”、“指标化栽培”、“模式化栽培”的研究热潮。研究的深度和广度都有了明显提高,但研究成果的推广和应用只是在一定的区域能够取得良好的效果,且栽培管理的主要依据是以控制作物的形态指标,玉米产量达到超高产的面积不大,效果不明显。

(四) 超高产栽培研究

玉米高产栽培在经过高产经验栽培、高产形态指标栽培和高产模式三个阶段后,必然要进入超高产栽培阶段。超高产栽培要求玉米生产必须进行新的技术革命,玉米产量要在现有高产基础上提高 30% 左右,只有采用先进的一流栽培措施才能实现超高产栽培的重大突破。理论上对玉米超高产的生理生化指

标:光合强度、呼吸强度以及内源激素等进行系统研究,各项因素达到人工定向控制,形成以玉米的生理代谢指标为依据的超高产栽培技术体系。超高产栽培是栽培的科学现代化,必须切入作物生产的内在本质规律。目前在这方面,农学家已进行了初步的研究和实践。

二、玉米超高产栽培群体生理基础

(一) 超高产田的产量与产量结构

玉米产量主要受亩穗数、穗粒数和千粒重 3 因素的综合调控,由表 1-1-1 可以看出,无论是春玉米还是夏玉米,超高产田的密度必须保证在 5 000 株/亩左右。比较 2 年的产量结构可以发现,影响超高产田玉米产量的主要因素是千粒重。所以在合理密植的基础上,如何通过肥水调控,增加光合叶面积,延长玉米灌浆时间,增加粒重是玉米超高产的关键。

表 1-1-1 玉米超高产田产量构成因素

Table1-1-1 The maize surpasses high yield field output composing a factor

类型	年份	亩穗数(穗/亩)	穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	产量(kg/亩)
Item	year	Spikes of mu	Grain of spike	1000 grains weight	yield
春播	2005	4889	653	333.2	1063.9
Spring	2006	5345	647	364.5	1260.7
夏播	2005	4930	572	254.6	717.9
Summer	2006	4905	567	232.7	647.2

注:品种均为郑单 958。Note: Variety is zhengdan 958.

(二) 超高产田的土壤条件

土壤肥力是作物所需养分的主要来源,土壤基础肥力对玉米产量影响很大,据研究^[5],约有 65% 以上产量由土壤提供,肥料的增产作用一般占 30% 左右,且产量水平越高对土壤肥力的依赖性越高,因此高产田必须具有良好的土壤结构和肥力。陈国平等^[6]研究认为,获得最高产量的施肥量为: N33.5 kg, P₂O₅ 12.5 kg, K₂O 31.4kg; 王忠孝^[7]研究表明,亩产吨粮的施肥方案为: 亩施纯 N30.9~31.8 kg, P₂O₅ 10.5~10.8 kg, K₂O 28.3~29.6 kg, 优质厩肥 3 000 kg, ZnSO₄ 1.0 kg; 薛吉全研究认为,玉米每生产 100 kg 籽粒需吸收氮、磷、钾的数量分别为 3.04~3.43 kg, 0.89~1 kg, 2.6~3.5 kg^[3]。在施肥过程中实行有机肥与无机肥的配合使用,在施肥上采取多次分阶段施肥的方法,从而保证了玉米超高产田的养分供应。

(三) 超高产田的叶面积变化动态

叶片是作物进行光合作用和存贮有机物的场所,叶面积和光合势(LAD)的

大小代表了植株进行光合作用的潜力,是作物生产能力的重要生理指标^[5]。玉米的叶面积指数(LAI)在吐丝期达到最大,超高产田试验调查表明,最大叶面积系数应为 5.0~5.5。其发展特点是吐丝前发展快,达最大值后稳定时间长。拔节期应为 1.0~1.5,大喇叭口期应为 3.9~4.3,吐丝期最高为 5.0~5.5,吐丝 25 天为 4.5~5.0,成熟期为 3.0~3.5(图 1-1-1)。虽然春播玉米和夏播玉米的叶面积系数变化基本相同,但总光合势相差较大。春播玉米超高产田的总光合势为 28 万 $\text{m}^2 \cdot \text{d}/\text{亩}$,夏播玉米的总光合势为 22 万 $\text{m}^2 \cdot \text{d}/\text{亩}$,从整个生育进程的发展变化来看,均表现为苗期一大口期较低,大口一成熟期较高,特别是吐丝期—吐丝 25 天的光合势达到最高(图 1-1-2)。说明,保证吐丝后的光合叶面积和光照时间是玉米超高产的基础。

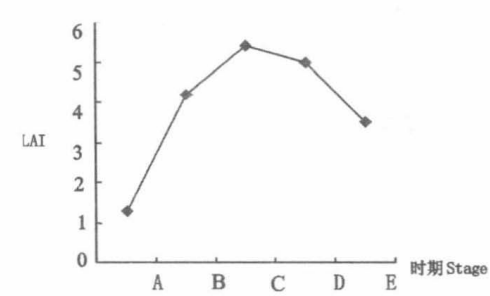


图 1-1-1 不同时期的 LAI 变化
Fig1-1-1 Change of LAI in different stage

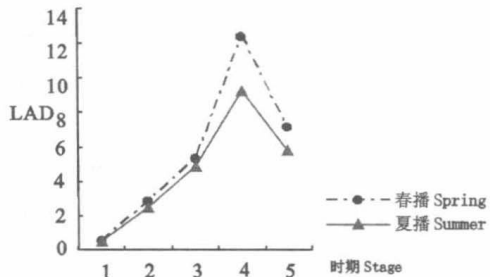


图 1-1-2 不同阶段的 LAD 变化趋势
Fig1-1-2 Changes trend of LAD in different stage

注: A - 拔节; B - 大喇叭口; C - 吐丝; D - 吐丝 25 天; E - 成熟
1 - 出苗 - 拔节; 2 - 拔节 - 大喇叭口; 3 - 大口 - 吐丝; 4 - 吐丝 - 吐丝 25 天; 5 - 吐丝 25 - 成熟
Note: A - Joining; B - Booting; C - Silking; D - After silked 25 days; E - Mature
1 - Sprout to Joining; 2 - Joining to Booting; 3 - Booting to silking; 4 - silking to after silked 25 days;
5 - after silked 25 days to mature

三、陕西不同生态区玉米高产潜力分析及超高产研究目标

玉米产量主要受气候条件、土壤条件和栽培措施等因素的影响,而玉米产量在年份间的波动主要受气候条件影响。在正常播种条件下,陕西地区的温度条件可以满足玉米超高产的需要。根据 FAO 农业生态区域法估算^[8-10],在品种、水分、肥料以及有关技术水平相应提高的前提下,陕西玉米的增产潜力为 22%~34%,而在肥、水、技术等充分保证的前提下,最大增产潜力为 101%~121%。说明,只要在品种、肥水和栽培技术等方面采取优化配套,陕西玉米完全可以实现大面积的超高产。

(一) 不同生态区玉米高产潜力分析

从自然条件分析,玉米生产潜力主要由光辐射、温度和水分决定,而水分可以通过人工灌溉得以补充。利用 FAO 农业生态区域法评价分析陕西玉米种植

区气候资源、估算光温生产潜力(表1-1-2)表明:

1. 渭北旱塬及陕北丘陵沟壑春播玉米种植区

主要指渭北旱塬春玉米区和陕北丘陵沟壑区(黄龙、宜川、洛川、长武、澄城、富平、旬邑、永寿、米脂、定边、子长等地)。渭北旱塬和陕北丘陵沟壑区处于暖温带半干旱地区,光热资源充足,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温2800~4050 $^{\circ}\text{C}$,无霜期140~196天,日照时数2380~2900h,年降雨量400~750mm,多集中在7、8、9三个月,光热水资源基本与玉米生长发育同步,光温生产潜力为1100~1800kg/亩,但由于年际、年内变率较大,常遇到春旱、伏旱及后期低温,影响了春玉米产量的提高,在节水栽培和补充灌溉条件下可实现1000kg以上的超高产量。

2. 陕南高海拔山区春玉米区

主要包括陕南高海拔山区(石泉、旬阳、汉中、安康、宁强、勉县、西乡、佛坪等地)。陕南高海拔山区的年日照时数2000~2550h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温2200~3400 $^{\circ}\text{C}$,年均降雨量在850~1300mm,光温生产潜力为700~1100kg/亩,水资源丰富,光热条件搭配较好,主要限制因素是早春升温慢,秋季阴雨多、降温快,土壤瘠薄、土地沙化,漏水漏肥严重。

表1-1-2 陕西不同玉米种植区气候资源特点与光温生产潜力

Table1-1-2 Climate resource trait and light and warm production potential of different area of planting maize in shaanxi province

项目 Item	渭北春播玉米 种植区	陕南春播玉米 种植区	关中夏玉米 种植区
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	2800~4200	2200~3400	4100~4300
玉米生长期平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	22~25	18~22	27~30
日最高气温大于35 $^{\circ}\text{C}$ 天数/天	各地相差较大	≤ 20	> 35
光温生产潜力/(kg/亩)	900~1800	700~1100	800~1200
种植制度	春播、一熟	春播、一熟	夏播、两熟
适宜种植品种	中熟或中晚熟	早熟或中早熟	中早熟或中熟

3. 关中夏播玉米种植区

主要指关中灌区,本区位于关中平原,东起潼关西至宝鸡,包括大荔、临潼、西安、咸阳、兴平、武功、扶风等地,一般为一年两熟,主要是小麦和玉米轮作。该区年平均气温11.5~12.9 $^{\circ}\text{C}$,年日照时数1900~2400h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温4100~4300 $^{\circ}\text{C}$,玉米一般生长期为6、7、8、9、10五个月,实际光温生产潜力为800~1200kg/亩。7~9月份降水量为230~400mm,灌溉条件优越,主要限制因素是玉米生长后期阴雨多,日照时数欠缺。

(二) 超高产目标

根据陕西不同玉米种植区气候特点,以及玉米生产和超高产研究的现状,研究人员认为渭北旱塬春玉米区及陕北丘陵沟壑春玉米区超高产研究近期目标可定位在 1000 ~ 1300 kg/亩,陕南高海拔山区春玉米超高产研究近期目标可定位在 650 ~ 750 kg/亩,关中夏玉米可定位在 750 ~ 850 kg/亩。超高产研究是在现有产量水平基础上增产 30% 以上,增产量大,可较大丰富陕西玉米高产理论,对陕西及其全国玉米产区的超高产研究将会有一定的启示作用。超高产研究的突破,可为陕西玉米生产的更快发展提供丰富的技术贮备,且形成的超高产技术体系可直接推广应用于生产中,推动陕西的玉米生产更上一个台阶。

四、实现超高产的技术措施

(一) 选择适宜品种

玉米超高产田在种植群体上一般均高于普通田块,在一些气候较差的年份往往会发生倒伏,造成减产,因此在品种选择上必须选抗倒能力强的品种。在株型上应选择一些株型较为紧凑,耐密植的品种。通过我们多年研究发现,渭北旱塬春玉米区及陕北丘陵沟壑春玉米区应选择中熟或中晚熟、产量潜力大的品种,陕南高海拔山区春玉米区应选择早熟或中早熟、抗病性强的品种,夏播区由于后茬小麦因素,应选择中早熟或中熟品种,保证正常成熟。目前渭北旱塬春玉米区及陕北丘陵沟壑春玉米区主要种植陕单 609、陕单 8806、郑单 958 和陕单 8813 等优良品种,陕南高海拔山区春玉米区主要种植农大 108、成单 18、中单 321、绵单 1 号等优良品种^[11],关中夏播区主要种植郑单 958、户单 2000、沈单 16、陕单 8806 和陕单 16 等优良品种。

(二) 合理密植

合理的种植群体是玉米高产的关键。密度过稀,净同化率和经济系数较高,千粒重和穗粒数增加,但光合势小,群体穗数少,单位面积上积累的干物质少,产量不高。密度过密,亩穗数增多,光合势增大,但净同化率下降,干物质积累减少,经济系数相应降低,产量下降。只有当光合势、净同化率和经济系数三者的乘积达到最大时的密度,也就是亩穗数、穗粒数和千粒重三者乘积达到最大时的密度为适宜密度。玉米高产必须在一定条件下处理好个体内部各器官之间、植株生长发育与环境条件之间、个体发育与群体生长之间的矛盾。合理密植是解决以上矛盾的重要手段。

(三) 适期播种

适期播种是弥补环境气候缺陷,充分利用当地生态资源的有效措施。在掌握当地气候条件的基本变化规律后,适时播种,避开玉米生长期的不利气候条

件,利用生长期的有利雨水和光照条件,可大幅度提高玉米产量。渭北春播玉米区:针对渭北的水分短缺自然状况,适期播种的主要目的是调水,即保证玉米的生长旺盛时期(需水最强时期)能与当地的降雨相吻合;陕南春播玉米区:主要针对陕南春玉米种植区后期温度下降快,阴雨较多,病虫害严重的现象,适期播种的主要目的是调温,即保证玉米在后期降温和降雨来临前提前成熟,避开后期不利环境因素;关中夏播玉米区:主要针对玉米与小麦的茬口矛盾和关中后期的阴雨多、光照不足的现象,适期播种的主要目的是调花期、促早熟,即保证玉米的吐丝扬花期避开后期的阴雨天气,尽可能进行早播。

(四) 科学施肥

土壤肥力不足、养分不平衡是玉米实现超高产目标的重要限制因素。因此从某种程度上说,提高玉米产量实际上是提高土地的生产潜力,即土壤肥力。对于土壤培肥可通过有机肥和无机肥 2 种方式,而两种方式的配合使用效果最好。对于陕南春玉米区的施肥采用多施有机肥,无机肥多次少量施入,从而避免肥力的流失。渭北春播玉米区和关中夏播玉米区的施肥采用有机与无机肥配合使用,施肥时注重肥料与灌水或降雨相配合,从而提高肥水的利用效率。

(五) 合理灌溉

玉米是需水较多的作物,而陕西属于干旱半干旱气候条件,自然降雨往往不能完全满足玉米的生长需求。因此,在有条件的地区应进行适当的补充灌溉,从而满足玉米的水分需求。在灌溉的过程中主要应保证抽雄至抽丝期的水分需求,这个时期是玉米的水分临界期,这时如遇 3~5 d 的干旱,玉米就会减产 20%~25%。针对陕西关中夏玉米主要应浇好四水,即保证出苗水、巧灌拔节水、饱灌抽雄水、灌好升浆水。

参考文献:

- [1] Tollenaar M. Seeking the upper limit of corn production. *Batter Crops*, 1986, spring: 6-8
- [2] 张建刚,杨成书,郝引川,等. 陕西关中灌区吨粮田的实践与开发[J], *陕西农业科学*. 1992, (4): 41-42
- [3] 鲍巨松,薛吉全,杨成书,等. 再论陕西关中灌区吨粮田的实践与开发[J], *陕西农业科学*. 1993, (4): 3-5
- [4] 邵治亮,孙德全. 我国作物高产栽培研究的回顾与展望[J], *邯郸农业高等专科学校学报*. 2001, 18(3): 21-24
- [5] 路海东,薛吉全,马国胜,等. 玉米高产栽培群体密度与性状指标研究, *玉米科学*. 2006, 14(4): 81-83
- [6] 李少昆,刘景德,吕新. 新疆玉米高产栽培的实践与探索[J], *石河子大学学报(自然科学版)*. 1999, 3(增刊): 83-88
- [7] 陈国平,等. 春玉米创最高产栽培技术研究[J], *玉米科学*. 1995, 3(3): 26-30