



科学施肥新技术丛书

主编：杨先芬 梅家训 苏桂林

玉米甘薯谷子 施肥技术

YUMI GANSHU GUZI SHIFEI JISHU



金盾出版社

“科学施肥新技术丛书”编委会

主任 董昭和 耿文清

委员 (以姓氏笔画为序)

丁习武	于国合	王 勇	王恩逊	孙淑珍
苏月明	苏桂林	李少泉	张少英	张永清
杨先芬	郑华美	俞立达	赵洪亮	段家祥
郝 静	高文胜	高中强	耿文清	柴兰高
常 红	梅家训	黄家祥	鲁 杨	曾英松
董昭和	漆智平	鞠正春		

主编 杨先芬 梅家训 苏桂林

编审 何致莹 杨振声

前 言

科学施肥是提高种植作物产量、品质和降低生产成本的重要因素。目前在作物种植中,盲目施肥、单一施肥、过量施肥的不合理用肥问题较为普遍。比较突出的是重视施用化肥,轻视施用有机肥;重视施用氮肥,轻视施用磷、钾肥和微量元素肥料;氮磷钾大量元素之间、大量元素和微量元素之间比例失调,肥料利用率仅为30%左右。这不仅降低施肥效果,增加生产成本,而且长此下去还会导致土壤退化、酸化和盐渍化,使种植作物大幅度减产,产品品质下降,给生产造成损失。

针对种植作物在施肥方面存在的实际问题,为普及施肥知识,做到科学、合理施肥,提高肥料利用率和土地产出率,发展高产、高效、优质农业,实现农业增产农民增收的发展目标,促进农业和农村经济持续稳定发展及提高中国加入世界贸易组织(WTO)后农产品的竞争实力,我们组织有关专家编写了“科学施肥新技术丛书”。丛书内容包括粮、棉、油、菜、麻、桑、茶、烟、糖、果、药、花等种植作物的科学施肥新技术,共19册。

该丛书从作物的生物学特性入手,说明作物生长发育所需要的环境条件,重点说明各种作物对土壤条件的要求,并以作物的需肥、吸肥特点为依据,详细介绍了施肥原理和比较成熟、实用的施肥新技术、新经验、新方法。其内容以常规施肥技术和新技术相结合,以新技术为主;以普及和提高相结合,以提高为主;以理论和实用技术相结合,以实用技术为主,深入浅出,通俗易懂,技术要点简明扼要,便于操作,对指导农民科

学施肥,合理施肥,提高施肥水平和施肥效果,将会起到积极的作用。同时,也是农业技术推广人员和教学工作者有益的参考书。

“科学施肥新技术丛书”编委会

2000年7月



黄玉米



白玉米



甘薯大田生产情况



谷子新品系94-261繁种田

本书甘薯和谷子照片分别由袁宝忠和齐玉志、相德臻提供

目 录

第一章 玉米施肥技术	(1)
一、概述.....	(1)
二、玉米的生长发育特点.....	(6)
三、玉米生长发育对环境条件的要求.....	(13)
四、玉米的需肥、吸肥特点	(19)
五、夏玉米的施肥技术.....	(46)
第二章 甘薯施肥技术	(72)
一、概述.....	(72)
二、甘薯的生物学特性.....	(75)
三、甘薯生长发育对环境条件的要求.....	(80)
四、甘薯的需肥特点.....	(82)
五、甘薯的施肥技术.....	(86)
六、甘薯的其他栽培要点.....	(91)
第三章 谷子施肥技术	(94)
一、概述.....	(94)
二、谷子的生物学特性.....	(95)
三、谷子生长发育对环境条件的要求	(102)
四、谷子的需肥、吸肥特点.....	(105)
五、谷子的施肥与浇水技术	(113)
六、谷子的其他栽培要点	(116)

第一章 玉米施肥技术

一、概 述

玉米是我国第三大粮食作物。发展玉米生产对畜牧业生产和农村经济发展具有重大影响。与其他粮食作物相比,发展玉米生产有着许多优势:一是玉米光合效率高,光呼吸低,在生产条件较好、管理水平较高的情况下有较大的增产潜力;二是玉米适应性广,抗逆性强,对光、热、水、肥资源的利用比较充分,在中低产地块种植也有较好的经济效益;三是玉米用途广泛,是优质的饲料和工业原料,需求量不断加大;四是玉米杂交优势在生产上应用得好,育种和栽培水平较高,为持续增产提供了支撑条件。因此,玉米生产的发展前景十分广阔。

全世界玉米播种面积在 1.3 亿公顷左右,仅次于小麦和水稻。其中美国玉米播种面积最大,大约 0.28 亿公顷;其次是中国,约为 0.19 亿公顷。全世界 90% 以上的玉米为春播玉米,夏玉米主要集中在中国,其次是印度,美国和意大利也有零星种植。我国的夏玉米产区主要集中在黄淮海平原,其中山东省夏玉米的种植面积和总产均居全国首位,单产仅低于上海等夏玉米种植面积较小的省市。山东省的夏玉米生产在全国占有重要位置。

20 世纪 50 年代和 60 年代,山东省玉米生产落后于全国平均水平,1980 年至 1995 年的 15 年间,山东省玉米平均单产比全国平均数高 19.6%,单产增长速度也高于全国的平均数,这与山东省重视玉米种植科学研究和技术推广是分不开

的。

我国玉米品种的选育推广,经历了农家品种、品种间杂交种、自交系间杂交种几个发展阶段。其中自交系间杂交种又分为双交种、三交种和单交种。目前,推广应用的主要是紧凑型杂交种。新中国成立初期到1960年,我国共育成品种间杂交种400多个,生产上应用的有250多个,推广面积166.7万公顷。1971年自交系间杂交种推广面积占全国玉米面积的30%左右,1975年占55%,到1978年即上升到70%,其中单交种占杂交种面积的67.7%。种植面积在百万公顷以上的有丹玉6号、郑单2号、嫩单1号和群单105。1982年玉米杂交种面积占玉米种植面积的78.9%,普及了玉米杂交种。种植面积在百万公顷以上的有中单2号、四单8号、丹玉13等。进入20世纪80年代以来,选育种引进了一批株型紧凑的玉米自交系,如掖107,8212,478,H21,515和黄早4,M017等;杂交育成了一大批株型紧凑的高产良种。紧凑型玉米品种的育成和利用,是以提高光能利用率为出发点,通过改良株型,提高叶面积指数,使群体有良好的结构,改善整个群体的光能转化率,这是我国玉米生产上的一大突破,从向肥要粮逐步转为向光要粮。据统计,1990年推广面积在百万公顷以上的玉米紧凑型杂交种有烟单14号(381万公顷)、鲁玉2号(333万公顷)、鲁玉3号(175万公顷)等,掖单4号(96万公顷)、掖单13、西玉3号等紧凑型品种也有较大栽培面积。由于育种工作的进展,使玉米的生产潜力每年平均以3.3%的速度增长。高产典型不断出现。如山东省莱州市1985~1987年开发夏玉米0.67万公顷,平均每667平方米产562千克。1988年吉林省梨树县13万公顷春玉米每667平方米产623千克。1987年宁夏回族自治区中卫县1.33公顷麦田套种玉米,平均每667

平方米产1 050千克。1989年山西省大同县落官村0.3公顷地膜覆盖玉米,平均每667平方米产1 002千克;云南省祥云县0.07公顷纸袋育苗,定向密植玉米,平均每667平方米产1 044.8千克。同年,山东省莱州市李登海创造了667平方米产1 096千克的全国夏玉米最高纪录。

随着品种的优选,技术的改进,产量水平的提高,肥料的投入必须增加。研究表明,玉米产量与肥料用量同步增长。据分析,1 000千克标准化肥增加的产量相当于0.13~0.27公顷耕地的玉米产量。1956~1982年全国肥料网的资料统计,化肥在玉米总增产中的作用占29.2%,居各项技术措施之首。化肥的效应,在低产条件同高产条件下并不相同,产量越高,每千克化肥增产的数量越低。同样数量的化肥用于中低产田,获得的效益比高产田高得多,如20世纪60年代每千克纯氮增产玉米16千克,70年代则降为8.4千克,肥效下降52.5%。磷肥随产量的提高,土壤供肥能力降低,施磷的肥效增加。如60年代每千克磷生产玉米7.2千克,70年代上升为14.8千克,肥效提高1倍。钾肥也如此,60年代每千克钾生产玉米2.5千克,70年代达到5.8千克,肥效提高1~3倍。增施肥料,合理施肥是提高玉米产量的重要措施。

山东省的化肥施用量高于全国单位耕地面积的平均施用量,1995年施用总量达到1 309.4万吨,平均每667平方米耕地施用量达到130.3千克。从玉米的投肥量来看,20世纪70年代末全省平均每667平方米施用标准氮肥只有20千克左右,除胶东和泰安、莱芜、肥城、平原等少数地区外,大部分地区不在玉米上施用磷、钾肥;到“七五”规划末期每667平方米标准氮肥用量达到40千克左右,标准磷肥20千克左右;到“八五”规划末期,每667平方米氮肥用量达到50千克左右,

磷肥 25 千克左右。目前,除重视增加氮磷肥施用量以外,对高产田钾肥、微肥的施用也很重视,每 667 平方米一般施用氯化钾 15 千克,硫酸锌 1~2 千克。每 667 平方米高产田夏玉米施标准氮肥已达到 80~90 千克,磷肥 50 千克左右。化肥不仅在投入量上明显增加,而且施肥技术也有所改进。全省约有 200 万公顷玉米做到了氮肥分苗肥和穗肥追施 2 次以上,其中 66.7 万公顷以上做到了氮肥分苗肥、穗肥和粒肥追施 3 次。有些地方还配制了玉米专用肥,使磷、钾、微量元素和部分氮肥作基肥或苗肥一次施入,既省工、省力,又提高了肥效。近年来,山东省各地还大力推广了小麦高留茬和玉米秸秆粉碎还田,对培肥地力、促进玉米增产也发挥了重要作用。此外,农药、机械、电力、柴油使用量也有大幅度增加。

玉米耕作方式大体上可分为两种类型:一种是春播,两年三作或一年一作;另一种是麦收后夏直播,实行小麦玉米一年两熟。春播玉米实行两年三作或一年一作,复种指数难以提高,影响土地利用。玉米夏直播一年两作虽然提高了复种指数,但在黄淮地区收了小麦就进入汛期,夏直播玉米极易发生芽涝,加之积温不足,高产品种大多数生育期偏长,如果玉米生育后期再遇上低温天气,就难以正常成熟。针对这些情况,20 世纪 70 年代大力推广了麦田套种技术。山东省“五五”规划末期麦田套种面积达到 113.3 万公顷左右,“六五”规划末期达到 140 万公顷左右,“七五”规划末期达到 173.3 万公顷左右,“八五”规划末期达到 200 万公顷左右。近几年玉米套种面积一直占玉米总面积的 70%~80%。在 20 世纪 70 年代末至 80 年代初,玉米套种的主要方式有两种:一是大小垄种植,即“二、四畦”,畦背高 66 厘米,畦面宽 132 厘米;二是宽垄窄株种植,加宽行距,缩小株距,一般行距为 80~100 厘米。山东

省实行这两种种植方式,面积最大时达到166.7万公顷,对促进玉米单产由低产向中产过渡起到了一定作用。但是土地的利用率仍然偏低,小麦因畦背太大而影响产量,玉米也因行距过大而难以增加密度,成为小麦、玉米中产变高产的障碍因素。自“七五”规划期间开始大面积压缩“二、四畦”和宽垄窄株面积,小麦播种时大力提倡等行距留套种行,玉米平均行距由90~100厘米缩小到70~80厘米,高产地块又逐步缩小到50厘米左右,小麦、玉米共生期由20~30天缩短为7~15天,为玉米增加密度和提高整齐度创造了条件。目前,山东省玉米大小行套种的平均行距都压缩在60厘米左右,共生期都在15天以内,已经完全不同与以前的种植方式。夏直播玉米大都采用等行距种植,行距一般小于套种玉米,有些虽然是大小行,但平均行距也只有50~60厘米。近年来,随着高产高效农业的发展,玉米种植又出现“粮粮三种三收”种植方式和“粮、瓜、菜、菌间套复种”种植方式。种植方式随产量水平不断变革,是山东省玉米持续增产的重要因素之一。

从“六五”规划开始,增加密度成为山东省玉米增产的主要措施之一。至“七五”规划末期,山东省玉米每667平方米平均密度比10年前增加了1000多株。平均每667平方米留苗密度3600多株,实收株数接近3500株,“八五”规划末期实收株数达到4000株左右。目前每667平方米的玉米平均密度在4400株左右。紧凑型玉米品种的出现是种植密度迅速提高的重要因素。紧凑型品种加合理密植成为玉米配套高产技术的中心内容。

随着紧凑型良种的推广应用,高产攻关田的种植密度先后突破4500株和5000株,有的高达6000株以上。高产田种植密度和叶面积指数的突破,带动了大田玉米密度的迅速增加,

对促进玉米高产再高产发挥了重要作用。

二、玉米的生长发育特点

夏玉米的生长发育既符合一般玉米的共同规律,又因生长季节不同而与春玉米有一定的差异。夏玉米生长在高温多雨季节,生育期比春玉米要短一些。了解夏玉米在生长发育方面的变化特点,对于搞好玉米生产具有一定的指导意义。

(一) 玉米各器官的生长发育特点

玉米植株是由根、茎、叶、雌雄穗、籽粒等几部分组成的,了解其结构、功能及生长特点,在玉米育种和栽培中至关重要。

1. 玉米的根 玉米的根系分为胚根、次生根、支持根 3 种。胚根也叫种子根,是在种子发芽过程中由种胚形成的,包括主胚根和次生胚根,是苗期吸收水分和养分的主要根系。拔节后随着次生根的生长,胚根的作用逐渐降低。次生根又称地下根或永久根,是从地下密集的茎节上长出来的,一般有 4~6 层、50~70 条,多者可达 8~9 层、100 条以上。自玉米拔节以后到成熟,次生根都起着重要作用。支持根又叫气生根或地上节根,是从地上节间长出来的,一部分露出地面,生长在空气中,一般有 2~3 层,是玉米抽雄至成熟期间的主要根系。玉米吐丝以后,有 50% 以上的养分是由支持根吸收的。

根系入土深度一般为 1 米左右,但 0~20 厘米土层内有 60%, 0~40 厘米土层内有 85%。在水平方向上根系一般伸展 50~60 厘米,但多数集中在植株周围 20 厘米以内,其中 0~10 厘米有 60%~70%。根内有发达的维管束系统,是运输水分和养分的通道。根系的主要作用是吸收、合成和支持。玉米所需的水分和矿质元素多数是由根系吸收的。1 株玉米平均

每天能吸收 2~2.5 升的水。根系的合成能力也很强,根系吸收的无机态氮约有 50% 在根内转化为有机态氮。吸收的无机磷也能直接在根内合成为核苷酸、核糖核酸等有机磷化合物。维生素和某些生理活性物质也能在根内合成。玉米根系支持和固定植株的能力很强,发达的根系是防止玉米倒伏的重要条件。

玉米根系生长的适宜土壤温度是 20~24℃。4~5℃时,根系停止生长;超过 25℃时,根系的生长、吸收速度缓慢。土壤相对含水量为 60%~70%时,有利于根系生长;当土壤表层干燥、下层湿润时可引根下扎。玉米根系对土壤空气反应敏感,土壤通气良好时,可提高其对氮肥的吸收能力。玉米根系有明显的向肥性,耕层内的养分状况直接影响根系入土深度与发育状况。

2. 玉米的茎 玉米的茎由节和节间组成。一般种胚中有 5~6 个未伸长的茎节。当种子萌发后,顶端分生组织继续分化新叶,扩大茎轴,分化出明显的节和节间,生长发育成茎秆。茎秆外部为高度硅质化的表皮,表皮以内为机械组织。表皮和机械组织有保护和加固茎秆、防止倒伏的作用。再向内是由大量薄壁细胞组成的髓,也叫基本组织,有暂时贮存养分的作用。在髓中有许多维管束,它是运输水分和养分,沟通根、叶、穗的渠道。

玉米茎秆的高矮与品种、土壤、气候和栽培条件有密切关系。通常按植株高矮把玉米分为 3 类:低于 2 米的为矮秆型,2~2.7 米的为中秆型,2.7 米以上的为高秆型。

玉米茎秆的作用主要有:输导作用,通过维管束系统运送水分、养分及生活物质;支持作用,基部节间粗短、壁厚,有支持叶、穗、粒等器官的重量,抵抗风雨袭击,加强和支持植株的

效果；贮藏作用，玉米茎秆多汁，可临时贮藏可溶性有机物质，通常茎秆中有5%左右的有机物质转移到籽粒中去，对提高籽粒产量有一定意义。

温度对茎秆生长有明显的影响。当温度上升到20℃以上时，茎秆生长迅速，20~28℃为茎秆生长的最适温度；温度降至10~12℃时，茎秆基本停止生长。施用氮肥过多，会造成茎秆细嫩，容易弯曲或倒折。缺钾时，玉米茎秆基部节间易断裂，造成倒折。缺磷时，植株矮缩。只有氮磷钾比例适当，才能使茎秆健壮抗倒伏。光照、水分对玉米茎秆生长也有很大影响。光照足，水分适中，则玉米植株高大，茎秆健壮；反之，则植株瘦小，茎秆细弱。

3. 玉米的叶 玉米的叶由叶片、叶鞘、叶舌组成。植株基部有五六个叶表面光滑无毛，其上的叶片表面生有茸毛，可以作为判断叶位的参考。同一品种在同一地区种植叶片数比较稳定，一般早熟品种为17~18片叶，中熟品种为18~19片叶，偏晚熟品种为19~21片叶。各叶片面积从基部往上逐步加大，以棒三叶为最大，约占叶面积的35%~40%，再向上又逐渐变小。

叶是玉米光合作用的主要器官，它为各器官生长提供物质、能量基础，是植株生长的首要条件。光照强度大，叶片光合产物多，植株就生长健壮；延长光照时间，玉米节数和叶数增加，节间拉长，植株高大。叶片的生长快慢与温度的关系极为密切：气温在10℃以下时，叶片生长速度很慢；在12~26℃范围内，叶片生长速度和温度呈直线上升关系；31~32℃时，叶片生长最快，温度再高时生长速度降低。水分充足时，叶片生长速度快，功能期长，光合能力强；反之，光合强度降低，叶肉物质分解代谢旺盛，叶片提早枯黄。施肥是促控叶片的重要手

段之一,追肥效应期以展开叶片为 n ,则主要受促叶位按 $n+4$ 或 $n+3$ 来计算,其效应可以延续到顶部叶片。玉米生育后期保持一定的营养水平,延长叶片的功能期,加强光合势,对于增加粒重、提高产量是十分重要的。

4. 玉米的花 玉米为雌雄同株异花作物,雄花序生于茎秆顶端,雌花序生于植株“腰间”。雄花序属圆锥花序,由主轴、分枝、小穗、小花组成,主轴连接于茎秆,它的中下部有若干分枝,一般为15~25个,每一分枝周围着生4~11行成对排列的小穗。每对小穗中有1个有柄小穗,位于上方;另一个是无柄小穗,位于下方。每个小穗基部两侧各有1个颖片,两颖片间生长2朵雄性花。每朵雄性花由1片内颖、1片外颖、1个浆片及3个雄蕊组成。1个正常发育的雄穗可以产生1200万~3400万粒花粉。雌花序属肉穗花序,是变态的侧茎,有6~7个节和节间,每个节上生1苞叶。苞叶是叶鞘的变态,叶片已退化。苞叶包被于雌穗之外,外层坚韧,起保护作用。穗轴上着生成对排列的无柄小穗,每个小穗有2片护颖、2朵雌花,其中1朵退化为不孕花,1朵发育正常能受精结实。雌花包括内穗、外穗和雌蕊。雌蕊由子房、花柱和柱头组成。花柱很短,柱头就是花丝,顶端2杈,布满茸毛,能分泌粘液,粘附花粉。

玉米雌雄穗的分化和形成是一个连续的过程,根据变化过程中的形态和生育特点,可分为生长锥伸长期、小穗分化期、小花分化期和性器官发育形成期4个主要时期。玉米穗分化同环境条件有密切关系。抽雄前后玉米需水较多,一般田间最大持水量为70%才能保证穗分化的顺利进行。水分不足,会使雄、雌穗抽出的间隔时间延长,造成花期不遇,影响正常授粉。氮、磷、钾肥料能促进穗粒数和粒重的增加。缺磷时,穗分化推迟,开花延迟,籽粒减少,空秆增多。

5. 玉米的籽粒 玉米的籽粒是由受精后的子房发育而成的果实,生产上称为种子。种子由籽实皮、胚和胚乳组成。籽实皮包括种皮和果皮,约占种子干重的5%~8%,光滑、坚硬,对籽粒有保护作用。胚乳占种子的绝大部分,约80%~85%,是养分贮存的主要场所。胚位于种子基部的一侧,由胚根、胚芽、胚轴和盾片组成。盾片紧贴胚乳,含有丰富的糖、蛋白质和脂肪,种子发芽时转化为营养物质供给胚芽和胚根。同时它还吸收胚乳中的养分供给根、芽。胚根位于胚轴下端,发芽后成为主胚根。胚芽位于胚轴的上端,外面有胚芽鞘包围,胚芽鞘有帮助顶土出苗的作用。胚芽内有4~6片胚叶,重叠包围着生长点。出苗后,胚叶成为植株基部叶片。胚轴上接胚芽,下连胚根,发芽时,细胞伸长把幼芽顶出土面。出苗后,胚轴称作根茎或地中茎。

籽粒的形成过程大致分为籽粒形成期、乳熟期、蜡熟期和完熟期。玉米籽粒乳线消失,去掉尖冠出现黑色层后养分不再增加,籽粒变硬,具有光泽,指甲不易划破,呈现本品种特征。掌握玉米生理成熟的特征,可以避免因过早或过晚收获而影响产量。

(二) 夏玉米生长发育的3个阶段

夏玉米的一生分为3个主要生育阶段,即苗期、穗期和粒期。各生育阶段的生育特点、主攻目标及栽培要点如下。

1. 苗期 玉米从播种到拔节阶段称为苗期。夏玉米早熟品种苗期为20天左右,中熟品种25天左右,晚熟品种30天左右。

(1) 生育特点 玉米苗期是营养生长阶段,即长根、增叶和茎节分化阶段,是决定叶片和茎节数目的时期。从全株来说,生长中心是根系;从地上部来说,生长中心是叶片,以第