

文章编号:1005-0906(2012)01-0146-07

# 30 年来我国玉米主要栽培技术发展

赵久然,王荣焕

(北京市农林科学院玉米研究中心,北京 100097)

**摘要:** 改革开放 30 多年来,我国玉米生产发展迅猛,多项栽培技术对促进我国玉米生产发展发挥了重要的作用。本文从品种、种植方式、施肥、灌溉、病虫害防治、生长调控等方面系统总结近 30 多年来我国玉米生产中的应用和发展的 20 项主要栽培技术。

**关键词:** 玉米;栽培技术;玉米生产

**中图分类号:** S513

**文献标识码:** A

## Development of Main Cultivation Technology in Chinese Maize Production since Reform and Opening Up

ZHAO Jiu-ran, WANG Rong-huan

(Maize Research Center, Beijing Academy of Agricultural & Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The maize production in China has developed rapidly since reform and opening up. The progresses of scientific and technological have played an important role. In this paper, the development of main cultivation technology such as hybrid cultivation, planting pattern, fertilization, irrigation, disease and pest control, chemical control and so on were summarized comprehensively.

**Key words:** Maize; Cultivation technology; Maize industry

自 1978 年改革开放 30 多年来,我国玉米生产得到快速发展。全国玉米种植面积、单产和总产分别由 1978 年的 0.20 亿  $\text{hm}^2$ 、2 805  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、0.50 亿 t 发展至 2010 年的 0.32 亿  $\text{hm}^2$ 、5 461.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、1.774 亿 t,增幅分别为 62.72%、94.71%、217.04%。玉米生产的快速发展与玉米良种及高产高效栽培技术的研究与推广密不可分。

### 1 优良品种及其配套栽培技术

在玉米增产因素中,品种的贡献率占 30%~40%,玉米育种水平的提高对提升我国玉米单产和总产水平、促进我国玉米生产发展做出了巨大贡献(戴景瑞,2010)。近 30 年来,以中单 2 号、丹玉 13、

掖单 13、农大 108、郑单 958 等为代表的主栽玉米品种引领了我国玉米品种的 5 次更新换代(孙世贤,2010;张景莲,2008;佟屏亚,2001)。

全国农业技术推广服务中心统计,集丰产、多抗和广适特性于一体的中单 2 号( $\text{Mo17} \times \text{自 330}$ )于 1981~1986 年连续 6 年名列全国玉米品种种植面积首位,年种植面积 133 万  $\text{hm}^2$  以上,1986 年种植面积最高达 207.8 万  $\text{hm}^2$ ,其育成与推广标志着我国玉米单交种的选育与推广已进入了相对成熟时期。高产、稳产、抗病性强、适应性广的丹玉 13( $\text{Mo17}^{\text{Ht}} \times \text{E28}$ )于 1987~1994 年连续 8 年居全国玉米种植面积首位,年种植面积 186.6 万  $\text{hm}^2$  以上,1988~1991 年每年种植面积均超过 266.6 万  $\text{hm}^2$ ,1989 年种植面积最高达 350 万  $\text{hm}^2$ ,其选育和推广标志着我国玉米抗病育种水平又上一个新台阶。紧凑型大穗玉米品种掖单 13(掖 478  $\times$  丹 340)于 1995~1999 年连续 5 年居全国玉米种植面积的首位,1995~1998 年每年均达 146.6 万  $\text{hm}^2$  以上,

收稿日期:2011-10-17

基金项目:国家玉米产业技术体系(nycyt-x-02)

作者简介:赵久然(1962-),男,博士,研究员,主要从事玉米遗传育种及高产栽培研究。

Tel: 010-51503936 E-mail: maizezhao@126.com

1995 年种植面积最高达 226.4 万  $\text{hm}^2$ , 其选育和推广开创了我国紧凑型玉米育种和生产的先例, 特别是 90 年代中后期以掖单号品种为代表的紧凑型玉米品种的大面积推广带动了我国玉米种植面积的大幅提高和玉米种植密度的提高, 促进了我国玉米生产的快速发展。高产、优质、多抗、广适、保绿性好且粮饲兼用的玉米品种农大 108(178 $\times$ 黄 C) 于 2000~2003 年连续 4 年居全国玉米种植面积的首位, 年推广面积 186.6 万  $\text{hm}^2$  以上, 2002 年种植面积最高达 273.2 万  $\text{hm}^2$ 。高产耐密型品种郑单 958(郑 58 $\times$ 昌 7-2) 于 2004~2010 年连续 7 年居全国玉米种植面积首位, 年种植面积 266.6 万  $\text{hm}^2$  以上, 2009 年增至 454 万  $\text{hm}^2$ , 目前仍为种植面积最大的玉米品种。该品种的育成改变了我国高秆大穗型品种的模式, 强调以耐密性为育种目标的核心, 并开创了单株生产力与群体生产力结合、育种目标与栽培需求结合、耐密型品种为主导的玉米发展新格局(孙世贤, 2010; 张世煌, 2003)。

从品种特性看, 我国玉米生产主栽品种经历了平展型 $\rightarrow$ 紧凑型 $\rightarrow$ 耐密型的发展过程(李登海, 2000; 赵久然等, 2008)。紧凑型是相对平展型而言, 指叶片夹角小、上冲紧凑, 主要通过形态改良而相对适宜密植。耐密型品种是紧凑型品种的进一步发展, 是形态和生理耐密两方面的结合, 除具有株型紧凑适于密植的形态特征外, 还应具有耐密的生理特性, 即耐较高密度并达到密植而不倒、果穗全匀饱, 具有较广的密度适应范围、较强的抗倒伏能力、较好的肥水响应能力和耐阴雨寡照能力等。玉米生产中大面积推广应用的郑单 958 等品种是目前较好的耐密型品种。

## 2 地膜覆盖栽培技术

我国于 1979 年从日本引进地膜覆盖栽培技术, 开始用于蔬菜栽培, 之后在玉米生产中得到大面积应用(佟屏亚, 1997), 1998 年其推广面积达历史最高峰。目前, 我国已成为世界上地膜栽培面积最大的国家。

地膜覆盖栽培技术在玉米上主要用于春玉米生产, 集中在东北、西北和西南玉米产区。特别是在干旱半干旱地区得到广泛应用, 已成为一项重要的农业增产技术措施。覆膜方式经不断发展, 也因制宜的多种多样, 如半膜覆盖、覆膜穴播、垄盖膜际精播、全膜双垄沟播等。该技术通过改善耕层土壤水肥气热状况进而改善玉米生长的微生态环境, 增温

保墒作用显著; 促进土壤微生物活动, 增加土壤有效养分供应; 促进玉米根系生长发育及其对土壤养分和水分的吸收; 增加玉米叶面积系数、光合性能、干物质积累等产量相关生理指标; 大幅提高玉米产量、子粒品质及水分利用效率。该技术的推广应用大大拓宽了我国玉米的种植范围, 尤其适于高寒、干旱和积温不足地区, 对进一步扩大我国玉米种植面积和提高玉米产量发挥了重要作用。通过多年探索与试验, 我国已建立了形式多样的玉米覆膜高产栽培技术模式, 如全膜双垄沟播栽培技术、膜侧集雨节水栽培技术、膜下滴灌技术等, 并进行了大面积推广和应用, 成效显著。

## 3 节水灌溉技术

我国是水资源严重短缺的国家, 而农业用水量且利用率较低。过去我国玉米生产中多采用大水漫灌、沟灌、畦灌等方式进行灌溉, 造成水肥流失严重且利用率较低。近年来, 为改变传统灌溉方式, 我国研究并大力推广了管灌、喷灌、滴灌、渗灌等形式多样的玉米节水灌溉技术, 在节省水资源、提高水分利用率、增加玉米产量等方面发挥了重要作用。

从节水灌溉技术发展来看, 我国玉米节水灌溉研究经历了从工程节水到技术节水、从高产丰水到优产节水的过程。早在 20 世纪 50、60 年代, 我国就开始了玉米节水灌溉技术的研究, 以减少输水渠道渗漏损失和田间深层渗漏为研究重点; 70~80 年代, 研究重点转为玉米充分灌溉条件下的单产最优问题, 主要研究环境因子对作物需水量和需水规律的影响, 而对作物水分生理研究较少; 90 年代以来, 研究重点转向非充分灌溉(节水优产灌溉), 如调亏灌溉和控制性分根交替灌溉技术等(郭相平等, 2000)。

## 4 科学施肥技术

科学施肥是提高玉米产量和品质、培肥土壤、提高土壤可持续生产能力的重要技术措施。20 世纪 80 年代, 我国 78% 耕地为中低产田, 主要土壤养分大面积缺乏, 部分土壤养分全面缺乏(席承藩, 1998)。随着科学技术的发展和施肥水平的提高, 我国耕地土壤肥力稳步上升。近些年来, 我国配方施肥、平衡施肥、测土配方平衡施肥、调控施肥等技术取得较大发展。但在玉米生产中, 养分投入多以化肥为主, 有机肥用量不足; 氮肥投入较多, 磷钾肥用量不足; 肥料种类及施肥的比例、数量、时间、方法不

合理,特别是地表撒肥等引起肥料大量挥发和流失,造成我国化肥利用率总体水平较低。2001~2005年调查显示,我国玉米氮肥利用率平均 26.1%,而在华北平原集约农区夏玉米氮肥利用率更低,仅为 15%(张福锁等,2007)。增施有机肥、坚持有机肥与无机肥配合、氮磷钾与微肥配合、基肥与追肥配合及测土配方施肥、缓释肥、化肥深施、以肥调水、水肥耦合等技术的研究与应用将是今后进一步提升肥料及水分利用效率、提高玉米产量和品质的重要技术措施。

## 5 叶龄指数促控技术

玉米叶龄指数促控技术即基于玉米器官生长的同伸关系,以叶龄为指标来判断各器官的生长发育进程,进而确定以肥水管理为中心的栽培促控措施。早在 20 世纪 70 年代,我国老一辈玉米栽培学家即开始研究玉米叶龄指数与穗分化的规律、二者的相关性及其与追肥等栽培管理的关系(胡昌浩,1979)。之后,诸多学者对不同玉米品种的见展叶差和叶片与根、茎、节间、穗、粒间的相关性及不同地区不同玉米品种的叶龄变化规律进行了深入研究,明确了玉米叶龄指数与穗分化间存在明显相关性且这种相关性受年份、播期等外界条件影响较小(刘百韬等,1976;王庆吉等,1994;曹彬等,2003;史梅等,2009),并提出基于叶龄指数加强田间肥水管理的技术模式,达到促控结合,在玉米高产栽培中得到了广泛应用且增产效果显著(鞠章网,1983;吴盛黎等,1994;王贵等,1992)。叶龄指数促控技术为玉米指标化、规范化高产栽培管理提供了重要的理论和实践依据(吴盛黎等,1995;朱新洲等,1996)。

## 6 夏玉米贴茬直播并适时晚收技术

20 世纪 60~90 年代,黄淮海夏玉米实行麦田套种,可有效防止夏玉米发生芽涝、缓解劳力紧张。但麦套玉米播种质量差,粗缩病等较重,缺苗断垄严重,整齐度较差,玉米产量较低。90 年代后,夏玉米贴茬直播技术逐渐取代麦套玉米种植,即麦收后不经过耕翻整地等田间作业,在麦茬上直接播种夏玉米,具有争取农时、利于机械化作业、增加种植密度、提高幼苗质量和群体整齐度、提高自然资源利用率、增加产量等优势。

目前,贴茬直播是黄淮海夏玉米最主要的种植方式。但该区夏玉米普遍收获较早,即当玉米还没有完全成熟、灌浆还在进行时就开始收获。研究表

明,适当延迟收获有利于充分利用光热资源,增加粒重,提高产量和品质(鲍继友,1993)。因此,在黄淮海夏玉米区还应坚持适时晚收,待苞叶干枯、黑层出现、乳线消失即子粒生理成熟时收获。

## 7 雨养旱作技术

该技术是通过农业合理规划和布局,采用抗旱品种及配套旱作农业技术,充分利用自然降水和提高降水利用率,实现不需灌溉完全利用自然降水来进行农业生产,其关键和核心是“蓄住天上水、保住土中墒”,提高水分利用率(佟屏亚,1994)。近年来,北京市针对水资源紧缺、农业用水量大且利用效率低的现状,通过选用中早熟高产抗旱玉米品种,并集成秸秆覆盖免耕、深松蓄水、抢墒或等雨播种、缓释肥底深施和等雨追肥、保水剂及种衣剂等配套技术(赵久然等,2009),利用蓄墒、保墒、等墒及抗旱中早熟品种的播期灵活性解决了一次播种保全苗和“卡脖旱”等雨养旱作技术难题,实现了由灌溉种植向雨养旱作的转变,在大幅节水同时使产量稳定或提高,探索出适合北京及周边地区的玉米生产节水技术新模式。目前,该技术已基本实现京郊玉米全覆盖。

## 8 深耕(松)改土技术

近几十年来,我国小农户分散经营的生产模式和小型农机具的大面积和长期使用导致土壤耕层变浅,犁底层不断加厚,土壤蓄墒保水保肥能力大幅降低,限制了土壤高产潜力的发挥。研究表明,进行土壤深耕(松)作业可打破土壤犁底层,改善土壤水肥气热状况,降低土壤容重,利于蓄水保墒,加速土壤养分的转化利用,促进根系生长发育,提高水分利用率和玉米产量(邹洪涛,2009;刘朝巍等,2009;边少锋,2000;宋日等,2000)。20 世纪 90 年代中后期,黑龙江省为改造中低产田开展了农机改造和一系列深松试验。进入 21 世纪以来,我国土壤深松机械研制及土壤深松技术研究均取得较大进展,目前生产中推广应用的深耕(松)方式主要是在秋季进行全面深松或在玉米生育期间进行条带深松。

## 9 免耕保护性耕作技术

我国真正意义上开展免耕保护性耕作技术和理论研究始于 20 世纪 70 年代。该技术通过免耕、秸秆残茬覆盖、合理深松、化学除草灭虫等综合措施,达到保水、保土、保肥、抗旱增产、节本增效、改善生态环境的目的,是集保护性耕作与轻型简约栽培于

一体的先进适用技术,是农业部“十一五”重大推广技术之一。大量研究表明(刘武仁,2008;张彬等,2010;黄山等,2009;宫秀杰,2009;张海林,2000;谢瑞芝等,2007),与传统耕翻相比,免耕保护性耕作(免耕+秸秆覆盖+深松)可改善农田表层土壤结构性能,降低土壤容重,促进微生物活动,增加土壤耕层有机质含量,减少土壤水分蒸发,提高玉米水分利用率和产量。目前,我国玉米免耕保护性耕作技术模式呈现因地制宜、多元发展格局,如全膜双垄沟播技术、黄淮海夏玉米区麦茬秸秆覆盖和夏玉米免耕贴茬直播技术等。但其配套机械、播种质量、病虫害防治、土壤深松等配套技术的研发和创新等仍是今后迫切需要解决的问题。

## 10 通透栽培技术

玉米通透栽培技术是黑龙江省针对高温、冷凉、旱作农业的特点,经过多年研究和实践而提出的。该技术主要是应用高产优良品种,采取科学种植方式,改善和增加田间通风透光条件,发挥边行优势,实现扩源、强流、增库,从而提高资源利用率、增加玉米产量、提高玉米品质(石秀华,2007;陈自新等,2009)。目前,玉米通透栽培技术已发展成为当地增加玉米种植密度、提高玉米产量和品质的重要技术措施,生产中推广应用较多的通透栽培技术模式包括比空栽培、间作栽培、大垄双行等。

## 11 育苗移栽技术

育苗移栽技术是抵御低温冷害、争取农时、解决茬口矛盾、充分利用自然光热资源、提高群体整齐度和群体质量从而获得玉米高产的重要增产措施(林建新等,2004)。我国玉米育苗移栽技术始于 20 世纪 70 年代初,但直到 80 年代中后期才得到大面积推广。目前,该技术已成为我国西南玉米区和南方鲜食玉米区的主要栽培技术之一。农业部统计,2008 年我国玉米育苗移栽面积约 240 万  $\text{hm}^2$ 。该技术可有效解决前后作物茬口矛盾、提早播种季节、抗御干旱、减轻病虫害,利于全苗、壮苗,在推行玉米标准化生产中具有重要作用,是中低产地区和边远落后地区玉米增产的主要措施,也可以作为抗旱减灾的储备技术措施。

## 12 植株化控技术

化学调控技术是通过应用植物生长调节剂,有针对性地调节和控制植物的生长发育过程。化控技

术在玉米生产上的应用主要是调节株高与穗位高,增强植株抗倒性,改善群体光照条件和光合性能,优化群体结构,进而提高玉米产量和品质(王宁等,2010;孟彦等,2011;王小春等,2009)。20 世纪 50、60 年代,赤霉素、矮壮素开始应用于玉米生产。自 70 年代起,乙烯利开始用于玉米生产,以控制玉米株高和穗位高、抽雄与成熟时间,塑造株型,防止倒伏。80 年代以来,随着分子生物学的发展及对激素诱导机理的研究,人工合成的针对大田作物的植物生长调节剂种类逐渐增加。目前,玉米生产中应用较多的是控制玉米徒长、防倒伏的化控剂。

## 13 化学除草技术

玉米田杂草是影响玉米生产的重要因素之一。杂草通过与玉米争夺水分、养分、阳光和空间,并且是某些病虫害的越冬场所和寄主,利于病虫害发生,进而影响玉米产量。一般年份,杂草危害可导致玉米减产 10%~20%,严重时可减产 30%~50%。我国化学除草试验研究始于 20 世纪 50 年代,主要应用于大型国有农场。70 年代,随着扑草净、敌草隆等除草剂的出现,农田化学除草技术得到较大发展。80 年代以来,明确了各产区玉米田间恶性杂草的生物学特性与发育规律,并筛选出一批高效、安全、低毒的除草剂品种(李少昆等,2009)。目前,我国玉米田化学除草技术发展很快,推广应用面积逐年扩大,且除草剂品种更为丰富,搭配也更趋合理。近年来,随着化学除草剂的大量推广应用,在玉米主产区化学除草已逐渐取代人工除草与机械中耕除草,极大地提高了劳动效率,减少了草害对玉米生产造成的损失。

## 14 病虫害防治技术

病虫害危害是造成我国玉米减产的重要生物因素。随着全球气候变化、耕作方式改变和新品种推广,我国玉米病害也随之发生变化(王晓明,2006)。丝黑穗病、大斑病、小斑病、褐斑病、粗缩病、纹枯病、锈病等是当前危害我国玉米生产的主要病害,玉米螟则是危害我国玉米生产的最主要虫害。在北方春玉米区,因玉米螟危害一般年份减产 10%左右,玉米螟大发生年份则减产 20%~30%(李少昆等,2009)。防治玉米病虫害应积极贯彻“预防为主,综合防治”的植保方针,并及时准确做好预测预报工作。化学防治病虫害应采用低毒高效农药,同时还应加强生物防治,努力提高防

治效率。近年来,生物防治玉米螟技术取得较大发展,目前玉米生产中应用较多的玉米螟生物防治技术主要有赤眼蜂防治、白僵菌封垛防治与苏云金芽胞杆菌(Bt)乳剂防治。

## 15 机械精量播种技术

玉米机械精量播种技术是最近几年为适应玉米生产发展的需要,改传统粗放播种为集约播种、提高播种质量与效率、节约用种量、减少间苗环节的播种技术模式。该技术是利用精量播种机将玉米种子按农艺要求的播量、行距、株距、深度精确播入土壤,省种、省工,可提高密度和整齐度,但对种子质量、播种机械及播种质量要求较高。该技术早在 20 世纪 80 年代末 90 年初进行试行推广,但因受种子质量等因素影响而推广缓慢。近年来,随着精量播种机械发展、玉米种子质量提高和农业生产形势的转变,玉米机械精量播种技术得到迅速发展。该技术适于土壤条件好、种子纯度高、发芽率高、病虫害防治措施有保证的玉米地块。

## 16 不同品种搭配种植技术

不同玉米品种间作,可增强群体的综合抗性、稳定性,且异花授粉率更高,当代杂种优势明显,当代子粒粒重增加且品质发生变化(赵久然等,2001)。目前,已有大量关于不同株高、株型和抗性玉米品种间作效应的研究报道。研究表明,植株高、矮不同的品种进行间作,可改善群体的通风透光条件,优化群体结构,协调群体与个体间的关系,提高光合作用效率,进而显著提高群体产量(朱敏等,2010;崔俊明等,2005);株型不同的玉米品种如紧凑型与半紧凑型品种间作,可提高群体质量,延长叶片功能期,提高光合效率和子粒产量;抗性不同的品种间作,可增强群体抗逆性,后期可维持较高的叶面积、叶绿素含量和光合速率,利于实现玉米高产和稳产(李潮海等,2002;苏新宏等,2000)。此外,还有高油玉米与普通玉米、黄粒与白粒玉米品种的搭配种植模式。

## 17 小面积高产潜力探索挖掘及超高产创建综合技术

李登海研究员自 1972 年起开始进行夏玉米小面积高产攻关试验,到目前已连续进行了 30 多年,并有 10 多个年份突破夏玉米 15 000 kg/hm<sup>2</sup> 的超高产水平。近年全国玉米栽培学组织开展了玉米超高产研究,并初步建立了玉米超高产的区域化技术

模式。2006~2010 年,全国经专家组严格测产验收的玉米超高产田共 159 块。高产田多数分布于光照充足、昼夜温差较大的较高纬度(40°~43°N)、较高海拔(1 000~1 500 m)地区,平均单产 16 692 kg/hm<sup>2</sup>,88 950 穗/hm<sup>2</sup>,每穗 541 粒,千粒重 360.0 g,穗粒重 191.8 g。采用耐密型高产稳产玉米品种、合理增加种植密度、充足的水肥供给及科学管理以及地膜覆盖等是玉米超高产的关键技术(陈国平等,2009)。

## 18 “一增四改”集成技术

2007 年,农业部提出加快玉米生产发展的工作方案,确定玉米应成为我国今后粮食增产的主力军,并提出以“一增四改”等为关键技术的加快玉米生产发展的主要措施。“一增”即合理增加玉米种植密度。“四改”即改种耐密型品种;改麦田套种为贴茬免耕直播并适当晚收;改粗放施肥为配方平衡施肥;改人工种植、收获为机械化作业等(赵久然,2007)。近年来,全国各玉米主产区及主产省结合农业部玉米高产创建活动,全面实施和推广了玉米“一增四改”关键技术,对挖掘各地玉米增产潜力、提高玉米生产水平发挥了重要指导作用。但“一增四改”并不能包罗万象,各地还需结合当地的自然生产条件、玉米生产特点及存在的主要问题等提出相应技术措施。

## 19 大面积高产创建综合技术

为促进我国粮食生产稳定发展,保障粮食安全和市场供给,农业部将 2008 年作为“全国粮食高产创建活动年”,并自 2008 年起在全国大力开展包括玉米在内的粮食高产创建活动,且规模逐年扩大。2008~2010 年,农业部分别在全国粮食主产区建设了 150 个、600 个和 1000 个万亩连片玉米高产创建示范片。2011 年,粮食高产创建实行整乡整县整建制推进。通过组织开展大面积高产创建及玉米良种良法配套技术的综合运用,玉米主产区涌现出较多 12 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的高产示范片。各地依托高产创建,根据生产实际情况进一步优化集成了高产耐密品种、测土配方施肥、适时晚收、合理增密、全膜双垄沟播、新耕作制度下的病虫草鼠害综合防治、定期深耕深松等技术措施,形成了具有区域特色的玉米高产高效栽培技术模式,并在高产创建示范区进行大面积示范和推广,促进了玉米产量和品质的提高,带动了玉米大面积均衡增产。

## 20 全程机械化作业综合技术

玉米机械化作业可提高播种及幼苗质量,减轻农民劳动强度,提高作业效率,节约生产成本,提高投入产出比,还可加快套种改平播、夏玉米贴茬直播技术推广等。近年来,我国玉米机械化水平不断提高。2009 年,玉米综合机械化水平为 60.2%,其中机耕水平为 83.5%、机播水平为 72.4%、机收水平为 16.9%。机械收获仍是目前我国玉米生产中的最薄弱环节,制约着玉米生产机械化的整体发展。玉米生产机械化势在必行,今后应加快推进玉米全程机械化作业,重点是突破玉米收获机械化,稳步发展玉米播种机械化,并坚持农机农艺结合,加快农业机械研发,提高机械化作业水平。

### 参考文献:

[1] 戴景瑞,鄂立柱.我国玉米育种科技创新问题的几点思考[J].玉米科学,2010,18(1):1—5.

[2] 张景莲.1982 年以来我国玉米品种的演变[J].河南农业科学,2008(6):36—39.

[3] 佟屏亚.20 世纪中国玉米品种改良的历程和成就[J].中国科技史料,2001,2(22):113—127.

[4] 孙世贤.我国杂交玉米品种推广与成效[J].作物杂志,2010(3):121—124.

[5] 张世煌.郑单 958 带给我们的创新思路和发展机遇[J].玉米科学,2006,14(6):4—6.

[6] 李登海.从事紧凑型玉米育种的回顾与展望[J].作物杂志,2000(5):1—5.

[7] 赵久然.简便易行、实用有效的玉米增产措施—优势互补型品种掺合种植法[J].北京农业科学,2001;19(1):33—34.

[8] 赵久然,王荣焕.再议玉米耐密型品种的选育鉴定及配套栽培技术[J].玉米科学,2008,6(4):5—7.

[9] 佟屏亚.玉米覆膜栽培概况和发展前景[J].耕作与栽培,1997(1):51—56,19.

[10] 李建奇.地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J].玉米科学,2008,16(5):87—92,97.

[11] 李洪勋,吴伯志.地膜覆盖对玉米生理指标的影响研究综述[J].玉米科学,2004,12(增刊):66—69.

[12] 郭相平,孙景生.玉米节水灌溉技术及其研究进展[J].玉米科学,2000,8(1):60—62,90.

[13] 席承藩.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.

[14] 张福锁,崔振岭,王激清,等.中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J].植物学通报,2007,24(6):687—694.

[15] 胡昌浩.夏玉米穗分化时期与营养器官及追肥关系的研究[J].中国农业科学,1979,12(1):19—25.

[16] 刘百韬,何福玉,臧成林.玉米雌穗发育与外部展叶的相关性[J].中国农业科学,1976(4):54—58.

[17] 王庆吉,远秀莲.夏玉米叶龄指数追肥法[J].中国农学通报,1994,10(3):49.

[18] 曹彬,屈森泉,薛秋云,等.夏玉米叶片出生与穗分化关

系的研究初报[J].杂粮作物,2003,23(4):208—211.

[19] 史梅,曹彬,张德仓.12 个玉米新品种叶龄指数与穗分化关系的试验初报[J].安徽农学通报,2009,15(17):54—55.

[20] 吴盛黎,李苑群,熊天剑,等.紧凑型玉米叶龄模式栽培促控指标初探[J].耕作与栽培,1994(4):17—20.

[21] 王贵,王美选,张反成.农大 60 玉米的叶龄及其应用[J].山西农业科学,1992(11):12—13.

[22] 吴盛黎,戴保威,顾明.高原玉米叶龄追肥与增库促源的研究[J].贵州农学院学报,1995,14(3):1—7.

[23] 朱新洲,张运经,詹登明,等.玉米叶龄促控栽培技术及其应用[J].湖北农业科学,1996(5):18—21.

[24] 路海东,薛吉全,马国胜,等.收获期对不同栽培措施玉米产量及粒重的影响[J].玉米科学,2011,19(1):101—104.

[25] 鲍继友,张金龙,孙顶太.夏玉米最佳收获期试验研究[J].玉米科学,1993,1(3):23—25.

[26] 佟屏亚.旱作玉米高产栽培技术[J].农业科技通讯,1994(7):8—9.

[27] 赵久然,宋慧欣,杨国航.玉米雨养旱作科技示范工程论文集[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.

[28] 邹洪涛,张玉龙,黄毅,等.辽西北半干旱区土壤深松对玉米生长发育及产量的影响[J].沈阳农业大学学报,2009,40(4):475—477.

[29] 刘朝巍,谢瑞芝,张恩和,等.玉米宽窄行交替休闲种植根系分布规律研究[J].玉米科学,2009,17(2):120—123.

[30] 边少锋,马虹.吉林省西部半干旱区深松蓄水耕作技术研究[J].玉米科学,2000,8(1):67—68.

[31] 宋日,吴春胜.打破犁底层对玉米根系生长发育的影响[J].耕作与栽培,2000(5):6—7.

[32] 刘武仁,郑金玉,罗洋,等.玉米留高茬少、免耕对土壤环境的影响[J].玉米科学,2008,16(4):123—126.

[33] 张彬,何洪波,赵晓霞,等.秸秆还田量对免耕黑土速效养分和玉米产量的影响[J].玉米科学,2010,18(2):81—84.

[34] 黄山,刘武仁,殷明,等.东北地区玉米田长期免耕土壤碳氮及微生物活性的剖面分布特征[J].玉米科学,2009,17(3):103—106.

[35] 官秀杰,钱春荣,于洋,等.深松免耕技术对土壤物理性状及玉米产量的影响[J].玉米科学,2009,17(5):134—137.

[36] 张海林,高旺盛.覆盖免耕夏玉米生长及水分利用的研究[J].作物杂志,2000(4):7—9.

[37] 谢瑞芝,李少昆,李小君,等.中国保护性耕作研究分析——保护性耕作与作物生产[J].中国农业科学,2007,40(9):1914—1924.

[38] 石秀华.黑龙江省玉米密植通透栽培技术[J].现代农业科技,2007(20):113.

[39] 陈自新,韩成新,沙凤杰.玉米密植通透栽培技术研究[J].黑龙江农业科学,2009(5):47—49.

[40] 林建新,陈山虎,卢和顶,等.玉米育苗移栽对群体特征及光合特性的影响[J].玉米科学,2004,12(2):86—88.

[41] 王宁,李建民,翟主席,等.化控技术对玉米植株抗倒伏性状、农艺性状及产量的影响[J].玉米科学,2010,18(6):

38—42.

- [42] 孟彦, 李艳萍, 王文华. 化控技术在玉米生产上的应用与研究[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(10): 110—111.
- [43] 王小春, 杨文钰, 陈刚, 等. 喷施烯效唑对玉米叶片衰老特性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(1): 86—88.
- [44] 李少昆, 赖军臣, 明博. 玉米病虫草害诊断专家系统[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
- [45] 王晓明, 晋齐鸣, 石洁, 等. 玉米病害发生现状与推广品种抗性对未来病害发展的影响[J]. 植物病理学报, 2006, 36(1): 1—11.
- [46] 朱敏, 史振声, 李凤海, 等. 不同基因型玉米混作研究初报[J]. 中国种业, 2010(8): 63—65.
- [47] 崔俊明, 宋长江, 卢道文, 等. 不同类型玉米杂交种高矮立体间作种植技术研究[J]. 杂粮作物, 2005, 25(4): 253—

257.

- [48] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2096—2103.
- [49] 苏新宏, 李潮海, 孙敦立, 等. 不同基因型玉米间作研究初报[J]. 玉米科学, 2000, 8(4): 57—60.
- [50] 陈国平, 王荣焕, 赵久然. 玉米高产田的产量结构模式及关键因素分析[J]. 玉米科学, 2009, 17(4): 89—93.
- [51] 刘天学, 李潮海, 付景, 等. 不同基因型玉米间作的群体质量[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6302—6309.
- [52] 赵久然. 玉米“一增四改”生产技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.

(责任编辑: 李万良)