

文章编号: 1005-0906(2013)03-0001-05

美国玉米生产技术特点与启示

李少昆

(中国农业科学院作物科学研究所 / 农业部作物生理生态与栽培重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 从玉米品种熟期选择、农事操作及玉米生育进程、土壤耕作类型与整地、灌溉与施肥、绿色覆盖作物及精准农业技术等方面介绍美国玉米生产的技术特点, 并比较分析中美玉米生产的气候条件、生育进程差异, 提出高产与高效协同发展、简化农事操作、推进子粒收获等建议。

关键词: 玉米; 生产; 关键技术; 美国

中图分类号: S513

文献标识码: A

Characteristics and Enlightenment of Corn Production Technologies in the U.S.

LI Shao-kun

*(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences /**Key Laboratory of Crop Physiology and Production, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)*

Abstract: Key technologies of corn production in the U.S. were introduced, including the selection of corn varieties for ripe period, farming operation and corn growing process, tillage system and soil preparation, irrigation and fertilization, cover crop and precision agriculture. Based on the comparative analysis of China and U.S. on climatic conditions and development process of corn production, some proposals in such aspects as change of goals in corn production were put forward from high yield to high yield and high efficiencies (natural resource use and economics), simplifying farming procedure, and promoting the full mechanization from planting to harvest, with emphasis on mechanized harvest of grain.

Key words: Corn; Production; Key technology; U.S.

当前我国玉米生产正表现出 4 大转变, 即手工操作向机械化生产转变; 小农生产向规模化生产转变; 以高产为目标向高产高效转变; 精耕细作向精简栽培转变。美国是世界最大的玉米生产国, 产量占全世界玉米总量的 40% 左右, 是机械化、规模化、高产高效生产管理技术先进国家。美国玉米生产品种选择、耕作栽培技术、农场经营管理等玉米生产的先进理念、技术和管理经验可以学习和借鉴。

1 美国玉米生产及其技术特点

收稿日期: 2013-02-10

基金项目: 国家玉米产业技术体系(CARS-02-25)、农业部农业科研杰出人才培养计划项目

作者简介: 李少昆(1963-), 男, 甘肃张掖人, 研究员, 博士, 研究方向为玉米栽培与生理。E-mail: lishaokun@caas.cn

致谢: 在美访问期间, 得到内布拉斯加州立大学杨海顺教授和先锋公司魏军先生等专家的帮助, 在此一并表示感谢!

1.1 美国玉米生产的气候条件

美国有 41 个州种植玉米, 主产区集中在中、北部平原玉米带, 位于北纬 $38^{\circ} \sim 43^{\circ}$, 西经 $82^{\circ} \sim 87^{\circ}$ 范围内, 玉米生产为一年一熟, 且均为单作。分析表明, 69% 和 29% 的玉米分别分布在生长期较长(相对熟期 CRM $105 \sim 125$ d) 和生长期较短的温带气候区 ($CRM \leq 105$ d), 而热带-亚热带气候区 ($CRM \geq 125$ d) 种植的玉米只占 2%。中国玉米带是从东北到华北再斜向西南, 纬度范围跨度相当宽, 47% 和 31% 的玉米种植在生长期较长和较短的温带气候区, 有 22% 的玉米种植在热带-亚热带地区。热带-亚热带地区昼夜温度高、温差小、阴雨天多、病虫害重, 玉米多熟种植, 产量不如温带。因此, 美国玉米生产的气候条件优于我国, 这是其全国平均单产高的一个重要原因。

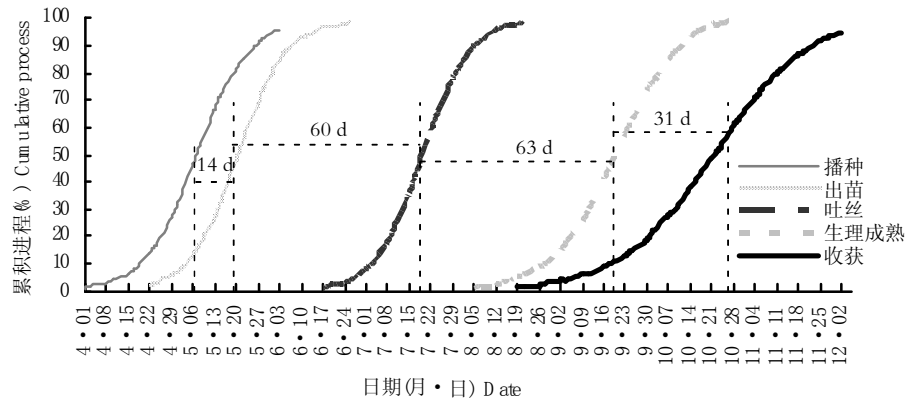
1.2 美国玉米生育进程及播种、收获时间

对全美玉米(统计 18 个玉米主产州, 占美国玉

米播种面积的 92%)生育及农事进程的分析表明,美国玉米一般在 4 月初开始播种,11 月底结束收获,播种、出苗、吐丝、生理成熟和收获高峰期分别在 5 月 6 日、5 月 19 日、7 月 19 日、9 月 20 日和 10 月 24 日,其中,播种至出苗历时 14 d,营养生长阶段(出苗至吐丝)60 d,生殖生长阶段(吐丝至生理成熟)63 d,

生理成熟至收获高峰相距 31 d(图 1),成熟到收获还有 1 个月的田间子粒脱水时间。

美国 6 个主产州玉米生育进程结果见表 1。相同纬度比较,玉米生理成熟期除艾奥瓦州(IA)比我国同纬度玉米晚 1~2 d 外,其他各州提早 3~7 d(图2)。



注:根据美国农业部 NASS 统计数据整理,为 2007~2011 年平均数据。下同。

Note: The data was trimmed according to the USDA NASS statistics, the average data in 2007–2011. The same below.

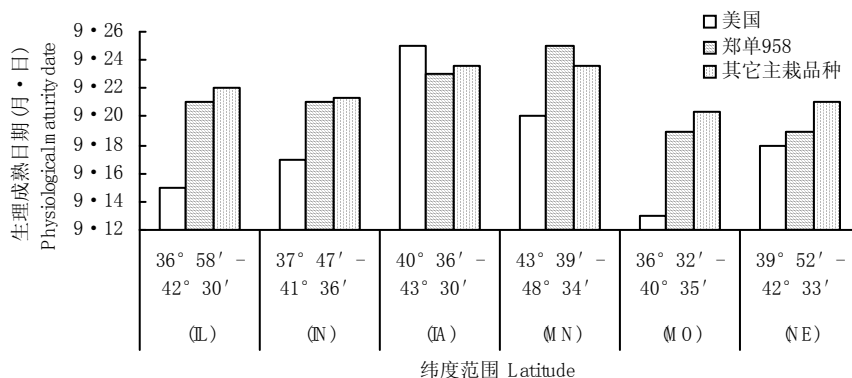
图 1 美国玉米生育期及播种、收获累积进程

Fig.1 Growth process and percent of planting and harvesting of corn in the U.S.

表 1 美国主产州玉米生育期及播种和收获进程(2007~2011 年平均数据)

Table 1 Growth period and percent of planting and harvesting of corn in mainly states, U.S.

州 State	经/纬度 Longitude and latitude	播种高峰与 持续时间 Sowing peak and duration	出苗高峰与 持续时间 Emergence peak and duration	吐丝高峰与 持续时间 Silking peak and duration	成熟高峰与 持续时间 Mature peak and duration	收获高峰与 持续时间 The peak harvest and duration
MN	43°39' N-48°34' N/ 91°18' W-96°4' W	5 月 3 日 (4 月 1 日 ~ 6 月 3 日)	5 月 18 日 (4 月 22 日 ~ 6 月 10 日)	7 月 20 日 (6 月 17 日 ~ 8 月 12 日)	9 月 20 日 (8 月 5 日 ~ 10 月 23 日)	10 月 23 日 (8 月 19 日 ~ 11 月 25 日)
IA	40°36' N-43°30' N/ 89°5' W-96°31' W	5 月 9 日 (4 月 8 日 ~ 6 月 3 日)	5 月 22 日 (4 月 29 日 ~ 6 月 10 日)	7 月 26 日 (7 月 1 日 ~ 8 月 12 日)	9 月 25 日 (8 月 12 日 ~ 10 月 28 日)	10 月 31 日 (9 月 2 日 ~ 11 月 27 日)
NE	40° N-43° N/ 95°25' W-104° W	5 月 4 日 (4 月 1 日 ~ 6 月 3 日)	5 月 17 日 (4 月 22 日 ~ 6 月 10 日)	7 月 17 日 (6 月 17 日 ~ 8 月 12 日)	9 月 18 日 (8 月 5 日 ~ 10 月 14 日)	10 月 26 日 (8 月 19 日 ~ 11 月 27 日)
IL	36°58' N-42°30' N/ 87°30' W-91°30' W	5 月 5 日 (4 月 1 日 ~ 6 月 5 日)	5 月 15 日 (4 月 22 日 ~ 6 月 10 日)	7 月 13 日 (6 月 17 日 ~ 8 月 22 日)	9 月 15 日 (8 月 5 日 ~ 10 月 28 日)	10 月 13 日 (8 月 19 日 ~ 11 月 25 日)
IN	37°47' N-41°36' N/ 84°49' W-88°4' W	5 月 8 日 (4 月 1 日 ~ 6 月 10 日)	5 月 18 日 (4 月 22 日 ~ 6 月 17 日)	7 月 17 日 (6 月 17 日 ~ 8 月 14 日)	9 月 17 日 (8 月 5 日 ~ 10 月 28 日)	10 月 19 日 (8 月 19 日 ~ 11 月 27 日)
MO	36° N-40°35' N/ 89°6' W-95°42' W	5 月 3 日 (4 月 1 日 ~ 6 月 10 日)	5 月 14 日 (4 月 22 日 ~ 6 月 17 日)	7 月 10 日 (6 月 17 日 ~ 8 月 12 日)	9 月 13 日 (8 月 5 日 ~ 10 月 21 日)	10 月 3 日 (8 月 19 日 ~ 11 月 27 日)
全美		5 月 6 日	5 月 19 日	7 月 19 日	9 月 20 日	10 月 24 日



注:美国玉米主产州数据根据美国农业部 NASS 统计数据整理;我国相同纬度郑单 958 和当地其他主栽品种为多点联合试验结果。

Note: The data was trimmed according to the USDA NASS statistics; the data of Zhengdan958 varieties at the same latitude species and other varieties were by the multi-point joint experiments.

图 2 中美玉米生理成熟期比较

Fig.2 Map of China vs America on corn mature stage

近 20 年,全美玉米播种进程呈明显提前的趋势,但生理成熟提前的趋势较弱,因此,玉米的实际生育期得到延长。从美国玉米生产第一大州 IOWA 的播种进程来看(图 3),与 30 年前(1979~1983 年)比较,近 10 年玉米播种的起始时间和播种高峰期提前了近 7 d。播期提前的主要原因一是农场田间排水系统更加完善,春季土壤湿度下降快;二是品种的耐低温发芽能力增强,在低温条件下表现出较高的发芽势;三是包衣剂等种子处理技术的成功应用;四是全球气候变暖因素。

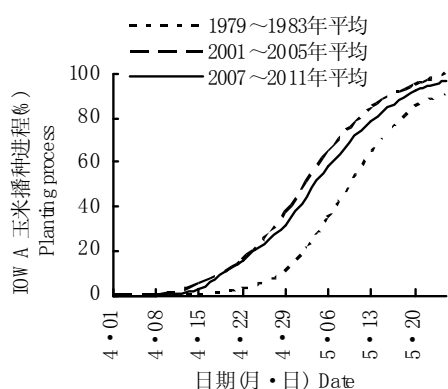


图 3 IOWA 州玉米播种进程

Fig.3 Planting process of corn in IOWA state

受春季降雨及中后期天气变化因素的影响,美国玉米播种、收获及生育进程在年际间变幅较大。从 1994~2012 年,全美玉米播种的高峰期平均为 5 月 5 日,最早出现在 4 月 25 日(2011 年),最晚 5 月 19 日(1995 年),相差 24 d;生理成熟高峰期平均为 9 月 17 日,最早 9 月 5 日(2012 年),最晚 10 月 1 日(2009 年),相差 26 d(图 4)。

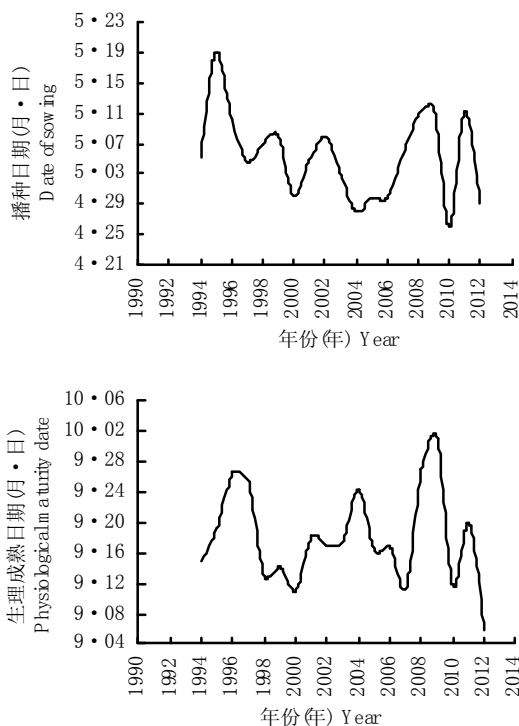


图 4 全美玉米播种、生理成熟高峰期年度间变化

Fig.4 Annual changes of corn planting and mature peak period in the U.S.

1.3 玉米品种的熟期

美国玉米品种生育期以相对熟期(RM)表示,全国玉米品种熟期分区如图 5 所示。RM 反映了玉米品种之间熟期的差异,有利于不同地区农户选择相应熟期的品种。

由于玉米品种种植在不同生态条件下实际生育期会发生变化,但其需要的积温相同。收集统计 13 个美国主要企业的 RM 和 GDD(GDD,日平均温度超

过 10℃时计算,超过 30℃按 30℃计算)资料,分析其关系, x 表示相对生育期(RM,d), y 表示 GDD(℃),两者的关系拟合为 $y=20.213x+419.56$ 。用此公式,结合图 5,可以进一步用于比较不同积温带中美玉米品种熟期的差异。

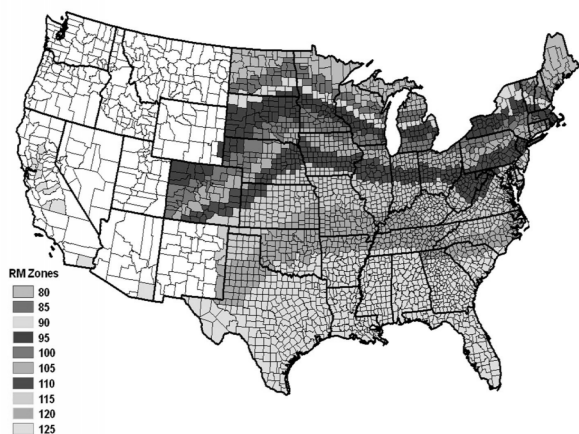


图 5 美国玉米品种熟期分区

Fig.5 Relative mature period division of corn varieties in the U.S.

1.4 土壤耕作类型及整地

美国玉米田耕作类型及相应整地方式主要包括免耕、垄作、条带耕作、圆盘耙(Disc)整地 4 种(图 6),目前已很难见到翻耕。美国玉米带春季降雨多、土壤湿度大、不易作业,玉米需要适时抢播,因此,整地和施肥等作业多在秋季玉米收获后进行。

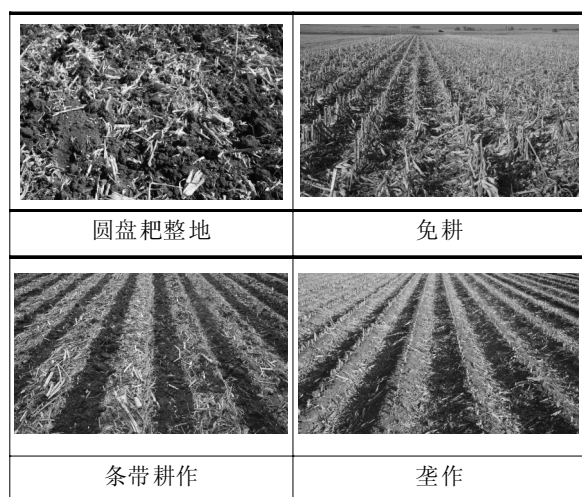


图 6 美国玉米田主要耕作类型

Fig.6 Mainly tillage system of corn in the U.S.

玉米收获后,用圆盘耙进行一次性整地(部分农场进行 2 次整地)是目前生产上的主导方式,大部分在秋季进行,也有少部分在春季播种前进行。

条带耕作(Strip-till)属于少耕类型,多在秋季结合施肥(主要是液氨)进行,第 2 年春天直接在条带上播种,与免耕相比有利于提高播种质量。条带耕作时每年的条带不固定,以避免机械压实土壤。

垄作(Ridge-till)的优点一是用于地面灌溉;二是有利于排湿,提高春季地温;三是起垄作业时将秸秆刮到垄沟内,有利于垄上播种作业。玉米收获后,垄一般不破坏,第 2 年在垄上种植,玉米生长前期进行一次机械培土扶垄,便于灌溉。垄作面积以往较大,近年随着免耕以及喷灌、滴灌面积的扩大,垄作面积呈下降趋势,条带耕作也取代了一部分垄作。

免耕(No-till)是 20 世纪 80 年代开始推广,主要是条件差的农场为减少投入、提高效益而采取的一项技术措施,目前已经被大部分农场接受。免耕地在积温较好、经常发生干旱胁迫的地区和年份保水、增产效果显著;在积温不足、土壤黏性重、降雨量大与排水不良的地区和田块呈减产趋势。免耕地播种时上下茬尽量不重行,以免影响播种质量。

深松在美国玉米带并不普遍,美国农田土壤质地较好、有机质含量高,目前机械作业次数越来越少,一般未形成犁底层,虽然一些农户购置了带深松犁的综合整地机,但深松作业耗油、作业速度慢,效果并不明显。

1.5 灌溉方式

美国玉米带秋、冬、春季有较多的降雨,玉米生长季节经常遭遇干旱,需要灌溉,目前灌溉面积呈上升趋势,其中,离河流近的地区主要是利用河水灌溉,远的地区和农田主要采取打井灌溉。

美国玉米田灌溉方式主要有地面沟灌、喷灌和滴灌(渗灌)3 种方式。其中,喷灌分立轴式移动圆心状喷灌和线形移动式喷灌,前者应用面积较大,后者主要是管理不如立轴式圆心喷灌方便。喷灌每次用水 20~30 mm,灌溉次数根据天气和田间作物生长状况一般 5~6 次。2012 年因干旱,内布拉斯加大学 Clay 试验站玉米田喷灌了 12 次。喷灌地块的苗期追肥主要通过喷灌实施。滴灌(渗灌)一般在 30~40 cm 深埋管,放在 2 行中间,滴水孔相距 60 cm 左右,一般可用 20 年,节水效果好于喷灌,但滴灌田不能进行深松,主要用于免耕地,还要防范老鼠咬食软管造成破裂。滴灌成本较高,农户目前在玉米田还较少采用。

1.6 施肥

美国玉米田主要在秋季施肥,与秋天天气好、时间相对充足有关。秋季肥料价格较春季低约 10%,

因此,即使秋季施肥存在挥发和渗漏流失问题,但总体效益较好。

液体肥料在美国使用较多。秋季在温度低于 10℃或 15℃施用,一般在 11 月中、下旬进行,相对挥发损失少。施肥时通过施肥管将肥料注入土壤,其中,前面一个犁刀开沟,后面有两个圆盘耙覆土。在内布拉斯加州的免耕玉米地,有些农场在播后将液体肥料和除草剂一起喷洒在地表,随降雨渗入土壤,但这种施肥方式浪费现象严重。

在美国玉米播种时一般不施种肥,主要是不好操作,易影响播种质量。一般 20%~25%的肥料在出苗后大约 6~7 叶时追施。Jerry A. Mulliken 介绍,追肥太早施肥效果不好,追肥过晚机械难以进地。有喷灌条件的,在内布拉斯加州大约有 30%~40%的农场通过喷灌追肥。

美国农场自 20 世纪 80 年代全面采取测土施肥,一般 3~4 年测试一次土壤,土样送专业的测试分析公司,许多农场聘请农业顾问帮助取样、送样和分析结果,确定肥料的投入。

1.7 玉米田种植覆盖作物(Cover crop)

覆盖作物是近年美国保护性耕作研究和推广的一个热点,在内布拉斯加州立大学 Clay 试验站和 Dodge 县大田均采取这种种植方式。主要种植作物为黑麦(Rye)、Radish(小萝卜)、Vetch(野生豌豆)等,一般在玉米或大豆收获后尽快免耕播种,下年春季玉米播种 2 周前(避免除草剂对下茬作物影响)进行化学杀除,内布拉斯加州约在 4 月初。冬季、初春作物覆盖有利于保护土壤,避免水土流失,具有培肥、改善土壤结构、调节土壤微生物、增加其多样性的作用。也有研究种植一种类似于甜菜的块茎作物,用于改善土壤结构。内布拉斯加大学农业推广部 2010 年和 2011 年在 5 个农场组织的生产大田试验,绿色覆盖(黑麦)田玉米或大豆产量与对照田相比产量没有显著的差异。

1.8 精准农业技术

在内布拉斯加州目前大约有 25%~30%的农场有 GPS 装置,新购置的播种、施肥和收获机械上大都配备有 GPS。播种、收获通过 GPS 可以准确的控制行距、记录播量和产量,但通过遥感监测及收获时获得的产量图进行变量播种、施肥、喷洒农药等目前尚处于探索阶段,并未得到大面积应用。主要原因是产量问题较为复杂,产量图中低产的地方可能土

壤养分并不少,产量低可能是土壤障碍、基因型和环境互作等其他原因造成,这样的地方变量施肥的效益并不好,农民对该类技术还缺乏信心。

2 对我国玉米生产的启示

2.1 转变玉米生产目标,实现高产、高效协同发展

美国玉米生产以经济效益最大化为目标,并且非常重视资源高效利用和环境保护。我国人口众多,粮食安全问题突出,但不能一味追求高产和超高产,应将产量提高与提高劳动生产率、资源利用效率并重,实现玉米的持续增产。借鉴美国玉米生产机械化、选用早熟耐密品种、地力培肥、合理投入、精量和简化生产过程等经验,实现高产与高效协同发展。

2.2 转变玉米生产方式,简化农事操作

美国玉米生产技术简化,生产的关键环节着重于播前准备、播种、收获、收获后施肥、秸秆处理等,玉米生育期间很少进行田间管理。在一些具体的技术方面,如通过种植抗虫、耐除草剂转基因玉米,减少农药的施用和病虫草为害;通过种子筛选加工、单粒播种技术,减少定苗环节,提高播种质量;通过少、免耕技术,减少田间机械作业和能源消耗;通过子粒直接收获技术,减少果穗或子粒晾晒、脱粒等环节;通过秸秆还田、与豆科作物轮作等措施培肥地力,减少化肥投入等,都值得借鉴。

2.3 转变玉米生产理念,推进子粒直收

美国玉米全部采用子粒直接收获,一般在胚顶端出现黑层、乳线消失后 2~4 周开始收获,收获高峰期距生理成熟高峰期约 1 个月。同时,通过选用早熟、子粒后期脱水快、抗倒品种和后期田间站秆晾晒,子粒含水量一般可降到 20%以下,减少了收获时子粒破损和烘干成本,实现子粒直接收获。我国西北灌溉玉米区、东北雨养春玉米区与美国玉米带处于同一纬度,学习美国经验,改变早熟品种不高产的传统思维定式,以早熟、密植实现提质、增产、增效,全面推进机械收获子粒技术。

参考文献:

- [1] DeFelice MS, Carter P R, Mitchell S B. Influence of tillage on corn and soybean yield in the United States and Canada[EB]. Crop Management, doi: 10.1094/CM-2006-0626-01-RS. <http://www.plantmanagement-network.org/pub/cm/research/2006/tillage/>

(责任编辑:李万良)