

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2023.23067

## 近四十年来我国玉米大品种的历史沿革与发展趋势

白 岩<sup>1</sup> 高婷婷<sup>2</sup> 卢 实<sup>2</sup> 郑淑波<sup>2</sup> 路 明<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; <sup>2</sup> 吉林省农业科学院玉米研究所 / 主要粮食作物国家工程研究中心 / 国家玉米工程技术研究中心(吉林) / 农业农村部东北中部玉米生物学与遗传育种重点实验室, 吉林长春 130033

**摘 要:** 种子是农业的芯片, 优良品种更新换代对我国玉米产量提高发挥了重要作用。研究近 40 年来我国玉米大品种的历史贡献和发展趋势对当前我国玉米育种具有重要的现实意义。本研究以 1982—2020 年期间全国农业技术推广服务中心发布的历年玉米品种推广面积为依据, 筛选出近 40 年来我国种植的郑单 958 等 27 个玉米大品种, 累计推广 3.21 亿公顷, 占期间我国玉米总种植面积的 29.09%, 其中超大品种 4 个, 分别是郑单 958、中单 2 号、丹玉 13、先玉 335; 特大品种 6 个, 分别是浚单 20、掖单 2 号、农大 108、掖单 13、四单 19、烟单 14, 推广年限在 8–30 年之间, 平均 17.63 年, 单年最大推广面积在 69.97 万~456.95 万公顷, 平均 150.79 万公顷。主要分布于山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古等省区, 13 个品种单年超 66.67 万公顷的省(区)是山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古、辽宁、四川。大品种种植面积占总面积的比例变化特征是 1982—1989 年期间快速上升、1990—1997 年期间面积占比稳定、1998 年之后下降, 至 2020 年面积占比下降到 12%左右。裕丰 303、中科玉 505 等具有发展成为大品种的潜力, 未来智能设计育种将高效培育出新一代突破性品种, 加速提升我国玉米单产水平。面对当前玉米生产问题及今后发展趋势, 建议在区域试验的分布布局、试验精准度和品种审定标准等方面进一步完善玉米品种区域试验。

**关键词:** 1982—2020 年; 玉米; 大品种; 历史沿革; 发展趋势

## A retrospective analysis of the historical evolution and developing trend of maize mega varieties in China from 1982 to 2020

BAI Yan<sup>1</sup>, GAO Ting-Ting<sup>2</sup>, LU Shi<sup>2</sup>, ZHENG Shu-Bo<sup>2</sup>, and LU Ming<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> National Agro Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China; <sup>2</sup> Jilin Academy of Agricultural Sciences / National Engineering Research Center of Major Food Crops / National Engineering Research Center for Maize (Jilin) / Key Laboratory Biology and Genetic Improvement of Maize in Northeast Region, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changchun 130033, Jilin, China

**Abstract:** Seed is the chip of agriculture and the upgrading of excellent varieties has played an important role in improving the yield of corn in China. It is of great practical significance to study the historical contribution and developing trend of mega maize varieties in China in recent 40 years. Based on the dataset of planting area of individual maize varieties released by the National Extension and Service Center of Agricultural Technology from 1982 to 2020, 27 mega maize varieties such as Zhengdan 958 in recent 40 years with the total promotion of 321 million hectares accounting for 29.09% of the total corn planting area in China were screened. There were four utmost mega varieties (Zhengdan 958, Zhongdan 2, Danyu 13, and Xianyu 335) and six massive mega varieties (Jundan 20, Yedan 2, Nongda 108, Yedan 13, Sidan 19, and Yandan 14). The promotion period was 8–30 years, with an average of 17.63 years, the maximum promotion area in a single year was 699,700–4,569,500 hm<sup>2</sup>, with an average of 1,507,900 hm<sup>2</sup>. It was mainly distributed in Shandong, Henan, Hebei, Jilin, Heilongjiang, Inner Mongolia, and other production regions and the provinces (regions) with 13 varieties exceeding 666,700 hm<sup>2</sup> per year were Shandong, Henan, Hebei, Jilin, Heilongjiang, Inner Mongolia, Liaoning, and Sichuan. The proportion of planting area of mega varieties to the total area increased

本研究由财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-02)和全国农业技术推广服务中心横向委托项目资助。This study was supported by the China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-02) and the Horizontal Scientific Research Program of National Agro Technical Extension and Service Center.

\* 通信作者(Corresponding author): 路明, E-mail: lum7893@163.com

第一作者联系方式: E-mail: by271039957@163.com

Received (收稿日期): 2022-09-30; Accepted (接受日期): 2023-02-10; Published online (网络出版日期): 2023-02-21.

URL: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20230220.1349.004.html>

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

rapidly from 1982 to 1989, remained stable from 1990 to 1997, decreased after 1998, and decreased to about 12% by 2020. Some varieties such as Yufeng 303 and Zhongkeyu 505 had the potential to develop into mega varieties. In the future, intelligent design breeding will efficiently cultivate a new generation of breakthrough varieties and accelerate the improvement of maize yield. According to the current maize production problems and future development trends, it is recommended to further improve the regional test of maize varieties in terms of distribution layout, test accuracy and variety approval standards of regional tests.

**Keywords:** the year from 1982 to 2020; maize; mega variety; historical evolution; developing trend

玉米自16世纪从美洲引入我国以来, 历经几百年的发展, 在我国农业生产中的地位越来越突出。新世纪以来, 我国玉米的生产和消费都保持了较快增长, 玉米已经成为我国第一大粮食作物<sup>[1]</sup>。2021年播种面积达4332万公顷, 总产量27,255万吨, 分别占我国粮食播种面积和总产量的36.85%和39.91%(2021年国家统计公报)。玉米育种水平的提高对玉米生产的发展做出了巨大贡献<sup>[2]</sup>, 尤其种子作为农业的芯片, 是粮食生产的源头。一个世纪以来, 促使玉米产量提高的诸因素中, 品种改良的作用首当其冲<sup>[3]</sup>, 在科技进步对玉米产量增产的平均贡献中, 1985—1994年期间品种改良占35.5%<sup>[4]</sup>, 目前已经达到45%以上。自建国以来, 我国玉米经历了品种间杂交、双交种、单交种不同的历史时期, 选育出一大批优良玉米品种, 在生产上大面积地推广应用, 实现了大规模的品种更新换代<sup>[5-8]</sup>。根据不同历史时期生产需要, 育种选择的方向也不尽相同。每次更替都在产量上有了明显提高<sup>[9-16]</sup>, 也伴随着光合效率、根系、持绿性、灌浆速率的改变<sup>[17-23]</sup>。在玉米生产发展的不同历史阶段都出现了大面积推广的优势品种, 这些大品种对稳定玉米生产、保障粮食安全发挥了重要作用<sup>[24]</sup>。近年来, 随着玉米品种审定试验渠道的开放和企业创新主体地位的确立, “十三五”期间全国玉米品种审定数量快速增加, 但突破性品种少, 不能满足高质量发展和市场多元化消费需求<sup>[5]</sup>。因此, 客观认识和厘清我国历史上玉米大品种的发展历程, 对今后培育大品种, 利于我国玉米生产、种业健康发展具有重要作用。

本研究基于1982—2020年全国农业技术推广服务中心发布的玉米种植面积统计数据, 对近40年来玉米品种种植面积进行统计分析, 揭示我国玉米大品种的历史沿革与发展趋势, 可为科学制定玉米品种选育目标、品种审定、推广和支撑玉米种业发展提供决策支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究以1982—2020年期间全国农业技术推

广服务中心发布的历年《全国农作物主要品种推广情况统计表》中应用的玉米品种和推广面积进行分析, 数据来源于全国农业技术推广服务中心。1982—2020年我国玉米种植面积数据来源于国家统计局。

### 1.2 玉米大品种评价标准

作物大品种通常是指适应性广、种植面积大的品种<sup>[25]</sup>, 但迄今尚没有关于大品种的明确定义或确切的指标。本研究综合考虑我国玉米品种推广应用的历史性, 将1982年以来年推广面积达66.67万公顷以上的品种作为大品种候选, 再根据全国玉米品种推广面积排序为主要依据, 将玉米大品种定义为“最大年推广面积在66.67万公顷以上且累计推广面积333.33万公顷以上的品种”。同时参考《国务院关于调整城市规模划分标准的通知国发[2014] 51号》中对于我国城市的划分标准, 将大品种划分为3类, 第1类为超大品种, 即累计推广面积2000万公顷以上品种; 第2类为特大品种, 即累计推广面积1000万公顷以上2000万公顷以下的品种; 第3类为大品种, 即累计推广面积333.3万公顷以上1000万公顷以下的品种。

### 1.3 统计分析

数据整理和分析采用Microsoft Excel 2016进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米生产应用品种数量的发展变化

自我国品种审定制始于20世纪80年代以来, 玉米审定品种数和生产推广应用品种数均大幅增加。对1982—2020年期间全国玉米品种推广面积进行统计, 年推广0.67万公顷以上的品种数总体呈上升趋势(图1-A), 从年推广130多个提高到990多个, 其中, 1982—2004年缓慢增加, 增加到290多个, 2005—2015年快速上升, 增加到980个, 之后处于趋稳徘徊状态。年推广66.67万公顷以上的品种数总体呈先上升后下降再缓慢上升趋势(图1-B), 年平均为4.26个, 其中1982—1997年呈徘徊上升, 达到年推广最高的8个, 1998—2001年迅速下降, 最低仅为2个, 2001年之后则徘徊上升, 到2020年达到6个。

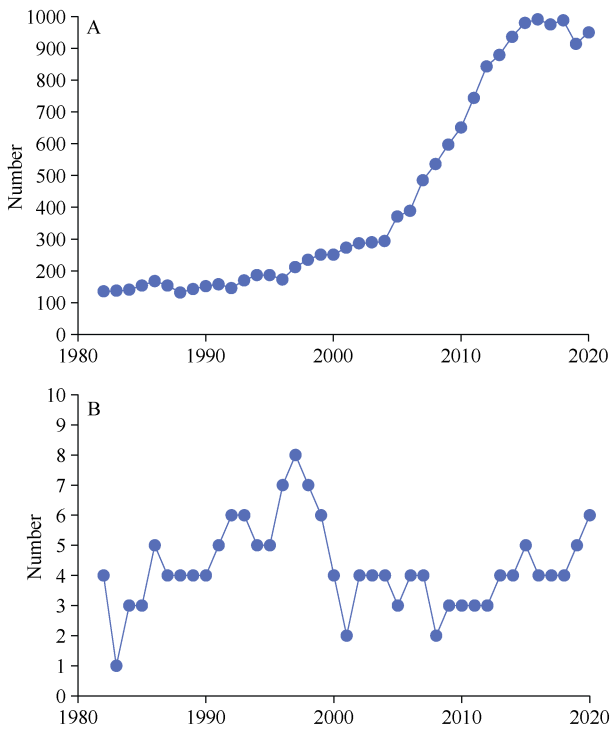


图 1 1982–2020 年我国玉米品种种植面积统计数量动态变化  
Fig. 1 Dynamic change of maize variety numbers planting area in China from 1982 to 2020  
A: 0.67 万公顷以上; B: 66.67 万公顷以上。  
A: more than  $0.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; B: more than  $66.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ .

2.2 玉米大品种确立和特征

根据本研究中的玉米大品种评价标准, 1982—2020年共有24个玉米品种符合大品种的统计标准, 另外, 在20世纪80年代初推广的丹玉6号、郑单2号、鲁原单4号由于在20世纪70年代已经开始大规模推广, 所以将这3个品种也纳入大品种的范围(表1)。27个大品种累计推广3.21亿公顷, 占期间我国玉米总种植面积的29.09%, 其中前10位品种分别是郑单958、中单2号、丹玉13、先玉335、浚单20、掖单2号、农大108、掖单13、四单19、烟单14。推广年限在8~30年之间, 平均17.63年。单年最大推广面积在69.97万~456.95万公顷, 平均150.79万公顷。19个品种进入年推广面积前3名, 持续时间在1~19年之间, 平均6.16年, 其中郑单958、中单2号、先玉335、丹玉13和掖单2号的持续时间分别为19、17、11、10和10年。

根据本研究中的大品种分类标准, 将有准确数据的24个大品种划分为3类: 第1类为超大品种, 包括郑单958、中单2号、丹玉13、先玉335; 第2类为特大品种, 包括浚单20、掖单2号、农大108、掖单13、四单19、烟单14; 第3类为大品种, 包括京科968、

表 1 1982–2020 年我国玉米大品种种植面积统计表  
Table 1 Accumulative planting area of maize mega varieties in China from 1982 to 2020

| 大品种<br>Mega<br>variety | 累计推广面积<br>Total planting area |                      |                          |                                              | 单年最大面积<br>The largest area in one<br>year |                                              | 面积列前三名年数<br>Duration with area<br>ranking in top 3 |                      |                          |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|
|                        | 起始<br>Starting<br>year        | 终止<br>Ending<br>year | 年数<br>Number<br>of years | 面积<br>Area<br>( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ ) | 年份<br>Year                                | 面积<br>Area<br>( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ ) | 起始<br>Starting<br>year                             | 终止<br>Ending<br>year | 年数<br>Number<br>of years |
|                        |                               |                      |                          |                                              |                                           |                                              |                                                    |                      |                          |
| 中单 2 号 Zhongdan 2      | 1982                          | 2011                 | 30                       | 3237.13                                      | 1989                                      | 228.93                                       | 1982                                               | 1999                 | 17                       |
| 丹玉 6 号 Danyu 6         | 1982                          | 1990                 | 9                        | 256.73                                       | 1982                                      | 108.27                                       | 1982                                               | 1982                 | 1                        |
| 郑单 2 号 Zhengdan 2      | 1982                          | 1996                 | 15                       | 246.33                                       | 1982                                      | 83.47                                        | 1982                                               | 1983                 | 2                        |
| 鲁原单 4 号 Luyuan 4       | 1982                          | 1989                 | 8                        | 204.13                                       | 1982                                      | 69.67                                        | 1983                                               | 1983                 | 1                        |
| 四单 8 号 Sidan 8         | 1982                          | 1993                 | 12                       | 696.67                                       | 1986                                      | 103.93                                       | 1984                                               | 1986                 | 3                        |
| 吉单 101 Jidan 101       | 1982                          | 2000                 | 19                       | 337.20                                       | 1984                                      | 75.20                                        | 1984                                               | 1984                 | 1                        |
| 烟单 14 Yandan 14        | 1983                          | 2008                 | 26                       | 1039.60                                      | 1987                                      | 119.80                                       | 1985                                               | 1988                 | 4                        |
| 丹玉 13 Danyu 13         | 1985                          | 2009                 | 25                       | 2810.47                                      | 1989                                      | 350.07                                       | 1987                                               | 1996                 | 10                       |
| 掖单 2 号 Yedan 2         | 1982                          | 2004                 | 23                       | 1871.07                                      | 1994                                      | 157.20                                       | 1989                                               | 1998                 | 10                       |
| 掖单 4 号 Yedan 4         | 1986                          | 2003                 | 18                       | 721.07                                       | 1990                                      | 124.40                                       | 1990                                               | 1990                 | 1                        |
| 掖单 13 Yedan 13         | 1991                          | 2012                 | 22                       | 1557.40                                      | 1995                                      | 226.47                                       | 1992                                               | 1999                 | 8                        |
| 沈单 7 号 Shendan 7       | 1987                          | 2001                 | 15                       | 500.00                                       | 1992                                      | 70.07                                        | —                                                  | —                    | —                        |
| 掖单 12 Yedan 12         | 1991                          | 2003                 | 13                       | 566.27                                       | 1996                                      | 96.27                                        | —                                                  | —                    | —                        |
| 掖单 19 号 Yedna 19       | 1994                          | 2009                 | 16                       | 421.80                                       | 1996                                      | 96.87                                        | —                                                  | —                    | —                        |
| 本玉 9 号 Benyu 9         | 1991                          | 2009                 | 19                       | 583.60                                       | 1997                                      | 96.47                                        | —                                                  | —                    | —                        |
| 四单 19 Sidan 19         | 1992                          | 2017                 | 26                       | 1077.13                                      | 1999                                      | 86.53                                        | —                                                  | —                    | —                        |

(续表 1)

| 大品种<br>Mega<br>variety | 累计推广面积<br>Total planting area |                      |                          |                                                 | 单年最大面积<br>The largest area in one<br>year |                                                 | 面积列前三名年数<br>Duration with area<br>ranking in top 3 |                      |                          |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|
|                        | 起始<br>Starting<br>year        | 终止<br>Ending<br>year | 年数<br>Number<br>of years | 面积<br>Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 年份<br>Year                                | 面积<br>Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 起始<br>Starting<br>year                             | 终止<br>Ending<br>year | 年数<br>Number<br>of years |
| 西玉 3 号 Xiyu 3          | 1993                          | 2008                 | 16                       | 333.73                                          | 1998                                      | 70.33                                           | —                                                  | —                    | —                        |
| 鲁单 50 Ludan 50         | 1997                          | 2009                 | 13                       | 333.00                                          | 1999                                      | 79.27                                           | 2000                                               | 2001                 | 2                        |
| 农大 108 Nongda 108      | 1998                          | 2020                 | 23                       | 1837.13                                         | 2002                                      | 273.27                                          | 2000                                               | 2003                 | 4                        |
| 豫玉 22 Yuyu 22          | 1997                          | 2020                 | 24                       | 728.33                                          | 2003                                      | 115.40                                          | 2001                                               | 2003                 | 3                        |
| 郑单 958 Zhengdan 958    | 2001                          | 2020                 | 20                       | 5971.12                                         | 2012                                      | 456.95                                          | 2002                                               | 2020                 | 19                       |
| 鲁单 981 Ludan 981       | 2000                          | 2019                 | 20                       | 579.33                                          | 2007                                      | 88.80                                           | 2004                                               | 2008                 | 5                        |
| 浚单 20 Xundan 20        | 2004                          | 2020                 | 17                       | 1923.19                                         | 2010                                      | 309.30                                          | 2007                                               | 2015                 | 9                        |
| 先玉 335 Xianyu 335      | 2006                          | 2020                 | 15                       | 2368.50                                         | 2012                                      | 281.02                                          | 2009                                               | 2019                 | 11                       |
| 德美亚 1 号 Demeiya 1      | 2008                          | 2020                 | 13                       | 491.28                                          | 2014                                      | 72.87                                           | —                                                  | —                    | —                        |
| 京科 968 Jingke 968      | 2012                          | 2020                 | 9                        | 740.99                                          | 2018                                      | 134.53                                          | 2016                                               | 2020                 | 5                        |
| 登海 605 Denghai 605     | 2011                          | 2020                 | 10                       | 649.78                                          | 2016                                      | 95.93                                           | —                                                  | —                    | —                        |

豫玉 22、掖单 4 号、四单 8 号、登海 605、本玉 9 号、鲁单 981、掖单 12、沈单 7 号、德美亚 1 号、掖单 19、吉单 101、西玉 3 号、鲁单 50。

2.3 玉米大品种的历史贡献

从 20 世纪 70 年代后,我国玉米进入了单交种时代。本研究以 1982 年起始算,我国玉米品种实现了 5 次更新换代(表 2 和图 2)。

2.3.1 第 1 次更新换代期: 80 年代初期到中期  
代表品种有中单 2 号、丹玉 6 号、郑单 2 号、鲁原单 4 号、吉单 101、四单 8 号等,其中,中单 2 号丰产、稳产、抗病、广适,克服了 70 年代流行的大、小斑病,实现了“丰产、多抗和广适”三大目标的统一,1982—1986 年连续 5 年种植面积排名第一,面积占全国玉米种植面积的 10.59%,种植面积在

表 2 1982–2020 年我国玉米种植面积前 3 名品种列表  
Table 2 List of maize varieties with the three first annual planting area in China from 1982 to 2020

| 年份<br>Year | 第 1 名 The first place |                                              | 第 2 名 The second place |                                              | 第 3 名 The third place |                                              |
|------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
|            | 品种<br>Variety         | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 品种<br>Variety          | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 品种<br>Variety         | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) |
| 1982       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 160.20                                       | 丹玉 6 号 Danyu 6         | 108.27                                       | 郑单 2 号 Zhengdan 2     | 83.47                                        |
| 1983       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 175.27                                       | 郑单 2 号 Zhengdan 2      | 65.47                                        | 鲁原单 4 号 Luyuan 4      | 64.53                                        |
| 1984       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 175.80                                       | 四单 8 号 Sidan 8         | 78.60                                        | 吉单 101 Jidan 101      | 75.20                                        |
| 1985       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 197.67                                       | 四单 8 号 Sidan 8         | 98.33                                        | 烟单 14 Yandan 14       | 79.67                                        |
| 1986       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 207.80                                       | 四单 8 号 Sidan 8         | 103.93                                       | 烟单 14 Yandan 14       | 98.67                                        |
| 1987       | 丹玉 13 Danyu 13        | 224.93                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 171.53                                       | 烟单 14 Yandan 14       | 119.40                                       |
| 1988       | 丹玉 13 Danyu 13        | 304.33                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 193.73                                       | 烟单 14 Yandan 14       | 97.40                                        |
| 1989       | 丹玉 13 Danyu 13        | 350.07                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 228.93                                       | 掖单 2 号 Yedan 2        | 138.53                                       |
| 1990       | 丹玉 13 Danyu 13        | 300.80                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 187.07                                       | 掖单 4 号 Yedan 4        | 124.40                                       |
| 1991       | 丹玉 13 Danyu 13        | 312.33                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 185.13                                       | 掖单 2 号 Yedan 2        | 156.80                                       |
| 1992       | 丹玉 13 Danyu 13        | 218.60                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 198.00                                       | 掖单 13 Yedan 13        | 98.13                                        |
| 1993       | 丹玉 13 Danyu 13        | 197.00                                       | 掖单 2 号 Yedan 2         | 151.13                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 142.07                                       |
| 1994       | 丹玉 13 Danyu 13        | 192.73                                       | 掖单 13 Yedan 13         | 160.47                                       | 掖单 2 号 Yedan 2        | 157.20                                       |
| 1995       | 掖单 13 Yedan 13        | 226.47                                       | 丹玉 13 Danyu 13         | 189.20                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 165.13                                       |
| 1996       | 掖单 13 Yedan 13        | 210.00                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 169.07                                       | 丹玉 13 Danyu 13        | 149.00                                       |
| 1997       | 掖单 13 Yedan 13        | 200.20                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 116.13                                       | 掖单 2 号 Yedan 2        | 104.40                                       |

(续表 2)

| 年份<br>Year | 第 1 名 The first place |                                              | 第 2 名 The second place |                                              | 第 3 名 The third place |                                              |
|------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
|            | 品种<br>Variety         | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 品种<br>Variety          | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) | 品种<br>Variety         | 面积 Area<br>( $\times 10^4$ hm <sup>2</sup> ) |
| 1998       | 掖单 13 Yedan 13        | 150.53                                       | 中单 2 号 Zhongdan 2      | 105.33                                       | 掖单 2 号 Yedan 2        | 101.20                                       |
| 1999       | 掖单 13 Yedan 13        | 102.27                                       | 四单 19 Sidan19          | 86.53                                        | 中单 2 号 Zhongdan 2     | 82.87                                        |
| 2000       | 农大 108 Nongda108      | 187.40                                       | 掖单 13 Yedan 13         | 109.07                                       | 鲁单 50 Ludan 50        | 74.07                                        |
| 2001       | 农大 108 Nongda108      | 254.00                                       | 豫玉 22 Yuyu 22          | 73.13                                        | 鲁单 50 Ludan 50        | 64.07                                        |
| 2002       | 农大 108 Nongda108      | 273.27                                       | 豫玉 22 Yuyu 22          | 98.00                                        | 郑单 958 Zhengdan 958   | 88.27                                        |
| 2003       | 农大 108 Nongda108      | 234.20                                       | 郑单 958 Zhengdan 958    | 140.93                                       | 豫玉 22 Yuyu 22         | 115.40                                       |
| 2004       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 286.27                                       | 农大 108 Nongda108       | 181.33                                       | 鲁单 981 Ludan 981      | 76.20                                        |
| 2005       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 345.13                                       | 农大 108 Nongda108       | 145.13                                       | 鲁单 981 Ludan 981      | 69.00                                        |
| 2006       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 390.53                                       | 农大 108 Nongda108       | 96.33                                        | 鲁单 981 Ludan 981      | 76.73                                        |
| 2007       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 379.40                                       | 浚单 20 Xundan 20        | 109.73                                       | 鲁单 981 Ludan 981      | 88.80                                        |
| 2008       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 380.27                                       | 浚单 20 Xundan 20        | 163.87                                       | 鲁单 981 Ludan 981      | 58.87                                        |
| 2009       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 454.00                                       | 浚单 20 Xundan 20        | 245.20                                       | 先玉 335 Xianyu 335     | 112.80                                       |
| 2010       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 415.05                                       | 浚单 20 Xundan 20        | 309.30                                       | 先玉 335 Xianyu 335     | 191.91                                       |
| 2011       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 452.15                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 238.13                                       | 浚单 20 Xundan 20       | 220.08                                       |
| 2012       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 456.95                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 281.02                                       | 浚单 20 Xundan 20       | 191.44                                       |
| 2013       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 431.93                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 268.13                                       | 浚单 20 Xundan 20       | 159.27                                       |
| 2014       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 360.37                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 270.76                                       | 浚单 20 Xundan 20       | 112.93                                       |
| 2015       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 308.65                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 248.97                                       | 浚单 20 Xundan 20       | 94.44                                        |
| 2016       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 262.92                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 217.50                                       | 京科 968 Jingke 968     | 134.47                                       |
| 2017       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 229.41                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 168.42                                       | 京科 968 Jingke 968     | 134.39                                       |
| 2018       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 204.95                                       | 先玉 335 Xianyu 335      | 135.14                                       | 京科 968 Jingke 968     | 134.53                                       |
| 2019       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 187.87                                       | 京科 968 Jingke 968      | 97.27                                        | 先玉 335 Xianyu 335     | 88.87                                        |
| 2020       | 郑单 958 Zhengdan 958   | 186.53                                       | 京科 968 Jingke 968      | 99.53                                        | 裕丰 303 Yufeng 303     | 97.33                                        |

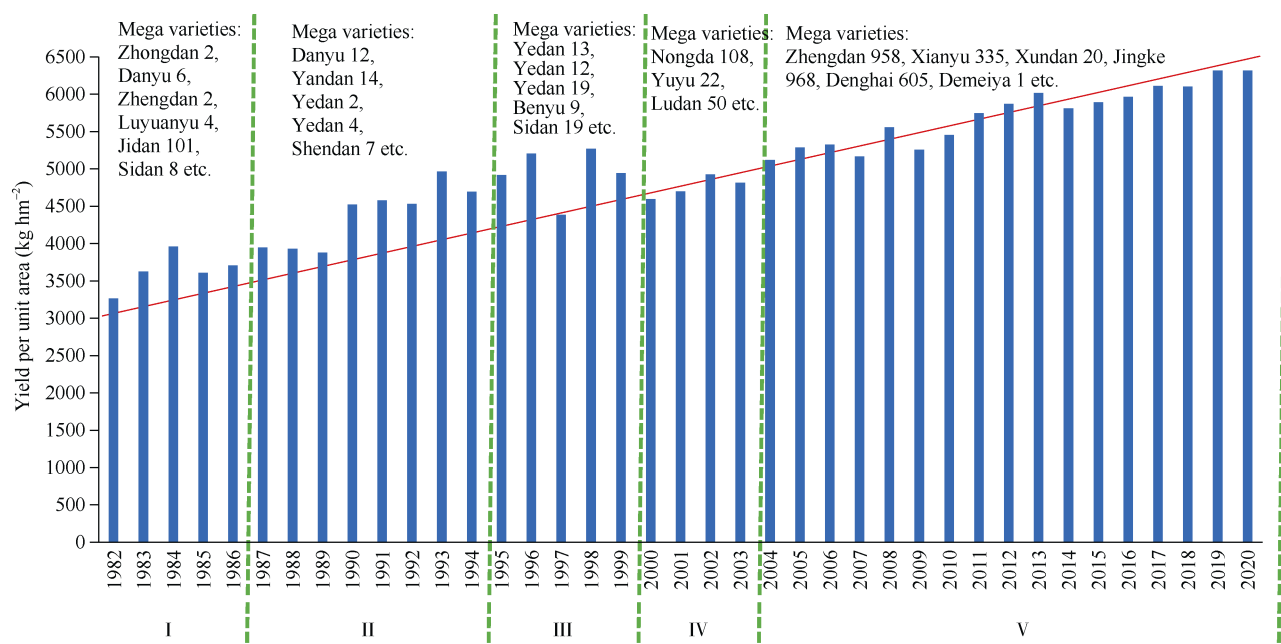


图 2 1982–2020 年我国玉米大品种对单产提升的推动贡献

Fig. 2 Contribution of maize mega varieties in China to the promotion of yield improvement from 1982 to 2020

66.67万公顷以上的年份达19年,共推广3237.13万公顷,是我国历史上累计推广面积第2大、应用时间最长的品种。

2.3.2 第2次更新换代期:80年代中期到90年代中期 代表品种有丹玉13、烟单14、掖单2号、掖单4号、沈单7号等,其中,丹玉13综合抗性好、适应性广、高产、稳产,在1987—1994年连续8年居全国玉米种植面积第1位,面积占全国玉米种植面积的12.66%,1988—1991年连续4年超过300万公顷,超66.67万公顷以上达13年,累计推广2810.47万公顷。

2.3.3 第3次更新换代期:90年代中期到90年代末期 代表品种有掖单13、掖单12、掖单19、本玉9号、四单19、西玉3号等,其中,掖单13株型紧凑、耐密、中矮秆、抗倒伏、产量高,是我国首次育成的具有夏玉米公顷产量66.67 kg生产能力的紧凑型高产杂交种,标志着我国在玉米育种方面探索出一条通过紧凑大穗获得高产的新途径,开创了以群体生产力获得高产的新路,1995—1999年连续5年种植面积居全国第1位,面积占全国玉米种植面积的6.96%,1995—1997年连续3年超过200万公顷,累计推广面积1557.4万公顷。

2.3.4 第4次更新换代期:21世纪初期(2000—2003年) 代表品种有农大108、豫玉22、鲁单50等,其中,农大108高产、稳产、优质、抗倒、耐旱、耐瘠薄和抗多种病虫害的诸多优点,适应性广,在我国东北、华北、西北春玉米区、黄淮海夏播玉米区和西南山地玉米区广为种植,2000—2003年连续4年种植面积居全国第1位并超过200万公顷,面积占全国玉米种植面积的10.91%,累计推广1837.13万公顷。

2.3.5 第5次更新换代期:21世纪初期后(2004年—至今) 代表品种郑单958、先玉335、浚单20、京科968、登海605、德美亚1号等,其中,郑单958集高产稳产、优质耐密、广适多抗于一身,2004年以来已连续19年为全国推广面积最大的玉米品种,面积占全国玉米种植面积的9.0%,2009—2013年连续5年超过400万公顷,最高年份达456.93万公顷,累计推广5971.12万公顷,成为我国玉米育种史上的一个里程碑品种。先玉335高产、稳产、早熟、脱水快、出籽率高、商品品质好,深刻影响了我国玉米产业发展,累计推广2368.5万公顷。

## 2.4 玉米大品种的区域分布

对玉米大品种各省市自治区的种植面积分析表

明,近40年来在全国28个省市自治区均有分布,前10位分别是山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古、山西、安徽、辽宁、陕西(图3-A),所占比例为3.75%~20.35%,其中高于5%以上的分别是山东(20.35%)、河南(14.98%)、河北(13.57%)、吉林(9.34%)、黑龙江(6.95%)、内蒙古(5.87%),共占71.06%。按不同年代来分析,1982—1990年前10位分别是山东、河南、吉林、四川、河北、辽宁、山西、黑龙江、内蒙古、陕西(图3-B),所占比例为3.39%~21.72%,其中高于5%以上的分别是山东(21.72%)、河南(11.97%)、吉林(11.93%)、四川(9.55%)、河北(9.53%)、辽宁(9.17%)、山西(5.26%),共占79.14%。1991—2000年前10位分别是山东、河南、河北、吉林、黑龙江、辽宁、四川、山西、安徽、陕西(图3-C),所占比例为3.64%~20.18%,其中高于5%以上的分别是山东(20.18%)、河南(13.69%)、河北(12.18%)、吉林(9.76%)、黑龙江(7.54%),共占63.35%。2001—2010年前10位分别是河南、山东、河北、吉林、黑龙江、内蒙古、安徽、陕西、山西、甘肃(图3-D),所占比例为2.41%~20.48%,其中高于5%以上的分别是河南(20.48%)、山东(20.19%)、河北(16.03%)、吉林(6.76%)、黑龙江(6.48%)、内蒙古(6.01%)、安徽(5.15%),共占81.11%。2010—2020年前10位分别是山东、河北、河南、内蒙古、吉林、黑龙江、山西、陕西、安徽、辽宁(图3-E),所占比例为2.74%~19.76%,其中高于5%以上的分别是山东(19.76%)、河北(15.02%)、河南(13.49%)、内蒙古(10.66%)、吉林(9.40%)、黑龙江(9.18%)、山西(5.19%),共占82.71%。

共有13个品种单年超66.67万公顷的省(区),分别是四单8号、丹玉13、中单2号、掖单2号、掖单13、鲁单50、农大108、豫玉22、郑单958、浚单20、先玉335、德美亚1号、京科968,分布于山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古、辽宁、四川8个省(区),其中,郑单958在山东、河北、河南3省份累计33年(次),丹玉13在辽宁、河南两省份累计6年(次),中单2号在吉林、四川两省份累计3年(次)。

## 2.5 玉米大品种种植面积变化趋势

对1982—2020年我国玉米大品种种植面积及占全国玉米总面积比进行分析,大品种年推广面积在460.4万~1137万公顷(图4-A),年平均822.64万公顷,主要呈现2个波峰趋势,1989—1997年为第1个波峰,年推广超过900万公顷,年平均1006.89万公顷,1996

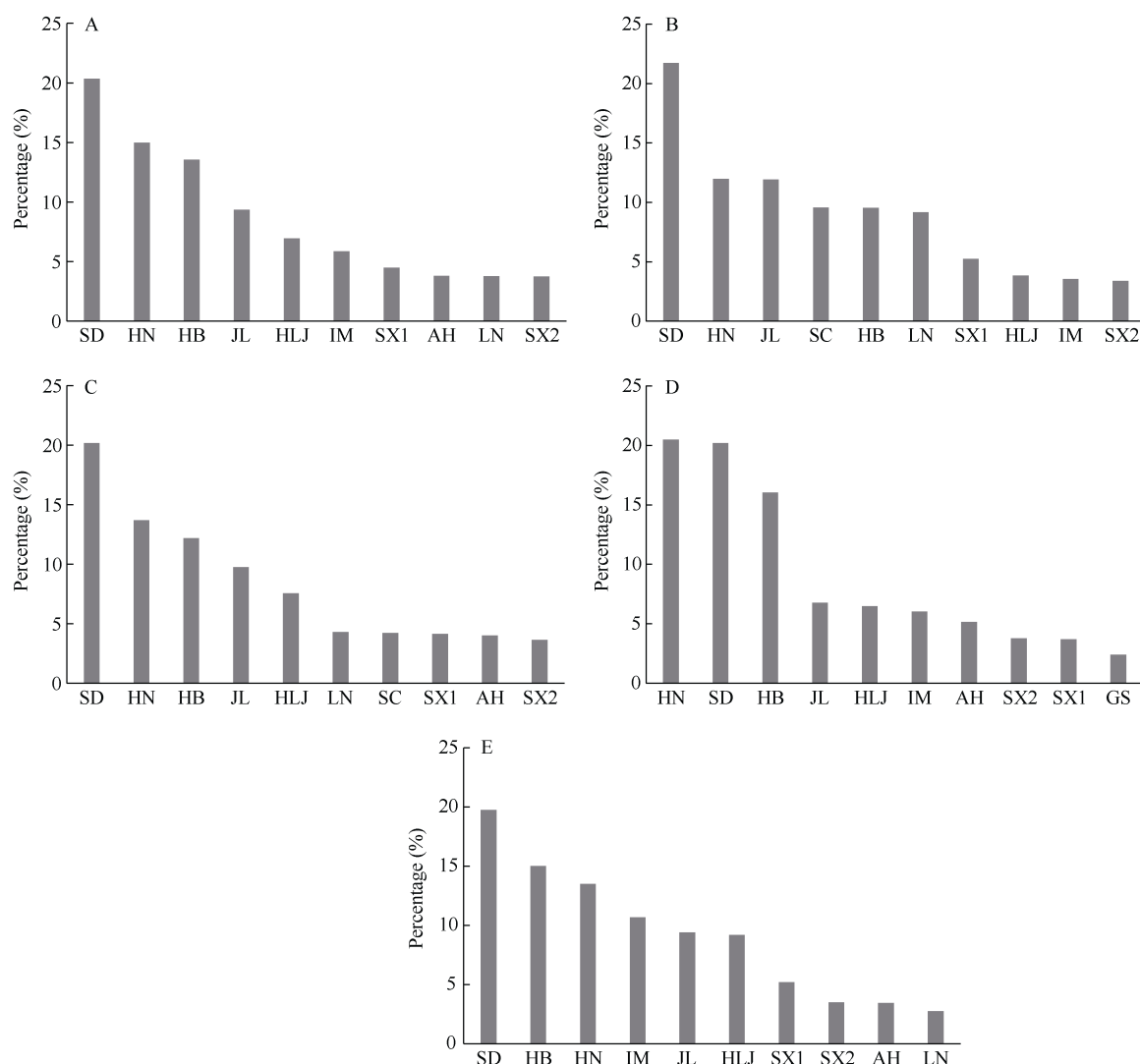


图 3 1982–2020 年玉米大品种推广种植的前十大省(区)

Fig. 3 Top 10 provinces for maize mega variety planting in China from 1982 to 2020

SD: 山东; HN: 河南; JL: 吉林; SC: 四川; HB: 河北; LN: 辽宁; SX1: 山西; HLJ: 黑龙江; IM: 内蒙古; SX2: 陕西; AH: 安徽; GS: 甘肃。  
A: 1982–2020; B: 1982–1990; C: 1991–2000; D: 2001–2010; E: 2011–2020; SD: Shandong; HN: Henan; JL: Jilin; SC: Sichuan; HB: Hebei; LN: Liaoning; SX1: Shanxi; HLJ: Heilongjiang; IM: Inner Mongolia; SX2: Shaanxi; AH: Anhui; GS: Gansu.

表 3 1982–2020 年我国玉米品种单年超 66.67 万公顷的省(区)

Table 3 Provinces with more than  $66.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  of maize varieties in China in a single year from 1982 to 2020

| 省(区)               | 品种(年份)                                                                                                                                                                           |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Province (region)  | Variety (year)                                                                                                                                                                   |
| 山东 Shandong        | 掖单 2 号 Yedan 2 (1989, 1991), 掖单 13 Yedan 13 (1996), 鲁单 50 Ludan 50 (1999), 农大 108 Nongda 108 (2001–2002), 豫玉 22 Yuyu 22 (2002), 郑单 958 Zhengdan 958 (2006, 2009–2013, 2015–2018) |
| 河南 Henan           | 丹玉 13 Danyu 13 (1989–1992), 郑单 958 Zhengdan 958 (2004–2013), 浚单 20 Xundan 20 (2008–2012)                                                                                         |
| 河北 Hebei           | 郑单 958 Zhengdan 958 (2005–2017)                                                                                                                                                  |
| 吉林 Jilin           | 四单 8 号 Sidan 8 (1984–1986), 中单 2 号 Zhongdan 2 (1992), 先玉 335 Xianyu 335 (2010–2012)                                                                                              |
| 黑龙江 Heilongjiang   | 德美亚 1 号 Demeiya 1 (2014–2015)                                                                                                                                                    |
| 内蒙古 Inner Mongolia | 京科 968 Jingke 968 (2016–2020)                                                                                                                                                    |
| 辽宁 Liaoning        | 丹玉 13 Danyu 13 (1988, 1990)                                                                                                                                                      |
| 四川 Sichuan         | 中单 2 号 Zhongdan 2 (1989, 1990)                                                                                                                                                   |

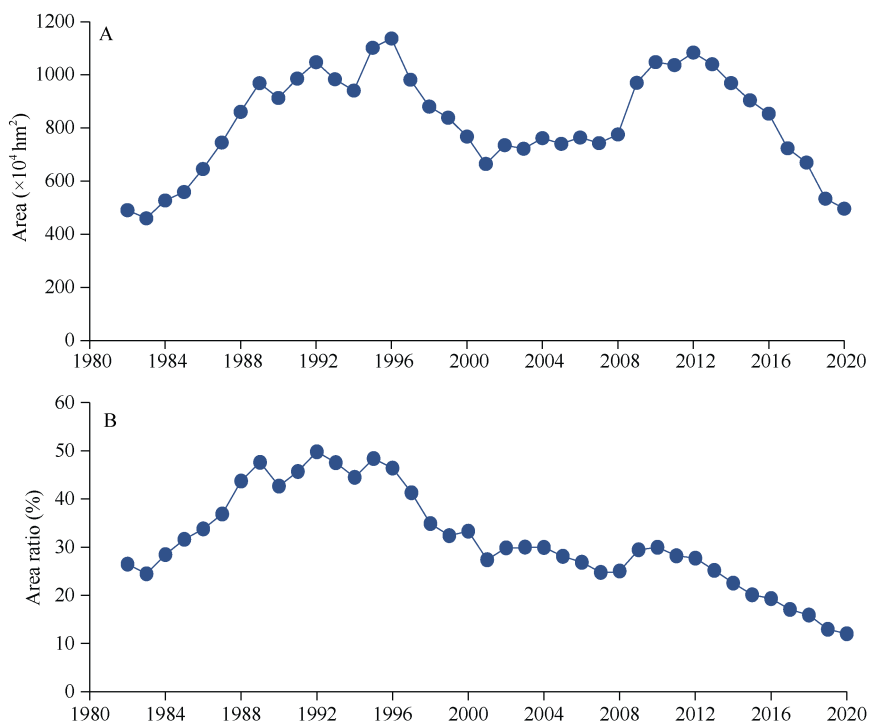


图 4 1982—2020 年我国玉米大品种种植面积的变化趋势

Fig. 4 Dynamic trend of maize mega variety planting total area in China from 1982 to 2020

A: 种植面积; B: 种植面积占比。A: planting total area; B: the proportion of planting total area.

年达到最高的1137万公顷; 2009—2015年为第2个波峰, 年推广也超过900万公顷, 年平均1007.92万公顷, 2012年达到1084.08万公顷。之后呈快速下降趋势, 2020年达到较低的496.67万公顷。

大品种面积占比在12.04%~49.80% (图4-B), 平均31.34%, 总的变化趋势是由上升到趋稳再下降, 1982—1989年呈快速上升, 由26.48%提高到47.61%, 平均占比34.13%; 1990—1997年这8年期间都在40%以上, 平均占比45.79%; 其后23年进入下降期, 大品种面积占比由34.9%逐步下降到12.04%, 平均占比25.35%。

### 3 讨论

#### 3.1 玉米大品种的生态适应性分析

大品种集中表现在大面积种植并且持续多年, 产生巨大的经济效益和社会效益。培育和推广大品种是我国科研育种单位、种子企业的目标。优良品种是成就大品种的基础, 应能表现出高产、优质、抗病、抗逆、稳产等优良特性<sup>[25]</sup>, 如郑单 958、中单 2 号、丹玉 13、先玉 335 等<sup>[26]</sup>。在这其中, 具有较好的生态环境适应性, 即广适性, 是成就大品种的最重要因素。本研究, 大品种种植的区域主要集中在山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古等

省区, 涵盖我国东北和黄淮两大玉米产区, 尤其前 3 位的山东、河南、河北, 占比达到 48.9%, 均属黄淮海夏玉米区。黄淮海平原处于暖温带大陆性季风气候区, 该区纬度跨度较大(31°23'N~42°37'N), 年  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温为 3600~4900 $^\circ\text{C}$ , 年降雨量的范围是 600~800 mm, 种植制度经历了从小麦、玉米一年一熟发展到两季套种, 再到两季平播, 提高周年产量和资源利用效率<sup>[27]</sup>。在冬小麦夏玉米周年生产条件下, 夏玉米最大可能的生长期约 107~112 d, 积温约 2800 $^\circ\text{C}$ <sup>[28]</sup>。从历史上来看, 黄淮海夏玉米区的大品种主要有中单 2 号、丹玉 13、掖单 2 号、掖单 13、农大 108、郑单 958、浚单 20 等, 其中, 近 20 年来的郑单 958 在山东、河北、河南 3 省累计 33 年(次)均超 66.67 万公顷, 浚单 20 在河南自 2008 年连续 5 年均超 66.67 万公顷。东北春玉米属中温带半湿润、半干旱气候区, 该区  $\geq 10^\circ\text{C}$  的积温北部 2000 $^\circ\text{C}$ , 中部 2700 $^\circ\text{C}$ , 南部 3200 $^\circ\text{C}$ , 全年降水量 400~800 mm, 本区气候资源最适宜玉米高产, 但熟期跨越大, 主要包括极早熟、早熟、中早熟、中熟、中晚熟和晚熟, 其中中熟和中晚熟是其主要分布区域, 历史上主推的四单 8 号、丹玉 13、中单 2 号、四单 19、郑单 958、先玉 335、京科 968 等均为中熟-中晚熟品种, 尤其是在黄淮海大面积推广的丹玉 13、中单 2



号、郑单 958 等品种同样在东北具有较好的适应性。郑单 958 最北已延伸到北纬 48°, 在东北大部分玉米种植区能在蜡熟或者生理完熟时收获, 表现出了较高的产量水平和较强的生态适应性<sup>[29]</sup>。

### 3.2 我国玉米大品种的驱动因素分析

玉米单产是由品种、耕地、气候、栽培技术、生产方式以及投入等综合因素决定, 优良品种选育与推广是提高玉米单产的关键因素, 近几十年来我国玉米育种科技进步很快, 玉米育种水平总体上已跃居世界先进行列。对我国玉米品种选育创新的驱动因素进行分析, 主要包括以下四方面: 一是种质资源引进和创新。我国玉米育种在很大程度上依赖外来种质的引进与利用, 研究表明, 美国玉米种质利用率每增加一个百分点, 我国玉米平均产量增益约 10 kg hm<sup>-2</sup><sup>[30]</sup>, 如引进的 MO17 直接应用组配出中单 2 号、丹玉 13、四单 8 号等, 形成了我国的兰卡斯特类群; 从先锋杂交种 3147、3382、U8 中分别选育出了 5003、7922、U8112, 在 5003×8112 基础上选育出了掖 478, 直接组配并通过审定掖单 13、掖单 12 等品种。目前, 我国玉米已形成了四平头、旅大红骨、兰卡斯特、Reid 等杂种优势群。二是育种理论和基础研究的进步。以杂种优势利用理论为核心的种质改良始终是玉米育种的基础, 极大地推动了我国玉米育种科技进步。1970 年以后我国由双交种进入以单交种为主的阶段, 中单 2 号、丹玉 6 号、郑单 2 号、吉单 101 等一批单交种基于杂种优势大幅提高了产量, 尤其是中单 2 号是我国在由双交种向单交种转变进程中的里程碑代表品种<sup>[3]</sup>。2000 年以后, 农大 108、豫玉 22、鲁单 50 等一批适应性好、抗病性强、稳产高产品种投入生产, 尤其是农大 108 拓宽了遗传基础, 融入了北美种质、热带和亚热带种质及国内地方种质, 在育种理论上开拓了新的杂种优势模式<sup>[31]</sup>。近年来我国玉米前沿基础和核心技术取得重大进展, 牵头组织对玉米自交系 Mo17、SK、mexicana 和黄早四进行基因组测序与组装, 挖掘出一批控制产量、株型、抗病、抗旱等重要性状的关键基因, 显著提升原始创新能力<sup>[5]</sup>。三是育种技术的突破。以抗病、耐密等为代表的传统育种技术的突破, 极大的促进了品种更新换代。20 世纪 80 年代中期以后, 以丹玉 13、烟单 14、掖单 2 号、四单 8 号为代表的玉米品种在适应性、抗病性和产量方面都有了明显的提升, 尤其是丹玉 13 以抗性遗传为基础, 是单基因抗性与多基因抗性相结合的抗多种

病害的高产、质优、适应性广杂交种<sup>[32]</sup>。90 年代中期以后, 以掖单系列为代表的玉米品种开启了耐密品种选育和生产应用的先例<sup>[3]</sup>, 提高了种植密度, 在产量方面又有了大幅度的提高, 其中掖单 13 是我国第一个株型紧凑兼大穗型杂交种。2004 年后推广的郑单 958、浚单 20、京科 968 等, 其中郑单 958 集高产稳产、优质耐密、广适多抗于一身, 突破了杂交种在高密度下易倒伏与结实性差等关键技术瓶颈。近年来突破了单倍体、基因编辑、转基因、全基因组选择等关键育种技术瓶颈, 极大地提升了我国玉米育种创新能力<sup>[5]</sup>。四是跨国种业公司的竞争。以原美国先锋公司的先玉 335、德国 KWS 公司的德美亚 1 号, 也极大地推动了我国玉米育种目标的改变。先玉 335 以其高产稳产、适应性广、耐密植、脱水快、商品品质好和适于机械收获等显著特点迅速占领了我国东华北、西北春玉米区和部分黄淮海夏玉米区, 一跃成为我国玉米播种面积第二大品种, 给我国玉米育种、种业和生产带来了重大影响, 促进了我国玉米产业技术变革<sup>[33]</sup>。德美亚 1 号具有早熟耐密高产脱水快宜机粒收等特点, 在部分地区密度达到 10 万株 hm<sup>-2</sup>, 相当于国内传统品种密度的近 2 倍, 使得黑龙江第四积温带大面积种植玉米, 大大推动了黑龙江省玉米面积快速发展<sup>[34]</sup>。

品种审定在支撑我国玉米品种源头创新上发挥了关键作用。我国玉米品种区域试验伴随着改革开放的进程已经走过了 40 多年, 鉴定和筛选出一大批适宜不同玉米生态区种植的丰产、稳产、抗逆性强、适应性广的优良新品种, 为我国玉米生产的持续发展和新品种合理布局奠定了坚实的基础<sup>[35]</sup>。审定通过的以中单 2 号、丹玉 13、掖单 13、农大 108、郑单 958 等为代表的主栽品种, 引领了我国玉米生产产品更新换代。但针对当前问题及今后发展趋势, 有必要进一步完善玉米品种区域试验, 主要建议包括: 一是进一步优化完善区域试验的分布布局, 提高品种布局的科学性; 二是建立稳定的标准化区域试验站及网络, 提高试验精准度; 三是继续优化完善品种审定标准, 为高产稳产、抗病抗逆、优质专用、资源高效、适宜机械化品种选育提供支撑。

### 3.3 玉米大品种的发展趋势

从 1982 年至今, 先后经历了 5 次单交种的更新换代, 其中, 前 4 次平均每 5.5 年更新换代一次, 而第 5 次更新换代已经历了快 20 年, 目前玉米大品种的更迭速度较慢、仍未完成更新换代, 其主要原因

除了超大品种郑单 958 具有高产、稳产、适应性强等特点外<sup>[36]</sup>,一批改良的类 958、类 335 等品种不断育成与推广利用,不过更迭关口可能即将到来。随着国外种质的引入、利用,突破性种质的创制,代表品种主要是抗病、抗逆或适合机收的品种如裕丰 303、中科玉 505 等,实现了品种的高产、抗性和耐密育种目标的统一,具有发展成为大品种的潜力。裕丰 303 自 2015 年先后通过国家黄淮海夏玉米、东华北中晚熟春玉米、西北春玉米三大区域审定,具备美系新品种的优良特征特性,还具有耐旱、耐高温热害、抗倒伏、抗南方锈病等性状优势,适应性广<sup>[37]</sup>,2019—2020 年连续 2 年超 66.67 万公顷,累计推广 242.2 万公顷。中科玉 505 自 2015 年先后通过国家黄淮海夏玉米、东华北中熟春玉米及 6 省审定,产量明显高于对照先玉 335 和郑单 958,抗旱性极强,饲用品质优<sup>[38]</sup>,2020 年突破 66.67 万公顷,累计推广 168.53 万公顷。

当前,我国农业进入新的历史发展阶段,农业发展由过度依赖资源消耗、主要满足量的需求,向绿色生态可持续、更加注重满足质的需求转变。以保障玉米有效供给、促进农民增产增收和农业可持续发展为目标,树立绿色、高效、优质、高产、生态的核心,在兼顾高产性状同时,重点选育抗病虫、抗逆境、节水节肥、耐盐碱、适应机械化、轻简化生产、品质优良的新型绿色玉米新品种,推进稳产与生态、资源与环境的同步发展,为绿色农业、国家生态修复提供有力的技术支撑。尤其随着全球气候的变化,对种植制度、生产结构与地区布局、品种的抗逆性等影响与适应要做好积极应对<sup>[39-43]</sup>,如近年来黄淮海区域玉米生产面临的气候考验严峻,除了风灾、阴雨寡照、旱涝以外,高温热害与干旱叠加灾害频发,严重影响果穗发育和授粉,产量受到较大影响<sup>[44]</sup>;为应对不断增加的玉米高温胁迫风险,北方玉米产区应重点关注播种—乳熟期高温对玉米生产的影响,南方玉米产区应重点关注抽穗后高温对玉米生产的影响<sup>[45]</sup>;农业气象灾害可以解释 50%左右东北地区春玉米产量的波动,影响春玉米生产的主要农业气象灾害已经从过去的冷害转变为干旱,在气候变暖的大背景下,影响春玉米生产的主要因子由热量条件转换为水分条件,干旱已成为威胁春玉米产量的首要灾害<sup>[46]</sup>。

强化育种科技创新是培育大品种的有效途径。结合转基因、全基因组选择、基因编辑等现代前沿

育种技术的飞速发展,智能设计育种是育种技术发展的主要方向,将驱动生物育种技术迭代升级,对解决常规技术难以克服的高产、优质、抗病虫、抗逆、养分高效等性状协调改良问题发挥不可替代的重要作用<sup>[47-48]</sup>,更多的优异基因资源被深入挖掘并培育出适应生产方式转型和提升竞争力的新一代自主突破性品种,进一步加速提升我国玉米单产水平。

## 4 结论

本文以 1982—2020 年期间全国农业技术推广服务中心发布的历年玉米品种推广面积为依据,研究大品种的历史贡献和发展趋势,筛选出近 40 年来我国种植的郑单 958 等 27 个玉米大品种,其中超大品种 4 个(郑单 958、中单 2 号、丹玉 13、先玉 335),特大品种 6 个(浚单 20、掖单 2 号、农大 108、掖单 13、四单 19、烟单 14),主要分布于山东、河南、河北、吉林、黑龙江、内蒙古等省区,大品种种植面积占总面积的比例变化特征是 1982—1989 年期间快速上升、1990—1997 年期间面积占比稳定、1998 之后下降,至 2020 年面积占比下降到 12%左右。裕丰 303、中科玉 505 等具有发展成为大品种的潜力,未来智能设计育种将高效培育出新一代突破性品种,加速提升我国玉米单产水平。面对当前生产问题及今后发展趋势,建议在区域试验的分布布局、试验精准度和品种审定标准等方面进一步完善玉米品种区域试验。

## References

- [1] 仇焕广,李新海,余嘉玲.中国玉米产业:发展趋势与政策建议.农业经济问题,2021,(7):4-16.  
Qiu H G, Li X H, Yu J L, China's corn industry: development trends and policy recommendations. *Agric Econ Issues*, 2021, (7): 4-16 (in Chinese with English abstract).
- [2] 戴景瑞,鄂立柱.我国玉米育种科技创新问题的几点思考.玉米科学,2010,18(1):1-5.  
Dai J R, E L Z. Some thoughts on scientific and technological innovation of maize breeding in my country. *J Maize Sci*, 2010, 18(1): 1-5 (in Chinese with English abstract).
- [3] 戴景瑞,鄂立柱.百年玉米,再铸辉煌——中国玉米产业百年回顾与展望.农学学报,2018,8(1):74-79.  
Dai J R, E L Z. From the past centennial progress to more brilliant achievements in the future: the history and prospects of maize industrialization in China. *J Agric*, 2018, 8(1): 74-79 (in Chinese with English abstract).
- [4] 吴永常,马忠玉,王东阳,姜洁.我国玉米品种改良在增产中的贡献分析.作物学报,1998,24:595-600.  
Wu Y C, Ma Z Y, Wang D Y, Jiang J. Contribution analysis of improved maize varieties in yield increase in my country. *Acta*

- Agron Sin*, 1998, 24: 595–600 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王振华, 刘文国, 高世斌, 李新海. 玉米种业的昨天、今天和明天. *中国畜牧业*, 2021, (19): 26–32.  
Wang Z H, Liu W G, Gao S B, Li X H. Past, now and future of corn seed industry. *China Anim Ind*, 2021, (19): 26–32 (in Chinese).
- [6] 孙世贤. 我国杂交玉米品种推广与成效. *作物杂志*, 2010, (3): 121–124.  
Sun S X. Popularization and effect of hybrid maize varieties in my country. *Crops*, 2010, (3): 121–124 (in Chinese).
- [7] 孙世贤. “九五”期间我国玉米品种已基本实现一次更换. *种子科技*, 2000, (6): 30–32.  
Sun S X. During the “Ninth Five-Year Plan” period, my country’s corn varieties have basically achieved one replacement. *Seed Sci Tech*, 2000, (6): 30–32 (in Chinese).
- [8] 马文慧, 郑淑波, 李岩, 路明. 吉林省玉米单产发展历程与提升路径分析. *中国农业科技导报*, 2021, 23(12): 13–19.  
Ma W H, Zheng S B, Li Y, Lu M. Analysis on the development process promotion path of maize yield in Jilin province. *J Agric Sci Technol*, 2021, 23(12): 13–19 (in Chinese with English abstract).
- [9] Wang T Y, Ma X L, Li Y, Bai D P, Liu C, Liu Z Z, Tan X J, Shi Y S, Song Y C, Carlone M, Bubeck D, Bhardwaj H, Jones E, Wright K, Smith S. Changes in yield and yield components of single-cross maize hybrids released in China between 1964 and 2001. *Crop Sci*, 2011, 51: 512–525.
- [10] Ci X K, Li M S, Xu J S, Lu Z Y, Bai P F, Ru G L, Liang X L, Zhang D G, Li X H, Bai L, Xie C X, Hao Z F, Zhang S H, Dong S T. Trends of grain yield and plant traits in Chinese maize cultivars from the 1950s to the 2000s. *Euphytica*, 2012, 185: 395–406.
- [11] Li Y X, Li Y, Ma X L, Liu C, Shi Y S, Song Y C, Zhang D F, Smith S, Wang T Y. Genetically mediated changes in the grain quality of single-cross maize hybrids grown in China. *Crop Sci*, 2015, 56: 132–142.
- [12] 胡昌浩, 董树亭, 王空军, 孙庆泉. 我国不同年代玉米品种生育特性演进规律研究: I. 产量性状的演进. *玉米科学*, 1998, 6(2): 44–48.  
Hu C H, Dong S T, Wang K J, Sun Q Q. Study on the evolution law of growth characteristics of maize varieties in different ages in my country: I. Evolution of yield characters. *J Maize Sci*, 1998, 6(2): 44–48 (in Chinese).
- [13] 丰光, 刘志芳, 李妍妍, 景希强, 邢锦丰, 黄长玲. 中国不同时期玉米单交种产量变化的研究. *中国农业科学*, 2010, 43: 277–285.  
Feng G, Liu Z F, Li Y Y, Jing X Q, Xing J F, Huang C L. Study on trends in yield change for different period maize single cross hybrids in China. *Sci Agric Sin*, 2010, 43: 277–285 (in Chinese with English abstract).
- [14] 张海燕, 孙琦, 张德贵, 石红良, 慈晓科, 李新海, 白丽, 陈岩, 周志强, 董树亭, 李明顺. 低氮胁迫下我国不同年代玉米品种产量及产量构成因子变化趋势研究. *玉米科学*, 2013, 21(5): 13–17.  
Zhang H Y, Sun Q, Zhang D G, Shi H L, Ci X K, Li X H, Bai L, Cheng Y, Zhou Z Q, Dong S T, Li M S. Trends of grain yield and component factor under low nitrogen in Chinese maize cultivars from different eras. *J Maize Sci*, 2013, 21(5): 13–17 (in Chinese with English abstract).
- [15] 王晓东, 傅迎军, 孙殷会, 张庆娜, 王晓梅, 侯国强, 徐德海, 李凤海, 史振声. 我国北方玉米品种更替过程中产量杂种优势的演变. *玉米科学*, 2017, 25(1): 24–28.  
Wang X D, Fu Y J, Sun Y H, Zhang Q N, Wang X M, Hou G Q, Xu D H, Li F H, Shi Z S. Evolution of yield heterosis in the process of maize variety replacement in north China. *J Maize Sci*, 2017, 25(1): 24–28 (in Chinese with English abstract).
- [16] 卢实, 李穆, 高婷婷, 王敏, 孟令聪, 郑淑波, 路明, 刘文国. 1999–2018 年间国审玉米品种遗传产量增益及产量潜力分析. *中国农学通报*, 2021, 37(21): 1–7.  
Lu S, Li M, Gao T T, Wang M, Meng L C, Zheng S B, Lu M, Liu W G. National certified maize varieties during 1999–2018: analysis of genetic yield gain and yield potential. *Chin Agric Sci Bull*, 2021, 37(21): 1–7 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王空军, 董树亭, 胡昌浩, 刘开昌, 孙庆泉. 我国 1950s–1990s 推广的玉米品种叶片光合特性演进规律研究. *植物生态学报*, 2001, 25: 247–251.  
Wang K J, Dong S T, Hu C H, Liu K C, Sun Q Q. Improvement in photosynthetic characteristics among maize varieties in China from the 1950s to the 1990s. *Acta Phytoecol Sin*, 2001, 25: 247–251 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王空军, 郑洪建, 刘开昌, 张吉旺, 董树亭, 胡昌浩. 我国玉米品种更替过程中根系时空分布特性的演变. *植物生态学报*, 2001, 25: 472–475.  
Wang K J, Zheng H J, Liu K C, Zhang J W, Dong S T, Hu C H. Evolution of maize root distribution in space-time during maize varieties replacing in China. *Acta Phytoecol Sin*, 2001, 25: 472–475 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王空军, 董树亭, 胡昌浩, 刘开昌, 张吉旺. 我国玉米品种更替过程中根系生理特性的演进: I. 根系活性与 ATPase 活性的变化. *作物学报*, 2002, 28: 185–189.  
Wang K J, Dong S T, Hu C H, Liu K C, Zhang J W. The Evolution of physiological characteristics of maize root during varieties replacing in China, 1950s to 1990s: I. Changes of root vigor & ATPase activity. *Acta Agron Sin*, 2002, 28: 185–189 (in Chinese with English abstract).
- [20] 王空军, 董树亭, 胡昌浩, 刘开昌, 张吉旺. 我国玉米品种更替过程中根系生理特性的演进: II. 根系保护酶活性及膜脂过氧化作用的变化. *作物学报*, 2002, 28: 384–388.  
Wang K J, Dong S T, Hu C H, Liu K C, Zhang J W. The evolution of physiological characteristics of maize root during varietal replace in China, 1950s to 1990s: II. Changes of the protective enzyme activities and lipid peroxidation. *Acta Agron Sin*, 2002, 28: 384–388 (in Chinese with English abstract).
- [21] 孙庆泉, 胡昌浩, 董树亭, 王空军. 我国不同年代玉米品种生育全程根系特性演化的研究. *作物学报*, 2003, 29: 641–645.  
Sun Q Q, Hu C H, Dong S T, Wang K J. Evolution of root characters during all growth stage of maize cultivars in different eras in China. *Acta Agron Sin*, 2003, 29: 641–645 (in Chinese with English abstract).
- [22] 孙琦, 张世煌, 慈晓科, 张德贵, 李新海, 郝转芳, 翁建峰, 白丽, 李明顺. 干旱条件下我国不同年代玉米品种保绿性比较. *玉米科学*, 2013, 21(2): 71–77.  
Sun Q, Zhang S H, Ci X K, Zhang D G, Li X H, Hao Z F, Weng J F, Bai L, Li M S. Comparison of leaf stay-green trait Chinese

- different era maize cultivars in drought environment. *J Maize Sci*, 2013, 21(2): 71–77 (in Chinese with English abstract).
- [23] 刘艳秋, 李明顺, 李新海, 雍洪军, 颜娜, 周志强, 张晓星, 夏仁培, 张德贵, 郝转芳, 翁建峰, 白丽, 史振声, 张世煌. 1970s–2000s 玉米主栽品种灌浆与脱水速率研究. *玉米科学*, 2015, 23(1): 85–91.
- Liu Y Q, Li M S, Li X H, Yong H J, Yan N, Zhou Z Q, Zhang X X, Xia R P, Zhang D G, Hao Z F, Weng J F, Bai L, Shi Z S, Zhang S H. Preliminary study on grain filling and dehydration rate of maize hybrids used predominantly in 1970s–2000s. *J Maize Sci*, 2015, 23(1): 85–91 (in Chinese with English abstract).
- [24] 刘志铭, 张晓龙, 兰进好, 李广群, 刘光耀, 白雯斌, 王琴娣, 热依兰·阿布都米吉提, 王永军, 杨今胜. 1979–2020 年我国玉米品种审定情况回顾与展望. *玉米科学*, 2021, 29(2): 1–7.
- Liu Z M, Zhang X L, Lan J H, Li G Q, Liu G Y, Bai W B, Wang Q D, Zeylan A, Wang Y J, Yang J S. Review and prospect of approved maize varieties in China from 1979 to 2020. *J Maize Sci*, 2021, 29(2): 1–7 (in Chinese with English abstract).
- [25] 宋新莉. 农作物大品种成因分析. *中国种业*, 2021, (6): 7–9.
- Song X L. Analysis on the causes of large varieties of crops. *Chin Seed Ind*, 2021, (6): 7–9 (in Chinese).
- [26] 黎裕, 王天宇. 我国玉米育种种质基础与骨干亲本的形成. *玉米科学*, 2010, 18(5): 1–8.
- Li Y, Wang T Y. Germplasm base of maize breeding in China and Formation of Foundation Parents. *J Maize Sci*, 2010, 18(5): 1–8 (in Chinese with English abstract).
- [27] 周宝元, 葛均筑, 孙雪芳, 韩玉玲, 马玮, 丁在松, 李从锋, 赵明. 黄淮海麦玉两熟区周年光温资源优化配置研究进展. *作物学报*, 2021, 47: 1843–1853.
- Zhou B Y, Ge J Z, Sun X F, Han Y L, Ma W, Ding Z S, Li C F, Zhao M. Research advance on optimizing annual distribution of solar and heat resources for double cropping system in the Yellow-Huaihe-Haihe Rivers plain. *Acta Agron Sin*, 2021, 47: 1843–1853 (in Chinese with English abstract).
- [28] 任佰朝, 高飞, 魏玉君, 董树亭, 赵斌, 刘鹏, 张吉旺. 冬小麦–夏玉米周年生产条件下夏玉米的适宜熟期与积温需求特性. *作物学报*, 2018, 44: 137–143.
- Ren B Z, Gao F, Wei Y J, Dong S T, Zhao B, Liu P, Zhang J W. Suitable maturity period and accumulated temperature of summer maize in wheat–maize double cropping system. *Acta Agron Sin*, 2018, 44: 137–143 (in Chinese with English abstract).
- [29] 白彩云, 李少昆, 张厚宝, 柏军华, 谢瑞芝, 孟磊. 郑单 958 在东北春玉米区生态适应性研究. *作物学报*, 2010, 36: 296–302.
- Bai C Y, Li S K, Zhang H B, Bai J H, Xie R Z, Meng L. Ecological adaptability of Zhengdan 958 hybrid in Northeast of China. *Acta Agron Sin*, 2010, 36: 296–302 (in Chinese with English abstract).
- [30] 李海明, 胡瑞法, 张世煌. 外来种质对中国玉米生产的遗传贡献. *中国农业科学*, 2005, 38: 2189–2197.
- Li H M, Hu R F, Zhang S H. The impacts of US and CGIAR's germplasm on maize production in China. *Sci Agric Sin*, 2005, 38: 2189–2197 (in Chinese with English abstract).
- [31] 许启凤. 优质、高产玉米新品种农大 108 的选育与推广. *中国农业大学学报*, 2003, 8(1): 25–26.
- Xu Q F. Breeding and popularization of new maize variety Nongda 108 with high quality and high yield. *J China Agric Univ*, 2003, 8(1): 25–26 (in Chinese with English abstract).
- [32] 吴纪昌, 张铁一, 陈刚. 丹玉 13. *作物杂志*, 1986, (2): 36.
- Wu J C, Zhang T Y, Chen G. DanYu No.13. *Crops*, 1986, (2): 36 (in Chinese).
- [33] 吴晋源, 侯有良, 卢保红, 魏荣业, 张广峰, 杜如姗, 钟改荣. 先玉 335 应用对我国玉米产业技术的影响. *山西农业科学*, 2013, 41: 304–306.
- Wu J Y, Hou Y L, Lu B H, Wei R Y, Zhang G F, Du R S, Zhong G R. Effect of Xianyu 335 application on maize industrial technology system in China. *Shanxi Agric Sci*, 2013, 41: 304–306.
- [34] 樊伟民. 早熟品种德美亚 1 号对黑龙江省玉米产业的影响. *中国种业*, 2015, (10): 43–44.
- Fan W M. The impact of the early-maturing variety Demeiya 1 on the corn industry in Heilongjiang province. *Chin Seed Ind*, 2015, (10): 43–44 (in Chinese).
- [35] 孙世贤. 国家玉米品种区域试验改革思路探讨. *种子科技*, 1999, (1): 3–4.
- Sun S X. Discussion on the reform thinking of national maize variety regional test. *Seed Sci Tech*, 1999, (1): 3–4 (in Chinese).
- [36] 佟屏亚. 横亘 20 年郑单 958 依然市场唱主角. *种子科技*, 2020, 38(21): 1–2.
- Tong P Y. After 20 years, Zhengdan 958 still plays the leading role in the market. *Seed Sci Tech*, 2020, 38(21): 1–2 (in Chinese).
- [37] 费继飞, 王行川, 陈瑞杰, 张长征, 高飞, 王爱芬, 原志强, 刘青培, 刘东胜, 王义波. 玉米新品种‘裕丰 303’的商业育种问题讨论. *中国农学通报*, 2020, 36(27): 26–32.
- Fei J F, Wang X C, Chen R J, Zhang C Z, Gao F, Wang A F, Yuan Z Q, Liu Q P, Liu D S, Wang Y B. Maize new variety ‘Yufeng 303’ commercial breeding. *Chin Agric Sci Bull*, 2020, 36(27): 26–32 (in Chinese with English abstract).
- [38] 费继飞, 孙招, 王行川, 高飞, 刘青培, 王爱芬, 原志强, 陈瑞杰, 刘东胜, 王义波. 玉米新品种‘中科玉 505’的选育及相关商业育种问题探讨. *中国农学通报*, 2021, 37(18): 6–13.
- Fei J F, Sun Z, Wang X C, Gao F, Liu Q P, Wang A F, Yuan Z Q, Chen R J, Liu D S, Wang Y B. The breeding of corn hybrid ‘Zhongkeyu 505’ and its implication for commercial breeding. *Chin Agric Sci Bull*, 2021, 37(18): 6–13 (in Chinese with English abstract).
- [39] 覃志豪, 唐华俊, 李文娟, 赵书河. 气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展与发展方向. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(5): 1–7.
- Qin Z H, Tang H J, Li W J, Zhao S H. Progress and directions in studying the impacts of climate change on agriculture and grain production in China. *Chin J Agric Resour Region Plan*, 2013, 34(5): 1–7 (in Chinese with English abstract).
- [40] 李伟君, 吕厚荃. 气候变化背景下农业气象灾害对东北地区春玉米产量影响. *作物学报*, 2022, 48: 1537–1545.
- Li Y W, Lyu H Q. Effect of agricultural meteorological disasters on the production corn in the northeast China. *Acta Agron Sin*, 2022, 48: 1537–1545 (in Chinese with English abstract).
- [41] 赵海燕, 张文千, 邹旭恺, 张强, 沈子琦, 梅平. 气候变化背景下中国农业干旱时空变化特征分析. *中国农业气象*, 2021, 42: 69–79.
- Zhao H Y, Zhang W Q, Zou X K, Zhang Q, Shen Z Q, Mei P. Temporal and spatial characteristics of drought in China under climate change. *Chin J Agron*, 2021, 42: 69–79 (in Chinese with English abstract).

- English abstract).
- [42] 高江波, 刘路路, 郭灵辉, 孙东琪, 刘婉露, 侯文娟, 吴绍洪. 气候变化和物候变动对东北黑土区农业生产的协同作用及未来粮食生产风险. *地理学报*, 2022, 77: 1681–1700.  
Gao J B, Liu L L, Guo L H, Sun D Q, Liu W L, Hou W J, Wu S H. The synergistic effect of climate change and phenological change on agricultural production in the black soil region of northeast China and the risk of future food production. *Acta Geogr Sin*, 2022, 77: 1681–1700 (in Chinese with English abstract).
- [43] 毛喜玲, 殷淑燕, 刘海红. 1960–2020 年华北地区玉米单产对气候变化的响应. *干旱区资源与环境*, 2022, 36(10): 193–200.  
Mao X L, Yin S Y, Liu H H. Response of maize yield to climate change in north China from 1960 to 2020. *J Arid Land Res Environ*, 2022, 36(10): 193–200 (in Chinese with English abstract).
- [44] 陈翔, 鲍杨俊, 李庆, 丁井魁, 杨明珠, 王冬阳, 曹祖航, 贺亮, 宋有洪. 黄淮海夏玉米花期高温发生特点、危害机理与防控措施综述. *安徽农业大学学报*, 2020, 47: 304–308.  
Chen X, Bao Q J, Li Q, Ding J K, Yang M Z, Wang D Y, Cao Z H, He L, Song Y H. Review on characteristics of high temperature and its damage, and prevention measures of summer maize in Huang-Huai-Hai area. *J Anhui Agric Univ*, 2020, 47: 304–308 (in Chinese with English abstract).
- [45] 商蒙非, 石晓宇, 赵炯超, 李硕, 褚庆全. 气候变化背景下中国不同区域玉米生育期高温胁迫时空变化特征. *作物学报*, 2023, 49: 167–176.  
Shang M F, Shi X Y, Zhao J C, Li S, Chu Q Q. Spatiotemporal variation of high temperature stress in different regions of China under climate change. *Acta Agron Sin*, 2023, 49: 167–176 (in Chinese with English abstract).
- [46] 李祎君, 吕厚荃. 气候变化背景下农业气象灾害对东北地区春玉米产量影响. *作物学报*, 2022, 48: 1537–1545.  
Li Y J, Lyu H Q. Effect of agricultural meteorological disasters on the production corn in the Northeast China. *Acta Agron Sin*, 2022, 48: 1537–1545 (in Chinese with English abstract).
- [47] 李新海, 谷晓峰, 马有志, 邱丽娟, 黎裕, 万建民. 农作物基因设计育种发展现状与展望. *中国农业科技导报*, 2020, 22(8): 1–4.  
Li X H, Gu X F, Ma Y Z, Qiu L J, Li Y, Wan J M. Current status and perspectives in the development of crop genomic design breeding. *J Agric Sci Technol*, 2020, 22(8): 1–4 (in Chinese with English abstract).
- [48] 汪海, 赖锦盛, 王海洋, 李新海. 作物智能设计育种——自然变异的智能组合和人工变异的智能创制. *中国农业科技导报*, 2022, 24(6): 1–8.  
Wang H, Lai J S, Wang H Y, Li X H. Bipartite intelligent design of crops—intelligent combination of natural variation and intelligent creation of artificial variation. *J Agric Sci Technol*, 2022, 24(6): 1–8 (in Chinese with English abstract).