

玉米新品种陕单 609 选育研究

薛吉全, 张兴华, 郝引川, 张仁和

(西北农林科技大学农学院/农业部西北旱区玉米生物学与遗传育种国家重点实验室/陕西省玉米工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以增强适应性为主线, 以优异种质引进、创新与利用为基础, 坚持“大规模、多地点和持续性”的育种思路, 实施多地点、高密度、少施肥和少灌水的技术路线, 选育出陕单 609 玉米品种。陕单 609 具有高产稳产、耐密植、抗旱、品质优良、产量潜力大和适应性广的特点。分析陕单 609 玉米品种的选育背景和育种过程, 总结玉米自交系 91227 和陕单 609 玉米杂交种的特征特性。玉米品种改良要重视外来玉米种质的利用, 强化育种环境的选择压力, 创新玉米品种的推广方式。

关键词: 玉米; 陕单 609; 品种选育; 适应性; 产量

中图分类号: S513.035.1

文献标识码: A

Breeding Research of New Maize Hybrid Shaandan609

XUE Ji-quan, ZHANG Xing-hua, HAO Yin-chuan, ZHANG Ren-he

(College of Agronomy, Northwest A&F University / Ministry of Agriculture Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Maize in Arid Area of Northwest Region / Shaanxi Maize Engineering Research Center, Yangling 712100, China)

Abstract: Based on the introduction, innovation and utilization of excellent germplasm, the breeding strategy integrated the breeding ideas of “large population, multi-environment and sustainability”, breeding technology system of multi-location, high density, low fertilization and irrigation for enhance adaptability of maize varieties. The breeding of maize hybrid Shaandan609 with high and stable yield, high density tolerance, drought, good quality, high yield potential characteristics. Breeding background and breeding process of maize hybrid Shaandan609 were summarized, and the characteristics of the maize inbred line 91227 and maize hybrid Shaandan609 were analyzed. Breeders should increase selection pressure in high-yield maize breeding in order to improve the utilization of exotic maize germplasm. Extension method of maize variety was innovated.

Key words: Maize; Shaandan609; Breeding; Adaptation; Yield

1 选育背景

20 世纪 90 年代至 21 世纪初, 陕西玉米育种与国内其他区域相比, 玉米品种虽然不断育成, 但突破性品种很少, 品种的现实产量提高幅度不大, 品种的适应性和抗逆性不强。主要表现在玉米种质创新能力不足, 育种技术、育种方法有待加强, 抗逆性育种重视不够^[1]。

Duvick 等研究表明, 美国玉米产量提高的主要原因是增强了品种抵抗环境胁迫的能力, 一定程度上产量就是抗逆性, 特别是耐密性^[2]。Troyer 强调适应性比杂种优势更重要, 产量改良归功于提高忍耐胁迫的能力改善的提高^[3]。Hallauer、张世煌认为, 非杂种优势对产量贡献大于杂种优势的贡献, 要重视玉米的抗逆育种, 并通过增加选择压力如密植、低氮、高温、干旱来增加选择响应^[4~7]。玉米自交系对逆境胁迫比杂交种更敏感, 多点评价玉米自交系有助于选育抗逆性强的玉米杂交种。赵久然提出“变换地、大群体、高密度、强胁迫和严选择”的玉米自交系选育方法, 在玉米育种实践中取得显著成效^[8]。

通过分析 1991~2010 年陕西审定的 134 个玉米品种, 多年多点平均值产量为 8 856 kg/hm², 品种间产量平均值的变异系数仅为 11.6%, 同期 4~9 月的

收稿日期: 2016-06-15

基金项目: 国家现代玉米产业技术体系陕西关中综合试验站项目 (CARS-02-64)、“七大农作物育种”试点专项 (SQ2016ZY03002)

作者简介: 薛吉全, 男, 陕西武功人, 主要从事玉米育种与栽培技术研究。Tel: 029-87082934 E-mail: xjq2934@163.com

平均温度、积温和日照时数年间变异幅度较大,呈锯齿状,说明21年间审定玉米品种的产量潜力变化较小,品种遗传改良的效应主要是适应了气候条件的变化。6个品种、2种密度、氮肥和水分处理试验发现,在环境压力较小时(低密度、高氮和正常灌水)品种间产量差异较小;在环境压力较大时(高密度、低氮和干旱)品种间差异较大。适应好的品种先玉335、郑单958表现为2种资源供应条件下产量差异较小,优良品种对高密、低氮和干旱逆境具有良好的适应性^[9]。郑单958、陕单902玉米杂交种及其亲本2种密度、氮肥和水分处理试验发现,在非生物逆境条件下,郑单958产量的中亲值和中亲优势显著高于陕单902,且中亲值增幅高于杂种优势值。郑单958较陕单902产量增进的同时,增强了对非生物逆境适应的能力^[10],玉米杂交种的抗逆性来源于亲本自交系的抗逆性。多年研究发现,玉米品种和栽培技术的产量潜力与试验的地点和年份有密切的关系,在一定程度上反映了品种、栽培技术对当地生态

条件的适应性^[11]。产量指适应当地生态条件(包括气候、土壤等)的能力,即通过良好品种特性和优化栽培技术,最大限度适应当地生态条件的能力。

借鉴国内外玉米育种的理论和实践,总结郑单958和先玉335等优良品种的创新思路,从遗传、育种、生理和生态等方面综合认识品种与产量形成的规律,确立以增强玉米自交系和品种对环境条件(包括气候、土壤和栽培条件等)的适应能力为主线,以种质的扩增、改良和创新为基础,以新品种培育为重点的技术路线,引进北京市农林科学院玉米研究中心组建的X群体,调整育种目标、强化逆境人工选择、采用密植育种策略,2008年育成了高产、稳产、广适玉米新品种陕单609(91227×昌7-2)。该品种于2011、2012年分别通过陕西省夏玉米区、春玉米区的审定;2012~2013年参加西北春玉米品种区域试验,2016年通过国家品种初审。

2 陕单609选育过程

表1 玉米自交系91227的选育过程

Table 1 The breeding process of maize inbred line 91227

时间 Time	地点 Location	选育过程 Breeding process
2006年4月	北京	从北京市农林科学院玉米研究中心引进X群体的S1果穗
2006年春	陕西杨陵	高密度、大群体筛选形成S2(Z60415-3)
2006年冬	海南陵水	高密度、大群体筛选形成S3(L70277-2)
2007年春	陕西杨陵	高密度、大群体筛选形成S4(Z80375-3)
2007年冬	海南三亚	配合力鉴定
2007年冬	海南三亚	组合测配
2008年春	陕西杨陵等地	多点鉴定
2009年冬	海南三亚	组合制种
2009~2011年		陕西省区试
2012~2013年		国家西北春玉米区试

针对陕西玉米品种难以满足玉米机械化的生产需求、玉米种质难以满足育种实践和育种技术难以提高育种效率的突出问题,以提高适应性为主线,以优异种质引进、创新和利用为基础,总结提出“大规模、多地点和持续性”的育种思路,形成了“优异种质材料+高效选择方法(高密度、多地点、少施肥、少灌水)+新组合多环境测试”的玉米高效育种技术体系。2006年4月,西北农林科技大学从北京市农林科学院引进了X群体,该群体由北京市农林科学院玉米研究中心利用引进的国外优良杂交种X1132X为材料构建的基础选系群体。按照“新种质、大群体、高密度、变换地、强胁迫、严选择”的方法,在北京、山东、河南、吉林等多个生态区选育出优秀S1果穗,

2006年4月优穗混合后发给10个单位。以此为基础材料,以单穗粒重(>100 g)、出籽率(>87%)和穗行果穗入选数(>3个以上)为指标,在90 000株/hm²密度条件下,经陕西、海南(每年2代)连续7代自交选育出91227自交系,于2008年组配陕单609(91227×昌7-2);2009~2011年参加陕西省夏玉米和春玉米区域试验;2012~2013年参加国家西北春玉米品种区域试验。

3 亲本自交系91227

亲本自交系91227夏播生育期100 d左右,春播生育期115 d左右。幼苗叶鞘紫色,子叶长圆形,生长健壮。成株株高205 cm,穗位高75 cm,穗上叶上

冲,株型紧凑,叶片较窄,叶间距较长,全株叶片18片。雄穗分枝4~6个,护颖紫色,花药黄色,花丝浅红色,果穗筒形,穗长17 cm,穗粗4 cm,穗行数14~16行,行粒数35粒,子粒马齿偏硬,白轴,出籽率高。高抗大、小斑病,穗粒腐病、茎腐病和黑粉病。

利用SNP标记,采用MEGA4.0软件UPMGA聚类法,结合Power-Marker V3.25计算的遗传距离对包括91227在内的24个自交系进行聚类分析显示,91227与来源于Reid种质的PH6WC、郑58和掖478等玉米自交系的遗传距离较近,属于改良Reid杂种优势群;与来源于Lancaster种质的Mo17和来源于塘四平头种质的昌7-2距离较远,因此,可以确定陕单609的杂种优势模式为改良Reid×塘四平头,具有较强的杂种优势,表现出很强的适应性、抗病性和丰产性。

玉米自交系91227与国内的玉米骨干自交系相比较,具有大穗、多抗、高配合力的特点,组配的品种为陕单609(91227×昌7-2)、陕单622(91227×KB102,陕审玉2016016号)和陕单623(91227×KB092,已进入陕西夏玉米生产试验)。同时,在陕西省玉米育种协作组协议发放,被多家单位利用组配新优势组合或作为基础材料利用,组配的榆玉2号(91227×榆040)、榆玉3号(91227×KA017)已参加陕西省区域试验和西北春玉米联合体试验。

4 陕单609评价

4.1 高产、稳产

陕单609玉米品种于2009年参加陕西省夏玉米区域试验,7点次全部增产,平均产量8398.5 kg/hm²,比对照郑单958(7770 kg/hm²)增产8.1%;2010年参加陕西省夏玉米区域试验,6个点次全部增产,平均产量10309.5 kg/hm²,比对照郑单958增产5.6%;2010年参加陕西省夏玉米生产试验,平均产量9300.0 kg/hm²,比对照种郑单958增5.2%,5个点次全部增产;2011年参加陕西省春玉米区域试验8个试点全部增产,平均产量11067 kg/hm²,比对照种郑单958增产9.8%;2012~2013年参加西北春玉米品种区域试验,30个试点29点次增产,1点次减产,两年平均产量15172.5 kg/hm²,比对照郑单958增产7.48%;2013年参加生产试验,13个试点12点次增产,1点次减产,平均产量14248.5 kg/hm²,比对照郑单958增产4.83%。

通过对国内外20余种品种稳定性的评价分析方法的筛选基础上,以2009~2010年陕西省玉米夏玉米区试试验资料为基础,对陕单609的稳定性进

行评价,结果表明,陕单609较对照增产6.70%,变异系数低于对照,回归系数接近1.0,高稳系数(HSCi)、丰产指数显著高于对照,说明陕单609丰产性突出、稳定性和适应性好。

4.2 耐密性评价

2013~2015年在国家玉米产业技术体系西北区8个综合试验站进行的11个品种、2个密度(区试密度、区试密度+22500株/hm²)的耐密性试验中发现,陕单609品种在2个密度下产量水平均较高,对密度反应弹性大,具有耐密植、适应性广的特点。

2012~2014年在陕西省玉米高产创建48个示范县进行的45000、60000、75000、90000株/hm²的密度试验表明,夏播种植密度在75000株/hm²时,产量最高为9426 kg/hm²,适宜种植密度为60000~75000株/hm²;春播种植密度在75000株/hm²时,产量最高为12858 kg/hm²,适宜种植密度为60000~75000株/hm²。

4.3 抗旱性评价

通过玉米抗旱生理指标比较分析,筛选净光合速率、实际量子产量、叶绿素含量、叶面积、干物质共5项生理指标作为抗旱性指标,进行模糊隶属函数分析,陕单609隶属度指数≥0.6,抗旱指数为0.799,为抗旱类型。

4.4 抗病性鉴定

由陕西省种子管理站2009~2011年委托西北农林科技大学植物保护学院接种鉴定,高抗小斑病、丝黑穗病,抗穗粒腐病、茎腐病,中抗大斑病。全国农业技术推广服务中心2012、2013、2015年委托中国农业科学院作物科学研究所、河北省农林科学院植物保护研究所和甘肃省植物保护研究所接种鉴定,中抗小斑病(变幅3~5级),感大斑病(变幅5~7级),感茎腐病(病株率变幅8.8%~33.3%),高感丝黑穗病(病株率变幅11.7%~42.8%)。

4.5 品质性状

由农业部谷物品质监督检验测试中心(北京)分析,子粒容重793 g/L,粗蛋白含量9.40%,粗脂肪含量4.32%,粗淀粉含量73.27%,赖氨酸含量0.28%。子粒偏硬粒、容重高,适应于机械化果穗带棒收获。

4.6 高产潜力

2012~2014年,由西北农林科技大学和榆林市农业科学院等在陕西省定边县实施陕单609品种及配套技术高产攻关,实现在同一地块连续3年产量突破并稳定在21000 kg/hm²以上的高产纪录,分别为21033、21138、21300 kg/hm²。

依托陕西玉米高产创建活动和旱作农业科技推

广项目,与陕西省、市和县农技部门合作,2012年在陕西定边县实现灌溉春玉米产量达到18 094.5 kg/hm²;2013年在陕西旬邑县实现旱地春玉米产量达到13 530 kg/hm²;2014年在陕西宜君县实现旱地春玉米产量达到16 035.5 kg/hm²;2015年在泾阳县实现夏玉米产量达到11 896.5 kg/hm²的高产纪录。

4.7 适应性

分别通过夏播区、春播区和国家品种审定,适宜陕西春、夏播区以及宁夏、甘肃、新疆和内蒙西部地区春播种植。

陕单609达到了先玉335的株型好、偏硬粒、脱水快、出籽率高以及郑单958的适应性好、耐密植的优点,制种产量高(单穗重在100 g以上,制种产量可达9 000 kg/hm²以上),克服了郑单958子粒品质差、难以适应机械化收获的不足,弥补了先玉335抗病性差的缺陷。

5 选育经验

5.1 重视外来玉米种质的利用

玉米育种的实践证实,玉米育种难在选系,重在测配,关键在种质。种质创新能力不足已成为培育突破性杂交种的瓶颈。种质改良的落脚点是培育优良杂交种,适应性良好的种质是核心。为此,需要从种质的扩增、改良和创新入手,扩增种质遗传基础,形成本土化的种质是关键。

20世纪70~80年代,引进Mo17玉米自交系以及利用外引杂交种中选育的沈5003、U8112、掖478、郑58等玉米自交系;20世纪80~90年代,利用PN78599和其他同类杂交种,选育的P138、X178、齐319、沈137等优良自交系,对我国玉米育种做出重要的贡献。21世纪初至今,利用国外玉米种质选育的一批优异自交系已表现出明显优势。国内现有种质基础难以满足培育矮秆、早熟、耐密、抗倒、子粒脱水快、抗逆性和适应机械化收获的品种需要。欧美玉米种质资源具有早熟、耐密、抗倒、脱水快的优点,可以弥补我国种质的缺点,引进欧美种质是解决耐密早熟高产宜机收的重要途径。通过对欧美玉米种质农艺性状、抗逆性(抗病性、抗旱、耐低氮)、子粒性状和配合力评价分析,以本土化种质为基础,利用和改良欧美种质,培育矮秆、早熟、耐密、抗倒、脱水快、抗逆性好和适宜机械收获的杂交种,可有效解决目前玉米生产对全程机械化品种的需求。

玉米自交系91227属于改良Reid杂种优势群,具有配合力高、遗传基础广泛的特点,与来源于塘四

平头种质的昌7-2距离较远。昌7-2具有配合力高、抗多种病害病、抗旱、耐高温和阴雨寡照等优点,91227与昌7-2具有较强的杂种优势,表现为良好的适应性、抗病性、丰产性。因此陕单609继续巩固改良Reid×塘四平头的杂种优势利用模式。

5.2 强化育种环境的选择压力

总结郑单958、先玉335等优良品种的突出特点在于自身协调了高产和稳产的关系,改变了育种家对非生物逆境的认识。Donald认为,最有效的作物光合系统,应该是一种对光的弱竞争者,也就是说一个植株既能充分利用环境条件,又尽可能少地影响相邻植株对光能的利用^[4]。要构建对生态环境(光、温、水和CO₂等)、资源供给(水肥等营养)高效的玉米群体,应是一个弱的竞争群体,具有良好的逆境适应性,即对环境和资源供给的适应性,不但在匮乏的环境中能高效利用资源,而且对作物群体中的相邻植株影响较少,植株间资源的竞争小。在现代玉米品种改良中要改进育种选择方式,强化逆境人工选择,实施多点、高密、干旱和低氮选择策略,以适应自然选择(生态环境、资源供给),提高对品种对逆境(生物与非生物)的适应性,建立资源环境与作物弱的竞争系统。实施多点、高密、干旱和低氮选择策略是提高品种适应性的重要途径。

在环境优越的条件下,植株间性状接近,表现都较好,差异不明显。在逆境条件下,个体间差异扩大,增加了选择效率。提高筛选密度和培育耐密性品种已经成为大多数育种家的共识。Troyer在选种圃中通常使用当地生产上种植密度的2倍作为选系密度,杂交种的鉴定则采用超过平均密度的20%,产量试验中的最高密度要超过30%^[5]。通过实施多地点、高密度、少施肥和干旱处理,可显著改善玉米自交系的农艺性状、抗逆性和适应性,提升一般配合力,育种效率明显增强。

参考文献:

- [1] 薛吉全,张仁和,张兴华,等. 陕西玉米育种现状、问题与对策[J]. 玉米科学, 2008, 16(2): 139-141.
Xue J Q, Zhang R H, Zhang X H, et al. Current status, problem and strategy of maize breeding in Shanaxi province[J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(2): 139-141. (in Chinese)
- [2] Duvick D N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.)[J]. in: D.N. Sparks, (ed.) Adv. Agron., Vol. 86. Academic Press, San Diego, CA, 2005: 83-145.
- [3] Troyer A F. Adaptation and heterosis in corn and mule hybrids[J]. Crop Science, 2006, 46: 528-543.
- [4] Tollenaar M. Seeking the upper limit of corn production[J]. Batter Crops, 1986: 6-8.
- [5] Hallauer A R. Specialty Corn[M]. 2nd edition, CRC Press, 2001.

- [6] Reif J C, Hallauer A R, Melchinger A E. Heterosis and heterotic patterns in maize[J]. *Maydica*, 2005, 50: 215–223.
- [7] 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.
Zhang S H. Revelation and challenges on maize breeding strategy revealed by hybrid Zhengdan958[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2006, 14(6): 4–6. (in Chinese)
- [8] 赵久然. 超级玉米指标及选育模式[J]. *玉米科学*, 2005, 13(1): 3–4.
Zhao J R. Indexes and breeding pattern of super high-yield maize variety[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2005, 13(1): 3–4. (in Chinese)
- [9] 何冰纾, 徐淑兔, 冯娇娇, 等. 基于SNP标记的陕单609杂优模式分析[J]. *作物杂志*, 2015(4): 33–35.
He B S, Xu S T, Feng J J, et al. Analysis of heterosis pattern of Shandan609 based on SNP markers[J]. *Crops*, 2015(4): 33–35. (in Chinese)
- [10] 薛吉全, 张仁和, 马国胜, 等. 种植密度、氮肥和水分胁迫对玉米产量形成的影响[J]. *作物学报*, 2010, 36(6): 1022–1029.
Xue J Q, Zhang R H, Ma G S, et al. Effects of plant density, nitrogen application, and water stress on yield formation of maize[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36(6): 1022–1029. (in Chinese)
- [11] 杨晓钦, 张仁和, 薛吉全, 等. 非生物胁迫对玉米杂交种及其亲本自交系产量性状的影响[J]. *作物学报*, 2013, 39(7): 1325–1329.
Yang X Q, Zhang R H, Xue J Q, et al. Effects of abiotic stress on yield traits of maize hybrids and their parental inbred lines[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2013, 39(7): 1325–1329. (in Chinese)
- [12] Troyer A F. Phenotypic selection and evaluation of maize inbred for adaptation[J]. *Plant Breeding Reviews*, 2007, 28(4): 101–123.
- [13] 张铭堂, 张国良, 才卓. 玉米自交系选育的理论基础与实践经验[J]. *玉米科学*, 2010, 18(2): 1–4.
Zhang M T, Zhang G L, Cai Z. Theoretical foundation and practice experience of breeding for maize inbred lines[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2010, 18(2): 1–4. (in Chinese)
- [14] Donald C M. The breeding of corn ideotype[J]. *Euphytica*, 1968, 17: 193–211.
- [15] Troyer A F. Heterosis decreasing in hybrids: yield test inbred[J]. *Crop Science*, 2009, 49: 1669–1976.

(责任编辑: 朴红梅)

立足黑龙江 辐射全中国 聚焦大农业 促进快发展

2017年《黑龙江农业科学》征订启事

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊。是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊。现已被中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库等多家权威数据库收录。本刊内容丰富, 栏目新颖, 信息全面, 可读性强。月刊, 每月10日出版, 国内外公开发行。国内邮发代号14-61, 每期定价12.00元, 全年144.00元; 国外发行代号M8321, 每期定价12.00美元, 全年144.00美元。

热忱欢迎广大农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广人员、管理干部和广大农民群众踊跃订阅。全国各地邮局均可订阅, 漏订者可汇款至本刊编辑部补订。汇款写明订购份数、收件人姓名、详细邮寄地址及邮编。

另有合订本珍藏版欢迎订购。2007年合订本每册定价80.00元, 2008~2009年合订本每册定价90.00元, 2010~2015年合订本每册定价180.00元, 邮费各10.00元, 售完为止。

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

地址: 哈尔滨市南岗区学府路368号《黑龙江农业科学》编辑部 邮编: 150086
电话: 0451-86668373 投稿网址: www.haasep.cn