

西南山地玉米育种新一轮骨干自交系 SCML0849的选育与应用

潘光堂, 杨克诚, 李芦江, 高世斌, 沈亚欧, 谭登峰, 卢洪志

(四川农业大学玉米研究所, 成都 625014)

摘要: 20世纪末, 针对西南区21世纪初及可见将来对玉米品种与产业发展的迫切要求, 遵循“生态育种”的基本原理, 并基于前期“温带种质优良自交系是选育西南玉米强优势杂交种的最重要亲本自交系”的研究结论, 定向合成了“REID种质育种用群体”。通过紧密结合常规遗传育种方法与现代分子生物学技术, 集成创新了以“配合力早期测定、目标区域与高密度种植鉴定、南北穿梭鉴定选择与钝化光周期反应、区域抗病抗逆特性一票否决”为主要内容的“特定生态区域育种骨干亲本的定向培育”技术体系, 提高了优良自交系的选育效率, 育成了集高配合力、高抗西南地区玉米病害与多种抗逆性、高产高效等优良性状于一体的玉米优良自交系SCML0849, 组配育成了以川单99为代表的一批稳产高产、高抗多抗、资源高效的玉米强优势杂交种并大面积推广应用。

关键词: 玉米; 自交系; 南北穿梭育种; 定向高效育种; SCML0849; 川单99

中图分类号: S513.032

文献标识码: A

Breeding and Application of the Elite Inbred Line SCML0849 in a New Round of Maize Breeding in Southwest China

PAN Guang-tang, YANG Ke-cheng, LI Lu-jiang, GAO Shi-bin, SHEN Ya-ou,
TAN Deng-feng, LU Hong-zhi

(Maize Research Institute, Sichuan Agricultural University, Chengdu 625014, China)

Abstract: At the end of the 20th century, the Reid germplasm population was synthesized for maize breeding based on the theory of ecological breeding. Previous experience has concluded that elite inbred lines from the germplasm selected in the temperate zone are the best for Southwest China. The resulting population satisfied the urgent requirements for the development of maize varieties and industries nowadays and future in Sichuan and Southwest China. During the process of synthesis, a technology system was innovated by combining traditional breeding methods with modern molecular tools, and growing the elite parental lines in specific ecological regions for target selection. For improving breeding efficiency, the system has the following steps: determination of general combination ability(GCA) at early stage, high-density planting determination for a target region, field selection back and forth in North and South China for passivation to photoperiod, and one-vote discard for regional disease-resistance and stress-tolerance. Using this system, the inbred line SCML0849 has been developed with high GCA, high resistance to diseases and abiotic stresses, high yield, and high nutrient utilization in Southwest China. A number of excellent hybrids have been bred using SCML0849 as a parent, such as Chuandan 99 with stably high yield, high efficiency of fertilizer utilization, high resistance to diseases, and high tolerance to multiple stresses, etc. in Southwest China. As a result, Chuandan 99 has been grown over a large area of Southwest China.

Key words: Maize; Inbred line; North-south shuttle breeding; Directional and efficient breeding; SCML0849; Chuandan 99

录用日期: 2023-11-27

基金项目: 国家玉米产业技术体系(CARS-02)

作者简介: 潘光堂(1956-), 博士, 教授, 从事作物遗传育种工作。

Tel: 0835-2882455 E-mail: pangt@sicau.edu.cn

现代玉米育种的主要特点是利用自交系间的杂交优势来培育杂交种。我国著名玉米遗传育种学家李竞雄院士曾经指出, 玉米杂交种的选育“难在选系(自交系选育), 重在组配(优势杂交组合的组配), 关键是配合力(亲本自交系的配合力)”。国内外玉米

育种实践表明,玉米育种的每一次飞跃都与突破性优良自交系的选育密切相关,没有自交系选育上的突破,就不可能有杂交种选育的突破^[1-3]。从20世纪80年代起,我国玉米杂交种已实现5次更新换代。我国玉米新杂交种每一轮更新,都伴随有1个(或几个)优良自交系的成功选育。优良自交系自330(第1轮骨干亲本,下同)和E28、黄早四(第2轮)和丹340、掖478(第3轮)和178、综3(第4轮)、郑58(第5轮)的成功选育,大大促进了我国玉米生产的科技进步与品种的更新换代。同时,玉米“三高”自交系200B、48-2、S37、18-599、08-641和698-3等的成功选育,推动了四川和西南山地玉米区玉米遗传育种水平不断跃上新台阶。

四川和西南山地玉米区,地形、气候和土质等生产生态条件复杂多样,玉米生产地多为山地丘陵区,旱土坡地,雨养农业,季节性干旱频发,土层浅、水土流失严重,多为红黄壤,缺素(磷、氮)严重,土壤铅、镉、汞等重金属污染重而广;阴雨寡照,病害多而严重;该区大部分地区多为间套种植,地块零碎,田坎玉米多,边际效应大;玉米种植密度总体相对较低。因此,为了实现四川和西南玉米区的持续高产稳产,玉米生产需要多样性和高质量的品种,这些品种不仅要具备株型、生育期、抗病抗逆、资源高效、环境友好等特性,还需要穗大穗齐、单株产量高。此外,为提高种业竞争力,需要新杂交种的制种产量高,这就要求新品种能够在我国西北地区的甘肃、宁夏、新疆等地制种,因而需要配制杂交种的双亲不仅繁殖产量要高,还要求其母本基本无光周期反应^[4-6]。

四川农业大学玉米研究所针对四川及西南区21世纪初及可见将来对玉米品种的特殊要求,依据前期“温带种质优良自交系是选育西南玉米强优势杂交种的最重要亲本自交系”的研究结论,挑选同一杂优类群、产量配合力高、综合性状优良且各具特点的优良自交系,合成“育种用群体”。通过紧密结合传统育种与现代生物技术,不断集成创新育种方法,提高自交系和杂交种的选育效率,育成了集高配合力、多抗高抗、高产高效等优良性状于一体的优良玉米自交系SCML0849,其作为亲本已组配出以川单99为代表的一批稳产高产、高抗多抗、资源高效玉米强优势杂交种^[7]。

1 技术路线与选育过程

1.1 技术路线

地区间生态条件的复杂多样是四川与西南玉米区最显著的特点,满足多元化需要是该区玉米生产

与产业发展的现实需求,选育更高产玉米新品种是该区玉米育种的永恒目标。依据四川和西南玉米育种生态区域特征、国民经济发展需求、玉米产业发展趋势、育种目标需求变化和育种技术体系创新等多个纬度,四川农业大学玉米研究所于20世纪90年代提出了“充分重视和利用(G×E)互作”为核心,以“育种目标产业化、品种布局区域化、品种推广集团化”为主要内容的西南玉米区“一核三化”生态育种的发展理念,制定了“高产稳产、多抗高抗、优质高效”的育种目标,集成完善了以“提高新品种的抗病抗逆特性为路径,重要目标性状优异种质发掘创新为基础,适应不同生态区域育种急需的不同杂优类群优良骨干自交系的培育为关键,新杂交组合在特定生态区域多年多点生物与非生物胁迫鉴定选择为重点,选育和推广特定生态区域资源高效利用、环境友好和玉米生产可持续发展的稳产高产高效新品种为保证”的育种技术体系,推动西南玉米生产与产业持续健康发展^[8,9]。基于对西南玉米育种骨干系及四川农业大学玉米研究所新选系SSR标记的聚类分析结果,依据对西南玉米生产优势杂交种的“温带种质优良自交系是选育西南玉米强优势杂交种的最重要亲本自交系”的研究结论,结合前期优良自交系培育与优势杂交种组配的成功经验,制定并实施了选育自交系SCML0849的技术路线(图1)。

1.2 选育过程

1.2.1 群体的合成与改良

2002年春,根据前期对西南主要玉米自交系SSR聚类分析结果,并参照自交系系谱、主要特征特性及育种实践^[10,11],挑选5个骨干自交系(48-2、08-641、09-613、RP128、152)和8个新选优良自交系(2199、9601、9603、9651等),按NC II遗传交配设计配制杂交组合,2003年、2004年春季在四川雅安隔离区自由授粉二代重组合成,命名该人工合成群体为GP-3^[12]。与此同时,采用同样方法还合成了群体GP-1、GP-2和GP-4。

2005年春,在群体GP-3中的600余株,根据田间长势、主要病害抗性、以株高、穗位高为主的植株性状、雌雄开花情况等选择优株200株雌雄套袋;授粉时,为避免单株自交,把套袋的单株均分为1组,第1组的花粉混合后给第1组的套袋雌穗授粉,反之亦然。授粉至收获期间进行3次田间鉴定,收获时依据抗病抗倒性、产量表现、农艺性状等筛选100个以上优株,其后根据产量及产量性状、品质的室内考种结果定选60个优良果穗。每个果穗中部等量子粒混合,形成下一轮改良群体。同年秋季在云南、翌年

春季在四川、秋季在云南按同样方法对群体进行同样改良,到2006年秋季共改良了4个世代,分别为

C1、C2、C3、C4^[13]。

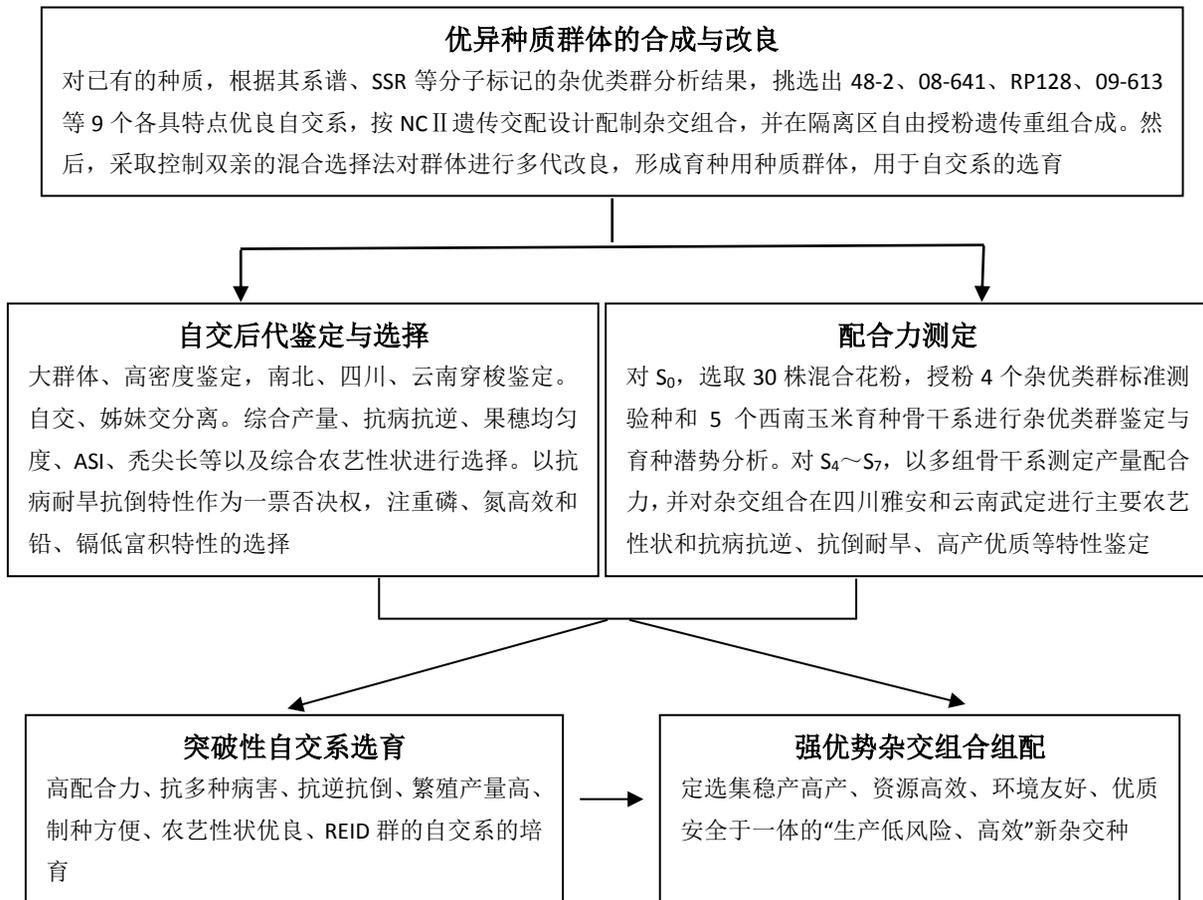


图1 选育玉米自交系SCML0849的技术路线

Fig.1 Technical route for breeding maize inbred line SCML0849

1.2.2 群体改良的效果

张建辉等于2003年夏,以GP-3为父本,丹340、黄早四、Mo17、掖478共4个杂优类群标准测验种及ES40、S37、08-641、48-2和698-3这5个西南玉米育种骨干系共9个优良自交系为母本,从GP-3群体挑选抽取30个优株套袋,并将30个单株的花粉混合为父本,共得9个杂交组合,每一个杂交组合至少杂交3个果穗;收获后每一杂交组合挑选3个果穗脱粒混合,得同一组合的种子群体。2004年春季和夏季,以川单13为对照种,在四川雅安进行GP-3群体和9个杂交组合的田间试验;2行区2次重复,每行22株,组合取中间20株、群体取中间100株获取数据资料,研究产量、产量性状和主要农业性状的育种潜势。结果表明,GP-3植株穗位高低适中,产量及主要产量性状及其GCA表现较好,优良个体出现频率较高,比对照高产的组合出现的频次较高,具有较大的改良和利用潜势。

苟才明等^[14,15]以5个玉米人工合成群体(GP-1、GP-2、GP-3、GP-4和引自于四川省农业科学院作物研究所的GP-5)的15个新选系为父本,西南地区当时的48-2、R08、18-599、ES40、RP125、RP128、975-12和9636等8个骨干系为母本,2005年秋在云南沅江,按不完全双列杂交设计配制120个杂交组合。2006年春季,将120个杂交组合在四川雅安进行田间试验,对照品种为川单13,对5个玉米人工合成群体新选的15个自交系的配合力、杂种优势以及主要性状遗传参数进行了分析;利用80对SSR引物对27个自交系(15个新选系、8个西南玉米常用系和Mo17、黄早四、丹340、掖478共4个标准测验种)进行杂种优势群的划分。结果表明,从GP3新选的3个自交系产量及其构成性状的GCA表现均较好、遗传整齐度较高;特别是新选系GP3-3与测验种48-2具有较高的正向配合力效应值,杂种优势极强;SSR标记的杂优类群分析,其应明显归类为改良REID群。

邹超英等于2007-2008年,基于田间试验的统计分析和SSR标记的遗传参数评估,分析了3个玉米人工合成群体GP-3、GP-4和GP-5经4轮控制双亲混合选择的改良效应。结果表明,多数性状直接选择效应、相关选择效应和间接选择效应显著,反映群体遗传多样性变化不大,说明适度控制双亲混合选择在有效改良群体的同时,还能较好地保持群体的遗传多样性,但不同基础群体及不同性状间其改良效应存在一定的差异。其中,GP-3不仅在单株产量、穗粗、行粒数等主要产量性状平均表现最优,而且他们改良的遗传增益也相当突出^[6]。

1.2.3 自交系SCML0849的选育

2007年春在四川雅安,采取以1 000株以上大群体、60 000株/hm²高密度下进行种植,鉴定优株并自交选系;2008年春,选择其中若干优良S₁单株送至中国农业科学院作物科学研究所,于2008年春在北京进行自交分离与鉴定选择,中选优株于2008年冬继续在海南三亚种成穗行进行鉴定选择与自交纯合,中选优株系于2009年春返回。

采用集成创新的以“高密度强胁迫鉴定选择、自交与姊妹交交替进行、多次多组测验种测定产量配合力”为核心的优良自交系选育技术体系,综合产量、抗病抗逆、果穗均匀度、ASI、秃尖长等以及综合农艺性状进行选择,把抗病耐旱抗倒性作为一票否决,经过2009-2011年在四川和云南共5代的鉴定和选择。其中,代号为08W-SC149-2-2-1的株系表现为产量一般配合力高、大穗、高抗多抗西南玉米主要病害,耐旱抗倒、养分高效等优良特性。后经大规模的优势组合的测配和继续纯合、鉴定,于2013年春选出集高配合力、大穗、耐铅镉重金属污染、磷氮高效于一体的优良自交系08W-SC149,后正式命名为SCML0849,2021年获植物新品种权(CNA20181108.5)。

2 SCML0849的生物学特征

SCML0849在四川雅安,春播全生育期约118 d左右;幼苗第1叶叶鞘紫色,株型半紧凑,成株叶片为中度绿色,总叶片数18片,穗下叶片较长、平展,叶宽中等,穗上叶片与茎秆夹角小,最顶部3片叶弯曲程度弱,植株较为繁茂,株高约220 cm,穗位高约55 cm;雄花分枝数5~8个、与主轴夹角小且侧枝弯曲程度弱,主轴长、粗壮;颖片基部深紫色,颖壳(除基部外)紫色带绿色条纹,花药黄色、散粉畅,花粉量大,花粉粒大;花丝浅紫色,吐丝整齐;雌雄协调。据多年观察与测定,果穗筒形,穗长约16 cm、中等,穗

行数14~16行,穗粗4.8 cm、直径大,千粒重280 g,穗轴红色,子粒马齿型、中间型,双色子粒,顶部黄色、背部橙红色。

3 SCML0849的主要特点

3.1 产量一般配合力高

SCML0849在多次多组双列杂交试验中,产量GCA显著高于18-599、08-641、698-3、SCML202和SCML203等四川及西南玉米育种骨干自交系。SCML0849为亲本,育成了多个杂交种(表1)。其中,杂交种川单99先后通过普通玉米与青贮玉米国家新品种审定,还通过了广西、云南、四川省普通玉米新品种审定,2022、2023年入选农业农村部粮油生产主导品种,是西南区唯一连续两年入选的玉米新杂交种,是目前西南地区年推广面积、市场影响力最大的玉米品种,川单99现已成为西南及南方新一轮玉米品种更替的标杆性品种。此外,还有6个杂交种中,比对照增产10%以上3个。另还有4个新组合(优迪899、荣玉88、FD787和旗玉233)申报通过国家审定,还有一批高产多抗优良组合通过区试待审或正在参加各级区试。SCML0849正在成为西南选育玉米高产杂交种的新一轮骨干亲本。

3.2 品质性状优良

SCML0849品质分析表明,其粗蛋白10.0%、粗脂肪4.0%、粗淀粉74.0%、赖氨酸0.3%、容重760 g/L。该自交系不仅子粒粗淀粉、容重等优良,且其GCA效应均为正效应,同时SCML0849组配的杂交种在粗淀粉和容重等品质性状表现优良。容重超过或接近一级饲料玉米国家标准(760 g/L)的杂交种4个,超过二级饲料玉米国家标准(735 g/L)的杂交种6个。SCML0849是培育优质饲料玉米新品种的重要亲本。同时,由于SCML0849的子粒宽且深,所组配杂交种大粒子特征明显,成为杂交种的商品外观优势,一定程度上引领了西南玉米杂交种的选育方向。

3.3 抗病抗逆性强

经全国玉米病害鉴定指定单位四川农业科学院植物保护研究所的接种鉴定表明,SCML0849抗大斑病、小斑病、南方锈病、丝黑穗病,中抗灰斑病、纹枯病、穗腐病等西南玉米主要病害。经多年的田间鉴定显示,该自交系高抗大斑病、小斑病、南方锈病、丝黑穗病,抗灰斑病、纹枯病、穗腐病等西南主要病害。此外,该自交系根系发达,茎秆坚韧、抗倒折倒伏力强,叶片持绿期长,还具有较好的耐旱、耐热特性,磷、氮养分高效和铅、镉重金属低累积特性。经

接种鉴定,SCML0849组配的7个杂交种对西南玉米不同生态区域玉米主要病害具有抗性。多个试验与生产实践表明,这些杂交种大多具有较强的耐旱和耐寒特性。

3.4 繁殖制种产量高

SCML0849具有果穗大、结实性好、出籽率高以及粒多、子粒深等特性,还具有雌雄协调、花丝生命力强、花粉量大、茎秆粗、穗位低、抗倒性好、无光周期反应等特性。多年多地大面积繁殖制种实践表明,该自交系在西南的四川、云南,西北的甘肃、宁夏和新疆繁殖平均产量分别为4 500、6 000 kg/hm²,以该自交系为母本,在西南、西北的制种平均产量也高达4 500、6 000 kg/hm²。

3.5 适应性广

SCML0849为亲本组配育成的7个杂交种中,通过国审和多省(区)新品种审定的品种3个(次);适用于山区高原的有4个(次),适用平坝丘陵的有3个(次),适应热区新品种1个(次),通过国家西南青贮玉米新品种2个(次)。川单99不仅通过广西、云南、四川普通饲料新品种审定,还通过国家西南普通饲料玉米新品种审定,通过国家西南区和黄海区青贮玉米新品种审定,现已经成为西南玉米区年推广面积最大的杂交种。新组配的优迪899成为迄今西南新品种转化收益最高的杂交种。

3.6 杂种优势类群明确

选育SCML0849的基础群体是48-2、08-641、09-613、RP128、152等5个骨干自交系与2199、9601、9603、9651这4个自育系,按NC II遗传交配设计配制杂交组合,并在控制条件下经二次自由授粉重组合成。从系谱来源来看,SCML0849主要含REID血缘,同时还融合了一定比例其他亚群的血缘。从大量测配结果和应用实践结果看,自交系SCML0849与热带类群自交系杂交的产量杂种优势,显著大于与SS类群自交系和与NSS类群自交系的杂种优势。系谱来源、分子生物学分析和多次多组产量配合力测定结果综合表明,SCML0849应归属于改良REID种质类群。

4 SCML0849的育种应用

4.1 组配的杂交种

以SCML0849为亲本,组配育成了普通玉米杂交种6个。其中,川单99和荣玉98通过国家审定;川单99、荣玉1608、西南玉88、心农98和一丰26先后通过云南、四川、广西(省级)审定。所有品种均比对照增产8%以上,其中川单99、心农98和一丰26

比对照增产10%以上,川单99在所有试验组别试验中,对主要鉴定病害均无高感,抗小斑病和纹枯病,大斑病、灰斑病、锈病和茎腐病达中抗以上水平。多年多地生产实践表明,川单99抗所有叶斑病、锈病、纹枯病、丝黑穗病、茎腐病等,在海拔2 000 m以下,对穗粒腐病也表现出十分突出的抗性水平;活秆成熟。国审新品种荣玉98,区域试验两年平均产量9 351.0 kg/hm²,比对照中玉335增产8.89%,生产试验两年平均产量9 393.0 kg/hm²,比对照中玉335增产10.5%。心农98,株型半紧凑,根系发达,抗倒折倒伏;抗大斑病、灰斑病、穗腐病、锈病等西南玉米区主要病害;区域试验两年平均产量11 832.0 kg/hm²,比对照五谷3861增产16.4%;生产试验产量12 637.5 kg/hm²,比对照五谷3861增产18.1%;在二组区域试验和一组生产试验中居试验第1位,增产点率100%。

以SCML0849为亲本,组配育成通过国家审定青贮玉米杂交种2个。川单99集高产优质、抗病抗倒、适应性广于一体,是迄今为止西南玉米区粮饲兼用最优良的杂交种;荣禾99是西南玉米区的一个集高产优质、抗病抗倒、适应性广于一体的优良青贮玉米杂交种。

4.2 选育的自交系

自交系SCML0849不仅是一个优良的亲本,多个育种单位与育种者现进行的育种实践表明,它还是一个培育高配合力、大穗、抗病抗逆自交系的种质材料。四川农业大学玉米研究所利用该自交系为种质材料,已培育出多个优良自交系。其中,LX4985(SCML0849×SCML851),于2021年通过四川省种子管理站组织玉米新自交系的技术鉴定。该自交系产量一般配合力高,抗西南玉米区主要病害,自身产量高,还具有耐旱抗倒等特性,以该自交系为亲本,组配育成了高产优质、高抗多抗、适于四川夏播及类似玉米生产区的新杂交种川单917(川审玉2022 0009)。XL2349(PCH6323×SCML0849),该自交系植株较矮、半紧凑,产量一般配合力高,抗西南玉米区主要病害,自身产量高,品质优良,还具有耐旱抗倒等特性,是组配植株适中、耐密植和适宜玉米—大豆带状复合种植玉米杂交种不可多得的亲本自交系。以该自交系为亲本,组配育成了高产优质、高抗多种病害、耐旱耐热、茎秆坚硬、抗倒力强、雌雄协调、制种产量高,适应夏播的优良杂交种川单2006。这两个自交系还组配了多个高产优质、高抗多抗、株型优良、适应性广的新杂交组合。

表1 自交系SCML0849为亲本育成的粒用玉米新杂交种
Table 1 The new maize hybrids bred by inbred line SCML0849

序号 Number	品种名称 Name of variety	审定编号 Approval number	组合 Combination	对照 CK	区域产量(kg/hm ²) 增产比例(%)		组别 Group	杂优模式 Heterotic pattern	子粒主要品质性状 Main quality traits of grain		主要特点 Major characteristic	选育第一单位 The first breeding institution
					Yield in regional trials/ Yield increase ratio	Yield in production trials/ Yield increase ratio			容重 g/L	粗蛋白 g/L		
1	川单99	滇审玉米 2019 063	ZNC442× SCML0849	海禾2号	11 262.0/13.30	11 448.0/13.6	云南纳丰 联合体	Trop×Reid	容重 749.0 g/L, 粗蛋白 11.20%, 粗脂肪 4.17%, 粗淀粉 72.10%, 赖氨酸 0.32%	高抗大斑病、抗锈病和穗腐病, 中抗灰斑病	四川农业大学 玉米研究所	
2	川单99	桂审玉 2020 001	ZNC442× SCML0849	桂单162	8 910.0/12.60	7 510.5/8.4	广西区试	Trop×Reid	容重 738.0 g/L, 粗蛋白 8.07%, 粗脂肪 3.72%, 粗淀粉 84.87%	抗小斑病、南方锈病, 中抗大斑病	四川农业大学 玉米研究所	
3	川单99	川审玉 2020 2038	ZNC442× SCML0849	荃玉9号	95 32.5/15.70	10 060.5/15.5	四川山区组	Trop×Reid	容重 739.0 g/L, 粗蛋白 9.10%, 粗脂肪 4.50%, 粗淀粉 73.90%, 赖氨酸 0.28%	抗小斑病, 中抗大斑病、纹枯病和茎腐病	四川农业大学 玉米研究所	
4	川单99	国审玉 2021 0504	ZNC442× SCML0849	中玉335	8 722.5/14.00	8 592.0/11.1	西南春玉米 中低海拔组	Trop×Reid	容重 755.0 g/L, 粗蛋白 10.66%, 粗脂肪 4.47%, 粗淀粉 72.85%, 赖氨酸 0.30%;	抗茎腐病、南方锈病, 中抗大斑病、小斑病、灰斑病和纹枯病	四川农业大学 玉米研究所	
5	川单99	国审玉 2021 0096	ZNC442× SCML0849	雅玉青贮-8号	19 360.5(干重)/ 8.20	18 667.5(干重)/ 6.7	西南青贮 玉米组	Trop×Reid	全株粗蛋白 8.50%、粗淀粉 31.90%, 中性洗涤剂纤维 36.50%, 酸性洗涤剂纤维 17.80%	抗茎腐病、南方锈病, 中抗大斑病、小斑病、灰斑病和纹枯病	四川农业大学 玉米研究所	
6	荣玉1608	川审玉 2019 0002	SCML7275× SCML0849	成单30	8 943.0/11.90	8 524.5/10.0	四川平丘组	Reid×Trop	容重 725.0 g/L, 粗蛋白 9.90%、粗脂肪 4.60%、粗淀粉 73.20%, 赖氨酸为 0.30%	中抗大斑病、小斑病、穗腐病、茎腐病和丝黑穗病	四川农业大学 玉米研究所	
7	荣玉98	国审玉 2020 0416	SCML0849× LX7531	中玉335	9 351.0/8.89	9 393.0/10.5	西南春玉米 联合体	Reid×Trop	容重 786.0 g/L, 粗蛋白 9.49%, 粗脂肪 3.22%, 粗淀粉 75.48%, 赖氨酸 0.26%	抗南方锈病, 中抗大斑病、小斑病、茎腐病和穗腐病	四川农业大学 玉米研究所	
8	西南玉88	滇审玉米 2022 093	SCM0849× XL4246	海禾2号 五谷3861	11 134.5/9.60	12 027.0/12.4	云南中低 海拔组	Reid×Trop	容重 786.0 g/L, 粗蛋白 9.40%, 粗脂肪 3.22%, 粗淀粉 75.48%, 赖氨酸 0.26%	抗南方锈病, 中抗大斑病、小斑病、茎腐病和穗腐病	四川农业大学 玉米研究所	
9	心农98	滇审玉米 2022 095	SCML0849× XL4642	海禾2号 五谷3861	11 832.0/16.40	12 637.5/18.1	云南中低 海拔组	Reid×Trop	容重 774.0 g/L, 粗蛋白 9.88%, 粗脂肪 3.90%, 粗淀粉 73.83%, 赖氨酸 0.31%	高抗大斑病、抗灰斑病、穗腐病, 中抗锈病	四川农业大学 玉米研究所	
10	一丰26	川审玉 2022 2047	SCML0849× LX3621	荃玉9号	9 312.0/10.10	8 511.0/8.3	四川山区组	Reid×Trop	容重 757.8 g/L, 粗蛋白 9.54%, 粗脂肪 4.30%, 粗淀粉 72.08%, 赖氨酸 0.30%	高抗丝黑穗病, 抗小斑病, 中抗茎腐病、纹枯病	四川一丰种业 有限责任公司	
11	荣禾99	国审玉 2022 0514	SCML0849× XL2142	雅玉青贮-8号	17 325.0(干重)/ 5.90	19 620.0(干重)/ 4.7	西南青贮 玉米组	Trop×Reid	全株粗蛋白 9.30%、粗淀粉 31.20%, 中性洗涤剂纤维 38.40%	抗灰斑病、小斑病、南方锈病, 中抗大斑病和茎腐病	四川农业大学 玉米研究所	

注:根据品种审定公告整理。

Note: The information in the table is organized according to the variety approval announcement.

5 讨论

5.1 定向合成优良种质群体有助于高效选育新的突破性自交系

作物遗传理论与育种实践已经证明,种质群体的遗传多样性越丰富,其后代分离的类型会更多,就可从中选育出遗传变变更丰富的自交系,更重要的是将有助于选育出新的突破性自交系,也增加了选育优良自交系的难度。依据研究结果,提出利用群体选育自交系时,应定向合成优良种质群体,即挑选同一杂优类群、各具特点、优良性状互补的6~12个优良自交系,根据育种目标要求与各中选自交系的优(特)点,采用一定的遗传交配方式合成基础群体;然后,再隔离条件下开放授粉1~2代,或采用一定的轮回选择方法进行改良,以该群体作为选育自交系的种质群体。优良自交系SCML0849和SCML5409(选育自人工合成群体GP-4)的成功培育,证明采用定向合成优良种质群体有助于高效选育新的突破性自交系。

5.2 南北穿梭育种是解决西南玉米自交系选育中普遍存在的“光周期”敏感的有效途径

培育既适应西南河谷、浅丘、低山等生态生产条件种植,又能在我国新疆、甘肃等西北地区杂交制种的优良杂交种,是西南山地玉米区玉米优良杂交种选育的一个必然趋势。采用南北穿梭育种方法是克服西南区自育自交系光周期反应的最有效方法。根据前人的研究结果和育种实践,从2007年开始与中国农业科学院作物科学研究所合作,将选系 S_1 种质材料分成两份,1份于交由中国农业科学院作物科学研究所春季在北京种植优选、冬季在海南再进行1次加代与鉴定选择,第2年返回四川继续自交纯和与鉴定选择,其目的之一是降低中选材料的光周期反应。现从中已选育出包括SCML0849等多个综合性状优良、光周期钝感的自交系。利用SCML0849培育出川单99、荣玉98、荣玉1608等11个优良杂交种,均可在我国包括甘肃、宁夏在内的西北地区高产制种。

5.3 不同育种者的选育有益于选择育成自交系的综合优良特性

我国玉米育种的实践也证明,基于不同育种者的经验与实施的育种技术,采用同一个玉米育种种质材料,不同的育种者培育出的玉米自交系也会出现不同,有时还会相差甚远。20世纪90年代,我国从南到北多家科研单位几十个玉米育种工作者,以美国杂交种78599为种质材料,选育出沈125、齐319、

18-599等10余个优良自交系,推动了我国玉米新品种的更新换代,以该杂交种选育的自交系也已经构成一个独特的杂优类型。但与此同时发现,也有不少单位与育种者利用该材料则没有选育出优良自交系。经过对比研究发现,全国多个育种单位或玉米育种工作者利用78599为种质材料育成的多个优良自交系,在产量配合力、特别是在株型、光周期等方面也存在或多或少的差异。不同的育种者的选育有助于鉴定新自交系的综合特性,即多个育种者的选育有益于选择育成自交系的综合优良特性。

5.4 不同生态区域鉴定有助于提高育成自交系的适应性

玉米遗传育种先进国家的经验已经反复证明,多点异地鉴定不仅可以估计环境效应和基因与环境的互作效应,而且可以鉴定出适应试验生态区域的优良基因型,即目标地区的强优势杂交种。西南玉米育种与生产实践证明,以进一步发掘与利用(G×E)互作效应为重要举措持续提高玉米产量的生态育种,是该区玉米育种的必由之路。SCML0849的选育,既有在四川雅安的鉴定选择,又有在云南西双版纳的鉴定选择;既有在北京的鉴定选择,又有在三亚的鉴定选择。这样不仅鉴定、选择与驯化了该系光周期反应,更重要的是鉴定、选择了包括抗病、耐旱、抗倒在内的抗病抗逆特性,还测试了该系对不同环境的反应。正是这种多地的鉴定与选择才促成和产生了自交系SCML0849的广泛适应性。

5.5 坚持育成自交系性状多样性是组配强优势杂交种的战略抉择

理论与生产实践表明,作物杂种优势是双亲基因互作及其与环境互作的结果。亲本亲缘关系远的自交系之间的杂种优势,往往强于亲缘关系近的自交系之间的杂种优势;与此同时,双亲性状之间的互补对杂种优势表现有十分明显的影响,即亲本间的性状互补是玉米杂交种选育的重要原则之一。国内外玉米育种均已证明,亲本自交系在产量配合力、自身产量和主要抗病抗逆特性等都应优良外,而在如产量性状、重要农艺性状,特别是在株叶等性状上则应尽量保持多样性和不尽相同。因此将优良性状组合在杂交种一代中是选育优良杂交种的一种普遍现象和应遵循的一个规律。育成自交系的特性、特别是抗病抗逆和农艺性状的多样性是组配强优势杂交种的不可或缺的条件。

5.6 “温带种质自交系×热带种质自交系”应是西南山地玉米区杂交种选育的最主要杂优模式

区域间生态生产条件复杂多样与迥异是西南山

地玉米区最显著的特点与特征,以气候变化为主要内容的玉米生产条件日趋恶化是该区生态条件的发展总趋势;病害增多而日益严重,干旱高热日益频繁攀升,是影响西南山地玉米区玉米高产稳产瓶颈因素,抗病抗逆是该区玉米育种的主攻方向;拥有高抗多抗病害、耐旱耐热基因的热带种质就将是西南玉米育种不可或缺的种质。这就要求西南新时期一个玉米优良杂交种必须具备“稳产高产、资源高效、环境友好、优质安全、易制种、宜机收”的“低风险、高效安全”特性。因此,综合来看,“温带种质自交系×热带种质自交系”组配模式,在现今及可预见的将来,还将应是西南山地玉米区的最主要的杂优模式。

参考文献:

- [1] 刘纪麟. 玉米育种学[M]. 北京:中国农业出版社(第二版),2000.
- [2] 张天真. 作物育种学总论[M]. 北京:中国农业出版社,2022
- [3] HAROLD A R, CARENA M J, MIRANDA H J B. 玉米育种的数量遗传学[M]. 北京:科学出版社,2019.
- [4] 荣廷昭. 西南生态区玉米育种[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [5] 杨克诚,苟才明,荣廷昭,等. 西南地区玉米育种现状及发展对策[J]. 玉米科学,2008,16(3): 8-11.
YANG K C, GOU C M, RONG T Z, et al. Discussion present situation of maize breeding and countermeasure in southwest region[J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(3): 8-11. (in Chinese)
- [6] 潘光堂,杨克诚. 我国西南玉米育种面临的挑战及相应对策探讨[J]. 作物学报,2012,38(7): 1141-1147.
PAN G T, YANG K C. Facing to challenges and corresponding strategies for maize breeding in southwestern region of China[J]. Acta Agronomics Sinica, 2012, 38(7): 1141-1147. (in Chinese)
- [7] 潘光堂,杨克诚,李晚忱,等. 我国西南玉米杂种优势群及其杂优模式研究与应用的回顾[J]. 玉米科学,2020,28(1):1-8.
PAN G T, YANG K C, LI W C, et al. A review of the research and application of heterotic groups and patterns of maize breeding in southwest China[J]. Journal of Maize Sciences, 2020, 28(1): 1-8. (in Chinese)
- [8] 潘光堂,杨克诚,高世斌. 发展西南玉米现代生态育种之我见[J]. 作物学报,2022,48(10): 2247-2434.
PAN G T, YANG K C, GAO S B. Insights on developing modern corn ecological breeding in southwest China[J]. Acta Agronomics Sinica, 2022, 48(10): 2247-2434. (in Chinese)
- [9] 潘光堂,杨克诚,高世斌. 四川农业大学玉米生态育种的历史与实践[J]. 玉米科学,2023,31(2): 1-8.
PAN G T, YANG K C, GAO S B. History and practice of maize ecological breeding in Sichuan Agricultural University[J]. Journal of Maize Sciences, 2023, 31(2): 1-8. (in Chinese)
- [10] 张丽,聂永心,曹墨菊,等. 西南山地丘陵生态区主要玉米自交系 SSR 遗传多态性及其与杂种优势的关系[J]. 分子植物育种,2003,1(5):621-627.
ZHANG L, NIE Y X, CAO M J, et al. SSR genetic polymorphism among major maize inbred lines in southwest mountain and hill ecological region and its relationships in heterosis[J]. Molecular Plant Breeding, 2003, 1(5): 621-627. (in Chinese)
- [11] 黄青,高明刚,杨克诚,等. 四川部分玉米骨干自交系杂种优势群研究[J]. 西南农业学报,2016,19(1): 19-24.
HUANG Q, GAO M G, YANG K C, et al. Analysis of combining ability and research on the heterotic groups among elite maize inbred lines in Sichuan[J]. Journal of Agricultural Sciences, 2016, 19(1): 19-24. (in Chinese)
- [12] 张建辉,荣廷昭,潘光堂,等. 5个玉米人工合成群体主要性状育种潜力分析[J]. 作物学报,2006,32(2): 273-277.
ZHANG J H, RONG T Z, PAN G T, et al. Breeding potentiality of major traits for five synthesized corn populations[J]. Acta Agronomics Sinica, 2006, 32(2): 273-277. (in Chinese)
- [13] 邹超英,李芦江,杨克诚,等. 控制双亲混合选择对不同合成群体的改良效应[J]. 作物学报,2010,36(1): 76-84.
ZOU C Y, LI L J, YANG K C, et al. Effects of improvement by mass selection on the different maize synthetic population[J]. Acta Agronomics Sinica, 2010, 36(1): 76-84. (in Chinese)
- [14] 李芦江,杨克诚,潘光堂,等. 玉米人工合成群体的改良与利用[J]. 玉米科学,2011,19(1): 1-7.
LI L J, YANG K C, PAN G T, et al. The improvements and utilizations of synthetic maize population[J]. Journal of Maize Sciences, 2011, 19(1): 1-7. (in Chinese)
- [15] 苟才明,杨克诚. 5个玉米人工合成群体选系的配合力分析[J]. 华北农学报,2008,23(2):62-67.
GOU C M, YANG K C. Analysis on combining ability of inbred lines from 5 synthetic maize populations[J]. Acta Agriculture Borealis-Sinica, 2008, 23(2): 62-67. (in Chinese)
- [16] 苟才明,杨克诚. 5个玉米人工合成群体选系的杂优类群分析[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):22-27.
GOU C M, YANG K C. Analysis on heterotic groups of inbreds from 5 synthetic maize populations[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2008, 27(1): 22-27. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)