

玉米骨干自交系京 2416 的选育与应用

赵久然, 王元东, 宋 伟, 张如养, 李春辉, 刘新香

(北京市农林科学院玉米研究中心 / 玉米 DNA 指纹及分子育种北京市重点实验室, 北京 100097)

摘要: 京 2416 是北京市农林科学院玉米研究中心以京 24 和 5237 两个优良黄改系构建(京 24 × 5237) × 京 24 基础材料, 利用同群优系聚合和“高大严”自交系选育方法, 创制选育出的优良黄改群自交系。具有熟期早、脱水快、耐干旱、抗高温、株型紧凑、叶色浓绿、适宜性广、散粉性好、自身产量及配合力高等多方面优点。利用该自交系育成并通过审定的玉米杂交种已有 21 个, 种植面积 100 万亩以上的杂交种有京农科 728、NK718、MC121、MC812 等, 其中京农科 728 为我国首批通过籽粒机收审定的玉米品种, 并作为我国黄淮海玉米籽粒机收组区域试验对照品种。京 2416 已经成为国家玉米良种重大攻关、国家玉米产业技术体系、七大农作物育种等多个重点项目及育种平台研究应用的骨干自交系。

关键词: 玉米; 自交系; 京 2416; 品种选育

Breeding and Application of Maize Founder Inbred Line Jing2416

ZHAO Jiu-ran, WANG Yuan-dong, SONG Wei, ZHANG Ru-yang, LI Chun-hui, LIU Xin-xiang

(Maize Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of maize DNA Fingerprinting and Molecular Breeding, Beijing 100097)

Abstract: Jing2416, an elite maize inbred line, was developed by the Maize Research Center of Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Based on the theories of “Pyramiding of Elite lines from the same Heterotic Group” and “High-density, Large-group, Strict-selection”, Jing2416 was selected from the back-crossing population ((Jing24 × 5237) × Jing24). Jing2416 represents many merits, such as early maturity, fast dehydration, high tolerance to various diseases, drought and heat, high adaptability, high yield and general combining ability. By taking use of the elite inbred line Jing2416, twenty-one commercial hybrid varieties have been officially approved by national or provincial regional trials. Especially, the hybrid varieties of Jingnongke728, NK718, MC121 and MC812 showed outstanding agronomical performance, and each of them has been planted over 67 thousands of hectares every year in China. The variety Jingnongke728 has been accepted as the first mechanized harvesting varieties, as well as the control variety in mechanized-harvesting trials in Huanghuaihai region of China. Jing2416 as a founder inbred line has been used by several key projects and breeding platforms, such as national maize improved varieties, national maize industry technology system, national key research and development project of China, etc.

Keywords: maize; inbred line; Jing2416; variety breeding

玉米是我国第一大粮食作物,也是种业市值最大作物,对保障国家粮食安全发挥着关键作用。玉

米新品种选育“难在选系”,优良玉米自交系选育是关键^[1]。同时,随着玉米生产朝着以机收籽粒为突

收稿日期: 2020-02-21 修回日期: 2020-02-27 网络出版日期: 2020-03-12

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20200221001>

第一作者研究方向为玉米遗传育种, E-mail: maizezhao@126.com

通信作者: 刘新香, 研究方向为玉米遗传育种, E-mail: maizelxx@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0101204); 北京市科技计划(D161100005716002); 现代农业产业技术体系专项(CARS-02-11); 北京学者计划项目(BSP041)

Foundation projects: National Key Research and Development Program of China(2016YFD0101204), Beijing Science and Technology Project(D161100005716002), Modern Agricultural Industry Technology System(CARS-02-11), Beijing Scholars Project(BSP041)

破瓶颈的全程机械化和抗逆节水等绿色方向发展,更加迫切需要创制选育出具有“耐密抗倒伏、早熟脱水快、籽粒宜机收、耐旱抗逆”等综合性状的优良自交系。黄改系是由玉米骨干自交系黄早四通过种质扩增和改良并保持和继承了黄早四优良特性的自交系总称,来自于我国地方种质塘四平头等,属于具有我国特色的玉米核心种质群^[2]。经过多轮选育和改良,黄改系普遍具有很好的适应性和抗逆性。在以籽粒机收和耐旱节水等玉米绿色发展中,非常有必要进一步深入挖掘和利用黄改系的优良特性,创制选育出更加优良的新黄改系。京 2416 是北京市农林科学院玉米研究中心在这一背景下创制选育而成的优良骨干自交系。具有生育期短、籽粒脱水快、抗病性好、耐旱耐热性强、适宜区域广、自身产量及配合力高等多方面优点。已经成为国家玉米良种重大攻关、国家玉米产业技术体系、七大农作物育种等多个重点项目及育种平台研究应用的骨干自交系。自京 2416 优良自交系育成以来,利用该自交系所组配审定的杂交品种已有 21 个,其中国审品种 15 品次。京农科 728、NK718、MC121、MC812 等品种已经达到年推广面积 100 万亩以上^[3-6]。

1 选育目标、思路及基础材料构建

针对我国玉米育种及生产发展需求,特别是黄淮海夏玉米区需要早熟、耐密、抗倒伏、脱水快、适宜未来全程机械化机收籽粒的优良品种,在所确立的“X 群 × 黄改群”杂优模式中,既需要选育优良的 X 群自交系作母本,也需要选育更优良的黄改群自交系作父本。根据这一育种目标和产业需求,迫切需要创制选育出具有熟期早、脱水快、抗倒伏、耐密植、耐干旱、自身产量及配合力高的优良自交系。

通过对黄淮海夏玉米区应用的优良早熟黄改系进行精准表型鉴定和筛选分析,确定以黄改系中的优良自交系京 24 为主体,再导入 5237 部分优良性状的选育思路。京 24 为北京市农林科学院以早熟 302 × 黄野四为选系材料选育的黄改群骨干自交系之一,具有熟期早、抗倒伏、耐干旱等突出优点,组配出京单 28(郑 58 × 京 24)等多个玉米杂交种在生产上大面积推广应用。但京 24 的适宜区域存在局限性,主要为京津唐早熟区,在株型、抗病性、果穗性状、配合力等方面也需要进一步改良和提升。5237(又名 502-196)为外引优良自交系,是由黄早四 × 丹 340 为选系材料选育而成,含有部分旅大红骨血缘,株型紧凑,并具有较好的抗病性和抗逆性。曾组

配出西玉 3 号(478 × 5237)等大面积推广品种^[7]。2003 年将京 24 与 5237 杂交,同年冬南繁期间再与京 24 回交 1 次,完成(京 24 × 5237) × 京 24 基础选系群体材料的构建。

2 选育过程及选育方法

自 2004 年开始,以(京 24 × 5237) × 京 24 为选系基础材料,利用同群优系聚合(黄改群优系)和“高大严”自交系选育方法进行选育^[8-9],以期创制选育出既保持京 24 的抗倒伏、叶色深、耐干旱、容重高等优点,又能够聚合增加 5237 的株型紧凑、散粉期长、穗行数多等新的优良性状。

“高大严”自交系选育,即高密度(6000 株/667 m²)、大群体(S1 代群体 3000 个以上基本株)、强胁迫(早期进行早播、深播胁迫,中期进行病虫害和风灾重度胁迫,后期进行干旱和低氮胁迫)、严选择(加大基本株的淘汰力度,选择株型好、吐丝早、叶色深、耐密植、耐干旱、耐瘠薄优良单株)、变换地(北京-河南-北京-海南-甘肃等不同生态区,选择适应性广的优良穗行)等育种技术体系,经 7 代自交选育,创制出优良自交系京 2416。

3 京 2416 主要特征特性

3.1 早熟性好,籽粒脱水快

早熟和籽粒脱水性状是我国玉米机械化收获过程中的关键性状,是决定品种是否能够进行机械化收获的关键。在进行单株选择过程中需重点关注这两个性状。京 2416 在北京地区夏播生育期 95 d,生理成熟时籽粒含水量平均为 25.0%,生理成熟后籽粒脱水速率 1.13 %/d,聚合了京 24 的早熟性和 5237 籽粒脱水快的优点,可以作为组配选育机收籽粒品种骨干自交系应用。

3.2 株型更紧凑,耐密性提高

穗位以上叶片夹角是影响株型和植株耐密性的主要指标,也是提高种植密度的重要前提。京 2416 成株株型更紧凑,穗位以上叶片夹角平均为 15.7°,比 2 个选系亲本的叶夹角均小,平均比 5237 缩小 2.9°,比京 24 缩小 7.2°。

3.3 叶色深绿,耐旱性强

幼苗叶鞘紫红色,花药淡紫色,花丝绿色,成株期叶片叶色深绿,表明根系对水分、氮肥等水肥养分吸收能力强,同时持绿性好也有利于光合作用,并与抗逆性强有密切关系^[10-12]。多点抗旱试验鉴定表明,京 2416 耐旱指数达 1.2,表现出很强的耐旱性(图 1)。



图 1 京 2416 及其选系亲本田间表现
Fig. 1 Phenotypes of Jing2416 and its parents in field

3.4 株高穗位适中

株高和穗位高是株型另外两个重要的性状,合理的株高和穗位高能够降低由于密度增加而出现倒伏的风险。在 7 代自交单株选择过程中,对极端株高和穗位高的单株进行淘汰,选取株高和穗位高适中的单株。京 2416 的株高 160 cm,穗位高 75 cm。组配出的杂交种均具有很好的抗倒伏性。

3.5 散粉性状优良,耐热性好

黄淮海玉米夏播区的高温、高湿环境频繁发生,散粉性状如花粉量大、散粉周期长是黄淮海玉米产区育种过程中被关注的重点。这样能够在很大程度上保证高温高湿环境条件下较高结实率。京 2416 雄穗一级分枝数 4~5 个,虽然分枝数量不多,但花粉量大,散粉持续期长,可达 7 d 以上。据文章等^[13]对 138 个玉米育种常用自交系花期耐热能力评价研究,发现仅有京 2416 等 5 个自交系具有较好耐热性。

3.6 果穗性状提升

穗部性状是产量的重要构成因子,也是杂交种易制种性状关键。京 2416 单穗粒重 110.38 g,比京 24(98.23 g)增加 12.15 g,增幅为 12.4%,比 5237(78.47 g)增加 31.91 g,增幅为 40.7%;出籽率

88.3%,超越了其选系亲本京 24 和 5237;果穗长度 16 cm,比京 24 增长 1.5 cm;穗行数为 12~14 行,比京 24 增加 2 行;籽粒变深,增加 0.3 cm;白轴,黄色硬粒型。

3.7 配合力高

配合力是自交系的主要特性,是选育自交系的主要目标之一,是衡量一个自交系是否优良的重要指标,自交系的配合力越高,其杂交优势越强,组配高产组合越多。经测定,京 2416 籽粒产量一般配合力为 2.01,远高于其选系亲本京 24(0.43)和 5237(-2.45),并与京 724、京 464 等 X 系有很强的杂种优势(表 1)。

3.8 抗多种病害

经过多年多点田间鉴定,京 2416 高抗玉米大斑病、小斑病,中抗弯孢菌叶斑病等多种病害。根据贾曦等^[14]对 50 份自交系抗茎腐病鉴定研究,发现京 2416 为中抗茎腐病自交系。

总之,京 2416 继承了京 24 的“生育期早、叶色浓绿、耐干旱、茎秆坚韧抗倒伏”等突出优点,也聚合了 5237 的“籽粒脱水快、散粉期长、广适性好、叶片短直上冲”等优点,并在在果穗性状和配合力等方面均优于两者的高亲值。

表 1 京 2416 及其亲本与其他自交系杂交组合单穗粒重的配合力

Table 1 Combining ability calculated by kernel weight per ear between Jing2416, 5237, Jing24 and other testers

材料名称 Material name	单穗粒重 (g) Kernel weight per ear	与其他自交系杂交组合单穗粒重的测配结果 Kernel weight per ear from between Jing2416, 5237, Jing24 and other testers											
		478	5831	B547	D9H	DH351	京 MC01 Jing MC01	京 464 Jing 464	京 724 Jing 724	京 725 Jing 725	京 89 Jing 89	郑 58 Zheng 58	GCA
京 24 Jing 24	98.23	206.82	227.74	195.59	263.24	218.02	216.18	213.77	207.27	255.73	208.84	216.98	0.43
5237	78.47	232.36	213.55	215.51	217.22	252.79	181.08	206.05	229.73	213.92	223.51	174.89	-2.45
京 2416 Jing 2416	110.38	195.50	237.77	196.13	252.60	213.63	210.05	252.55	246.50	238.28	218.27	207.21	2.01

4 京 2416 的 DNA 分子指纹

采用部颁行业标准 NY/T 1432-2014《玉米品种鉴定技术规程 SSR 标记法》中的 40 对核心引

物,作出京 2416 玉米自交系的标准 SSR-DNA 指纹(表 2)。经计算分析京 2416 与京 24 的遗传相似度为 0.8462,京 2416 与 5237 的遗传相似度为 0.5658。

表 2 京 2416 的 40 对核心引物标准 SSR-DNA 指纹
Table 2 SSR-Marker based standard DNA fingerprinting for Jing2416 yielded by with 40 core primers

引物编号 Premier No.	DNA 指纹 DNA fingerprinting	引物编号 Premier No.	DNA 指纹 DNA fingerprinting	引物编号 Premier No.	DNA 指纹 DNA fingerprinting	引物编号 Premier No.	DNA 指纹 DNA fingerprinting
P01	354/354	P11	172/172	P21	154/154	P31	282/282
P02	239/239	P12	277/277	P22	184/184	P32	234/234
P03	250/250	P13	246/246	P23	262/262	P33	207/207
P04	361/361	P14	154/154	P24	238/238	P34	170/170
P05	291/291	P15	221/221	P25	173/173	P35	178/178
P06	343/343	P16	212/212	P26	246/246	P36	215/215
P07	410/410	P17	413/413	P27	294/294	P37	185/185
P08	364/364	P18	278/278	P28	176/176	P38	261/261
P09	275/275	P19	222/222	P29	279/279	P39	302/302
P10	260/260	P20	185/185	P30	134/134	P40	318/318

5 主要应用

京 2416 综合农艺性状优良、生育期短、籽粒脱水快、配合力高,是对具有我国特色的黄改群种质的进一步改良和提升,来源清晰、血缘明确,继承了双亲的优点,早熟性和脱水性状在双亲的基础上得到了很大提升,选育的玉米品种在生产上推广以后,得到了国内科研育种单位和种子企业的广泛关注和应

用,并已发放给国内多家育种单位直接利用或作为优良的种质资源进行改良利用,已成为当前我国利用最广泛的重要骨干自交系之一。分子标记遗传距
离分析和育种实践发现,该自交系与 X 群和改良瑞德群优系均具有强杂种优势,已组配选育出京农科 728、NK718、MC121、MC812、京单 58、京单 68 等玉米品种 21 个(41 个品次),并通过国家或省级审定(表 3)。这些品种均具有高产优质、多抗广适、易制种等综合优点,已经成为龙耘种业、隆平高科、丰乐种业、现代种业、鸿翔种业、顺鑫农科种业等国内骨干种业公司开发和重点推广的品种。特别是京农科 728 突破了黄淮海夏玉米籽粒机收技术瓶颈,成为我国首批通过国家审定的机收籽粒品种,引领黄淮海夏玉米机收籽粒育种方向^[3-4]。

表 3 利用京 2416 自交系为亲本已组配并审定的 21 个玉米品种
Table 3 The twenty-one maize varieties developed by using of Jing2416

序号 No.	品种 Name	母本 Female parent	父本 Male parent	审定年份 Year	审定编号 Accession number
1	京农科 728	京 MC01	京 2416	2012	国审玉 2012003
		京 MC01	京 2416	2014	京审玉 2014006
		京 MC01	京 2416	2016	黑审玉 2016017
		京 MC01	京 2416	2017	国审玉 20170007
2	NK718	京 464	京 2416	2018	国审玉 20180261
		京 464	京 2416	2011	蒙审玉 2011003 号
		京 464	京 2416	2016	鲁审玉 20160006
		京 464	京 2416	2016	晋审玉 2016031
		京 464	京 2416	2015	陕审玉 2015010 号

表 3(续)

序号 No.	品种 Name	母本 Female parent	父本 Male parent	审定年份 Year	审定编号 Accession number
3	MC121	京 72464	京 2416	2018	国审玉 20180070
		京 72464	京 2416	2018	京津冀审玉 20180004
4	MC738	京 724	京 2416	2019	国审玉 20190033
		京 724	京 2416	2016	蒙审玉 2016006 号
5	MC812	京 B547	京 2416	2019	国审玉 20190284
		京 B547	京 2416	2015	京审玉 2015003
6	丰乐 303	京 725	京 2416	2017	国审玉 20176055
		京 725	京 2416	2019	国审玉 20196148
7	京单 38	京 D9B	京 2416	2009	京审玉 2009005
		京 D9B	京 2416	2015	津淮引玉 2015002
		京 D9B	京 2416	2016	蒙认玉 2016009 号
8	京单 58	CH3	京 2416	2010	国审玉 2010004
		CH3	京 2416	2013	蒙认玉 2013005 号
9	京单 68	CH8	京 2416	2010	国审玉 2010003
10	京华 8 号	京 X005	京 2416	2012	黑审玉 2012008
		京 X005	京 2416	2010	蒙审玉 2010031 号
11	京科 389	MC03	京 2416	2009	国审玉 2009001
12	京科 739	京 5846	京 2416	2010	京审玉 2010004
		京 5846	京 2416	2011	津淮引玉 2011004
13	京农科 828	京 88	京 2416	2019	国审玉 20190009
		京 88	京 2416	2017	津审玉 20170004
		京 88	京 2416	2017	京审玉 20170002
14	MC565	XD3738	京 2416	2018	冀审玉 20180003
15	京科青贮 568	京 F420	京 2416	2019	京审玉 20190006
16	现代 59	XD2458-2	京 2416	2019	国审玉 20190231
17	京科 528	90110-2	J2437(京 2416)	2008	京审玉 2008008
		90110-2	J2437(京 2416)	2010	津淮引玉 2010003
		90110-2	J2437(京 2416)	2011	蒙认玉 2011004 号
18	MC220	京 X220	京 C632(京 2416)	2013	国审玉 2013018
19	京农科 736	京 58-6	京 3719-274(京 2416)	2017	鲁审玉 20170021
20	鑫瑞 25	T12-4	T6(京 2416)	2017	鲁审玉 20170002
21	硕秋 518	京 B547	京 2416	2018	国审玉 20186114

6 讨论

6.1 京 2416 已成为我国新一轮黄改群骨干自交系

庄巧生院士提出农作物骨干亲本能够在杂交育种中起骨干作用,用其选育出众多大面积推广品种,或由其衍生出大量具有重要育种价值的亲本材

料^[15]。刘旭院士认为,农作物骨干亲本除本身具备优良性状外,还具有高配合力特点,易与其他亲本杂交育成优良品种^[16-17]。我国玉米育种过程中,选育出黄早四、丹 340、吉 853、Mo17、郑 58、自 330 等骨干自交系^[2, 17-21],有力推动了我国玉米育种水平提升和品种更新换代。京 2416 自交系是以 2 个黄

改系京 24 和 5237 为基础材料,利用“高大严”和同群优系聚合选育技术选育而成,适应性广、籽粒脱水快、综合农艺性状优良。对京 2416 配合力测定发现,其与 X 系种质自交系都有很强的杂种优势,且连续组配出 20 多个优良杂交种,并在生产上得到大规模产业化和广泛应用。其中,京农科 728 成为我国机收区域试验的对照品种。京 2416 成为我国新一轮黄改群骨干自交系,特别是在黄淮海夏玉米区宜籽粒机收玉米新品种选育中将有更大的利用潜力。

6.2 京 2416 骨干自交系的选育策略

骨干自交系京 2416 的成功选育得益于有针对性的育种目标、合理的选系材料构建以及先进的自交系选育技术。京 2416 的选育围绕着解决我国熟期早、抗病性强、配合力高、籽粒脱水快、适应性广等多优性状集成种质资源缺乏的问题,亲本选材精心设计,实现了骨干自交系京 24 的散粉性状好、不秃尖、籽粒深、配合力高等,与核心种质 5237 的熟期早、抗倒伏、耐干旱等有利基因的有效聚合,并在育种技术上很好的践行了“高大严”选育技术体系。在“高大严”技术环节,在病害易发区的自然发病严重地区“高密度”种植条件下选择优良抗病单株,选择和富集优良抗病位点。在选育早期到中期,把选育基础群体扩大到 10000 株以上,利用“大群体”增加优良单株的选育概率,从之前的“百里挑一”到现在的“万里挑一”。在单株的筛选上,考察单株的综合农艺性状,对不符合育种目标的单株,坚决剔除,体现出技术体系中的一个“严”字^[9]。京 2416 的育成,不但扩充了我国本土黄改系玉米种质的遗传基础,也为国内育种家提供了重要的育种新材料,其成功的选育方法与思路也为众多育种家提供了借鉴。

6.3 京 2416 自交系的应用潜力仍需进一步挖掘

京 2416 对黄改系种质的进一步扩增和创新,特别是在熟期和脱水性状的改良,实现了质的突破。从目前杂交种组配的结果可以看出,京 2416 与 X 群种质有强杂种优势,京 2416 是否与 Reid、P 群等其他类群种质有杂种优势,需要做更进一步研究。随着时代进步,环境条件的变化,育种目标也需与时俱进,自交系的选育更应该关注熟期、耐密性、脱水速率、易制种、茎秆硬度等性状筛选,并加大国外种质的引入与利用,如美国、欧洲等外引玉米种质^[22]。

参考文献

[1] 孟昭东,张发军,韩静,郭庆法,汪黎明,刘治先. 浅谈玉米自

交系选育 // 2000 作物科学学术研讨会论文集. 北京: 中国作物学会, 2001: 261-262

Meng Z D, Zhang F J, Han J, Guo Q F, Wang L M, Liu Z X. Discussion of breeding on maize inbred lines//Collection of crop science symposium in 2000. Beijing: Crop Science Society of China., 2001: 261-262

[2] 李遂生. 玉米“黄早四”的选育过程及其应用. 北京农业科学, 1997(1): 20-22

Li S S. Breeding and application of “Huangzaosi” in maize. Journal of Beijing Agricultural Science, 1997(1): 20-22

[3] 王元东, 张华生, 段民孝, 赵久然, 李云伏, 刘春阁, 陈传永, 成光雷, 崔铁英. 玉米新品种京农科 728 全程机械化生产技术. 中国种业, 2014(10): 68-69

Wang Y D, Zhang H S, Duan M X, Zhao J R, Li Y F, Liu C G, Chen C Y, Cheng G L, Cui T Y. Modern maize-production technology of new maize variety Jingnongke 728. China Seed Industry, 2014(10): 68-69

[4] 段民孝, 赵久然, 李云伏, 王元东, 邢锦丰, 张华生, 刘新香, 刘春阁, 张雪原, 张春原. 高产早熟耐密抗倒伏宜机收玉米新品种‘京农科 728’的选育与配套技术研究. 农学学报, 2015, 5(2): 10-14

Duan M X, Zhao J R, Li Y F, Wang Y D, Xing J F, Zhang H S, Liu X X, Liu C G, Zhang X Y, Zhang C Y. Study on the breeding and supporting technology of new maize variety ‘Jingnongke 728’. Journal of agriculture, 2015, 5(2): 10-14

[5] 罗松彪, 赵久然, 王元东, 杨惠玲, 万兴荣, 周保疆. 玉米新品种“NK718”超高产制种技术研究与应. 安徽农业科学, 2013, 41(31): 12271-12272

Luo S B, Zhao J R, Wang Y D, Yang H L, Wan X R, Zhou B J. Research and application technology of super high yield seed production on new maize variety “NK718”. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(31): 12271-12272

[6] 张华生, 段民孝, 陈传永, 张春原, 张雪原, 刘新香, 毛振武, 张亮, 王元东, 赵久然. 机收玉米新品种 MC812 的选育. 中国种业, 2016(2): 62-64

Zhang H S, Duan M X, Chen C Y, Zhang C Y, Liu X X, Mao Z W, Zhang L, Wang Y D, Zhao J R. Breeding of a new mechanized harvesting maize variety MC812. China Seed Industry, 2016(2): 62-64

[7] 邢锦丰, 段民孝, 王元东, 王继东, 赵久然, 范宏伟. 黄早四改良系改良的探讨. 玉米科学, 2007(S1): 152-153

Xing J F, Duan M X, Wang Y D, Wang J D, Zhao J R, Fan H W. Probe on the improvement of Huangzao4 and its improved inbred lines. Journal of Maize Sciences, 2007(S1): 152-153

[8] 赵久然, 王元东, 刘新香, 张如养, 邢锦丰, 宋伟, 段民孝. 玉米同群优系聚合选系方法: CN107455254B. 2019-01-11

Zhao J R, Wang Y D, Liu X X, Zhang R. Y, Xing J F, Song W, Duan M X. Method of pyramiding of elite traits from one heterotic group: CN107455254B. 2019-01-11

[9] 赵久然. 优良玉米自交系选育新方法. 玉米科学, 2005, 13(2): 31-32

Zhao J R. New method of elite inbred line breeding in corn. Journal of Maize Sciences, 2005, 13(2): 31-32

[10] 汤继华, 谢惠玲, 黄绍敏, 胡彦民, 刘宗华, 季洪强, 寇志安. 缺氮条件下玉米自交系叶绿素含量与光合效率的变化. 华北农学报, 2005, 20(5): 10-12

Tang J H, Xie H L, Huang S M, Hu Y M, Liu Z H, Ji H Q,

- Kou Z A. The changes of the content for chlorophyll and photosynthetic productivity in maize inbred lines under the low-nitrogen stress. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2005, 20(5): 10-12
- [11] 黄保, 鲁晓民, 周波, 王延召. 玉米自交系生理指标与抗旱性及复水恢复能力的关系研究. *中国农学通报*, 2019, 35(29): 32-40
- Huang B, Lu X M, Zhou B, Wang Y Z. Physiological indexes of maize inbred lines: the relationship with drought resistance and recovery capacity. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35(29): 32-40
- [12] 谢华, 沈荣开, 徐成剑, 覃奇志. 水、氮效应与叶绿素关系试验研究. *中国农村水利水电*, 2003(8): 40-43
- Xie H, Shen R K, Xu C J, Qin Q Z. Experimental study on the interaction of water and Nitrogen and their relations with chlorophyll. *China Rural Water and Hydropower*, 2003(8): 40-43
- [13] 文章, 王芳, 谢刘勇, 吴承来, 李岩, 赵林茂, 张春庆. 玉米自交系花期耐热能力的评价. *玉米科学*, 2019, 27(6): 31-38
- Wen Z, Wang F, Xie L Y, Wu C L, Li Y, Zhao L M, Zhang C Q. Evaluation on the heat resistance of maize inbred lines at flowering stage. *Journal of Maize Sciences*, 2019, 27(6): 31-38
- [14] 贾曦, 王璐, 刘振林, 穆春华, 丁照华, 殷复伟. 玉米杂交种和自交系抗茎腐病鉴定. *山东农业科学*, 2017, 49(1): 114-116
- Jia X, Wang L, Liu Z L, Mu C H, Ding Z H, Yin F W. Resistance identification of maize hybrids and inbred lines to stalk rot. *Shandong Agricultural Sciences*, 2017, 49(1): 114-116
- [15] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析. 北京: 中国农业出版社, 2003: 10
- Zhuang Q S. Improvement and pedigree analysis of wheat varieties in China. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 10
- [16] 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. *Journal of Maize Sciences*, 2010, 18(5): 1-8
- [17] 李永祥, 王天宇, 黎裕. 主要农作物骨干亲本形成与研究利用. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(5): 1093-1102
- Li Y X, Wang T Y, Li Y. Formation, research and utilization of founder parents in major crops. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(5): 1093-1102
- [18] 张发林. 玉米优良自交系郑 58 的育成和应用. *作物杂志*, 2001(4): 31
- Zhang F L. Breeding and application of maize elite inbred line Zheng 58. *Crops*, 2001(4): 31
- [19] 曲岗, 徐文伟, 陈得义, 李芳志, 时俊光, 刘旭, 宁家林. 优良玉米自交系丹 340 的选育与应用. *玉米科学*, 2002(S1): 30-33
- Qu G, Xu W W, Chen D Y, Li F Z, Shi J G, Liu X, Ning J L. Breeding and application of maize elite inbred line Dan340. *Journal of Maize Sciences*, 2002(S1): 30-33
- [20] 李艳天, 杨瑞华, 李继昌, 刘汉庆, 林维国. 玉米自 330 原种的保纯与创新. *种子科技*, 1996(1): 36-37
- Li Y T, Yang R H, Li J C, Liu H Q, Lin W G. Purification and innovation of maize inbred line Zi330. *Seed Science & Technology*, 1996(1): 36-37
- [21] 李艳天. 玉米“自 330”的应用现状与问题. *种子世界*, 1988(2): 22-23
- Li Y T. Current status and unsolved problems of maize inbred line “Zi330”. *Seed World*, 1988(2): 22-23
- [22] 王元东, 赵久然, 张华生, 陈传永, 吴珊珊, 张春原, 刘新香, 郭成恩, 陈明, 陈绍江. “黄欧”系列玉米自交系宜机械粒收特征特性研究. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(6): 1554-1565
- Wang Y D, Zhao J R, Zhang H S, Chen C Y, Wu S S, Zhang C Y, Liu X X, Guo C E, Chen M, Chen S J. Characteristics of the “Huanglv-European Lines” maize inbred lines for mechanical grain harvesting. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(6): 1554-1565