

“黄欧”系列玉米自交系宜机械粒收特征特性研究

王元东^{1,2}, 赵久然², 张华生², 陈传永², 吴珊珊², 张春原², 刘新香², 郭成恩², 陈明¹, 陈绍江¹

(¹ 中国农业大学国家玉米改良中心, 北京 100094;

² 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: 黄旅群种质是我国重要的地方种质, 具有较强的生态适应性。20 世纪 80、90 年代以来我国育种家对黄改群和旅大红骨群种质进行了大量创新研究工作, 通过相互改良, 聚积了丰富的有利基因, 通过导入外源种质, 拓宽了遗传基础, 为品种更新换代做出了突出贡献。机械粒收是未来我国玉米生产的重要方向, 黄旅群种质急需提升籽粒脱水速度、成熟后抗倒伏(折)和抗茎腐病等农艺性状以适应机械化粒收, 而在黄旅群种质内部缺少这些关键性状基因。本研究利用欧洲早熟种质硬粒种质 UH004F 和欧洲早熟 Iodent 种质 UH004M 改良黄旅群种质的机收特性, 通过系谱法和回交转育法获得宜机械粒收黄旅群后代系, 称之为“黄欧系”。通过对其农艺性状的观察研究, 发现: (1) 抽雄日数、吐丝日数和生育期缩短, 表现出良好的早熟性; 开花散粉至吐丝日数(ASI)增大; 株高有增加趋势; 穗位高有降低趋势; 雄穗主支长有增加趋势; 雄穗分支数在 6-9 个之间, 与原有黄旅系相比互有增减; 茎粗变细; 穗位上节间长有增加趋势; 田间倒伏(折)率大幅度降低, 抗倒伏(折)能力进一步提高; 穗长有增加趋势; 穗行数略有减少的趋势; 穗粗和轴粗均有下降趋势, 其中轴粗下降趋势更加明显; 籽粒长度有增加的趋势; 在百粒重方面, 除昌 7-2 后代系外, 黄旅系后代系均有所降低; 穗粒重有降低趋势; 出籽率有增加趋势; 籽粒含水量明显降低; (2) 导入 25% 和 50% 比例的 UH004F 和 UH004M 的黄欧系在大多数性状上都有一定的变化趋势, 主要表现在抽雄吐丝和生育期提早、ASI 值增大、株高增高、穗位降低、雄穗主支长变长、雄穗分支数增加、茎粗变细、穗位上节间长拉长、抗倒伏(折)能力提高、穗长增加、穗行数减少、穗粗和轴粗降低、百粒重和穗粒重降低、收获时籽粒含水量降低等趋势。上述大多数性状都是在导入 50% 比例的欧洲早熟硬粒种质 UH004F 的变化趋势进一步增强。本研究表明, 欧洲早熟种质含有适合创新改良黄旅群种质在机械粒收性状方面的优良等位基因, 利用欧洲早熟种质改良黄旅群种质在宜机械粒收农艺性状的效果明显, 可为后续大规模“黄欧系”的选育和应用提供理论指导。

关键词: 黄旅群种质; 欧洲早熟种质; 机械粒收

Characteristics of the “Huanglv-European Lines” Maize Inbred Lines for Mechanical Grain Harvesting

WANG Yuan-dong^{1,2}, ZHAO Jiu-ran², ZHANG Hua-sheng², CHEN Chuan-yong², WU Shan-shan²,
ZHANG Chun-yuan², LIU Xin-xiang², GUO Cheng-en², CHEN Ming¹, CHEN Shao-jiang¹

(¹ National Maize Improvement Center, China Agricultural University, Beijing 100094;

² Maize Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key

Laboratory of Maize DNA Fingerprinting and Molecular Breeding, Beijing 100097)

Abstract: Huanglv group germplasm is an important landrace and exhibits well adaption in China. Great effort had been taken in the improvement and innovation of Huanggai and LvdaHonggu germplasm by enriching favorable alleles or introducing exotic germplasm decent since 1980s and 1990s, which contributed a lot for maize

收稿日期: 2019-04-08 修回日期: 2019-04-11 网络出版日期: 2019-06-13

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190408001>

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

通信作者: 陈绍江, 研究方向为玉米单倍体工程化育种, E-mail: chen368@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0101204); 北京市百万人才工程(2018A31); 北京市农林科学院杰出科学家培育专项(JKZX201902); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-02-11)

Foundation project: National Key R&D Program Projects(2016YFD0101204), Beijing Talents Project(2018A31), Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences Outstanding Scientist Cultivation Program(JKZX201902), Special Funds for National Modern Agricultural Industry Technology System(CARS-02-11)

hybrids breeding in our country. Mechanical grain harvesting is the inevitable trend of maize production, therefore, it's essential to improve agronomic traits that related Mechanical grain harvesting, for example moisture content, lodging resistance and stalk rot resistance. In this study, both male and female parental European early-maturing inbred lines, UH004F and UH004M (UH004F: male, Hard-gained maize; UH004M: female, Iodent maize), were used to purposefully improve the mechanical grain harvest related traits of Huanglv group germplasm, and finally we got some nearly homozygous inbred lines (named after Huanglv-European lines, HE lines) by modified pedigree selection and recurrent selection. The major research is: (1) The days to tasseling, days to silking and growth period decreased and exhibited considerable early-maturity. Anthesis-to-Silking Interval (ASI), Plant height, Tassel length, Internode length above ear, Ear length, Kernel length and Seed production rate showed an increasing trend. While Ear height, Stalk diameter, Kernel row number, Ear diameter, Cob diameter and Kernels weight per ear exhibited a reversed trend. Meanwhile, we observed that the introgressive lines perform well on lodging and conversion resistance. In terms of Hundred kernels weight, all the improved subgroups except Chang7-2 subgroup have lower moisture content compared with unimproved subgroups. The tassel branch number ranged from 6 to 9 and did not show a unique trend before and after improvement. (2) The introgression of 25% and 50% European early-maturing hard-grained male parent population and European early-maturing Iodent female parent population into the progeny lines of Huanglv Group showed a certain trend in most traits, which mainly manifested in the earlier Days to tasseling, days to silking and growth period; the increase of ASI value, the increase of Plant height, the decrease of Ear height, the increase of Tassel length, the increase of Tassel branch number and Stalk diameter, the elongation of Internode length above ear. The trend of Lodging rate, Ear length, Kernel row number, Ear diameter, Cob diameter, Hundred kernels weight, Kernels weight per ear, and Moisture at harvest were improved. All the other traits mentioned above were further enhanced when 50% of the male parent population was introduced into European early-maturing hard grain germplasm, which indicated that the male parent population contained favorable alleles controlling mechanical grain harvest traits which were more suitable for innovative improvement of Huanglv population. The early-maturity European germplasm contained excellent alleles suitable for mechanical grain harvest. The visible achievements on improvement of mechanical grain harvest traits could provide theoretical guidance for subsequent large-scale breeding and application of Huanglv population.

Key words: Huanglv population; early-maturing european germplasm; mechanical grain harvesting

黄改系和旅大红骨系是我国的两个重要地方种质,简称黄旅群种质,经过长期种植驯化,对本地生态具有很好的适应性^[1]。分析我国玉米几次比较大的品种更新换代规律,发现我国地方品种,尤其是黄旅群本土化自交系的改良创新与品种更新换代有很大关系。20世纪80、90年代,我国育种家通过对两个地方品种相互改良以及渗入外来种质,对黄改系和旅大红骨系进行了大量创新改良工作。首先是黄早四和丹340两个自交系相互改良创新,选育出西502196、5237等优良自交系。此外黄早四和丹340还分别通过外来种质渗入先后选育出众多自交系。如西北农林科技大学利用黄早四与维春杂交选育出K12,山东省农业科学院玉米研究所利用黄早四与H84选育出H21,北京市农林科学院玉米研究中心利用黄早四与早熟302选育出京24,安阳市

农科所利用黄早四与维95杂交选育出昌7-2(老)、在原昌7-2基础上与热带种质S901继续杂交育成高抗病自交系昌7-2(新),吉林农科院玉米所利用黄早四和自330杂交选育出吉853,登海良玉种业利用丹340和H201选育出S121等,山东农科院玉米所利用H21与5237杂交选育出Lx9801,北京市农林科学院玉米研究中心利用京24与5237杂交选育出京2416,利用昌7-2和京24以及Lx9801聚合改良选育出京92等。这些自交系在充分发挥地方品种优势基础上,渗入了部分外源种质,有效缓解了这两个地方品种遗传基础狭窄的问题,先后组配出一大批杂交种在生产上得到大面积应用。机械粒收是今后我国玉米生产的重要方向^[2],选育出宜机械粒收品种是实现玉米生产全程机械化的关键环节^[3]。长期以来我国玉米育种和种质创新注重高产

抗病,导致目前选育的品种和创制的种质普遍不适应机械粒收的标准,收获时籽粒含水量普遍偏高、茎秆抗倒伏(折)能力差,宜机械粒收种质资源严重匮乏^[3]。育种实践表明,黄旅群种质急需提升籽粒脱水速度、成熟后直立抗倒伏(折)和抗茎腐病等宜机械粒收性状,而在黄旅群种质内部缺少这些粒收性状基因。为适应宜机械粒收品种选育,应重视利用适于机械粒收的外源种质对黄旅群进行创新改良。德美亚1号、德美亚3号等欧洲早熟品种的推广也使我国东北、新疆早熟区域率先实现玉米机械粒收,具有很好的生态适应性和宜机械粒收农艺性状,从遗传分析上看,欧洲早熟品种的遗传基础主要是欧洲早熟硬粒和 Iodent 种质,因此着重利用欧洲早熟种质改良国内黄旅群种质的籽粒脱水速率和后期抗倒伏(折)能力,进一步提高黄旅群种质的早熟性和耐密性,选育出创新宜机械粒收类型玉米自交系,对于实现宜机械粒收新品种选育具有重要意义。本研究以8个骨干黄旅群自交系为受体,分别导入父本类型欧洲早熟硬粒种质和母本类型欧洲早熟 Iodent 种质,通过系谱法和回交转育法改良黄旅群种质机械粒收特性,获得黄旅群后代系,称之为“黄欧系”。通过对黄欧系农艺性状的统计分析,明确利用欧洲早熟种质创新改良黄旅群自交系宜机械粒收农艺性状的效果,为后续大规模“黄欧系”的选育和应用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料

黄改群材料:黄早四、B289、昌7-2、京92、京2416共5个自交系;旅大红骨群材料:丹340、S122、四-287共3个自交系。

欧洲早熟材料:UH004F,硬粒型,代表欧洲早熟硬粒杂种优势群,用作父本;UH004M,马齿型,代表欧洲早熟 Iodent 杂种优势群,用作母本。由中国农业大学国家玉米改良中心陈绍江教授引自德国。

利用系谱法和回交转育法获得698份黄欧系。具体获得过程为:2015年春天在小汤山将欧洲早熟材料UH004F和UH004M分别与黄旅群自交系组配得到黄早四/UH004F、B289/UH004F、昌7-2/UH004F、京92/UH004F、京2416K/UH004F、丹340/UH004F、S122/UH004F、四-287/UH004F;黄早四/UH004M、B289/UH004M、昌7-2/UH004M、京92/UH004M、京2416K/UH004M、丹340/UH004M、S122/UH004M、四-287/

UH004M。2015年冬季在海南与受体黄旅群材料回交,得到回交一代材料,同时自交。2016年、2017年分别在北京及海南继续自交纯合,选出抗倒伏(折)、吐丝集中、早熟性好、籽粒含水量低、株型清秀、茎秆坚细、雄穗发达、节间拉开、通透性和抗病性好的材料,淘汰不符合上述选择要求的材料,最后得到698份基本纯合稳定后代系,其中B289后代系156份、京2416K后代系56份、京92后代系92份、昌7-2后代系169份、丹340后代系62份、四-287后代系53份、S122后代系70份和黄早四后代系40份。

本试验所用的共698份玉米材料的具体来源和信息见表1。

1.2 试验设计

2018年分别在北京昌平和河南新乡两个试验站种植8份黄旅群骨干系材料和698份黄欧系材料,并进行了表型测量评价。北京为春播,5月10日播种;河南为夏播,6月15日播种。每份材料设置2次重复,采用完全随机区组试验设计,单行区,行长5m,行距0.6m,密度为5000株/667m²。北京昌平小汤山试验站海拔39m,116.39°E,40.18°N,暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温10~12℃,年平均降雨600mm;河南新乡试验站海拔309m,113.54°E,35.18°N,温带大陆性季风气候,年平均气温14℃,年平均降雨656.3mm,试验地为壤土,肥力较高。试验过程中施肥水平、栽培管理与当地大田玉米生产管理相同。

1.3 性状调查

调查的性状共21个,分别为出苗至抽雄日数、开花散粉至吐丝日数(ASI)、吐丝至成熟日数、生育期、株高、穗位高、雄穗长、雄穗一级分枝数、茎粗、穗位上节间长、倒伏率、倒折率、穗长、穗粗、穗行数、轴粗、粒深、百粒重、单株粒干重、出籽率和收获时籽粒含水量。

性状调查按照《玉米种质资源描述规范和数据标准》进行,每次调查10株。其中穗位上节间长指穗位着生节的上一节的长度,收获时籽粒含水量利用谷物测水仪(型号PM-8188-A)在田间收获时直接脱粒测定。

1.4 数据分析

利用R语言分析(3.5.3)对北京昌平和河南新乡两个试验点的21个数量性状进行相关性分析,结果显示各个性状(除倒折率外)两个试验点的观察值之间的相关系数均呈极显著正相关($P<0.01$),说

表 1 黄欧系的名称和来源

Table1 Names and pedigrees of Huanglv-European lines

黄欧系 [*] Names of HE lines	份数 Number	类群 Group	系谱来源 Pedigree	黄欧系 [*] Names of HE lines	份数 Number	类群 Group	系谱来源 Pedigree
B289F 系	4	黄改群	B289/UH004F	黄早四 F 系	8	黄改群	黄早四 /UH004F
B289 ² F 系	98	黄改群	B289 ² /UH004F	黄早四 ² F 系	7	黄改群	黄早四 ² /UH004F
B289M 系	30	黄改群	B289/UH004M	黄早四 M 系	14	黄改群	黄早四 /UH004M
B289 ² M 系	24	黄改群	B289 ² /UH004M	黄早四 ² M 系	11	黄改群	黄早四 ² /UH004M
京 2416KF 系	13	黄改群	京 2416K/UH004F	丹 340F 系	6	旅大红骨群	丹 340/UH004F
京 2416K ² F 系	13	黄改群	京 2416K ² /UH004F	丹 340 ² F 系	18	旅大红骨群	丹 340 ² /UH004F
京 2416M 系	10	黄改群	京 2416/UH004M	丹 340M 系	7	旅大红骨群	丹 340/UH004M
京 2416K ² M 系	20	黄改群	京 2416K ² /UH004M	丹 340 ² M 系	31	旅大红骨群	丹 340 ² /UH004M
京 92F 系	3	黄改群	京 92/UH004F	四 -287F 系	7	旅大红骨群	四 -287/UH004F
京 92 ² F 系	5	黄改群	京 92 ² /UH004F	四 -287 ² F 系	25	旅大红骨群	四 -287 ² /UH004F
京 92M 系	21	黄改群	京 92/UH004M	四 -287M 系	9	旅大红骨群	四 -287/UH004M
京 92 ² M 系	63	黄改群	京 92 ² /UH004M	四 -287 ² M 系	12	旅大红骨群	四 -287 ² /UH004M
昌 7-2F 系	2	黄改群	昌 7-2/UH004F	S122F 系	10	旅大红骨群	S122/UH004F
昌 7-2 ² F 系	143	黄改群	昌 7-2 ² /UH004F	S122 ² F 系	43	旅大红骨群	S122 ² /UH004F
昌 7-22M 系	14	黄改群	昌 7-2/UH004M	S122M 系	9	旅大红骨群	S122/UH004M
昌 7-2 ² M 系	10	黄改群	昌 7-2 ² /UH004M	S122 ² M 系	8	旅大红骨群	S122 ² /UH004M

黄欧系名称中标注“2”的为回交 1 次

² means backcross again with receptor

明 698 份种质材料在北京昌平和河南新乡两点的变化趋势一致。

基于观测的性状,利用 Excel (2016) 分别计算 698 份种质材料在北京昌平和河南新乡两个试验点的平均值、最大值、最小值、标准差、变异系数。

2 结果与分析

2.1 黄欧系基本农艺性状的变化

对导入欧洲早熟种质的黄欧系的农艺性状进行分析(详见 <http://doi.org.10.13430/j.cnki.jpgr.20190408001> 附表 1~4)。

2.1.1 黄欧系在生育时数上的变化 在抽雄日数、吐丝日数和生育期 3 个性状上(附表 1),黄欧系变异系数均在 10% 以内。在抽雄日数、吐丝日数和生育期上有所提早,表现出良好的早熟性。从表中看出,黄欧系平均生育期比原有黄旅系更长的甚至超过 100 d,也有更短的超过 80 d,说明变异相当丰富,因此要在自交选择过程中根据目标需要选择成熟合适的材料,对生育期偏晚的材料及时淘汰。

在散粉至吐丝间隔(ASI)性状上(附表 1),各黄欧系变异系数均较大,都在 40% 以上,其中京 2416K 类型黄欧系变异系数最大,其次是 B289 类型,最小的是丹 340 类型。总体上黄改群类型黄欧系比旅大红骨群类型 ASI 值小些,昌 7-2 类型 ASI 值比较小,丹 340 类型比较大。黄改群代表系昌 7-2,适应性好,应用范围广,其类型黄欧系均表现出良好的吐丝散粉特性,ASI 值较小,丹 340 作为旅大红骨群代表系,育成时间较早,应用程度越来越低,ASI 值较大。ASI 是玉米抗旱、耐高温等耐胁迫的重要性状,因此在黄旅系与欧洲早熟种质后代选系中注意加大群体,选择散粉至吐丝间隔短的材料,淘汰间隔时间长的,尤其是注意以昌 7-2、京 2416 等黄改群自交系为背景的黄欧系重点选择,适当增加 S122 和四 -287 等新育成旅大红骨系类型黄欧系的选择。

2.1.2 黄欧系在植株性状上的变化 植株性状方面(附表 2),黄欧系变异系数均较大,基本都在 10% 以上,变异相对丰富。在株高性状上有增高趋势,其

中昌 7-2 和四 -287 类型黄欧系株高增加幅度较大,其次是京 2416K 和 B289 类型,京 92、丹 340 和黄早四类型株高增加幅度最小;在穗位高性状上有降低趋势,其中京 92、丹 340 和昌 7-2 类型黄欧系穗位高降低幅度较大,对大多数黄欧系来说,株高增加和穗位适当降低是很理想的变化趋势,可以进一步改善黄旅系株型和提高抗倒伏(折)能力。

在雄穗主支长性状上有增加趋势(附表 2),丹 340 和四 -287 类型黄欧系增加幅度较大,京 92、黄早四和昌 7-2 类型增加幅度较小;在雄穗分支数性状上,黄欧系均值在 6~9 个之间,与原有黄旅系相比互有增减,但幅度不大,在北京和河南两个试验点均降低的是昌 7-2 和丹 340 类型,这两个黄旅系本身雄穗分支数较多在 8~9 个左右,其类型黄欧系降低 1~2 个不会影响散粉量减少。雄穗主支长适当增加可以使雄穗彻底外露,不受顶部叶片包裹影响,散粉通畅,是父本群较为理想的一个重要性状,在黄欧系选择中应利用丰富变异着重选择雄穗主支长的植株;黄欧系雄穗分支数较原来黄旅系的略微减少,有的略微增加,变异系数也较大,变异丰富,应根据目标需要选择雄穗分支数合适的植株,在保证花粉量足够的同时适当选择雄穗分支数适中的单株最为合适。

在茎粗性状上(附表 2),黄欧系植株茎粗均变细,其中京 92、昌 7-2、丹 340 和 S122 等类型黄欧系茎粗变细明显。茎秆细而坚韧是欧洲早熟种质典型性状,黄欧系茎粗变细有利于籽粒含水量降低,提高耐密性和茎秆柔韧性,是宜机械粒收理想性状之一。

在穗位上节间长性状上有增加趋势(附表 2),其中京 2416K、昌 7-2、丹 340 和四 -287 等类型黄欧系增加较多,黄早四类型增加较少。植株穗上部节间拉长增强穗上部植株通透性,有利于后期籽粒脱水和提高耐密性。

在倒伏(折)率性状上(附表 2),在北京,除京 92 类型黄欧系外,其余类型均比原来黄旅系大幅提高,其中昌 7-2 类型提高幅度最大。京 2416 和四 -287 等类型黄欧系的抗倒折能力上较原来也有较大提升。说明通过导入欧洲早熟种质能够大幅度提高黄旅系的抗倒伏(折)能力,尤其是成熟后期抗倒伏(折)能力,有利于提高机械粒收质量。

2.1.3 黄欧系在穗部农艺性状上的变化 在穗部农艺性状方面(附表 3),黄欧系穗长变异系数较大,均在 10% 以上,变异丰富,有增加趋势,其中昌 7-2 类

型黄欧系穗长增加幅度最大,在北京和河南均超过 1.5 cm, S122 类型在两点均略有减少;在穗行数方面略有减少的趋势,其中原来穗行数较多的昌 7-2 和丹 340 后代系穗行数降低较多。穗行数适当减少,有利于籽粒脱水加快。

在穗粗和轴粗性状方面(附表 3),黄欧系均有下降趋势,其中轴粗下降趋势更加明显。B289、丹 340 和黄早四等类型黄欧系在穗粗和轴粗两个性状上下降幅度较大。穗粗和轴粗是两个影响机械粒收质量比较重要的性状,适当减少果穗穗粗和轴粗可以增加籽粒脱水速度,降低收获时籽粒含水量,大大减少籽粒破损率。

在粒深方面(附表 3),黄欧系变异系数较大,均在 15% 以上,籽粒长度有增加的趋势,其中京 92 类型黄欧系粒深增加幅度较大,黄旅群自交系除昌 7-2 籽粒较深外,其他籽粒均比较浅,导入欧洲早熟种质后,黄欧系粒深状况有所改善。

2.1.4 黄欧系在产量构成要素上的变化 在百粒重方面(附表 4),除昌 7-2 类型黄欧系外,其他类型均有所降低,其中 B289 和京 2416K 类型百粒重降低幅度较大,其次是 S122 类型。黄欧系从表型上看是籽粒变小变硬。昌 7-2 类型黄欧系百粒重略有增加(昌 7-2 籽粒百粒重在黄旅系中本来就小,因此其类型百粒重适当增加是有利性状;其他黄旅系原来籽粒较大,百粒重较高,导入欧洲早熟种质后籽粒变小,百粒重下降是有利变化)。籽粒变小变硬有利于籽粒脱水速度加快,降低籽粒含水量。

在穗粒重方面(附表 4),黄欧系变异系数较大,在 15% 以上,遗传变异丰富。在北京平均值总的趋势是下降,只有四 -287 类型黄欧系略有增加;在河南,黄旅群后代系穗粒重也有降低趋势,但平均穗粒重数值低,变异幅度大。有的黄欧系果穗穗粒重不到 10 g,这主要是受 2018 年河南新乡持续高温热害的影响,导致果穗结实性差,穗粒重低。在黄欧系中,穗粒重最高的是昌 7-2 类型,其次是京 92 类型,穗粒重最低的是四 -287 和丹 340 类型,说明黄改群类型黄欧系要比旅大红骨群类型更耐高温热害一些,尤其是昌 7-2 类型黄欧系最高穗粒重超过 100 g,远高于昌 7-2 的 50 多 g,可见黄改系尤其是昌 7-2 在作为欧洲早熟种质受体时不但能改善自身许多缺陷,而且可以保留耐高温热害等良好适应的优点,而丹 340 等类型黄欧系均出现较重的高温热害影响。穗粒重反映果穗大小,果穗较大,不利于耐密,也不利于快速脱水,因此保持果穗中等可以平衡

丰产、耐密和脱水之间的矛盾。

在出籽率方面(附表4),黄欧系在北京变异系数小,有增加趋势,昌7-2类型黄欧系最高;在河南新乡,黄欧系出籽率变异系数大,出籽率下降,出籽率最小值不足50%,同样因为受高温热害影响,结实性差,这说明黄欧系耐高温热害能力下降,部分黄欧系影响严重,难以适应黄淮海高温热害气候条件,但有的黄欧系则表现出较高的耐高温热害能力,例如昌7-2类型黄欧系出籽率最高。因此,在导入欧洲早熟种质改善黄旅群脱水速度、早熟性和成熟后期抗倒伏(折)等缺陷时,一定注意选择耐高温热害的植株,淘汰不耐高温热害的单株。

在籽粒含水量方面(附表4),黄欧系变异系数小于10%,其均值在两个试验点均低于原有黄旅系,籽粒含水量明显降低,其中昌7-2类型黄欧系籽粒含水量下降幅度较大,籽粒含水量最低,丹340类型籽粒含水量下降幅度最大。在部分黄欧系中,含水量甚至低于14%,说明导入欧洲早熟种质在降低收获时籽粒含水量是非常有效的。

2.2 导入不同比例父本群和母本群欧洲早熟种质对黄欧系农艺性状变化的影响

对导入不同比例的欧洲早熟种质的黄欧系农艺性状进行分析(详见<http://doi.org.10.13430/j.cnki.jpgr.20190408001>附表5~8)。

2.2.1 在生育期上的变化 抽雄日数、吐丝日数以及生育期等性状变异系数都在10%以内(附表5),遗传变异幅度较小,导入父母本群欧洲早熟种质的黄欧系在抽雄日数、吐丝日数和生育期上均比原有黄旅系提早,导入比例越大,提早日数越多,其中导入50%父本群欧洲早熟硬粒型种质黄欧系,花期和生育期提早日数最明显,说明父本群欧洲早熟硬粒UH004种质在改良黄旅群自交系早熟性效果更明显;在散粉至吐丝间隔日数(ASI)方面,导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系变异系数基本都在50%以上,变异系数大,类型丰富,散粉至吐丝间隔均比原有黄旅系延长,不同比例和不同类型种质之间效果差异不明显,说明两类欧洲早熟种质在不同比例导入黄旅群系后分离均较大,从10多天至0天均有。

2.2.2 在植株性状上的变化 在株高和穗位方面(附表6),导入不同比例父本群和母本群欧洲早熟种质变异系数较大,均在10%以上,但是相差不大,创新种质遗传变异效果相近,总体上是株高增加、穗位高降低的趋势。其中,导入50%比例时父母本群

种质时降低穗位高效果较好,均低于1 m,父本群比母本群在该比例下降低穗位高效果更好。

在雄穗主支长和雄穗分支数方面(附表6),导入不同比例的父母本群欧洲种质黄欧系变异系数较大,均在10%以上,变异丰富,雄穗主支长和分支数均有增加趋势,对制种生产上用作父本的黄旅群来说,这两个性状改良效果还是很理想的。

在茎粗方面(附表6),黄欧系变异系数均较大,都在10%以上,变异丰富,茎粗变细,其中导入50%比例的父本群欧洲早熟硬粒种质比母本群茎粗更细,不超过2 cm,说明父本群欧洲早熟种质更能使茎秆变细;穗位上节间长性状,黄欧系变异系数均较大,都在13%以上,变异丰富,比原有黄旅系要大大伸长,其中导入50%比例的父本群欧洲早熟种质比母本群种质节间要长,说明父本群欧洲早熟种质更能使穗位上节间更加能拉长;在倒伏率方面,加入不同比例的父母本群欧洲早熟种质抗倒伏能力均大幅提高;在倒折率上,导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质均有所提升,但是相互间差异不大。

2.2.3 在穗部农艺性状上的变化 在穗长性状上(附表7),导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质的黄欧系变异系数较大,均在13%以上,变异丰富,穗长有增加趋势,其中导入不同比例母本群欧洲早熟种质类型黄欧系均比父本群穗长要长,其中在50%比例时,这种效果更加明显;在穗行数上,黄欧系变异系数都在10%以上,变异幅度较大,变异类型丰富,导入50%父本群和母本群欧洲早熟种质类型黄欧系穗行数均有所降低,其中父本群穗行数降低幅度大些,在导入25%比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系穗行数较原有黄旅系略有增加,为14~16行,穗行数较为适中。

在穗粗性状上(附表7),黄欧系穗粗均下降,且变异系数较大,均在8%以上,变异较丰富,其中导入50%比例的父本群欧洲早熟种质类型黄欧系穗粗下降更加明显,低于0.035 m;穗行数和穗粗也是机械粒收重要性状,穗行数多、果穗粗不利于机械粒收。

在轴粗性状上(附表7),黄欧系轴粗均下降,且变异系数较大,均在9%以上,变异丰富,其中导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系轴粗皆下降,导入50%比例的父母本群种质轴粗下降效果更加明显,变异系数更大,变异类型更加丰富;在粒深性状上,黄欧系变异系数均在20%以上,变异类型丰富,其中导入50%比例的父本群欧洲早熟种质类型黄欧系粒深是下降的,偏硬粒型,导入50%比例

的母本群粒深变深的,偏马齿型,当导入比例都在25%时,父母本群类型黄欧系粒深都是增加的;在百粒重方面,黄欧系变异系数均在10%以上,与原有黄旅群系相比都是下降趋势,籽粒变小,其中导入50%的父本群欧洲早熟种质百粒重最低,含有使籽粒变小变硬的基因。

2.2.4 在产量构成要素上的变化 在穗粒重方面(附表8),导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系变异系数基本上都在20%以上,变异范围较大,遗传变异丰富,但是与原有黄旅群系相比有下降趋势,导入比例越大,穗粒重下降越明显,在导入50%比例条件下,父本群欧洲早熟种质类型黄欧系穗粒重下降更加明显,其中,在河南新乡试验点,穗粒重几乎下降一半,说明在河南高温热害条件下,果穗结实性差,穗粒重进一步下降,不耐高温热害;若导入比例在25%时,果穗粒重明显增加,受高温热害影响减少,25%这个比例还是很合适的。

出籽率方面(附表8),在北京导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系变异系数小于10%,平均值均比原有黄旅群系增加,但是在河南新乡,导入不同比例的父母本群欧洲早熟种质黄欧系变异系数高于20%,平均值均比原有黄旅群系降低,说明在高温热害条件下,籽粒结实性差,有些黄欧系容易受高温热害影响,同时变异系数高、出籽率最大值均超过原有黄旅系,说明后代系中均有理想高出籽率的后代供选择。

在籽粒含水量方面(附表8),导入不同比例父母本群欧洲早熟种质黄欧系的收获时籽粒含水量变异系数均在7%以下,变异幅度不大,平均值均比原有黄旅系下降,降水效果明显,其中导入不同比例的父本群欧洲早熟硬粒种质类型黄欧系籽粒含水量下降效果要比均母本群类型好些,导入50%父本群欧洲早熟硬粒种质黄欧系籽粒含水量效果最明显,导入25%比例的父本群欧洲早熟硬粒种质类型黄欧系籽粒含水量不但比相同比例的母本群低,而且也低于导入50%比例的母本群种质黄欧系,说明欧洲早熟父本群种质在提早早熟性和降低籽粒含水量等方面具有明显优势。

2.3 不同黄旅系遗传背景黄欧系主要农艺性状表现

对各个黄旅系及其黄欧系的主要的16个农艺性状进行分析(表2)。

2.3.1 B289及该类型黄欧系主要农艺性状表现

B289生育期在98d左右,该类型黄欧系生育期均有

所提早,50%UH004F/50%B289黄欧系生育期提早超过15d,早熟性最突出,25%UH004M/75%B289黄欧系生育期提早幅度较小,为4d左右。与B289相比,该类型黄欧系在株高上略高,穗位则略低,雄穗主支长和穗位上节间长变长,在茎粗、穗粗和轴粗等性状上均变细,雄穗分支数和穗行数变化不大,粒深有所增加,百粒重降低,籽粒含水量降低,50%UH004F/50%B289黄欧系籽粒含水量降低幅度最大,25%UH004M/75%B289黄欧系降低幅度最小。

2.3.2 S122及该类型黄欧系主要农艺性状表现 S122生育期在103d左右,比较晚熟,50%UH004F/50%S122黄欧系生育期93d左右,早熟性突出,25%UH004M/75%S122黄欧系略微提早,可见含有25%UH004M血缘的该后代系在生育期提早上效果不明显。在其他性状上该类型黄欧系穗位上节间长变长,茎粗、穗粗和轴粗均变细,穗行数略微减少,粒深和出籽率增加,百粒重和籽粒含水量降低。

2.3.3 昌7-2及该类型黄欧系主要农艺性状表现 昌7-2生育期在101d左右,该类型黄欧系生育期均有所提早,其中50%UH004F/50%昌7-2、50%UH004M/50%昌7-2和25%UH004F/50%昌7-2类型黄欧系均低于100d,早熟性效果显著。在其他性状上,株高均增加,穗位降低,雄穗主支长略微增加,雄穗分支数减少较多,由11个减少到7~9个;穗位上节间长增加均在2cm以上,茎粗和轴粗降低,穗行数减少,穗长变长,籽粒含水量降低。

2.3.4 丹340及该类型黄欧系主要农艺性状表现 在生育期上,丹340类型黄欧系提早日数均在5d以上,大幅度改善了旅大红骨自交系丹340的早熟性。在其他性状上表现为株高增高、穗位降低,雄穗主支长、穗位上节间长变长,雄穗分支数减少,茎粗、穗粗和轴粗均变细,穗长变短,穗行数减少,百粒重、穗粒重和出籽率降低,籽粒含水量降低。

2.3.5 黄早四及该类型黄欧系主要农艺性状表现 在本试验中黄早四生育期最短,91d左右,是典型早熟黄改系,在该类型黄欧系中,生育期进一步提早,提早6d以上,效果明显。在其他性状上表现为株高略提高,穗位高降低明显,降低5cm以上;雄穗主支长和雄穗分支数变化不大,穗位上节间长变长,茎粗、穗粗和轴粗均变细,穗长、穗行数、粒深和穗粒重变化不大,百粒重和籽粒含水量降低。

表 2 不同类型黄欧系主要农艺性状表现

Table 2 The performance of main agronomic traits in different subgroups of Huangly-European lines

亚群 ^a Subgroups	生育期 (d) Growth period	株高 (cm) Plant height	穗位高 (cm) Ear height	雄穗主支长 (cm) Tassel length	雄穗分支数 Tassel branch number	茎粗 (cm) Stalk diameter	穗位上节间长 (cm) Internode length above ear	穗长 (cm) Ear length	穗行数 Kernel row number	穗粗 (cm) Ear diameter	轴粗 (cm) Cob diameter	粒深 (cm) Kernel length	百粒重 (g) Hundred kernels weight	穗粒重 (g) Kernels weight per ear	出籽率 (%) Seed production rate	籽粒 含水量 (%) Moisture
B289	98.55	168.90	74.31	25.11	6.73	2.38	10.98	14.22	13.41	3.97	3.14	0.82	28.07	54.24	79.20	16.66
B289F	81.99	169.02	62.97	26.02	5.29	1.97	11.82	14.81	11.74	3.78	2.79	0.99	23.51	47.15	74.34	14.52
B289M	88.86	168.91	55.60	34.38	6.81	1.94	13.59	14.8	13.18	3.31	2.39	0.92	21.87	39.64	69.79	15.85
B289 ³ F	92.28	184.60	70.24	30.51	7.14	2.03	13.09	13.68	14.69	3.61	2.75	0.86	21.84	47.80	74.57	15.56
B289 ³ M	94.23	172.69	70.3	27.66	8.00	1.98	12.31	14.75	14.78	3.55	2.64	0.91	23.79	57.33	78.43	16.03
S122	103.41	182.79	65.91	33.98	6.49	2.79	12.35	13.75	14.93	3.95	3.09	0.86	24.81	44.72	68.24	15.43
S122F	93.38	177.85	52.05	29.34	5.67	2.07	14.12	10.90	14.83	3.30	2.40	0.90	21.69	34.19	72.01	15.07
S122M	100.51	201.41	79.30	30.05	9.34	1.89	15.10	13.83	13.92	3.54	2.57	0.97	21.10	35.77	77.23	14.64
S122 ³ F	101.6	191.42	72.35	31.41	6.11	2.13	13.91	13.35	14.67	3.80	2.80	1.00	22.77	49.99	78.47	15.26
S122 ³ M	103.14	187.88	70.68	33.94	7.97	1.51	13.94	14.03	14.6	3.78	2.86	0.92	21.68	55.03	75.21	15.34
昌 7-2	101.76	178.35	85.00	27.89	11.30	2.26	10.56	10.27	15.86	3.56	2.65	0.92	22.18	61.33	81.30	15.87
昌 7-2F	96.29	196.09	80.05	32.95	7.49	1.48	12.97	11.11	14.51	3.34	2.61	0.73	18.50	44.50	79.67	14.14
昌 7-2M	98.46	182.17	70.24	30.90	9.23	2.23	12.5	13.73	15.42	3.55	2.44	1.11	22.30	66.53	83.57	15.07
昌 7-2 ³ F	99.86	195.06	83.22	28.32	9.25	2.12	13.34	11.95	15.25	3.56	2.51	1.05	22.43	57.49	78.61	14.81
昌 7-2 ³ M	100.56	184.98	79.13	27.81	9.59	2.08	12.15	10.55	14.66	3.66	2.60	1.05	21.29	51.13	78.39	15.50
丹 340	98.01	174.35	85.85	28.03	9.90	2.74	9.50	14.67	16.15	4.42	3.52	0.90	23.01	69.87	75.33	17.93
丹 340F	89.50	191.58	76.30	33.13	7.76	2.20	14.55	14.60	14.50	3.84	2.94	0.90	21.17	44.25	58.32	15.88
丹 340M	91.18	181.30	68.11	31.48	8.16	2.44	12.33	13.79	14.72	3.68	2.87	0.81	21.81	39.53	52.57	16.48
丹 340 ³ F	91.11	176.35	76.73	28.25	8.38	2.31	11.13	15.47	15.25	4.18	3.27	0.91	22.07	63.89	71.33	16.05
丹 340 ³ M	92.42	174.87	67.21	29.40	8.95	2.1	12.69	14.81	15.17	3.79	2.90	0.9	22.38	50.00	63.68	15.34

表 2(续)

亚群 ^a Subgroups	生育期 (d) Growth period	株高 (cm) Plant height	穗位高 (cm) Ear height	雄穗主支长 (cm) Tassel length	雄穗分支数 Tassel branch number	茎粗 (cm) Stalk diameter	穗位上节间长 (cm) Internode length above ear	穗长 (cm) Ear length	穗行数 Kernel row number	穗粗 (cm) Ear diameter	轴粗 (cm) Cob diameter	粒深 (cm) Kernel length	百粒重 (g) Hundred kernels weight	穗粒重 (g) Kernels weight per ear	出籽率 (%) Seed production rate	籽粒 含水量 (%) Moisture
黄早四	91.84	177.83	81.53	30.49	9.00	2.14	12.38	11.02	13.69	3.78	2.91	0.87	22.25	41.98	78.20	16.48
黄早四F	82.41	178.99	64.98	27.36	9.89	1.83	13.86	12.85	11.37	3.12	2.30	0.83	18.41	31.63	77.30	15.07
黄早四M	83.68	177.78	72.57	31.02	9.96	1.99	13.82	12.03	13.16	3.25	2.39	0.87	21.14	42.78	73.12	15.93
黄早四 ² F	85.73	183.38	76.66	31.41	8.58	1.87	12.98	11.26	13.39	3.43	2.56	0.88	21.42	39.56	75.56	16.05
黄早四 ² M	85.85	178.92	68.45	31.23	9.03	1.89	13.45	11.22	13.13	3.41	2.55	0.86	21.18	39.93	76.00	15.90
京 2416K	99.32	171.79	76.59	25.47	4.39	2.00	11.83	12.01	13.04	3.48	2.81	0.67	26.31	67.67	80.05	16.24
京 2416KF	92.86	186.92	68.05	31.00	6.09	1.67	14.62	12.19	13.05	3.24	2.66	0.57	20.88	38.38	71.74	14.80
京 2416KM	94.23	179.32	73.34	29.66	8.06	2.02	12.71	11.39	13.52	3.48	2.52	0.97	20.67	36.97	70.34	15.84
京 2416K ² F	94.93	196.47	75.20	28.9	7.59	1.85	15.10	12.56	12.30	3.16	2.47	0.69	21.79	55.44	73.41	16.23
京 2416K ² M	95.33	182.75	69.50	26.65	7.39	1.88	13.70	12.27	13.58	3.44	2.55	0.89	22.92	45.69	75.22	15.64
京 92	101.07	188.11	85.44	31.74	6.71	2.62	12.88	12.06	12.79	3.68	2.89	0.79	24.62	70.09	78.92	16.08
京 92F	92.97	193.85	74.98	30.69	9.27	2.06	19.05	10.88	13.80	3.04	2.15	0.89	22.27	46.15	73.14	13.58
京 92M	95.40	194.66	71.32	33.71	8.04	2.32	13.84	14.81	14.09	3.70	2.75	0.95	21.88	53.73	77.51	14.93
京 92F	97.29	201.71	84.58	28.82	8.24	2.27	15.18	11.94	12.55	3.53	2.54	0.99	22.21	59.06	76.43	14.29
京 92M	98.37	197.50	71.63	29.91	7.95	2.06	15.01	12.13	15.14	3.79	2.79	0.99	23.87	57.61	76.77	16.08
四 -287	93.86	172.42	64.03	29.74	5.50	2.32	11.50	12.41	11.63	3.24	2.45	0.79	22.68	33.48	66.76	16.07
四 -287F	86.68	175.22	56.79	30.83	7.96	1.90	13.35	12.70	12.35	2.96	2.25	0.71	22.42	38.10	70.15	14.35
四 -287M	89.81	185.79	58.53	29.98	5.95	2.14	15.75	13.09	11.54	2.96	2.09	0.87	21.38	27.18	69.79	15.16
四 -287 ² F	90.51	186.55	64.09	33.89	7.30	2.10	15.51	12.99	13.14	3.30	2.51	0.79	20.67	34.03	65.87	15.61
四 -287 ² M	90.28	207.00	72.71	33.55	7.54	2.23	15.19	13.91	13.83	3.49	2.40	0.99	21.79	49.77	76.41	15.59

^a: 按照受体类型划分亚群, ² 表示与受体回交一次

²: the subgroups were defined by the type of receptors, ² means backcross again with receptor

2.3.6 京 2416K 及该类型黄欧系主要农艺性状表现

京 2416K 生育期在 99 d 左右,其类型黄欧系生育期提早 4 d 以上,早熟性改善效果明显。在其他性状上表现为株高增减、穗位高降低,雄穗主支长和穗位上节间长均变长,雄穗分支数增加 2 个以上,茎粗、穗粗和轴粗均变细,穗长和穗行数变化不大,百粒重、穗粒重和出籽率降低明显,籽粒含水量降低,但降低幅度不大。

2.3.7 京 92 及该类型黄欧系主要农艺性状表现

京 92 生育期在 101 d 左右,其类型黄欧系生育期均提早,株高增加,穗位高持平或降低,穗位上节间长变长,雄穗分支数增加,茎粗变细,轴粗变化不大,粒深增加,百粒重和穗粒重均降低,籽粒含水量持平或降低;导入 UH004F 种质的京 92 类型黄欧系的穗粗变细,导入 UH004M 种质的京 92 类型黄欧系的穗粗变粗。

2.3.8 四 -287 及该类型黄欧系主要农艺性状表现

在本试验中,四 -287 是生育期较早的旅大红骨自交系,其类型黄欧系生育期提早 3 d 以上。株高增加,雄穗主支长和穗位上节间长变长,雄穗分支数增加,茎粗和轴粗变细,百粒重降低,籽粒含水量降低。

3 讨论

3.1 黄欧系的机械粒收相关农艺性状得到创新改善

黄旅群是我国重要的地方种质资源,其最突出的优势是对当地生态条件适应性强,但是为适应玉米生产发展的需求,自身需要进一步改良创新,丰富拓宽遗传基础^[4]。前人^[5-7]通过黄旅种群质相互改良以及渗入外来种质,选育出一大批黄旅群衍生自交系,这些自交系在充分发挥地方品种优势基础上,增加了部分优良外源种质,有效缓解了这两个地方品种遗传基础狭窄的矛盾,先后组配出一大批杂交种,在生产上得到大面积应用。但是这些黄旅群衍生系注重高配合力和抗病等性状,收获时籽粒含水量普遍偏高、茎秆后期抗倒伏(折)能力差,不适宜机械粒收。本研究通过以黄旅群自交系为受体,导入不同比例欧洲早熟硬粒种质和欧洲早熟 Iodent 种质,通过系谱法和回交转育法获得了 698 份黄旅群后代系,即“黄欧系”。通过对“黄欧系”农艺性状的分析,发现“黄欧系”宜机械粒收农艺性状大为改善,创新改良效果突出。

导入欧洲早熟种质的黄欧系收获时籽粒含水量较原来黄旅群自交系降低,生育期提早,早熟性得到

进一步改善,收获前期和后期时抗倒伏(折)能力大大提高,同时一些农艺性状尤其是与降低籽粒含水量相关的农艺性状得到改善。王克如等^[8]研究表明,籽粒成熟后期影响籽粒脱水速度加快、降低籽粒含水量的主要农艺性状特征有:(1)在株型性状上,植株株高略矮、穗位略高、株型紧凑、穗上叶节间拉开、叶片宽窄合适、果穗与茎秆夹角大;(2)在苞叶性状上,苞叶薄、苞叶层数少、苞叶疏松、苞叶长短合适、苞叶脱水速率;(3)在果穗籽粒性状上,茎粗、穗粗、轴粗略细,穗行数略少,百粒重略小,穗粒数略少。本研究表明,这些黄欧系穗位上节间长较原来黄旅群自交系变长,穗行数减少,穗粗和轴粗变细,百粒重和穗粒重降低,这些性状也与前人^[9-10]对影响收获时籽粒含水量的相关农艺性状的研究结果相吻合。

3.2 黄欧系遗传变异类型丰富,遗传基础得到进一步拓宽

本研究发现,黄欧系在花期、田间植株和穗部农艺性状方面变异系数较大,大多数性状都在 10% 以上,遗传变异类型丰富,而且随着导入欧洲早熟种质比例越大,变异系数越大,变异类型越丰富。不同生态区可以根据实际情况确定黄旅群自交系导入欧洲早熟种质的比例,从中选择适合自身育种目标和要求的黄欧系。

3.3 黄欧系雄穗农艺性状得到改良创新

在雄穗主支长性状上,黄欧系均较原来黄旅系长度有增加趋势,在雄穗分支数性状上,黄欧系均值在 6~9 个之间,与原有黄旅系相比略有增减,但增减幅度不大,昌 7-2 和丹 340 由于自身分支数已经很多,其类型黄欧系均是减少的趋势,但仍在 7~9 个的高水平上,而京 2416K 由于自身分支数较少,其类型黄欧系是增加趋势,达到 6~8 个。雄穗主支长适当增加可以使雄穗彻底外露,不受顶部叶片包裹影响,散粉通畅,是父本群较为理想的一个重要性状,在后代选择中应利用丰富变异着重选择雄穗主支长的植株;黄欧系雄穗分支数较原来黄旅系的有的略微减少,有的略微增加,变异系数也较大,变异丰富,应根据目标需要选择雄穗分支数合适的植株,在保证花粉量足够的同时适当选择雄穗分支数适中的单株最为合适。

3.4 黄欧系选育过程中注意机械粒收性状和一些抗性性状相平衡

在本研究中,从总体上看黄欧系在机械粒收相关农艺性状上得到了改良创新,宜机械粒收能力得

到了较大提高,但是在与耐旱、耐高温热害相关性状中需要加以平衡,选择出理想黄欧系。散粉至吐丝间隔(ASI)性状是玉米抗旱、耐高温等耐胁迫的重要性状。导入欧洲早熟种质后,黄欧系ASI值大都是增加的,而且变异系数都在40%以上,变异范围在0~18 d,因此在黄旅系与欧洲早熟种质后代选系中注意加大群体,在兼顾理想机械粒收相关农艺性状的同时选择散粉至吐丝间隔短的材料,淘汰间隔时间长的。在2018年河南高温热害条件下,黄欧系表现出果穗结实性差,穗粒重降低,其中导入50%父本群欧洲早熟硬粒种质的黄欧系受高温热害胁迫最严重,但导入比例在25%的父母本群欧洲早熟种质时,果穗粒重明显增加,受高温热害影响减少,黄欧系穗粒重接近或高于原有黄旅群系,因此导入欧洲早熟种质25%比例还是很合适的。

3.5 应注重利用欧洲早熟种质改良创新京2416、黄早四、昌7-2等黄改群种质

本研究表明,黄旅群种质的遗传背景与导入欧洲早熟种质选育黄欧系的效果密切相关。在散粉至吐丝间隔(ASI)性状上,总体上黄改类型黄欧系比旅大红骨类型ASI值小些,昌7-2类型黄欧系ASI值在北京河南两地均比较小,丹340类型均比较大。黄改系代表昌7-2,适应性好,应用范围广,其类型黄欧系均表现出良好的吐丝散粉特性,丹340作为旅大红骨系代表,育成时间较早,应用程度越来越低,其类型黄欧系间隔时间普遍较长。受2018年河南新乡持续高温热害的影响,导致果穗结实性差,穗粒重低,在黄欧系中,穗粒重最高的是昌7-2类型,其次是京92类型,穗粒重最低的是四-287和丹340类型,说明黄改类型黄欧系要比旅大红骨类型更耐高温热害一些,尤其是昌7-2类型黄欧系最高穗粒重超过100 g,远高于昌7-2的50多克,可见黄改系尤其是昌7-2在作为欧洲早熟种质受体时不但能改善自身许多缺陷,而且可以保留耐高温热害等良好适应的优点。

3.6 应根据自身育种目标和育种思路选择导入欧洲早熟种质类别和比例

本研究中,黄欧系导入不同比例的欧洲早熟硬粒父本群种质和欧洲早熟Iodent母本群种质在大多数性状上都有一定的变化趋势,主要表现在抽雄吐丝和生育期提早、ASI值增大、株高增高、穗位降低、雄穗主支长变长、雄穗分支数增加、茎粗变细、穗位上节间长拉长、抗倒伏(折)能力提高、穗长增加、穗行数减少、穗粗和轴粗降低、百粒重和穗粒重降低

和收获时籽粒含水量降低等趋势。其中只有穗长性状在导入50%比例的母本群欧洲早熟Iodent种质时变化趋势进一步增强,上述其他性状都是在导入50%比例的父本群欧洲早熟硬粒种质的变化趋势进一步增强,说明父本群欧洲早熟硬粒种质更能创新改良黄旅群自交系的一些宜机械粒收性状。

4 结论

4.1 黄欧系主要性状变化

在花期性状上,抽雄日数、吐丝日数和生育期缩短,表现出良好的早熟性;黄改群类型黄欧系比旅大红骨群类型ASI值小,昌7-2后代系ASI值最小,表现出良好的吐丝散粉特性。田间农艺性状方面,株高有增加趋势;穗位高有降低趋势;雄穗主支长有增加趋势;雄穗分支数在6~9个之间,与原有黄旅系相比略有增减;茎粗均变细,其中京92、昌7-2、丹340和S122等类型黄欧系茎粗变细明显;穗位上节间长均有增加趋势,其中京2416K、昌7-2、丹340和四-287等类型黄欧系增加较多;田间倒伏(折)率大幅度降低,抗倒伏(折)能力进一步提高,其中昌7-2类型提高幅度最大。在穗部农艺性状方面,穗长有增加趋势,其中昌7-2类型黄欧系穗长增加幅度最大;穗行数略有减少的趋势,其中原来穗行数较多的昌7-2和丹340后代系穗行数降低较多;穗粗和轴粗均有下降趋势,其中轴粗下降趋势更加明显;籽粒长度有增加的趋势,其中京92类型黄欧系粒深增加幅度较大;在百粒重方面,除昌7-2类型外,其他黄欧系均有所降低,其中B289和京2416K类型百粒重降低幅度较大;穗粒重有降低趋势;出籽率有增加趋势,昌7-2类型最高;籽粒含水量明显降低,其中昌7-2类型黄欧系籽粒含水量下降幅度较大,籽粒含水量最低。

4.2 导入不同比例父本群和母本群欧洲早熟种质对黄欧系农艺性状变化

黄欧系导入25%和50%比例的欧洲早熟硬粒父本群种质和欧洲早熟Iodent母本群种质在大多数性状上都有一定的变化趋势,主要表现在抽雄吐丝和生育期提早、ASI值增大、株高增高、穗位降低、雄穗主支长变长、雄穗分支数增加、茎粗变细、穗位上节间长拉长、抗倒伏(折)能力提高、穗长增加、穗行数减少、穗粗和轴粗降低、百粒重和穗粒重降低和收获时籽粒含水量降低等趋势。

4.3 黄欧系主要特征特性

黄欧系中有一些共性变化,如早熟性均有所改

善,生育期变短,穗位上节间长均变长,株高增加,茎粗和轴粗变细,百粒重降低,籽粒含水量降低。有些性状由于黄旅群系遗传背景有所差异,其黄欧系变化不一致,如在穗位高变化上,昌 7-2 和丹 340 本身由于穗位较高,其类型黄欧系均是降低的趋势,改善了两个自交系的穗位高;在雄穗分支数上,昌 7-2 和丹 340 由于自身分支数已经很多,其类型黄欧系均是减少的趋势,但仍在 7~9 个的高水平上,而京 2416K 由于自身分支数较少,其类型黄欧系是增加趋势,达到 6~8 个,大大改善了作为父本利用的散粉性状。

参考文献

- [1] 李永祥,石云素,宋燕春,黎裕,王天宇.中国玉米品种改良及其种质基础分析.中国农业科技导报,2015,15(3):30-35
Li Y X, Shi Y S, Song Y C, Li Y, Wang T Y.Improvement of maize hybrids and the analysis of basal germplasm in China. Journal of Agricultural Science and Technology, 2013, 15(3): 30-35
- [2] 赵久然,王帅,李明,吕慧颖,王道文,葛毅强,魏珣,杨维才.玉米育种行业创新现状与发展趋势.植物遗传资源学报,2018,19(3):435-446
Zhao J R, Wang S, Li M, LV H Y, Wang D W, Ge Y Q, Wei X, Yang W C.Current status and perspective of maize breeding. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(3): 435-446
- [3] 李少昆,王克如,谢瑞芝,明博.机械粒收推动玉米生产方式转型.中国农业科学,2018,51(10):1842-1844
Li S K, Wang K R, Xie R Z, Ming B.Grain mechanical harvesting technology promotes the transformation of maize production mode.Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(10): 1842-1844
- [4] 戴景瑞,鄂立柱.中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.Scientific and technological innovation of maize breeding in China.Journal of Maize Sciences, 2010, 18(1): 1-5
- [5] 曾三省,任蕤,刘新芝.黄早四在我国玉米育种和生产中的重要地位.玉米科学,1996(1):1-6
Zeng S X, Ren R, Liu X Z.The important position of Huang zao si in maize breeding and production in China.Maize Science, 1996(1): 1-6
- [6] 陈刚,陈丽,高洪敏.丹玉自交系在我国玉米育种和生产中的地位与作用.沈阳农业大学学报,2000,31(5):522-525
Chen G, Chen L, Gao H M.Importance situation and effect of Danyu self-bred lines in the maize breeding and production in China.Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31(5): 522-525
- [7] 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
- [8] 王克如,李少昆.玉米籽粒脱水速率影响因素分析.中国农业科学,2017,50(11):2027-2035
Wang K R, Li S K.Analysis of influencing factors on kernel dehydration rate of maize hybrids.Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(11): 2027-2035
- [9] 吕香玲,兰进好,张宝石.玉米果穗脱水速率的研究.西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,2(34):48-51
Lu X L, Lan J H, Zhang B S, Study on ear moisture loss rate in maize.Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2006, 2(34): 48-51
- [10] 李璐璐,明博,谢瑞芝,王克如,侯鹏,李少昆.玉米品种穗部性状差异及其对籽粒脱水的影响.中国农业科学,2018,51(10):1855-1867
Li L L, Ming B, Xie R Z, Wang K R, Hou P, Li S K.Differences of ear characters in maize and their effects on grain dehydration. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(10): 1855-1867