

仇律雯,杨 扬,范亚明,等. 国家东南区鲜食糯玉米品质及农艺性状与 SSR 标记遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):130-135.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.020

# 国家东南区鲜食糯玉米品质及农艺性状 与 SSR 标记遗传多样性分析

仇律雯<sup>1,2</sup>, 杨 扬<sup>2</sup>, 范亚明<sup>2</sup>, 田红丽<sup>2</sup>, 易红梅<sup>2</sup>, 王 璐<sup>2</sup>, 任 洁<sup>2</sup>, 葛建镡<sup>2</sup>, 王风格<sup>2</sup>, 陆大雷<sup>1</sup>

(1. 江苏省作物遗传生理重点实验室/江苏省作物栽培生理重点实验室/江苏省粮食作物现代产业技术协同创新中心/  
扬州大学农学院, 江苏扬州 225009; 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:**中国东南区是我国鲜食糯玉米的主要生产、加工和消费地区。为了解该区域鲜食糯玉米的品质、农艺性状与简单重复序列(simple sequence repeats, SSR)标记遗传多样性,以国家东南区鲜食糯玉米区域试验样品为材料,用分子标记和形态学标记探究该区域鲜食糯玉米不同遗传背景下品质、农艺性状的差异。结果表明,41 份供试材料具有丰富的农艺、品质性状变异和 SSR 标记基因多样性:12 个农艺、品质性状的变异系数在 1.72%~36.10%之间,平均值为 14.06%;40 个 SSR 标记共检测出 321 个等位基因,多态信息含量(polymorphism information content, PIC)为 0.179~0.866(平均值为 0.658);供试材料的基因多样性为 0.186~0.877(平均值为 0.687)。聚类分析将供试 41 份材料划分为 4 个遗传背景不同的组群,以京科糯 2000 为代表的 I 组产量性状表现优秀,且组内材料数量最多;以苏玉糯 5 号为代表的 II 组材料数量次多,其组内品种皮渣率较低,含水率也低于其他组别。4 个聚类分组在农艺、品质性状上各有特点,根据不同育种需求,选择相应的杂优模式能够有效利用育种资源,从而加速鲜食糯玉米新品种的提优进程。

**关键词:**糯玉米;农艺性状;品质性状;SSR 标记;遗传多样性

**中图分类号:** S513.024 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)18-0130-06

糯玉米别称黏玉米、蜡质玉米,籽粒中支链淀粉含量接近 100%,可在乳熟期收获果穗用于鲜食,具有很高的营养价值和经济价值,其相关产业发展潜力巨大,是近年来我国种植业结构调整、贯彻落

实乡村振兴战略、拉动地方经济增长的首选作物<sup>[1-3]</sup>。我国作为世界上糯玉米种植面积最大的国家<sup>[2]</sup>,对糯玉米的规划和发展尤为重视,主要表现在以下方面:2000 年,糯玉米作为鲜食玉米纳入国家品种管理,其选育品种开始参加国家级鲜食玉米区域试验;2008 年,全国农业技术推广服务中心品种管理处对鲜食玉米品种区域试验进行了改革完善,将我国糯玉米种植区域划分为东南、西南、东华北、黄淮海 4 个大区。东南区由于气候适宜、经济较为发达、当地居民喜食糯玉米等原因一直是参试品种数量最多的区域<sup>[4]</sup>。随着人们生活水平的提高和膳食结构的变化,人们对于鲜食糯玉米营养、口

收稿日期:2021-09-21

基金项目:江苏省现代农业产业技术体系(编号:JATS[2020]444、JATS[2021]497)。

作者简介:仇律雯(1997—),男,江苏盐城人,硕士,从事玉米分子遗传多样性研究。E-mail:1347440540@qq.com。

通信作者:陆大雷,博士,教授,从事玉米栽培生理研究,E-mail:dllu@yzu.edu.cn;王风格,博士,研究员,从事玉米品种分子检测研究,E-mail:gege0106@163.com。

性分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):134-138,142.

[14] 吕 伟,韩俊梅,任果香,等. 山西芝麻种质资源遗传多样性分析[J]. 作物杂志,2019(5):57-63,封2.

[15] 潘存祥,许 勇,纪海波,等. 西瓜种质资源表型多样性及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(1):59-63.

[16] 吕 伟,韩俊梅,文 飞,等. 不同来源芝麻种质资源的表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2020,21(1):234-242,251.

[17] 潘高峰,张小燕,庞有强. 大麦种质资源光合色素和光合特性聚类分析[J]. 西北农业学报,2008,17(5):152-156.

[18] Geöcze K C, Barbosa L C A, Fidêncio P H, et al. Essential oils from

pequi fruits from the Brazilian Cerrado ecosystem [J]. Food Research International, 2013, 54(1):1-8.

[19] 奚广生,王艳玲. 大豆品种主要农艺及品质性状分析[J]. 大豆科学,2007,26(3):355-358,362.

[20] 徐泽俊,齐玉军,邢兴华,等. 黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(2):468-480.

[21] 魏晓羽,刘 红,瞿 辉,等. 158 份春兰种质资源的表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(2):398-411.

[22] 芮文婧,王晓敏,张倩男,等. 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2018,45(3):561-570.

感的要求也在不断提高<sup>[5]</sup>,使得选育和推广产量合格、品质达标的鲜食糯玉米新品种成为东南地区糯玉米产业健康发展的关键。区域试验是新品种选育和推广的重要环节,参试品种代表了糯玉米的育种动向和选育水平<sup>[6]</sup>,应用分子标记、形态学标记分析东南地区鲜食糯玉米参试材料的遗传多样性,探索不同遗传背景下糯玉米农艺、品质性状差异对于该地区鲜食糯玉米产业的可持续发展具有重要意义。

农艺性状、品质性状是形态学标记的重要组成部分,其中农艺性状是玉米区域试验中衡量参试样品是否能在相应区域种植的主要指标;由于鲜食特用玉米的需求,糯玉米的籽粒品质在品种评价中同样占有举足轻重的地位<sup>[7]</sup>。目前常用的分子标记有简单重复序列(simple sequence repeats, SSR)标记<sup>[8]</sup>和单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphism, SNP)标记<sup>[9]</sup>,其中 SSR 标记灵敏度高、重复性强,能够在品种间稳定遗传,已经被广泛应用于玉米<sup>[6]</sup>、水稻<sup>[10]</sup>、小麦<sup>[11]</sup>等作物的遗传多样性分析和指纹图谱构建。基于 SSR 标记对供试材料进行聚类分析,同时结合具有代表性的优良品种能够准确划分组群,了解样品的遗传背景,反映样品间的遗传差异<sup>[12-13]</sup>。糯玉米属于异花授粉作物,是杂种优势利用的典型,其杂交种的遗传背景主要取决于杂优模式中亲本的遗传组成。杂优模式不同使得亲本间的遗传差异较大,使得选育出的品种表现出不同的遗传背景。胡俏强等利用玉米 50 K 芯片将 90 份鲜食玉米资源划分为 4 个不同遗传背景类群,并依此分析了温-热带杂优模式的农艺、品质和抗性特点<sup>[14]</sup>,为鲜食玉米品种选育提供了新方向。在杂交种方面,韩晴等基于 SSR 标记将 50 个糯玉米品种划分为 3 个主要类群,并分析了每个类群的品质、农艺性状的变异程度<sup>[15]</sup>,为糯玉米新品种的改良提供了基础。目前针对糯玉米品质及农艺性状与 SSR 标记的遗传多样性分析多以某一省份为分析单元<sup>[16-17]</sup>,同时对多个省份糯玉米材料进行多样性研究的报道甚少,对东南区鲜食糯玉米参试品种的杂优模式和相关农艺、品质性状的研究尚未见报道。

本研究以 2018 年、2019 年国家东南区糯玉米参试品种为材料,通过形态学标记、分子标记探究东南区糯玉米品种在不同遗传背景下品质、农艺性状的差异,以期今后全面了解东南区糯玉米不同杂优模式所育成品种的农艺、品质性状特点提供参

考,对相应地区糯玉米新品种改良及资源高效利用具有指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试的 41 份材料为 2018 年、2019 年参加国家东南区鲜食玉米区域试验的糯玉米区试品种,其中形态学标记对照为苏玉糯 5 号,分子标记定标品种为当前具有广泛代表性的对照品种或大面积推广的品种,分别为苏玉糯 5 号、京科糯 2000、渝糯 7 号和郑黄糯 2 号。

### 1.2 农艺与品质性状及其测定

农艺性状包括株高、穗长、穗行数、千粒鲜质量、出籽率、产量等 6 个参数,相关数据均来自国家东南区鲜食玉米区域试验江苏省农业科学院粮食作物研究所试验点区试报告。

品质性状包括籽粒淀粉含量、直链淀粉含量、皮渣率、含水率、蛋白质含量和淀粉糊化温度。其中淀粉含量按照 GB 5006—1985《谷物籽粒粗淀粉测定法》用蒽酮比色法测定,直链淀粉含量参照 GB 7648—1987《水稻、玉米、谷子籽粒直链淀粉测定法》测定<sup>[4]</sup>。皮渣率参考农业农村部试行方法进行测定<sup>[4]</sup>。含水率=(百粒鲜质量-百粒干质量)/百粒鲜质量×100%。利用凯氏定氮法测定籽粒氮含量(蛋白质含量=氮含量×6.25)<sup>[18]</sup>。糊化温度相关测定方法见文献<sup>[18]</sup>。

### 1.3 SSR 标记的选择及其试验方法

1.3.1 基因组 DNA 的提取 采用改良十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)法提取供试材料的基因组 DNA,用 NanoDrop 2000 (Thermo Scientific)紫外分光光度计测定 DNA 的质量和浓度,并根据测量值将工作液浓度调至 200 ng/μL。

1.3.2 SSR 标记的选择 本研究选用的 40 个 SSR 标记为中国玉米审定品种标准 DNA 指纹库建库标记,引物名称、参数等具体信息见文献<sup>[19]</sup>。

1.3.3 PCR 扩增及荧光毛细管电泳 PCR 扩增反应体系为 20 μL,其中包括 2 μL DNA 模板、0.25 μL 引物、10 μL 2×Taq Plus Master Mix 和 7.75 μL ddH<sub>2</sub>O。PCR 扩增反应程序:94℃预变性 5 min;94℃变性 40 s,60℃退火 35 s,72℃延伸 45 s,共 35 个循环;72℃延伸 5 min,扩增产物于 4℃保存。

采用 10 重 PCR 产物电泳检测的方法,将 10 对 PCR 产物混合后取 2 μL 于 96 孔电泳板中,加入

10  $\mu$ L 去离子甲酰胺、0.2  $\mu$ L GS3730 – 500 分子量内标,置于 PCR 仪器中于 95  $^{\circ}$ C 变性 5 min,将变性后所得产物离心 (2 000 r/min, 30 s) 后置于 ABI3730XL DNA 分析仪上进行荧光毛细管电泳,预电泳时间为 2 min,电压为 15 kV,电泳时间为 20 min,电压为 15 kV。

1.4 数据分析

用 Excel 2016 统计分析 12 个农艺及品质性状数据的最大值、最小值、平均值、变异系数和 Simpson 多样性指数。Simpson 多样性指数计算公式见文献 [20]。在 SPSS 25 中采用非参数检验对聚类各组农艺及品质性状进行差异性分析。用 ABI3730XL DNA 分析仪上自带的 Data Collection V1.0 软件收集电泳后的原始数据并形成 FSA 文件,用 SSR Analyser V1.2.4 指纹分析器<sup>[21]</sup>对 FSA 文件进行基因分型分析。使用 PowerMarker V3.25 软件统计 41 份糯玉米材料的等位变异数、基因型数、杂合度和多态信息含量 (polymorphism information content, PIC) 等信息,同时计算材料间的 Rogers 1972 遗传距

离,得到非加权组平均法 (unweighted pair – group method with arithmetic means,UPGMA) 聚类结果,并用 EvolView V 2.0 软件对聚类结果进行修饰,得到 UPGMA 系统发生树形图。

2 结果与分析

2.1 供试材料的遗传多样性分析

2.1.1 品质及农艺性状多样性分析 对 41 份糯玉米材料的 12 个农艺及品质性状进行统计分析。由表 1 可知,不同糯玉米材料的形态学标记存在差异,12 个性状的变异系数在 1.72% ~ 36.10% 间变化,平均值为 14.06%。6 个农艺性状中千粒鲜质量的变异系数最大,为 12.01%;出籽率的变异系数最低,为 5.28%。6 个籽粒品质性状中直链淀粉的变异系数最高,为 36.10%;糊化温度的变异系数最低,为 1.72%。12 个性状的 Simpson 指数在 0.69 ~ 0.83 之间,平均值为 0.78,其中含水率和产量的 Simpson 指数最高,为 0.83。由描述性统计结果可以看出,41 份供试材料的表型性状多样性较高。

表 1 41 份糯玉米材料的农艺、品质性状描述

类别	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗行数 (行)	千粒鲜质量 (g)	出籽率 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	籽粒淀粉 含量 (%)	直链淀粉 含量 (%)	皮渣率 (%)	含水率 (%)	蛋白质含量 (%)	糊化温度 ( $^{\circ}$ C)
最小值	203.00	16.80	12.00	280.00	64.10	10 606.80	40.32	1.00	6.30	50.78	7.07	77.45
最大值	300.00	24.30	20.00	502.00	85.80	16 369.50	78.22	5.50	20.00	70.38	18.56	83.20
均值	246.37	19.80	14.88	409.45	73.80	13 959.92	62.12	2.83	10.86	61.15	11.98	80.01
标准差	24.63	1.74	1.62	49.19	3.90	1 407.48	10.55	1.05	3.18	4.65	2.39	1.38
变异系数 (%)	10.00	8.79	10.89	12.01	5.28	10.08	16.98	36.10	29.28	7.60	19.95	1.72
Simpson 指数	0.81	0.79	0.72	0.80	0.69	0.83	0.82	0.70	0.77	0.83	0.78	0.79

2.1.2 SSR 标记基因多样性和多态性分析 41 份糯玉米材料在 40 个 SSR 标记上共检测出 321 个等位基因,平均每个 SSR 标记检测出 8.025 个等位基因。由表 2 可以看出,40 个 SSR 标记的基因多样性在 0.186 ~ 0.877 之间,平均值为 0.687;PIC 值在 0.179 ~ 0.866 之间,平均值为 0.658。引物 P18 扩增产物的基因多样性和 PIC 值均最低,引物 P40 扩增产物的基因多样性、PIC 值均最高。在 40 个 SSR 标记中,PIC 值 >0.5 的高多态性标记达 36 个,占全部标记数的 90%,表明本研究所选标记能够有效反映供试材料的遗传多样性信息。

2.2 参试材料的遗传背景分析

由图 1 可知,基于 Rogers1972 遗传距离矩阵将 45 份供试材料分为 4 个大组,在系统发生树上用不

同颜色的线条标志 4 个聚类分组,以京科糯 2000 为代表的第 I 组材料数量最多,共有 20 份,占供试材料总数的 44.4%;第 II 组以苏玉糯 5 号为代表,共有 12 份材料;以郑黄糯 2 号为代表的第 III 组材料数量最少,只有 6 份;有 7 份材料被分在第 IV 组,组内代表品种为彩甜糯 6 号。

2.3 不同遗传背景下糯玉米的农艺及品质性状分析

分析各个聚类分组的形态学标记特点可知,在产量性状方面,聚类 I 组的产量、千粒鲜质量分别为 14 354.19 kg/hm<sup>2</sup>、433.39 g,其均值高于另外 3 个组别。在籽粒品质方面,4 个聚类分组的含水率均值为 59.56% ~ 63.79%,直链淀粉含量的均值为 2.28% ~ 3.04%,皮渣率的均值变化幅度较小,其中

表 2 40 个 SSR 标记的多态性信息

引物	等位基因 数(个)	基因 多样性	PIC 值	引物	等位基因 数(个)	基因 多样性	PIC 值
P01	14	0.847	0.831	P21	3	0.276	0.253
P02	5	0.634	0.588	P22	9	0.797	0.770
P03	14	0.850	0.833	P23	6	0.563	0.534
P04	9	0.696	0.650	P24	5	0.636	0.567
P05	12	0.734	0.696	P25	6	0.612	0.534
P06	7	0.783	0.751	P26	6	0.790	0.759
P07	8	0.804	0.777	P27	6	0.744	0.699
P08	12	0.869	0.856	P28	4	0.594	0.510
P09	11	0.831	0.810	P29	11	0.798	0.772
P10	9	0.808	0.786	P30	4	0.597	0.538
P11	13	0.875	0.864	P31	10	0.710	0.671
P12	14	0.847	0.830	P32	6	0.567	0.533
P13	10	0.817	0.793	P33	10	0.809	0.783
P14	5	0.678	0.627	P34	5	0.717	0.667
P15	8	0.829	0.807	P35	7	0.463	0.433
P16	8	0.783	0.752	P36	5	0.617	0.579
P17	3	0.575	0.502	P37	7	0.645	0.605
P18	4	0.186	0.179	P38	2	0.232	0.205
P19	11	0.806	0.782	P39	8	0.631	0.604
P20	7	0.758	0.720	P40	17	0.877	0.866

聚类 I、II、III 组的皮渣率均在 10% 左右。为了探究不同遗传背景下糯玉米材料在农艺、品质性状上是否存在显著差异,对聚类各组的形态学指标进行非参数检验。表 3 结果表明,12 个农艺、品质性状中有 3 项指标在组间存在显著差异,分别为株高、千粒鲜质量和含水率。聚类 I 组的千粒鲜质量、含水率高于其他组,株高较低;聚类 II 组的含水率、株高较低,千粒鲜质量较高;聚类 III 组的千粒鲜质量低于其他组,含水率、株高表现为平均水平;聚类 IV 组的株高较高,含水率在 4 个组中较为居中,千粒鲜质量较低。将组间存在显著性差异的 3 项指标数据标准化后标注在系统发生树末端,以圆形面积代表指标的数值,面积越大表示数值越高,详见图 1,并观察面积差异最大的 2 组,发现各项指标的标注结果与非参数检验结果一致。

### 3 讨论与结论

遗传多样性作为生物多样性的最重要来源,是物种多样性的基础<sup>[22]</sup>。形态学标记、分子标记是研究物种遗传多样性的 2 个主要标记,利用形态学标记来检测作物的表型变异简单易行,可以直观地展

示品种特点。与形态学标记相比,分子标记排除了环境和人为因素影响,同时在品种间稳定遗传,能够准确反映样品间的遗传差异。本研究利用形态学标记和分子标记研究国家东南区鲜食糯玉米区试材料的遗传多样性特点,发现其有丰富的农艺、品质性状变异和 SSR 标记基因多样性。与陆大雷等于 2002—2014 年关于东南区参试材料的研究结果<sup>[4]</sup>相比,本研究所选材料在产量、出籽率和千粒鲜质量 3 个指标上有所提升。与王凤格等在 2004—2009 年进行的鲜食玉米区试结果<sup>[6]</sup>相比,本研究所选材料的等位基因数目、PIC 值均有所提高。由此可见,随着育种技术的发展和杂优模式的创新,糯玉米的部分农艺指标在逐渐提优,在分子层面上也表现出越来越丰富的遗传变异。与杨扬等在 2012—2019 年进行的东南区糯玉米审定试验结果<sup>[23]</sup>相比,本研究所选区试材料的 PIC 值、基因多样性无较大变化,两者的地理来源、育成年份高度相关,从侧面验证了本研究 SSR 标记结果的可靠性。

聚类分析结合代表性品种能够明晰供试材料的遗传背景,判断材料间的亲缘远近<sup>[24]</sup>。刘少荣等利用 5 个国家级区域试验对照品种、2 个大面积推广品种作为代表样品,将 2002—2020 年通过审定的青贮玉米划分为 5 个大组<sup>[12]</sup>。杨扬等利用 8 个当前糯玉米区试对照品种和大面积推广品种分析了近 10 年来糯玉米审定品种的年份和地域特征<sup>[23]</sup>。卢媛等在分析糯玉米自交系 SSR 标记遗传多样性时,也加入了 4 份与自交系材料相关的杂交种作为内参,用以验证其结果合理可靠<sup>[25]</sup>。本研究以京科糯 2000、苏玉糯 5 号、彩甜糯 6 号和郑黄糯 2 号为代表品种,对东南区 41 份糯玉米区试材料进行聚类分析,将其划分为 4 个遗传背景不同的组群。根据每个组群材料数量推测,目前东南地区糯玉米杂优模式以京科糯 2000 为代表的京糯 6 × BN2 为主,该杂优方法创新并建立了硬粒型 × 马齿粉质型杂交选育模式,随着京科糯 2000 的推广而逐渐被各个育种单位和育种家借鉴<sup>[26]</sup>。其次是以苏玉糯 5 号为代表的组群 II,对应的通系 5 类群 × 衡白 522 类群杂优模式在很长一段时间内都是东南区江苏省糯玉米的主要杂优模式之一<sup>[27]</sup>。第 III 组代表品种郑黄糯 2 号,其母本郑黄糯 03 来源于郑白糯 01 × 郑 58,其父本郑黄糯 04 来源于(紫香玉 × 昌 7-2) × 昌 7-2,利用回交转育将糯质基因导入优质普通玉米

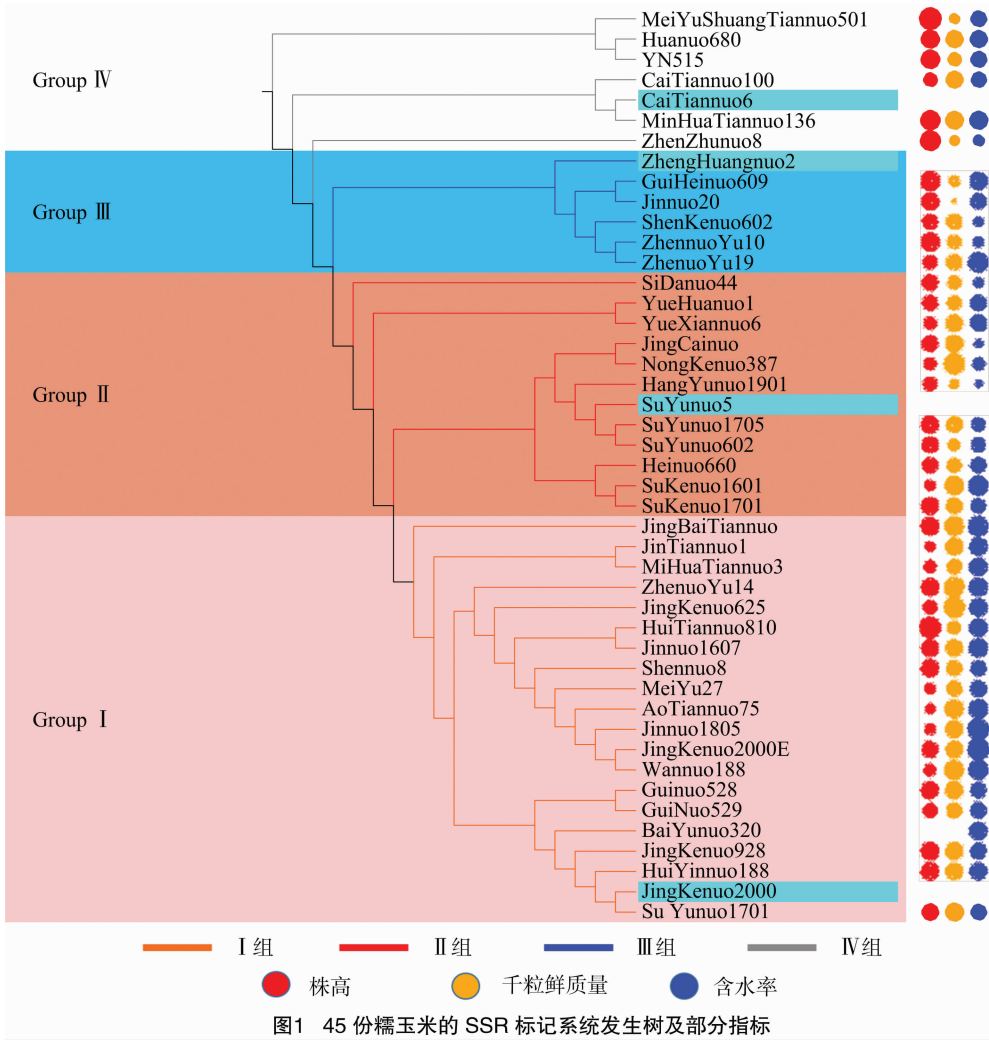


表 3 4 个聚类分组的农艺、品质性状非参数秩和检验结果

形态学 标记	秩和平均值			
	聚类 I 组	聚类 II 组	聚类 III 组	聚类 IV 组
株高	18.39b	15.73b	24.40ab	32.33a
穗长	19.83a	21.95a	21.80a	18.75a
穗行数	19.81a	16.18a	22.70a	28.67a
千粒鲜质量	26.25a	18.23ab	10.20b	16.00ab
出籽率	23.36a	22.27a	17.90a	10.83a
产量	23.72a	14.32a	20.50a	22.17a
淀粉	21.42a	21.64a	21.80a	17.83a
直链淀粉	23.89a	21.09a	13.70a	17.75a
皮渣率	19.97a	19.86a	18.70a	28.25a
含水率	28.05a	11.82b	17.20ab	18.67ab
蛋白质	17.47a	21.32a	23.10a	29.83a
糊化温度	20.13a	16.41a	27.00a	27.17a

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

中,从而获得糯玉米新品种,是糯玉米早期的主要育种方式之一。第Ⅳ组材料多为甜糯玉米,其代表

品种彩甜糯 6 号是由白糯玉米自交系 T37 和紫色甜糯双隐性自交系 WH818 杂交选育而来。

不同于普通玉米,糯玉米独特的鲜食用途决定了其特殊的农艺、品质育种目标<sup>[7]</sup>,在满足产量指标的同时尽可能地兼顾营养与口感是育种家对于鲜食糯玉米新品种的总体要求。分析不同遗传背景下糯玉米材料的农艺、品质性状差异,能够在为育种家和育种单位提供导向作用的同时有效利用育种资源,有助于优良品种的选育。本研究通过 SSR 标记明确了 41 份糯玉米区试材料的遗传背景,利用非参数检验分析不同遗传背景下糯玉米的农艺与品质特点,发现了 3 个组间存在显著差异的形态学指标,其中籽粒鲜质量为主要的产量性状之一<sup>[28]</sup>,含水率则与糯玉米的品尝口感呈显著负相关<sup>[29]</sup>。4 个遗传背景不同的组群在产量、品质性状上表现出不同的特点:在产量性状方面,聚类 I 组表现优异,千粒鲜质量高于其他组别,平均产量也

高于另外 3 组;其中 I 组代表品种京科糯 2000 通过了国家和 20 多个省份的审定,与其他组代表品种相比,其在区域试验中所测千粒鲜质量、产量均表现优异。从品尝口感的角度看,聚类 II 组的含水率较低,且组内品种皮渣率均值也较低,表现出较好的适口性。本研究基于形态学标记、分子标记首次分析了东南地区糯玉米区试材料在不同遗传背景下农艺及品质性状表现,可供参考的研究报道较少,其结果可为今后全面了解该地区糯玉米不同杂优模式所育成品种的农艺及品质性状特点提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 陆大雷,闫发宝,陆卫平. 鲜食糯玉米籽粒理化特性的基因型差异[J]. 核农学报,2012,26(1):95-101.
- [2] 赵久然,卢柏山,史亚兴,等. 我国糯玉米育种及产业发展动态[J]. 玉米科学,2016,24(4):67-71.
- [3] 徐丽,赵久然,卢柏山,等. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J]. 中国种业,2020(10):14-18.
- [4] 陆大雷,孙世贤,陈国清,等. 国家鲜食糯玉米区域试验品种产量和品质性状分析[J]. 玉米科学,2016,24(3):62-68,77.
- [5] 吴嘉点,薛林,胡加如,等. 鲜食糯玉米食味品质性状相关分析及优质新品种筛选[J]. 金陵科技学院学报,2019,35(2):57-60.
- [6] 王风格,田红丽,赵久然,等. 中国 328 个玉米品种(组合)SSR 标记遗传多样性分析[J]. 中国农业科学,2014,47(5):856-864.
- [7] 史振声. 鲜食玉米品种品质评价及标准的探讨[J]. 玉米科学,2006,14(6):69-70.
- [8] Wang F G, Tian H L, Zhao J R, et al. Development and characterization of a core set of SSR markers for fingerprinting analysis of Chinese maize varieties[J]. Maydica,2011,56(1):7-17.
- [9] Tian H L, Wang F G, Zhao J R, et al. Development of maizeSNP3072, a high-throughput compatible SNP array, for DNA fingerprinting identification of Chinese maize varieties[J]. Molecular Breeding,2015,35(6):136.
- [10] 陈越,陈玲,李春花,等. 中国南方地区水稻资源 SSR 指纹数据库的构建及遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2020,18(19):6502-6517.
- [11] 郑永胜,王丽媛,段丽丽,等. 350 份小麦种质的 SSR 遗传多样性分析[J]. 山东农业科学,2020,52(12):1-6.
- [12] 刘少荣,杨扬,田红丽,等. 基于农艺及品质性状与 SSR 标记的青贮玉米品种遗传多样性分析[J]. 作物学报,2021,47(12):2362-2370.
- [13] 王琰琰,王俊,刘国祥,等. 基于 SSR 标记的雪茄烟种质资源指纹图谱库的构建及遗传多样性分析[J]. 作物学报,2021,47(7):1259-1274.
- [14] 胡俏强,周玲,潘玖琴,等. 基于玉米 50K 芯片分析鲜食玉米温-热带杂种优势模式及其育种利用[J]. 江苏农业科学,2021,49(5):62-66.
- [15] 韩晴,卢媛,王义发,等. 50 个鲜食糯玉米农艺性状和 SSR 标记遗传多样性分析[J]. 上海农业学报,2016,32(5):11-15.
- [16] 梁燕听,时成俏,李体琛. 广西鲜食糯玉米品种现状及发展方向探析[J]. 现代农业科技,2007(17):142-143.
- [17] 吕桂华,徐秀红,陈坚剑,等. 浙江省近年来审定糯玉米品种主要性状演变分析[J]. 浙江农业学报,2014,26(3):537-542.
- [18] 陆大雷,郭换粉,董策,等. 鲜食期和成熟期糯玉米粉理化特性的差异[J]. 作物学报,2010,36(12):2170-2178.
- [19] 王风格,杨扬,易红梅,等. 中国玉米审定品种标准 SSR 指纹库的构建[J]. 中国农业科学,2017,50(1):1-14.
- [20] Liu H, Xu Z J, Rao D H, et al. Genetic diversity analysis and distinctness identification of peanut cultivars based on morphological traits and SSR markers[J]. Acta Agronomica Sinica,2019,45(1):26-36.
- [21] 王风格,李欣,杨扬,等. 植物品种 SSR 指纹分析专用软件 SSR Analyser 的研发[J]. 中国农业科学,2018,51(12):2248-2262.
- [22] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. 生物多样性,1993,1(1):20-22.
- [23] 杨扬,仇律雯,田红丽,等. 308 个糯玉米审定品种 SSR 标记遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(1):169-176.
- [24] 牛丽影,李大婧,刘春泉,等. 鲜食玉米中游离糖和游离氨基酸含量差异的多元统计分析[J]. 江苏农业学报,2020,36(2):463-470.
- [25] 卢媛,韩晴,艾为大,等. 基于 SNP 标记的糯玉米种质资源遗传多样性分析[J]. 玉米科学,2020,28(3):44-51.
- [26] 卢柏山,徐丽,赵久然,等. 京科糯 2000 等系列鲜食糯玉米品种选育及应用[J]. 玉米科学,2019,27(5):1-4.
- [27] 沈锦根,胡加如,薛林,等. 江苏鲜食糯玉米育种杂种优势群及杂优模式分析[J]. 江苏农业学报,2007,23(5):401-404.
- [28] 赵文明,陈艳萍,孔令杰,等. 江苏省鲜食糯玉米产量性状育种分析[J]. 江西农业学报,2016,28(8):5-9.
- [29] 李水琴. 不同类型鲜食玉米主要品质形成规律的研究[D]. 昆明:云南大学,2017:35-36.