

近年国审玉米品种品质性状演变及 不同生态区间差异分析

张盼, 卢道文, 孙海潮, 董文恒, 李永江, 张莹莹, 赵 璠, 史丽丽

(安阳市农业科学院, 河南 安阳 455000)

摘要: 为探明玉米品种品质性状的演变趋势及在不同生态区间的差异, 对2017–2022年参加国家玉米品种审定生产试验的667个品种的品质性状进行综合分析。结果表明, 近年我国玉米品种容重平均为755.6 g/L, 粗蛋白、粗脂肪、粗淀粉、赖氨酸平均含量分别为10.12%、3.97%、73.90%、0.29%。随时间递进, 容重呈增加趋势, 年均增加1.67 g/L; 粗脂肪、粗淀粉、赖氨酸增加趋势不显著, 粗蛋白年均降低0.17%。聚类分析将我国10个生态区玉米品质性状分为3类, 西南春玉米、东南春玉米、热带亚热带玉米生态区粗淀粉含量低, 赖氨酸含量较高; 东华北地区品种粗淀粉含量高, 粗脂肪含量较低; 黄淮海夏玉米、北方极早熟玉米区粗淀粉含量中等, 粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸含量均较高。不同生态区间品质性状的差异表明, 加强不同生态区玉米优异种质资源融合, 能提高我国玉米品种综合品质性状。

关键词: 玉米; 国审品种; 品质; 生态区

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

The Evolution of Quality Traits and Differences between Different Regions for Maize Hybrids Recently Approved in China

ZHANG Pan, LU Dao-wen, SUN Hai-chao, DONG Wen-heng, LI Yong-jiang,

ZHANG Ying-ying, ZHAO Jun, SHI Li-li

(Anyang Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China)

Abstract: To explore the trends of maize variety quality traits over time and the differences among different ecological regions, the quality traits of 677 maize varieties from 10 ecological regions participating in the national maize variety approval and production trials from 2017 to 2022 were comprehensively analyzed. The results showed that in recent years, the average bulk density of maize varieties in China was 755.6 g/L, with average contents of crude protein, crude fat, crude starch, and lysine being 10.12%, 3.97%, 73.9%, and 0.29%, respectively. Over time, bulk density showed an increasing trend with an annual increase of 1.67 g/L, while the trends in crude fat, crude starch, and lysine content were not significant, and crude protein decreased by an average of 0.17% per year. Cluster analysis categorized the quality traits of maize varieties in 10 ecological regions in China into three groups. Maize varieties from the Southwest Spring Maize, Southeast Spring Maize, and Tropical/Subtropical Maize ecological regions had low crude starch content but relatively high lysine content. Varieties from the Eastern and Northern China regions had high crude starch content but relatively low crude fat content. Varieties from the East Huang-Huai-Hai Summer Maize and Northern Extremely Early Mature Maize regions had moderate crude starch content, with relatively high crude protein, crude fat, and lysine contents. The differences in quality traits among different ecological regions indicate that strengthening the integration of excellent germplasm resources from different ecological regions can improve the overall quality traits of maize varieties in China.

Key words: Maize; Nationally approved variety; Quality; Ecological zone

录用日期: 2024-06-25

基金项目: 河南省重大公益专项(201300111100)、安阳市重点研发与推广专项(2023C01NY032)

作者简介: 张盼(1990-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米育种及品种评价工作。Tel: 18623727793 E-mail: 674497512@qq.com

史丽丽为本文通信作者。

玉米是我国主要的粮食和饲料作物,也是重要的工业及能源原料^[1]。种子是农业的“芯片”,选育优质品种是保障粮食增产和农民增收的重要途径。研究表明,品种选育对我国玉米增产的贡献高达45%以上^[2-3]。目前,我国玉米品种选育主要集中于提高产量、增强抗性两方面,对品质性状的关注远远落后于产量和抗逆性,高油玉米、优质蛋白玉米、高淀粉玉米品种资源匮乏^[4-5]。随着国民经济水平提高,玉米产业的良性发展需要高产与优质双目标并进,在提高产量的同时,改善子粒品质成为当前玉米品种选育重点关注的问题^[6-7]。

对历年品种更替过程中的品质性状进行分析,可以对玉米品质性状改良提供借鉴。王美霞^[8]分析2013-2022年山西省审定玉米品种的品质,提出玉米品种品质性状在不同生态区间有差异,指出山西省应需重点对粗脂肪含量进行提高。杨书成等^[9]对2006-2010年国审玉米品种品质性状进行分析,发现“十一五”期间普通玉米的品质指标没有根本性的改善,说明品质性状主要由遗传基因控制,需加强专用型玉米品种选育。陈先敏等^[10]对多年国审玉米品种产量、品质性状分析表明,千粒重、容重是我国玉米品种改良较快的性状,粗脂肪、粗蛋白等性状相对稳定。赵琳等^[11]分析了黑龙江省多年审定品种情况,建议今后在玉米育种方面,进一步改良品质增加其容重和粗淀粉含量,增加玉米品种的商品性。荆绍凌等^[12]对吉林省多年审定玉米品种品质性状分析发现,容重、粗淀粉有所增加,粗脂肪、粗蛋白含量呈不规则变化,赖氨酸含量整体水平略有提高。国外

研究方面,根据美国谷物协会报告^[13],美国玉米容重、粗蛋白含量近10年呈增加趋势,粗淀粉含量呈现出降低趋势,粗脂肪含量近10年整体变化不大。上述研究多选择从时间跨度对品质性状进行分析,且多是针对单一省份玉米品种,缺少对不同生态区玉米品种品质性状差异的研究。玉米品质性状受多种因素影响,包括种植制度、品种类型、生态类型、贮藏加工方式等^[14-15],对国家玉米品种审定试验中不同生态区的品种品质性状进行综合分析,能够客观全面地反映我国目前玉米品质现状。

本研究以2017-2022年10个生态区参试的677个国审普通玉米品种为材料,分析近年国审玉米品种各品质性状随时间变化趋势及在各生态区特征及差异,从不同角度为我国玉米品种品质性状遗传和改良提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

数据来源为全国农业技术推广服务中心公布的2017-2022年参加国家普通玉米生产试验的677个品种(组合)的品质性状数据(表1),包括容重、粗蛋白含量、粗脂肪含量、粗淀粉含量和赖氨酸含量。根据已公布的数据,品种审定包含东南春玉米(X₁)、西北春玉米(X₂)、西南春玉米(X₃)、黄淮海夏玉米(X₄)、北方极早熟玉米(X₅)、东华北中早熟玉米(X₆)、东华北中熟玉米(X₇)、东华北中晚熟玉米(X₈)、热带亚热带玉米(X₉)、京津冀早熟玉米(X₁₀)10个生态区类型。

表1 品种数目统计表

Table 1 Statistics table for the numbers of maize varieties

个

年份 Year	组别 Group										合计 Total
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	
2017	7	7	35	54	27	28	16	45	-	-	219
2018	-	6	20	22	4	15	13	25	-	-	105
2019	3	4	22	28	3	17	9	15	-	2	103
2020	3	1	18	22	4	12	13	4	4	2	83
2021	5	1	20	28	9	9	2	16	5	2	97
2022	2	1	20	9	8	10	7	7	6	-	70
合计	20	20	135	163	55	91	60	112	15	6	677

1.2 测定方法

根据公告,国家玉米品种生产试验品质性状由农业农村部谷物品质监督检验测试中心进行检测,检验方法均采用国家标准和行业标准。

容重:GB/T 5498-2013 粮食油料检验容重测定法。

粗蛋白:NY/T 3-1982 谷物豆类作物种子粗蛋白测定法(半微量凯氏法)。

粗脂肪:NY/T 4-1982 谷物油料作物种子粗脂肪测定法。

粗淀粉:NY/T 11-1985 谷物子粒粗淀粉测定法。

赖氨酸:NY/T 56-1987 谷物子粒氨基酸测定的前处理方法。

1.3 数据处理

对收集到的677份不同生态区玉米品种主要品质性状数据进行统计分析,数据分析采用SPSS27软件,图表采用Origin2021软件绘制。

2 结果与分析

2.1 主要品质性状分析

从各品质指标所有参试品种的平均值来看

(表2),容重平均为755.6 g/L,变幅660~818 g/L,变异系数为3.07。粗蛋白、粗脂肪、粗淀粉、赖氨酸平均含量分别为10.12%、3.97%、73.90%、0.29%。粗脂肪变幅3.00%~5.83%,均未达到国家高油玉米标准;粗蛋白变幅为7.44%~13.22%,赖氨酸含量变幅0.23%~0.38%,未达到国家优质蛋白玉米标准的品种;粗淀粉含量变异幅度为66.43%~77.64%,有230个品种粗淀粉含量超过75%,达到国家高淀粉玉米品种标准,占比33.97%。变异系数粗脂肪最高,达到了13.35%;粗淀粉最低,为2.75%,近年参加国家玉米生产试验的品种中粗脂肪性状的遗传多样性更为丰富。

表2 品质指标综合分析

Table 2 Comprehensive analysis of quality traits

性状 Trait	平均值 Mean	标准差 SD	变幅 Range	变异系数(%) CV
容重(g/L)	755.60	23.20	660.00~818.00	3.07
粗蛋白(%)	10.12	1.00	7.44~13.22	9.88
粗脂肪(%)	3.97	0.53	3.00~5.83	13.35
粗淀粉(%)	73.90	2.03	66.43~77.64	2.75
赖氨酸(%)	0.29	0.03	0.23~0.38	10.34

2.2 主要品质性状的相关分析

对各品质性状进行相关性分析(图1)。结果表明,容重分别与粗脂肪、粗淀粉含量呈极显著正相关

(0.23***、0.18***);粗蛋白含量与粗淀粉含量极显著负相关(-0.57***),与赖氨酸含量极显著正相关(0.56***);粗脂肪含量与粗淀粉量极显著负相关

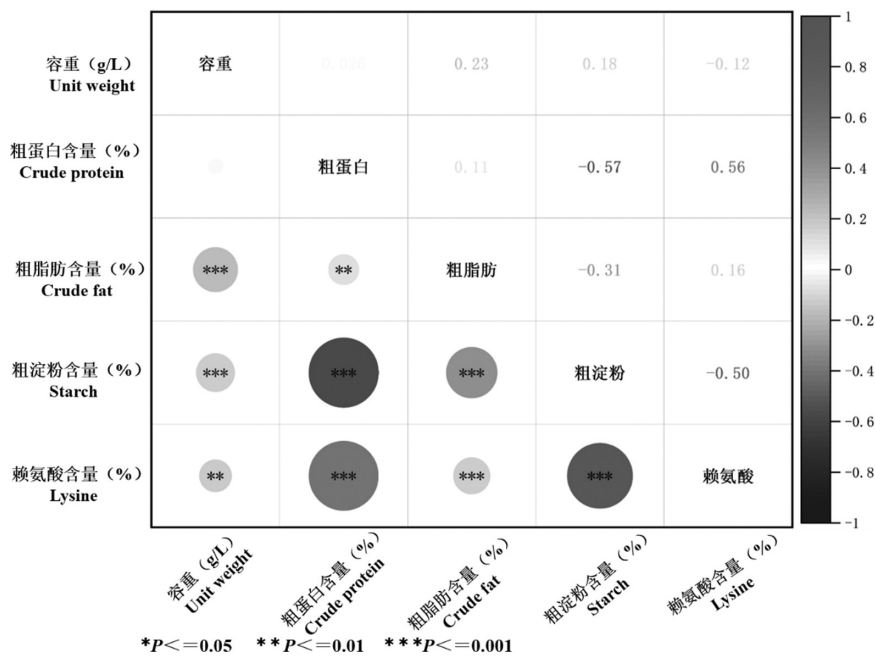


图1 主要品质性状相关性热图

Fig.1 Heat map of correlation of quality traits

(-0.31***),与赖氨酸含量极显著正相关(0.16***);赖氨酸含量与粗淀粉含量极显著负相关(-0.50***)。结果表明,玉米各品质性状遗传具有高度复杂性,育种实践中选择某一优良性状时,可以兼顾其他品质。如选择容重较高的品种时,可以提高粗脂肪和粗淀粉含量;选择高蛋白种质资源时,可以兼顾高赖氨酸含量;选择高淀粉含量时,兼顾低脂肪性状。

2.3 各品质性状年度变化分析

对不同年份参试品种进行分析(表3)。结果表明,各品质指标在年际间具有显著性差异。2018年容重最高,为760.37 g/L;最低的2017年为749.87 g/L,两者差异显著。粗蛋白含量逐渐降低,2017年最高,达到10.55%;2022年最低,为9.78%。粗脂肪在2018年含量最低,为3.7%;2020年含量达到4.15%,从2019年以后变化差异不显著。粗淀粉含量最高

为2019年的74.53%,最低为2022年73.36%。赖氨酸含量变化范围在0.288%~0.310%,年际间差异显著。

利用所有品种不同品质性状数据进行线性拟合(图2)。结果表明,2017-2022年参加生产试验的玉米品种容重呈逐年上升趋势,年均增长1.67 g/L;粗蛋白含量逐年降低,平均每年下降0.17%;粗脂肪含量、赖氨酸含量呈增加趋势,年均增长幅度较小;粗淀粉含量年际间呈持平趋势。

2.4 不同生态区品质性状分析

2017-2022年国家玉米品种审定生产试验参试品种分为10个生态区,其中黄淮海夏玉米生态区参试品种最多,达到163个;其次是西南春玉米、东北中晚熟玉米生态区,参试品种分别为135、112个;参试品种最少的生态区分别为京津冀早熟、热带亚

表3 各品质性状不同年份差异性分析

Table 3 The difference of quality traits in different years

年份 Year	容重(g/L) Unit weight	粗蛋白含量(%) Crude protein	粗脂肪含量(%) Crude fat	粗淀粉含量(%) Crude starch	赖氨酸含量(%) Lysine
2017	749.87 b	10.55 a	3.94 b	73.42 b	0.288 c
2018	760.37 a	10.17 b	3.70 c	74.39 a	0.292 bc
2019	755.17 ab	9.90 c	4.01 ab	74.53 a	0.300 ab
2020	760.95 a	9.83 c	4.15 a	74.00 a	0.300 bc
2021	756.52 ab	9.80 c	4.03 ab	74.10 a	0.290 c
2022	759.63 a	9.78 c	4.09 ab	73.36 b	0.310 a

注:同列数据不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column represented significant difference($P<0.05$).

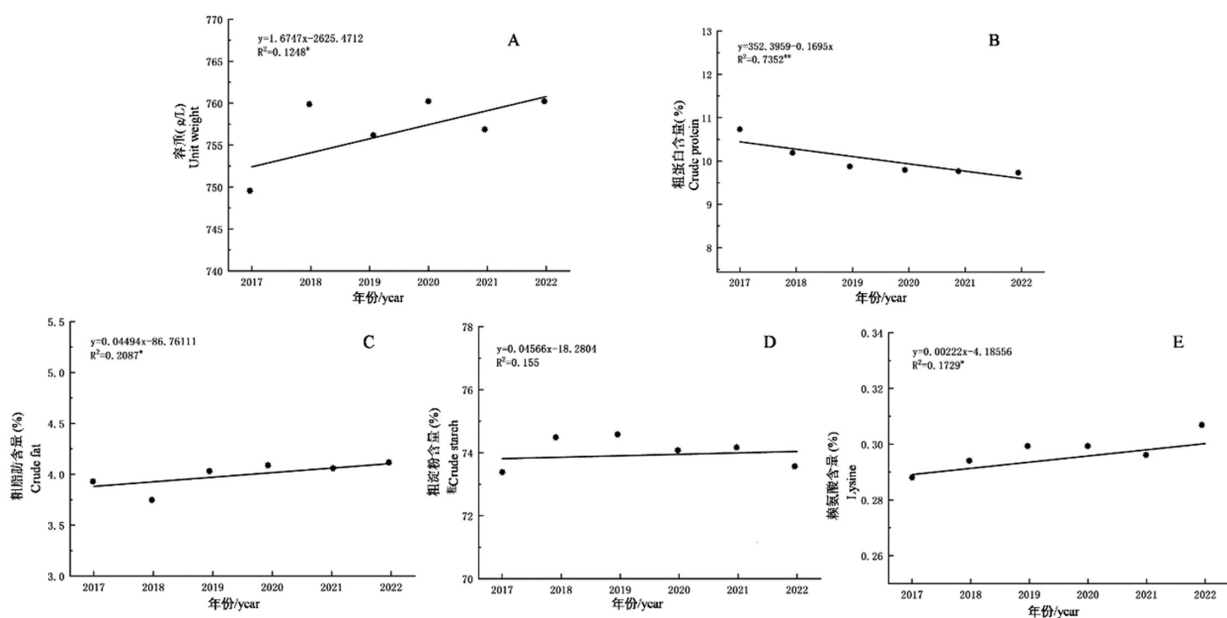


图2 2017-2022参试品种主要品质性状的演变

Fig.2 Evolution of quality traits in 2017-2022

表4 不同生态区玉米品质性状的比较
Table 4 Comparison of quality traits in different ecological regions

生态区 E.cotope	份数 Number	容重 Unit weight			粗蛋白 Crude protein			粗脂肪 Crude fat			粗淀粉 Crude starch			赖氨酸 Lysine		
		均值 (g/L) Mean	变幅 Range	变异系数 (%) CV	均值 (%) Mean	变幅 Range	变异系数 (%) CV	均值 (%) Mean	变幅 Range	变异系数 (%) CV	均值 (%) Mean	变幅 Range	变异系数 (%) CV	均值 (%) Mean	变幅 Range	变异系数 (%) CV
X ₁	20	729.20	676~771	3.51	9.79	8.80~11.36	7.25	3.80	3.17~4.95	13.15	72.32	69.71~75.04	2.59	0.320	0.28~0.37	7.23
X ₂	20	761.10	731~788	2.07	9.08	7.49~11.32	11.94	3.63	3.09~4.16	7.81	75.36	72.20~76.98	1.83	0.278	0.23~0.35	11.05
X ₃	135	761.50	673~818	3.79	10.62	8.55~13.20	8.54	4.15	3.02~5.68	12.52	72.31	66.43~76.70	3.15	0.303	0.24~0.37	10.32
X ₄	163	746.96	700~802	2.72	10.47	8.45~13.22	8.24	3.96	3.00~5.16	12.06	73.50	69.12~76.68	1.91	0.313	0.26~0.38	7.92
X ₅	55	764.82	705~806	3.05	10.39	8.55~12.43	8.16	4.34	3.22~5.85	16.54	73.49	70.52~76.32	2.29	0.281	0.24~0.33	6.72
X ₆	91	753.38	660~815	2.95	9.43	7.44~12.64	11.03	3.80	3.05~4.84	10.96	75.18	70.67~77.51	2.06	0.268	0.24~0.33	7.20
X ₇	60	757.25	730~789	1.93	9.46	8.01~11.79	8.75	3.67	3.01~4.66	10.75	75.41	70.47~77.64	2.32	0.277	0.25~0.33	8.30
X ₈	112	760.46	722~793	1.99	10.15	8.03~12.08	7.84	3.87	3.00~5.19	12.14	74.90	71.49~76.99	1.72	0.284	0.25~0.33	7.27
X ₉	15	759.53	687~800	4.42	9.80	8.63~11.25	8.06	4.50	3.67~5.19	10.04	72.40	69.31~74.64	2.03	0.318	0.28~0.36	6.64
X ₁₀	6	761.83	740~785	2.38	8.82	7.89~9.64	7.32	4.17	4.01~4.27	2.38	75.30	74.47~76.08	0.86	0.295	0.26~0.33	8.23

注: X₁~X₁₀分别为东南春、西北春、西南春、黄淮海夏、北方极早熟、东北中早熟、东北中早熟、东北中早熟、热带亚热带和京津冀早熟玉米生态区。
Note: X₁~X₁₀ respectively means Southeast spring, Northwest spring, Northwest spring, Northwest spring, North extremely early mature, East north China middle-early mature, East north China middle mature, East north China middle-late mature, tropical and subtropical, Jing-Jin-Ji early mature maize ecological region.

热带生态区,品种数分别为6、15个。不同生态区品质性状差异分析表明(表4),容重含量最高的为北方极早熟玉米区(764.82 g/L),最低的为东南春玉米区(729.20 g/L);粗蛋白含量较高的生态区有西南春玉米区(10.62%)、黄淮海夏玉米区(10.47%)、北方极早熟玉米区(10.39%),最低的为京津冀早熟玉米区(8.82%);粗脂肪含量较高的有热带亚热带区(4.50%)、北方极早熟玉米区(4.34%),含量最低的生态区为西北春玉米区(3.63%);粗淀粉含量较高的区域集中在北方的东华北中熟玉米区(75.41%)、西北春玉米区(75.36%)、京津冀早熟玉米区(75.30%),含量较低的为南方地区西南春玉米区(72.31%)、东南春玉米区(72.32%)、热带亚热带玉米区(72.40%);赖氨酸含量较高的为东南春玉米区(0.320%)、热带亚热带玉米区(0.318%)、黄淮海夏玉米区(0.313%),较低的为东华北中早熟玉米区(0.268%)、东华北中熟玉米区(0.277%)、西北春玉米区(0.278%)。变异系数方面,容重最高的为热带亚热带玉米区(4.42),粗蛋白最高的为西北春玉米区(11.94),粗脂肪最高的为

北方极早熟玉米区(16.54),赖氨酸最高的为西北春玉米区(11.05),表明这些生态区可能在不同品质性状方面种质遗传资源比较丰富。

2.5 不同玉米生态区聚类分析

根据不同生态区各品质性状数值,对其进行聚类分析(图3)。结果表明,10个生态区主要分为3大类群。类群1包含西南春玉米区、热带亚热带玉米区、东南春玉米区,该类群区玉米赖氨酸含量高,粗淀粉含量较低,粗蛋白和粗脂肪含量处于中高水平。类群2包含西北春玉米区、东华北中早熟玉米区、东华北中熟玉米区、京津冀早熟玉米区、东华北中晚熟玉米区,这些生态区品种粗淀粉含量普遍较高,赖氨酸、粗脂肪、粗蛋白含量一般较低。类群3包含黄淮海夏玉米区、北方极早熟玉米生态区,该类群玉米品种品质性状复杂,淀粉含量水平中等,黄淮海夏玉米区粗蛋白含量、赖氨酸含量较高,北方极早熟玉米生态区粗蛋白含量、粗脂肪含量较高。不同地区玉米的品质性状由于受遗传和环境的双重影响,具有不同的特质。

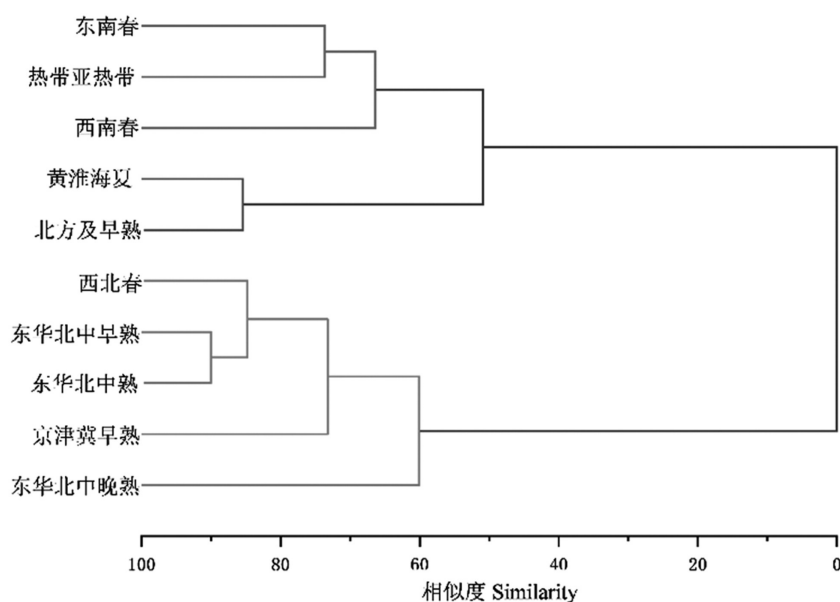


图3 不同生态区间聚类图

Fig.3 Cluster map of different ecological regions

3 结论与讨论

随着经济发展,国民生活水平和膳食结构得到不断优化,玉米作为重要粮食作物,以及淀粉和油脂工业重要原料来源,在追求高产的同时,对子粒品质性状提出了更高要求。玉米品质主要包含淀粉含量、蛋白质含量和油分含量等,受遗传因素、环境条件、栽培措施共同影响,改良进展缓慢。

本研究表明,近年国审玉米品种容重平均为755.6 g/L,粗蛋白、粗脂肪、粗淀粉、赖氨酸平均含量分别为10.12%、3.97%、73.90%、0.29%。我国2006-2010年国审玉米品种品质性状容重平均为736.7 g/L,粗蛋白、粗脂肪、粗淀粉、赖氨酸平均含量分别为9.75%、4.19%、72.27%、0.29%。可以看出,近年来我国玉米品种容重和粗淀粉含量得到较大提高,粗蛋白、粗脂肪含量有升有降,赖氨酸含量基本

不变。白永新等^[16]对1998–2001年的玉米品种分析发现,粗蛋白含量逐年下降,粗脂肪含量有升高趋势。孙琦等^[17]对1950–2000年生产上大面积推广的35个品种的研究表明,蛋白质含量随年代变化呈极显著下降趋势。本研究时间段内玉米品种容重显著增加,粗蛋白含量显著下降,粗脂肪、粗淀粉含量、赖氨酸含量有增加趋势但不显著。

本研究发现,容重与粗脂肪含量、粗淀粉含量极显著正相关,说明玉米品种容重的提高,依赖于粗脂肪含量和粗淀粉含量的增加。本研究还发现,粗淀粉含量与粗蛋白含量、粗脂肪含量呈极显著负相关关系^[18–20]。粗淀粉含量和其他品质性状间的负相关关系可能是过去相当长时间内品种选育对产量性状过于关注和对品质性状的忽视造成的,也可能和子粒养分积累过程中存在竞争关系有关^[21]。

对不同生态区玉米品种分析表明,品质性状在生态区间具有差异性。东华北地区品种粗淀粉含量较高,赖氨酸含量低。西南和热带、亚热带等南方地区的品种往往赖氨酸含量高、粗淀粉含量低。黄淮海和北方极早熟生态区品种淀粉含量水平中等,粗蛋白、粗脂肪含量都处于较高水平。聚类分析结果将纬度相近的地区划为一类,所以相同纬度地区玉米品种种质资源遗传基础可能较为相近。玉米生长发育过程中,气候条件差异也可能对不同营养成分积累造成一定影响^[22–23]。段鹏飞等^[24]研究了河南4个生态区对玉米品质性状的影响,指出纬度低、温度高有利于子粒蛋白质形成,吐丝后适宜温度和光照有利于淀粉合成,降水量与粗蛋白含量呈负相关。作为我国玉米主产区的东华北和黄淮海生态区,对比共同参加这两个生态区试验的品种如2017年的MC121、ZY298、YF3240以及2018年的中博510、郑单958还有2020年的玉农76,都表现出东华北地区容重、粗淀粉含量明显高于黄淮海地区,赖氨酸含量低于黄淮海地区,蛋白质和粗脂肪含量两个地区有高有低,这可能与东华北地区土地肥沃、玉米生长生育期长、昼夜温差大、玉米产量高有利于淀粉含量积累有关。顾晓红等^[25]研究认为,玉米品质性状受基因型和环境型共同影响,淀粉含量、粗脂肪和粗蛋白数量定位基因作用明显大于环境效应,因此,玉米品种品质性状在不同生态区的差异形成原因可以作为今后研究方向,进行多年多点试验,明确基因型和环境型效应。

在以后育种实践中,对品质性状的改良应充分利用不同生态区种质资源差异,加强不同地区优异种质资源融合,如东华北地区粗脂肪含量需要提高,

西南、亚热带地区粗淀粉含量低,黄淮海生态区综合品质性状较好,且处于上述地区纬度中间,种质资源利用相对容易,建议这些地区在育种过程中加强对黄淮海生态区种质资源利用,改良各自薄弱性状。黄淮海生态区应引进热带亚热带地区高赖氨酸种质资源,对赖氨酸含量性状进行改良,提高我国玉米品种综合品质性状。

参考文献:

- [1] 李少昆,赵久然,董树亭,等. 中国玉米栽培研究进展与展望[J]. 中国农业科学,2017,50(11):1941–1959.
LI S K, ZHAO J R, DONG S T, et al. Advances and prospects of maize cultivation in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50 (11): 1941–1959. (in Chinese)
- [2] 白岩,高婷婷,卢实,等. 近四十年来我国玉米大品种的历史沿革与发展趋势[J]. 作物学报,2023,49(8):2064–2076.
BAI Y, GAO T T, LU S, et al. A retrospective analysis of the historical evolution and developing trend of maize mega varieties in China from 1982 to 2020[J]. Acta Agronomica Sinica, 2023, 49(8): 2064–2076. (in Chinese)
- [3] 邵书静. 品种、氮肥和种植密度对玉米产量与品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [4] 张世煌,田清震,李新海,等. 玉米种质改良与相关理论研究进展[J]. 玉米科学,2006,14(1):1–6.
ZHANG S H, TIAN Q Z, LI X H, et al. Advancement of maize germplasm improvement and relevant research[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(1): 1–6. (in Chinese)
- [5] 崔爱民,张久刚,张虎,等. 我国玉米生产现状及发展变革[J]. 中国农业科技导报,2020,22(7):10–19.
CUI A M, ZHANG J G, ZHANG H, et al. Preliminary exploration on current situation and development of maize production in China[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2020, 22(7): 10–19. (in Chinese)
- [6] 张铭堂,李建生,才卓. 作物遗传学发展历程回顾与玉米育种目标的前瞻[J]. 玉米科学,2011,19(2):1–5.
ZHANG M T, LI J S, CAI Z, et al. Review on crop genetics progress and prospective of maize breeding objectives[J]. Journal of Maize Sciences, 2011, 19(2): 1–5. (in Chinese)
- [7] 赵久然,王帅,李明,等. 玉米育种行业创新现状与发展趋势[J]. 植物遗传资源学报,2018(19):63–74.
ZHAO J R, WANG S, LI M, et al. Current status and perspective of maize breeding[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018(19): 63–74. (in Chinese)
- [8] 王美霞,程丹阳,陈保国,等. 2013–2022年山西省审定玉米品种品质特征分析[J]. 玉米科学,2024,32(5):9–14.
WANG M X, CHENG D Y, CHEN B G, et al. Analysis of quality characteristics of approved corn varieties in Shanxi province from 2013 to 2022[J]. Journal of Maize Sciences, 2024, 32(5): 9–14. (in Chinese)
- [9] 杨书成,杨振兴,宋景楠. “十一五”我国普通玉米品质现状与分析[J]. 农业科技通讯,2011(8):5–7.
YANG S C, YANG Z X, SONG J N. China “Eleventh Five-Year Plan” common corn quality status and analysis[J]. Bulletin of Agri-

- cultural Science and Technology, 2011(8): 5-7. (in Chinese)
- [10] 陈先敏,梁效贵,赵雪,等. 历年国审玉米品种产量和品质性状变化趋势分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(21):4020-4029. CHEN X M, LIANG X G, ZHAO X, et al. Analysis on the trends of yield and quality related traits for maize hybrids released in China over the past years[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(21): 4020-4029. (in Chinese)
- [11] 赵琳,张瑞英,王剑平,等. 2017-2021年黑龙江省审定玉米品种品质状况分析[J]. 耕作与栽培, 2022, 42(5):95-100. ZHAO L, ZHANG R Y, WANG J P, et al. Analysis of the quality status of maize varieties approved in Heilongjiang Province from 2017 to 2021[J]. Tillage and Cultivation, 2022, 42(5): 95-100. (in Chinese)
- [12] 荆绍凌,任军,代玉仙,等. 吉林省玉米品种概况及品质现状分析[J]. 玉米科学, 2015, 23(4):21-26. JING S L, REN J, DAI Y X, et al. Quality status survey and analysis of maize varieties in Jilin Province[J]. Journal of Maize Sciences, 2015, 23(4): 21-26. (in Chinese)
- [13] U.S.Grains Council. 2022/2023年玉米收获品质报告[R/OL]. <http://files.grains.org.cn/Corn/>, 2023.
- [14] 张晓芳. 玉米种质资源品质性状的鉴定与评价[J]. 玉米科学, 2006, 14(1):18-20. ZHANG X F. Identification and evaluation of quality traits in corn germplasm[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(1): 18-20. (in Chinese)
- [15] 王利锋,曹言勇,李晶晶,等. 不同玉米群体间主要子粒品质性状的差异分析[J]. 河南农业科学, 2014, 43(7):28-30. WANG L F, CAO Y Y, LI J J, et al. Differentiation analysis of main grain quality properties in different maize populations[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2014, 43(7): 28-30. (in Chinese)
- [16] 白永新,陈保国,张润生,等. 普通玉米品质育种的现状分析与综合评价[J]. 玉米科学, 2003, 11(2):50-53. BAI Y X, CHEN B G, ZHANG R S, et al. The situation analysis and integrated evaluation of quality breeding in normal corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2003, 11(2): 50-53. (in Chinese)
- [17] 孙琦,张世煌,李新海,等. 中国不同年代主推玉米品种品质性状的变化趋势[J]. 中国农业科学, 2014, 47(14):2723-2730. SUN Q, ZHANG S H, LI X H, et al. The trend of quality traits of maize varieties released extensively in different eras in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(14): 2723-2730. (in Chinese)
- [18] 张丽,董树亭,刘存辉,等. 玉米子粒容重与产量和品质的相关分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2):405-411. ZHANG L, DONG S T, LIU C H, et al. Correlation analysis on maize test weight, yield and quality[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(2): 405-411. (in Chinese)
- [19] 张士龙,黄益勤,贺正华,等. 非洲玉米种质资源主要品质性状分析与评价[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(16):4093-4095, 4099. ZHANG S L, HUANG Y Q, HE Z H, et al. Identification and evaluation on main quality traits of maize germplasm derived from Africa [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2016, 55(16): 4093-4095, 4099. (in Chinese)
- [20] 赵海军,史佳晴,王彬,等. 150份玉米自交系子粒及其品质性状的综合评价[J]. 河南农业科学, 2023, 52(5):33-39. ZHAO H J, SHI J Q, WANG B, et al. Comprehensive evaluation of grain and its quality traits of 150 maize inbred lines[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2023, 52(5): 33-39. (in Chinese)
- [21] 梁效贵,张经廷,周丽丽,等. 华北地区夏玉米临界氮稀释曲线和氮营养指数研究[J]. 作物学报, 2013, 39(2):292-299. LIANG X G, ZHANG J T, ZHOU L L, et al. Critical nitrogen dilution curve and nitrogen nutrition index for summer maize in north China plain[J]. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(2): 292-299. (in Chinese)
- [22] 魏良明,戴景瑞,刘占先,等. 普通玉米蛋白质、淀粉和油分含量的遗传效应分析[J]. 中国农业科学, 2008(11):3845-3850. WEI L M, DAI J R, LIU Z X, et al. Genetic effects of grain protein, starch and oil contents in maize[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(11): 3845-3850. (in Chinese)
- [23] 马平. 玉米农艺性状与子粒营养成分的遗传特性研究[D]. 太谷:山西农业大学, 2022.
- [24] 段鹏飞,刘天学,赵春玲,等. 气象因子对河南省夏玉米产量与品质的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(2):353-357. DUAN P F, LIU T X, ZHAO C L, et al. Effects of climatic factors on grain yield and quality of summer corn in Henan Province[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2011, 25(2): 353-357. (in Chinese)
- [25] 顾晓红. 中国玉米种质资源的分析与评价[J]. 玉米科学, 1998, 6(1):14-16. GU X H. Analysis and evaluation of maize germplasm resources in China[J]. Journal of Maize Sciences, 1998, 6(1): 14-16. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)