

引用格式:李娟,刘鹏飞,余彩霞,等.贵州省2015—2024年审定普通玉米品种性状变化趋势分析[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2026,44(3):143-152. [Li Juan, Liu Pengfei, Yu Caixia, et al. Analysis on trait variation trends of approved common maize varieties in Guizhou province from 2015 to 2024[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2026, 44(3):143-152.]

贵州省2015—2024年审定普通玉米品种性状 变化趋势分析

李娟^{1,2},刘鹏飞³,余彩霞¹,代静^{1,4},郭向阳^{3*}

(1. 贵州省农业科学院 农作物品种资源研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 农业农村部喀斯特山区作物基因资源与种质创新重点实验室, 贵州 贵阳 550006; 3. 贵州省农业科学院 旱粮研究所, 贵州 贵阳 550006; 4. 农业农村部植物新品种测试(贵阳)分中心, 贵州 贵阳 550006)

摘要:分析玉米品种性状变化趋势对贵州喀斯特山区玉米育种改良和产业发展具有重要实践价值。本研究搜集2015—2024年贵州省审定的376个普通玉米品种相关数据,系统分析其生育期、株型、产量、品质、抗病等性状的年度变化趋势,探究性状间关联性并开展主成分分析,得出结论:1)审定品种数量呈阶段性增长,2019年前年均审定14.5份,2019年后增至53份,与种业体制改革等政策举措直接相关;2)16个性状呈规律性变化,生育期、百粒重呈极显著上升趋势,年均分别增加1.17 d、0.46 g;株高、粗淀粉含量呈显著下降趋势,年均分别降低1.8 cm、0.27%;产量以2021年为临界点先升后降;3)性状间相关性显著,生育期与产量、百粒重极显著正相关,粗蛋白与赖氨酸、容重极显著正相关,与粗淀粉极显著负相关;4)主成分分析将品种审定分为3个阶段,育种方向从2015—2019年的品质改良,逐步向2020—2021年的产量与雄穗性状改良和2022—2024年的综合性状协同优化转变;5)抗病育种成效不均,抗小斑病品种占比高,纹枯病、丝黑穗病抗病品种占比偏低,耐密植品种选育成为未来贵州玉米育种的重要方向。

关键词:品种审定;玉米育种;性状变化;回归分析;主成分分析

中图分类号:S338 文献标识码:A 文章编号:1004—5570(2026)03—0143—10

DOI:10.16614/j.gznj.zrb.2026.03.017

Analysis on trait variation trends of approved common maize varieties in Guizhou province from 2015 to 2024

Li Juan^{1,2}, Liu Pengfei³, Yu Caixia¹, Dai Jing^{1,4}, Guo Xiangyang^{3*}

(1. Institute of Crop Germplasm Resources, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang, Guizhou 550006, China; 2. Ministry of Agriculture and Rural Affairs Key Laboratory of Crop Genetic Resources and Germplasm Innovation in Karst Region, Guiyang, Guizhou 550006, China; 3. Institute of Upland Food Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang, Guizhou 550006, China; 4. Guiyang Sub-center for New Plant Variety Tests,

收稿日期:2026-03-19

基金项目:贵州省科技计划项目[黔科合基础-ZK(2023)一般173];贵州省科技计划项目[黔科合基础MS(2025)314];贵州省科技计划项目[黔科合重大MS(2025)011];贵州省科技计划项目[黔科合服企(2024)003-2];贵州省农业科学院博士基金[黔农科博士基金(2025)04]

作者简介:李娟(1987-),女,博士,助理研究员,研究方向:玉米种质资源及遗传育种,E-mail:2573224736@qq.com.

*通信作者:郭向阳(1982-),男,博士,研究员,硕士生导师,研究方向:玉米遗传育种,E-mail:xyGuo0372@163.com.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guiyang, Guizhou 550006, China)

Abstract: The analysis of trait variation trends in maize varieties holds great practical value for maize breeding improvement and industrial development in the karst mountainous areas of Guizhou Province. This study collected relevant data of 376 approved common maize varieties in Guizhou Province from 2015 to 2024, systematically analyzed the annual variation trends of their growth period, plant architecture, yield, quality, disease resistance and other agronomic traits, explored the correlations among the traits, and conducted principal component analysis. The main conclusions are drawn as follows: 1) The number of approved varieties showed a phased growth trend, with an average of 14.5 varieties approved annually before 2019 and an increase to 53 varieties per year after 2019, which was directly related to policy measures such as the reform of the seed industry system. 2) 16 traits presented regular changes: the growth period and 100-grain weight exhibited an extremely significant upward trend with an annual increase of 1.17 days and 0.46 g respectively; the plant height and crude starch content showed a significant downward trend with an annual decrease of 1.8 cm and 0.27% respectively; the yield increased first and then remained stable with decline, taking 2021 as the critical point. 3) Significant correlations were observed among the traits, the growth period was extremely significantly and positively correlated with yield and 100-grain weight; the crude protein content was extremely significantly and positively correlated with lysine content and test weight, while extremely significantly and negatively correlated with crude starch content. 4) Principal component analysis divided the variety approval process into three stages, and the breeding focus was gradually shifted from quality improvement during 2015—2019 to the improvement of yield and tassel traits during 2020 to 2021, and then to the synergistic optimization of comprehensive traits during 2022 to 2024. 5) The effects of disease resistance breeding were uneven; the proportion of varieties resistant to southern corn leaf blight was relatively high, while the proportion of varieties resistant to maize sheath blight and head smut of maize was low. The breeding of dense-planting tolerant varieties has become an important direction for maize breeding in Guizhou in the future.

Keywords: varieties approved; maize breeding; trait variation; regression analysis; principal component analysis

0 引言

作为重要的粮食、饲料与工业原料作物,玉米在我国的种植面积目前已位居各类作物首位^[1-2]。种子是农业发展的“芯片”,高产、优质、抗逆性强的优良品种是实现玉米增产、助力农民增收的核心举措^[3-4]。据研究,品种选育对我国玉米产量增长的贡献率已超过45%^[5]。徐国强等^[7]针对河南省2000—2020年审定的玉米品种,探讨了其主要性状的演变特征及未来的育种方向,提出应兼顾株高改良与密度适应性提升,增强品种非生物胁迫耐性及抗倒伏能力,并实现千粒重与出籽率的协同提高。栗月萍等^[8]对2011—2021年广西审定的玉米品种特点进行了分析,认为广西各类型品种审定数量呈现逐年增长趋势,普通玉米总体品质优于北方

的马齿或半马齿型玉米。陈先敏等^[9]针对历年国审玉米品种的相关数据,系统分析了其产量与品质性状的变化规律,发现在玉米品种更替进程中,千粒重及容重等性状是国内品种改良的关键目标。张盼等^[10]针对2017—2022年参加国家玉米品种审定生产试验的品种品质性状进行分析,提出加强不同生态区玉米优异种质资源融合,可以提高我国玉米品种的综合品质性状。

玉米也是贵州省的主要粮食作物,其栽培历史悠久,分布广泛。由于贵州省独特且复杂的地形地势与气候条件,玉米种植区域划分为:贵州东部、西部、高海拔、低热河谷区等^[6]。每个种植区域的生态条件不同,该区域内所种植的玉米品种也不尽相同,因此近年来贵州的玉米品种出现了“百花齐放”的局面,这些品种分别在不同时期和不同区域为贵州省的玉米生产做出了重要贡献。对历年品

种演变过程中的相关性状进行分析,可为贵州省玉米育种目标性状改良提供借鉴。

本研究通过对2015—2024年贵州省审定玉米品种相关数据的查阅与整理,以贵州省近年审定的普通玉米品种为研究对象,分析其生育期、株型、雄穗、产量、品质及抗病性状随年份的变化特征,探究近年来贵州省玉米品种的产量、品质及抗病性状之间相关性状的变化趋势及其关系,以期深入认识贵州省玉米品种更替对玉米品种产量、品质及抗病性状的影响,为贵州省玉米育种改良提供理论支撑与实践参考。

1 材料与方法

1.1 数据采集

依托中国种业大数据(<http://202.127.42.145/bigdataNew/home/ManageOrg>)、种业商务网(<https://www.chinaseed114.com/seed/>)等种业领域权威信息平台,于2025年5月搜集2015—2024年贵州省公开发布的普通玉米品种审定资料及相关性状数据,具体涵盖生育期、株型性状、雄穗性状、果穗性状,以及产量、品质、抗病性等相关性状指标。

1.2 数据提取与统计分析

对2015—2024年贵州省审定的376份普通玉米品种资料进行数据提取与整理,涉及生育期及株型相关性状(生育期、株高、穗位高)、雄穗相关性状(雄穗分枝数、雄穗最低位侧枝以上主轴长度、雄穗最高位侧枝以上主轴长度)、产量性状(穗长、秃尖长度、穗行数、百粒重、亩产量)、品质性状(粗蛋白、粗淀粉、粗脂肪、赖氨酸及容重)、抗病性状(小斑病、大斑病、纹枯病、穗腐病、丝黑穗病、灰斑病)等数据,并按年度进行归类汇总。个别年份的个别品种数据不全,以数据缺失进行处理。针对仅提供取值范围的部分品种及性状指标,利用其算术平均值开展分析与绘图。采用Microsoft Excel 2021、IBM SPSS Statistics 24.0等软件对数据进行线性与分段回归分析、主成分分析及相关性分析,随后采用Origin 2021与RStudio进行绘图。

2 结果与分析

2.1 贵州省近10年审定普通玉米品种与数量

玉米作为贵州省的主要粮食作物^[11],其品种

审定的数量与质量对于贵州省粮食生产意义重大。近十年审定的玉米品种显示(图1),2015—2024年通过贵州省审定的普通玉米共376份,在2015、2016年审定数量最少,均为13份,在2023年普通玉米审定数量最多,为70份。2015—2018年,贵州省年度间审定普通玉米品种数量变化不大,保持在13~17份之间,年均14.5份,从2019年开始,贵州省年度间审定普通玉米品种数量相较2015—2018年急剧增加,保持在34~70份之间,年均53份。

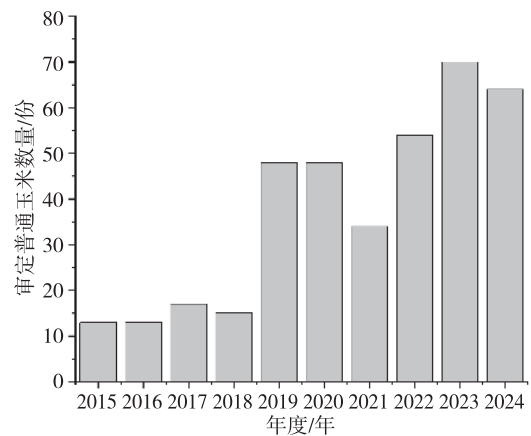


图1 2015—2024年贵州普通玉米品种审定情况

Fig. 1 Analysis on approved maize varieties in Guizhou Province from 2015 to 2024

2.2 生育期及株型随年份变化分析

在贵州省近10年普通玉米审定品种生育期性状中,年均生育期随年份变化呈现极显著提高趋势($R^2 = 0.595, P < 0.01$),其中2015年审定普通玉米品种生育期最短(124.53 d),2023年最长(136.23 d),年均升高1.30 d。在株型性状中,年均株高随年份呈现显著下降趋势($R^2 = 0.443, P < 0.05$),最低的年份为2024年(271.39 cm),最高的年份为2018年(289.37 cm),年均降低2.00 cm;近10年穗位高随年份呈下降趋势($R^2 = 0.296, P > 0.05$),其中2024年最低(111.49 cm),2018年最高(123.44 cm),年均降低1.33 cm。见图2。

2.3 雄穗性状年度间变化趋势分析

通过对贵州省近10年审定的普通玉米品种雄穗相关性状分析可知(图3),年均雄穗分枝数、最低位侧枝以上主轴长度、最高位侧枝以上主轴长度均随年度呈缓慢上升趋势,其回归系数依次为 $R^2 = 0.011, R^2 = 0.053, R^2 = 0.052$,显著性均为 $P > 0.05$ 。年均雄穗分枝数最少的是2019年(10.79),最多的是2017年(13.40),年均增加0.29;雄穗最低位

侧枝以上主轴长度最短为2016年(38.47 cm), 2023年最长(41.34 cm), 年均增加0.32 cm; 最高

侧枝以上主轴长度最短的是2016年(26.06 cm), 2023年最长(29.11 cm), 年均增加0.34 cm。

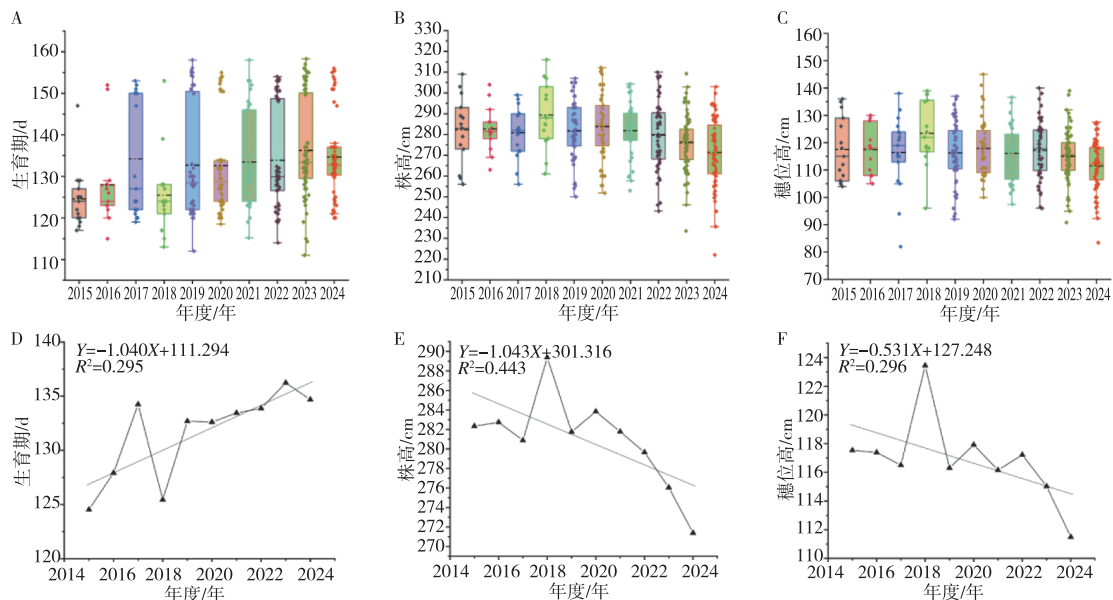


图2 2015—2024年贵州省普通玉米生育期、株高与穗位高的年度数据分布与回归分析

Fig. 2 Data distribution and analysis for agronomic traits in maize: developmental stage, plant height and ear height in Guizhou Province from 2015 to 2024

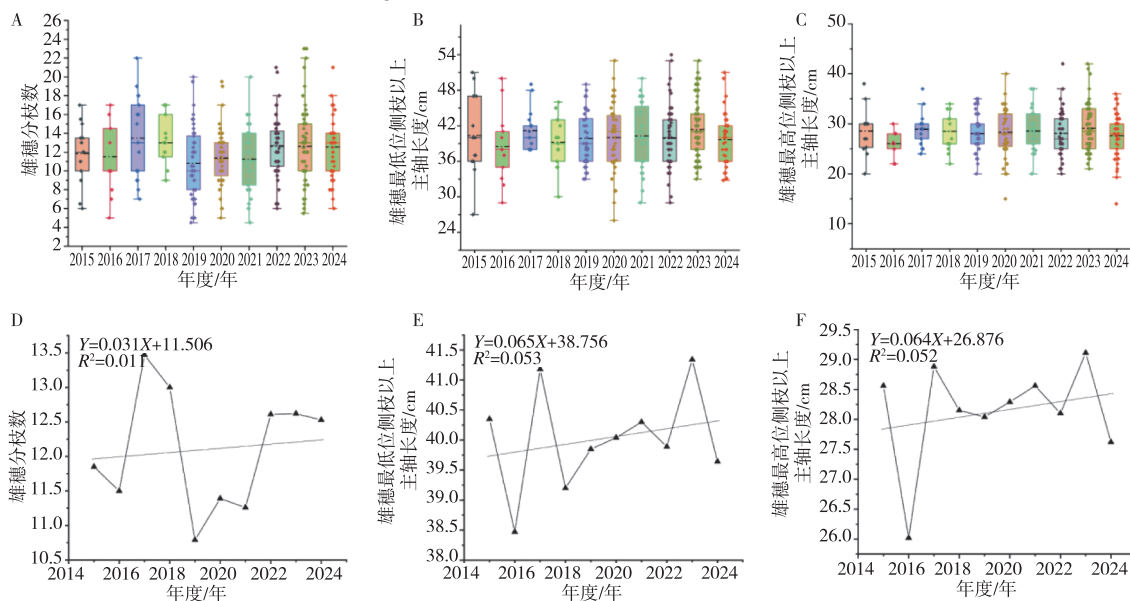


图3 2015—2024年贵州省普通玉米品种雄穗性状的年度数据分布与回归分析

Fig. 3 Data distribution and analysis for common maize varieties released in Guizhou Province from 2015 to 2024

2.4 产量及产量相关性状随年份变化趋势分析

2015—2024年,贵州省审定普通玉米品种的穗长随年份呈现缓慢上升趋势($R^2 = 0.296, P > 0.05$),其中2017年最短(18.88 cm),2016年最长(19.95 cm),年均增加0.12 cm;秃尖长性状在近10年呈下降趋势($R^2 = 0.347, P > 0.05$),2022年最短(0.90 cm),2018年最长(1.41 cm),年均减少

0.06 cm;玉米穗行数在近10年呈现下降趋势($R^2 = 0.216, P > 0.05$),其中2024年最少(15.91),2018年最多(16.85),年均减少0.10;近10年百粒重性状呈极显著上升趋势($R^2 = 0.802, P < 0.01$),最小的年份是2015年(34.79 g),最大的是2024年(39.37 g),年均增加0.51 g。就品种而言,百粒重值最高的品种是惠民玉3510,为48.10 g。结合贵

贵州省2015—2024年普通玉米产量变化特征,产量性状采用分段线性回归方法进行分析,结果显示:贵州省近10年来审定的玉米品种年均产量以2021年为分界点,划分为2个阶段,2015—2020年呈快速上升趋势($R^2 = 0.838, P < 0.01$),年均增加 $223.73 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;2021—2024年,品种产量平稳波动、总体呈缓慢下降趋势($R^2 = 0.068, P >$

0.05),年均降低 $96.57 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。年均产量最低的年份是2015年($9\,969.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),最高的年份是2020年($11\,088.45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。就品种而言,产量最高的是毕单20号($13\,144.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),产量最低的品种是金玉588($8\,781 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。见图4。

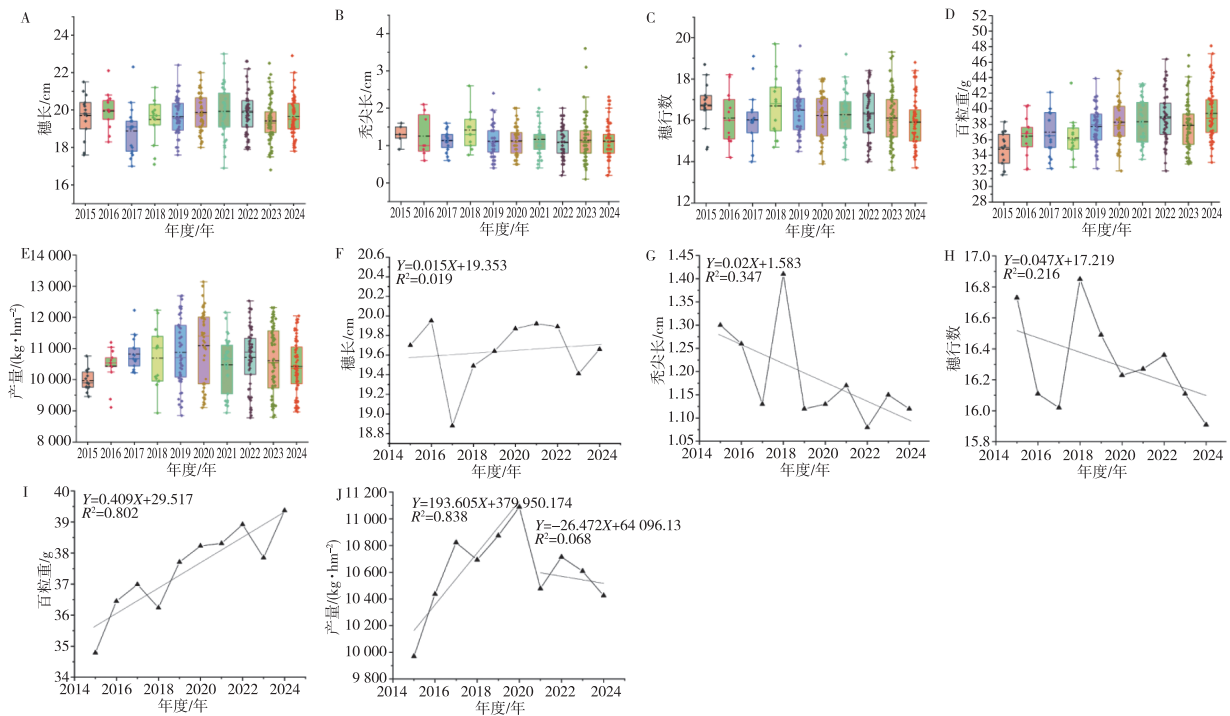


图4 2015—2024年贵州省普通玉米品种产量相关性状的年度数据分布与回归分析

Fig. 4 Data distribution and analysis of yield-related traits for common maize varieties in Guizhou Province from 2015 to 2024

2.5 品质性状年度间变化趋势分析

对贵州省376个普通玉米品种的主要品质性状(粗蛋白、粗淀粉、粗脂肪、赖氨酸含量及容重)进行统计与分析(图5),近10年普通玉米年均粗蛋白含量呈上升趋势($R^2 = 0.275, P > 0.05$),最低的年份是2018年(8.86%),最高是2024年(10.51%),年均增加0.18%,就品种而言,粗蛋白含量最高的是友玉009(13.14%);年均粗淀粉含量呈显著下降趋势($R^2 = 0.545, P < 0.05$),最低是2022年(71.98%),最高是2016年(74.68%),年均降低0.30%,就品种而言,粗淀粉含量最低的是天府玉81(65.91%),最高的是金禾102(77.7%);年均粗脂肪含量呈缓慢增加趋势($R^2 = 0.096, P > 0.05$),最低的是2016年(4.55%),最高是2015年(5.02%),年均增加0.05%;赖氨酸含量随年份呈缓慢上升趋势($R^2 = 0.039, P > 0.05$),最低的年份是2018年(0.28%),最高的是2021年(0.32%),

年均增加0.004%;近10年容重呈现缓慢下降趋势($R^2 = 0.074, P > 0.05$),最低是2020年(754.88g),最高的是2017年(782.56g),年均降低3.08g。

2.6 抗病性状年度间变化趋势分析

抗病性是玉米品种审定、品种推广的重要指标之一。通过对贵州省2015—2024年审定品种的小斑病、大斑病、纹枯病、穗腐病、丝黑穗病、灰斑病等病害抗病、感病情况进行统计,结果如表1所示。从不同病害的抗病品种占比来看,抗小斑病玉米品种占比明显比其他病害高,抗纹枯病品种占比较其他病害低,说明目前贵州省在抗小斑病品种选育方面较成功。在抗病品种的数量占比方面,小斑病抗病品种占比高,纹枯病与丝黑穗病抗病品种占比较低。从年度间各病害变化趋势来看,自2019年起,抗丝黑穗病、抗灰斑病品种数量占比有所增加,2020年后,抗小斑病、抗穗腐病品种数量占比提升明显。

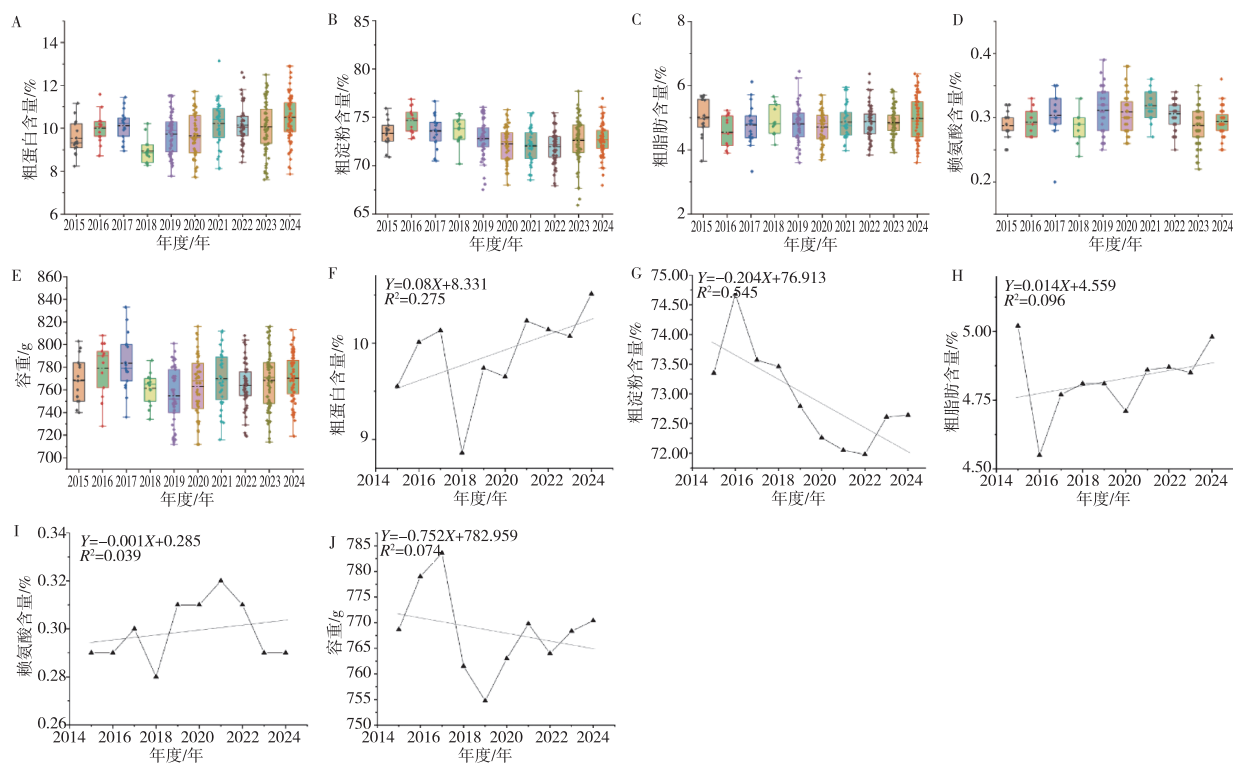


图5 2015—2024年贵州省普通玉米品种品质相关性状的年度数据分布与回归分析

Fig. 5 Data distribution and analysis of quality-related for common maize varieties in Guizhou Province from 2015 to 2024

表1 2015—2024年贵州省年主要病害抗病(HR+R)与感病(S+HS)品种数量占比

Tab. 1 Proportion of varieties resistant (HR+R) and susceptible (S+HS) to major diseases in Guizhou Province from 2015 to 2024

年份/年	小斑病/%	大斑病/%	纹枯病/%	穗腐病/%	丝黑穗病/%	灰斑病/%
2015	53.85/0	38.46/7.69	7.69/53.85	0/38.46	7.69/69.23	0/0
2016	46.15/0	30.77/38.46	15.38/7.69	15.38/23.08	0/53.85	30.77/38.46
2017	47.06/5.88	52.94/0	5.88/58.82	0/41.18	23.53/47.06	41.18/17.65
2018	26.67/40.00	26.67/0	26.67/6.67	26.67/33.33	6.67/60.00	13.33/40.00
2019	29.17/18.75	29.17/27.08	4.17/43.75	16.67/43.75	45.83/29.17	43.75/18.75
2020	72.92/4.17	81.25/2.08	50.00/10.42	50.00/10.42	60.42/25.00	54.17/18.75
2021	67.65/20.59	73.53/2.94	14.71/52.94	29.41/11.76	29.41/47.06	61.76/14.71
2022	98.15/0	12.96/18.52	9.26/55.56	68.52/11.11	31.48/42.59	85.19/1.85
2023	78.57/4.29	30.00/12.86	38.57/21.43	45.71/17.14	51.43/31.43	65.71/2.86
2024	92.19/3.13	48.44/12.5	37.50/26.56	37.5/10.94	18.75/64.06	53.13/1.56

注:HR为高抗;R为抗;HS为高感S为感。数据格式##/##表示抗病(HR+R)品种数量占比/感病(S+HS)品种数量占比。

2.7 16个性状间的相关性分析

为考察贵州省近10年来审定的普通玉米各性状之间的相互关系,为后续玉米育种中目标性状选择提供理论支撑,本研究还针对376份审定普通玉米品种的16个农艺性状及产量性状进行了相关性分析。分析结果表明(图6),贵州省近10年来审定的普通玉米品种的生育期与产量、百粒重呈极显著正相关关系;在株型性状中,株高与穗位高、穗长极显著正相关;在产量性状中,玉米品种的穗长与

产量、株高呈极显著正相关关系,百粒重与穗长、产量呈显著正相关关系;在雄穗相关性状中,雄穗最低位侧枝以上主轴长度与雄穗最高位侧枝以上主轴长度呈极显著正相关关系;在品质性状中,粗蛋白含量与赖氨酸含量、容重极显著正相关,与粗淀粉含量呈现极显著的负相关关系,粗脂肪含量与容重呈现极显著正相关关系,粗淀粉含量与赖氨酸含量及粗脂肪含量呈现极显著负相关关系。

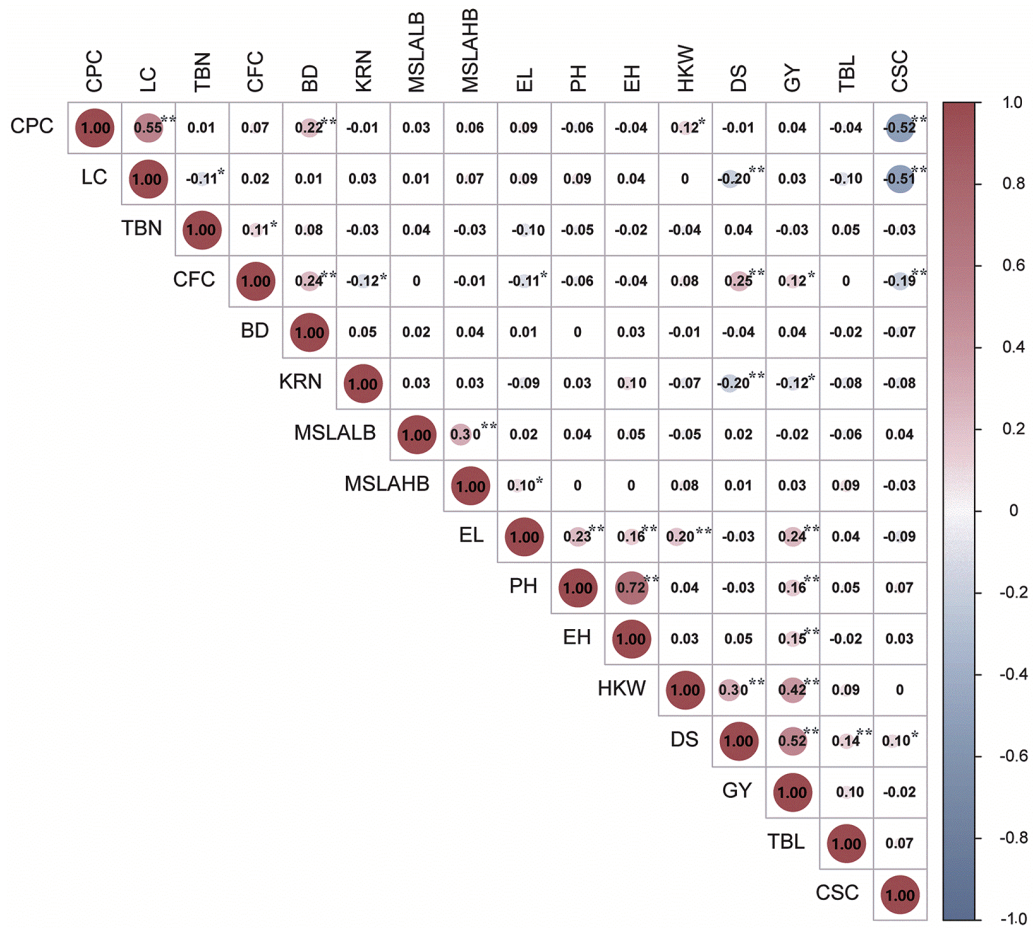


图6 2015—2024年贵州审定普通玉米品种16个性状相关性分析

Fig. 6 Correlation analysis of 16 related traits of common maize varieties in Guizhou Province from 2015 to 2024

注:DS为生育期;PH为株高;EH为穗位高;EL为穗长;KRN为穗行数;TBL为秃尖长;HKW为百粒重;TBN为雄穗分枝数;MSLALB为雄穗最低位侧枝以上主轴长度;MSLAHB为雄穗最高位侧枝以上主轴长度;CPC为粗蛋白含量;CFC为粗脂肪含量;CSC为粗淀粉含量;LC为赖氨酸含量;BD为容重;GY为产量,下同。

2.8 16个性状间的主成分分析

基于2015—2024年贵州省审定的376份玉米品种的16个性状开展主成分分析,结果显示,近年来贵州普通玉米审定根据特征值变化与主成分累计百分率可分化为3个阶段(表2、图7)。其中:2015—2019年为第一阶段,筛选得到7个成分特征值大于1的主成分,累计贡献率达到81.175%,能较全面地涵盖16个性状的主体信息;在16个性状中,粗蛋白、粗脂肪与赖氨酸含量是导致该阶段品种性状分化的关键因子。在此阶段,育成并审定了北玉1521、正大808、金玉579等优良品种,其中,北玉1521在西南地区年累计推广 $6.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上,正大808为贵州省低热河谷组试验对照品种,金玉579因其株型紧凑及综合表现良好,成为玉米大豆带状复合种植主推品种;第二阶段是2020—2021年,同样获得了7个特征值大于1的主成分,

其累计贡献率为79.746%;在16个性状中,雄穗最低位侧枝以上主轴长度、雄穗最高位侧枝以上主轴长度、百粒重以及产量等性状是造成第二阶段品种间差异的主要原因。在此阶段,审定了锋登玉2号、山玉13等优良品种,两者以广谱抗病、稳产等优势成为贵州省西部白粒玉米主推品种,年推广面积在 $6.66 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上。峰登玉2号自2025年起,已成为贵州省玉米区域试验高山组对照品种;第三阶段为2022—2024年,前7个主成分特征值为0.83,累计贡献率为76.438%,且在16个性状中,生育期、产量、雄穗最低位侧枝以上主轴长度及粗脂肪含量等性状是此阶段品种间表型性状差异的主要因素。在此阶段,审定了贵卓玉9号、锋登玉7号等代表性品种,其中,贵卓玉9号稳产、高海拔适配、抗病抗逆性强,是贵州省高海拔区域黄粒玉米主推品种。

表2 2015—2024 贵州省年审定的普通玉米品种 16 个性状的主成分分析

Tab.2 Principal component analysis of 16 traits for maize varieties in Guizhou from 2015 to 2024

成分	2015—2019 年			2020—2021 年			2022—2024 年		
	特征值	贡献率/%	累计百分率/%	特征值	贡献率/%	累计百分率/%	特征值	贡献率/%	累计百分率/%
成分1	3.283	20.520	20.520	3.404	21.273	21.273	3.060	19.125	19.125
成分2	2.371	14.817	35.337	2.816	17.601	38.875	2.391	14.942	34.067
成分3	1.951	12.192	47.528	1.878	11.737	50.611	1.747	10.918	44.985
成分4	1.641	10.258	57.787	1.303	8.142	58.753	1.530	9.562	54.547
成分5	1.541	9.632	67.419	1.187	7.417	66.170	1.412	8.826	63.373
成分6	1.133	7.081	74.499	1.129	7.058	73.228	1.261	7.878	71.252
成分7	1.068	6.676	81.175	1.043	6.518	79.746	0.830	5.186	76.438

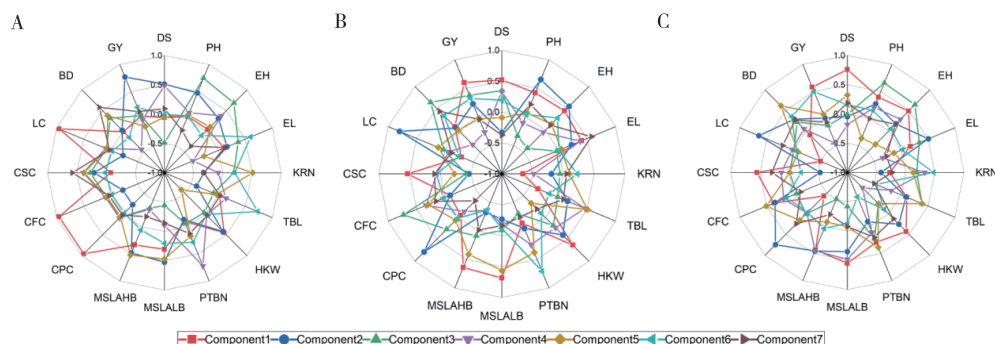


图7 2015—2024 年贵州省审定普通玉米品种 16 个性状的主成分分析特征向量

Fig.7 Eigenvectors from principal component analysis of 16 traits in maize varieties registered in Guizhou Province from 2015 to 2024

3 讨论

3.1 性状变化趋势探究

对历年来的品种审定信息及相关性状进行分析,可以为未来玉米育种性状改良提供借鉴^[11]。2015—2024 年贵州省共审定 376 份普通玉米品种,2019 年后审定数量大幅增长,这与《种子法》颁布实施、种业体制改革及增加联合体试验、审定绿色通道的开通密切相关。回归分析结果显示,近 10 年贵州审定普通玉米的生育期、百粒重呈极显著上升趋势,株高、粗淀粉含量呈显著下降趋势,穗位高、秃尖长等性状呈缓慢下降趋势,雄穗相关性状、粗蛋白与赖氨酸含量则呈小幅上升态势。产量以 2021 年为临界点呈“先升后稳降”特征,2015—2020 年年均增产 111.87 kg·hm⁻²,后续进入平稳波动阶段。在玉米抗病性选育方面,抗小斑病品种占比显著高于其他病害,2019 年后抗丝黑穗病、灰斑病品种占比逐步提升,2020 年后抗小斑病、穗腐病品种占比提升明显,但纹枯病、丝黑穗病抗病品种占比仍处于较低水平,这与叶文超等^[12]对 2010—2019 年国审玉米新品种抗病性的统计研究结论一致。

3.2 性状间相关性

16 个性状间相关性分析表明,生育期与产量、百粒重呈极显著正相关,这是因为生育期的合理延长能提升玉米生产效率,进而推动产量提升^[13];株高的显著下降可增强品种抗倒伏能力,与前人关于玉米抗倒伏性与株型性状的关联研究结论相契合^[14];受籽粒大小及品质影响的百粒重^[15-16]与产量呈显著正相关,是近 10 年贵州省玉米产量提升的核心贡献因子。品质性状中粗蛋白与粗淀粉呈极显著负相关,这与陈先敏等^[9]的研究结论相符,究其原因,玉米籽粒淀粉与蛋白质的积累存在碳氮代谢底物竞争关系^[17-18],粗蛋白、赖氨酸等品质指标的提升,成为粗淀粉含量下降的重要因素。

3.3 3 个阶段主成分分析

主成分分析可有效去除信息重复,用少数几个保留原始变量大部分信息的不相关主成分来代替原本较多的变量,解析变量之间的内在联系^[19],在品种审定多样性分析与种质资源遗传多样性分析中应用较多^[20-21]。主成分分析将近 10 年贵州玉米品种审定划分为 3 个阶段,各阶段主导品种性状差异的因子不同:2015—2019 年以粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸等品质性状为核心,反映该阶段品种品

质性状遗传多样性较丰富;2020—2021年差异集中在雄穗主轴长度、百粒重及产量,表明此阶段育种重点向产量与雄穗性状改良倾斜;2022—2024年则以生育期、产量、雄穗最低位侧枝以上主轴长度和粗脂肪含量为关键,体现出育种对品种综合性状协同优化的重视,这与主成分分析在作物种质资源遗传多样性分析中的应用规律相一致。

3.4 贵州省玉米育种趋势

单产提升是玉米育种研究的重要目标之一,而提高种植密度是增产最直接有效的措施^[22-25]。因适当的密植能最大程度显现冠层优势,增大叶面积指数,使不同层次的光能够得到最大限度的利用,进而提高光能利用效率,从而达到增产的目的^[26-28]。目前贵州玉米育种仍以稀植大穗型品种为主^[29-30],区域试验密度通常在49 500株·hm⁻²,适配西南山区破碎地块的种植需求^[31],也与西南地区玉米品种的种植特点相契合,但随着耕地条件的改善与栽培技术的提升,单一品种类型已难以满足生产发展需求。2025年贵州省在玉米区试东部组增设高密度组,标志着育种方向开始向耐密植转变。未来贵州及西南地区玉米育种可能形成双方向发展格局:一方面持续选育低密度稀植大穗、抗病抗倒品种,满足贵州山区传统种植需求;另一方面加强早熟、耐密植、株型紧凑的种质资源引进与改良,选育穗形中等、适配小型机械化的品种,解决玉米-油菜茬茬问题,提升耕地条件良好区域的单产水平。同时,需进一步强化纹枯病、丝黑穗病等薄弱病害的抗源筛选与改良,提升品种应对极端天气的抗逆性与生产抗风险能力,为区域玉米产业高质量发展提供品种支撑。

4 结论

本文基于对种业大数据分析,对2015—2024年贵州省审定的普通玉米品种进行性状变化趋势分析,较为客观地反映了审定品种生育期、株型、产量、品质、抗病性等方面性状的变化方向,得出如下结论:

1) 2015—2024年间贵州省共审定376份普通玉米品种,审定数量呈阶段性增长特征,2019年前年均审定14.5份,2019年后增至53份,这一变化与贵州深化种业体制改革、增设联合体试验、审定绿色通道开辟等政策举措直接相关。

2) 2015—2024年贵州审定的玉米品种生育期、株型、雄穗、产量、品质等相关性状呈规律性变

化,生育期、百粒重呈极显著上升趋势,株高、粗淀粉含量呈显著下降趋势,雄穗相关性状、粗蛋白及赖氨酸含量小幅上升,产量以2021年为临界点先升后稳降。

3) 玉米各性状间相关性显著,生育期与产量、百粒重呈极显著正相关关系,百粒重是产量提升的核心贡献因子。粗蛋白含量与赖氨酸含量、容重极显著正相关,与粗淀粉含量极显著负相关,碳氮代谢底物竞争是品质性状消长的主要原因。

4) 主成分分析将品种审定划分为3个阶段,2015—2019年差异主导性状为粗蛋白含量、粗脂肪含量等品质指标,2020—2021年为雄穗侧枝以上主轴长度、百粒重及产量,2022—2024年为生育期、产量及粗脂肪含量,育种方向逐步从单一品质改良向综合性状协同优化转变。

5) 在抗病育种方面,贵州在各病害间改良成效不等,抗小斑病育种成效明显,抗病品种占比较高,2019年后抗丝黑穗病、灰斑病品种占比提升,但纹枯病、丝黑穗病抗病品种占比持续偏低。当前贵州育种方向仍以稀植大穗型为主,耐密植品种选育已成为未来发展重要方向。

参考文献:

- [1] 李少昆,王立春,王璞,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.
- [2] 马晨晨,叶飞宇,张晓东,等. 玉米生长素应答因子ARF基因家族的全基因组鉴定及表达特征分析[J]. 种子,2025,44(10):11-20.
- [3] 刘世梦倪,宋敏. 品种改良对玉米单产的贡献率分析[J]. 河南农业大学学报,2021,55(2):364-371.
- [4] 王晓东,傅迎军,孙殿会,等. 北方玉米品种更替过程中品质的演变[J]. 玉米科学,2015,23(4):10-14.
- [5] 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.
- [6] 郭向阳,陈泽辉,祝云芳,等. 贵州育成杂交玉米品种的产量变化与种质基础[J]. 西南农业学报,2014,27(4):1353-1357.
- [7] 徐国强,苏萍萍,段海洋,等. 河南省近20年玉米品种主要性状的演变及育种方向分析[J]. 分子植物育种,2023,21(12):4158-4169.
- [8] 粟月萍,王兵伟,时成俏,等. 广西2011—2021年审定玉米品种特点分析及对今后育种的启示[J]. 热带农业科学,2024,44(3):1-9.
- [9] 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.
- [10] 张盼,卢道文,孙海潮,等. 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[J]. 玉米科学,

- 2025,33(5):27-34.
- [11] 魏鹏程,陈杜,罗英舰,等. 基于 AMMI 和 GGE 双标图的贵州不同生态区春玉米丰产性稳产性和试点辨别力评价[J]. 玉米科学,2023,31(1):22-31.
- [12] 叶文超,张震,韩宇琛,等. 1540 份国审玉米新品种的抗性统计分析[J]. 分子植物育种,2025,23(10):3339-3348.
- [13] 钱春荣,王荣焕,于洋,等. 生态区对不同熟期玉米品种生长发育与有效积温生产效率的影响[J]. 黑龙江农业科学,2020(9):1-8.
- [14] 杨德光,马德志,于乔乔,等. 玉米倒伏的影响因素及抗倒伏性研究进展[J]. 中国农业大学学报,2020,25(7):28-38.
- [15] 代力强,徐晨,姜龙. 玉米百粒重性状的 QTL 定位及候选基因分析[J]. 分子植物育种,2025,23(18):5993-6000.
- [16] 张坤,张正,张伟,等. 玉米百粒重全基因组关联分析[J]. 玉米科学,2024,32(1):39-47.
- [17] 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):15-18.
- [18] 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.
- [19] 李庆锋,刘振蛟,李红,等. 基于主成分分析的 5 个玉米外引自交系应用潜力评价[J]. 玉米科学,2025,33(11):37-44.
- [20] 李婷婷,郭瑞,王江浩,等. 河北省玉米地方种质资源表型多样性分析[J]. 玉米科学,2025,33(8):1-11.
- [21] 张亚菲,刘松涛,曹雯梅,等. 黄淮海夏玉米品种主要性状遗传多样性研究[J]. 种子,2021,40(4):96-100.
- [22] Xu Wenjuan, Liu Chaowei, Wang Keru, et al. Adjusting maize plant density to different climatic conditions across a large longitudinal distance in China[J]. Field Crops Research,2017,212(5):126-134.
- [23] 尚赏,郭书亚,张艳,等. 种植密度对夏玉米穗部性状,力学特征及机械粒收破碎率的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(17):64-70.
- [24] 崔晓朋,郭家选,刘秀位,等. 不同种植模式对夏玉米光能利用率和产量的影响[J]. 华北农学报,2013,28(5):231-238.
- [25] 唐心龙,石武良,李斌,等. 玉米光能利用率和产量对密度,施氮量及其互作的响应[J]. 植物营养与肥料学报,2021,27(10):1864-1873.
- [26] 刘炳甫,杜雷,余长平,等. 14 份不同热带血缘比例的玉米材料在西南地区的育种评价[J]. 玉米科学,2025,33(4):27-33.
- [27] 吴雪怡,赵雨楠,何飞飞,等. 高海拔地区玉米生长发育和产量对密度和施肥量的响应特征[J]. 西南农业学报,2025,38(11):2389-2398.
- [28] 丁勇,宋淼,张留声,等. 河南省不同生态区玉米品种密度效应及稳产适应性分析[J]. 南方农业学报,2025,56(5):1589-1602.
- [29] 潘光堂,杨克诚,李芦江,等. 西南山地玉米育种新一轮骨干自交系 SCML0849 的选育与应用[J]. 玉米科学,2024,32(3):1-8.
- [30] 潘光堂,杨克诚. 我国西南地区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.
- [31] 龚辉,何文建,彭昌家,等. 西南地区春玉米区域试验研究[J]. 中国农学通报,2018,34(11):1-5.

责任编辑:彭惠蓉

(上接第 142 页)

- [29] Lakowicz J R. Principles of fluorescence spectroscopy [M]. Boston, MA: Springer US,2006.
- [30] 韩玲玲. 毛蕊异黄酮和毛蕊异黄酮苷对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用及其机制研究[D]. 太原:山西医科大学,2022.
- [31] 廖家乐,方甜,范艳丽. 枸杞叶黄酮对胰脂肪酶活性的抑制作用[J]. 中国食品学报,2022,22(5):43-53.
- [32] 杨鹏,李艳琴. 荞麦黄酮和荞麦糖醇对胰脂肪酶的抑制作用[J]. 食品科学,2015,36(11):60-63.
- [33] Zheng Yuxue, Yang Wenhan, Sun Weixuan, et al. Inhibition of porcine pancreatic α -amylase activity by chlorogenic acid[J]. Journal of Functional Foods, 2020, 64: 103587.
- [34] Anigboro A A, Avwioroko O J, Ohwokevw O A, et al. Phytochemical profile, antioxidant, α -amylase inhibition, binding interaction and docking studies of *Justicia carnea* bioactive compounds with α -amylase[J]. Biophysical Chemistry,2021,269:106529.
- [35] Zhou Kaili, Pan Dongqi, Lou Yanyue, et al. Intermolecular interaction of fosinopril with bovine serum albumin (BSA): the multi-spectroscopic and computational investigation[J]. J Mol Recognit,2018,31(8):e2716.
- [36] Zhang Hailong, Wu Qingxiao, Wei Xiao, et al. Pancreatic lipase and cholesterol esterase inhibitory effect of *Camellia nitidissima* Chi flower extracts in vitro and in vivo[J]. Food Bioscience,2020,37:100682.
- [37] Wang Hao, Wang Jing, Liu Yaojie, et al. Interaction mechanism of carnosic acid against glycosidase (α -amylase and α -glucosidase)[J]. International Journal of Biological Macromolecules,2019,138:846-853.
- [38] 谢凤英,马岩,王晓君,等. 拉曼光谱分析荞麦多酚对米糠蛋白结构的影响[J]. 食品科学,2017,38(3):32-36.

责任编辑:彭惠蓉