

内蒙古杭锦后旗辣椒品种综合评价

蒋雨平¹, 段志平¹, 李杰², 赵强², 张卫峰¹

(1. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100193; 2. 杭锦后旗现代农业发展中心 内蒙古巴彦淖尔 015400)

摘要: 为筛选出适合巴彦淖尔市杭锦后旗及类似生态区域推广的优质高产辣椒品种, 推动当地辣椒产业高质量发展, 本文以从湖南、四川、天津引进的 20 个辣椒品种为研究对象, 利用相关性分析及隶属函数分析法从产量、品质和产值三个维度对辣椒品种进行综合评价。结果表明, 部分辣椒品种在产量、品质等方面存在显著差异。其中, 津红 9 号、川-19 和川-112 在产量方面表现较好, 产量分别为 $41.82 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $44.11 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $39.82 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 适合作为高产高效型品种推广种植。根据当年辣椒市场行情, 津红 9 号、湘-77、川-112 产值较高, 分别为 11.71、11.00、10.35 万元 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。川-22-225、湘-762、川-474 在营养品质上表现较好, 维生素 C 含量均超过 $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 类胡萝卜素含量在 $39.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上, 是功能型和加工型辣椒品种开发的潜在优选。综合来看, 津红 9 号、川-19 和湘-762 在隶属函数分析结果中综合评分位居前三, 表现出较强的适应性和市场潜力, 推荐作为杭锦后旗及类似生态区域的辣椒主栽品种。

关键词: 辣椒; 杭锦后旗; 品种; 产量; 品质

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)12-187-09

Comprehensive evaluation of pepper varieties in Hangjinhouqi, Inner Mongolia

JIANG Yuping¹, DUAN Zhiping¹, LI Jie², ZHAO Qiang², ZHANG Weifeng¹

(1. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Modern Agriculture Development Center of Hangjinhouqi, Bayannur 015400, Inner Mongolia, China)

Abstract: To identify high-quality, high-yielding chili pepper varieties suitable for promotion in Hangjinhouqi, Bayannur city, and similar ecological regions, thereby advancing the high-quality development of the local chili industry. This study comprehensively evaluated 20 chili pepper varieties introduced from Hunan, Sichuan, and Tianjin based on three dimensions: yield, quality, and economic value using correlation analysis and the membership function analysis method. The results indicated that there were significant variations among certain pepper varieties in yield and quality. Among them, Jinhong No. 9, Chuan-19, and Chuan-112 demonstrated good yields of $41.82 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, $44.11 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, and $39.82 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively, making them suitable for promotion as high-yield, high-efficiency varieties. Based on the market conditions for chili pepper that year, Jin Hong 9, Xiang-77, and Chuan-112 yielded relatively high output values of 117 100, 110 000, and 103 500 Yuan $\cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. Chuan-22-225, Xiang-762, and Chuan-474 performed well in nutritional quality, with vitamin C content exceeding $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and carotenoid content reaching over $39.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. These varieties represent promising candidates for developing functional and processing-type chili cultivars. Overall, Jinhong No. 9, Chuan-19, and Xiang-762 ranked top three in the comprehensive evaluation of membership function analysis, demonstrating strong adaptability and market potential. They are recommended as primary pepper cultivars for Hangjinhouqi and similar ecological regions.

Key words: Pepper; Hangjinhouqi; Variety; Yield; Quality

辣椒(*Capsicum annuum* L.)作为一种重要的经济作物,其风味独特、用途多样、营养成分丰富,已成为全球广泛种植的蔬菜作物之一^[1-2]。内蒙古巴彦淖尔市杭锦后旗拥有得天独厚的农业生产条

件,此地光照充足,昼夜温差大,年平均日照时长 3420 h 以上,年平均降水量为 140 mm。黄河水系灌溉体系发达,年引黄水量可达 10 亿 m^3 ^[3],为辣椒等作物的种植提供了优良的生长环境。近年来,随

收稿日期: 2025-03-01; 修回日期: 2025-09-21

基金项目: 中国农业大学与北京新禾丰农化资料有限公司合作项目

作者简介: 蒋雨平,男,在读硕士研究生,主要从事辣椒水肥管理及品种筛选研究。E-mail: 570742886@qq.com

通信作者: 段志平,男,助理研究员,主要从事作物养分资源管理研究。E-mail: d_zhiping12@163.com

着农业产业结构调整深入,杭锦后旗逐步将辣椒产业作为推动地方经济发展、促进农民增收的重要产业,当地辣椒种植面积常年稳定在 0.67 万 hm^2 以上,已成为该地区种植面积最大的蔬菜作物。相关专家预计,未来中国 70% 的干辣椒和 30% 的鲜果加工辣椒生产将转移至内蒙古、新疆^[4],杭锦后旗辣椒市场潜力巨大。

然而,随着市场需求的不断升级,传统的辣椒品种已难以完全满足产业发展和市场消费的多样化需求,主要表现为“高产低值”。部分种植区域以追求产量为主,种植的低质、高产型辣椒品种在市场中缺乏竞争力,价格低廉;而适用于高端市场的优质品种因推广不足或产量较低,难以满足市场需求。这不仅限制了农户收益的增长,也阻碍了辣椒产业向高附加值方向发展。虽然贺殊敏等^[5]在巴彦淖尔已开展过辣椒品种试验的探索,但其未对南方代表省份的辣椒品种尝试引进,并且试验品种较少。

根据内蒙古巴彦淖尔市杭锦后旗辣椒产区“加工型为主、鲜食型为辅”的栽培特点,结合杭锦后旗现代农业发展中心相关农业专家给出的辣椒品种选择建议,从湖南、四川、天津新引进 20 个辣椒品种,结合内蒙古巴彦淖尔市杭锦后旗当地独特的生态条件,利用相关性分析及隶属函数分析法,从产量、品质和产值三个方面对辣椒品种进行综合评价。旨在筛选出适合当地推广的主栽品种,为杭锦后旗及类似生态区域的辣椒品种更新换代提供科学依据,同时为河套平原辣椒品种的选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

考虑到杭锦后旗辣椒产区“以加工型为主、鲜食型为辅”的选择栽培品种的特点,从湖南、四川、天津引进了 20 个辣椒品种,涵盖 16 个加工型品种,4 个鲜食型品种。从品种类别来看,包括 9 个朝天椒品种、4 个线椒品种、4 个羊角椒品种、2 个短锥椒品种和 1 个灯笼椒品种。辣椒果形、品种类别及辣味参考王利群等^[6]对辣椒种质资源的分类方法。20 个辣椒品种的果实性状及种子来源详见表 1。

1.2 试验设计

试验于 2023 年 3 月 3 日至 10 月 2 日在内蒙古巴彦淖尔市杭锦后旗头道桥镇联增村(东经 $107^{\circ}02'13''$,北纬 $40^{\circ}42'55''$)进行,3 月 3 日在杨香育苗公司大棚统一育苗,5 月 5 日定植,10 月 2 日拉秧。

株距为 30 cm,行距为 60 cm,密度为 56 250 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。小区面积 33 m^2 ,3 次重复,随机区组排列。田间随水滴灌施肥,每 667 m^2 施用 N 29.8 kg、 P_2O_5 28.7 kg、 K_2O 16.7 kg,田间管理均按农户传统管理模式进行。

1.3 指标测定

1.3.1 单果质量、单株产量和总产量 辣椒果实 80% 转红时一次性采收,每个小区分别选取 4 株长势均匀、具有代表性的植株,将成熟的果实全部摘下测定总质量,计算单株产量,同时每个品种分别选取 4 个长势均匀的辣椒果实,用电子天平称取总质量,计算单果质量。根据单株产量与种植密度折合计算每 hm^2 总产量。

1.3.2 品质指标测定 在移栽 125 d 后,每小区取 5 个成熟度一致、长势均匀的辣椒新鲜果实,切碎混匀后备用。采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定果实维生素 C 含量^[7];采用紫外分光光度计法测定类胡萝卜素含量^[8];采用糖度计(PAL-1,广州市爱宕科学仪器有限公司)测定可溶性固形物含量(TSS)。采用硬度计(GY-4,山东金科利达仪器有限公司)分别测定 25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下辣椒果实的硬度,每个品种重复测定 10 次。

1.3.3 果实纵径与横径测定 果实纵径:用直尺测量从果肩(不含果柄)至果顶的最大直线距离;果实横径:使用游标卡尺测量果实最宽处垂直于纵轴的最大直径。每个品种选取 9 个辣椒果实测量。

1.3.4 产值 根据 $E=Y \times P$ 分别计算各品种辣椒产值。式中: E 为辣椒产值(万元 $\cdot\text{hm}^{-2}$); Y 为不同辣椒品种产量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$); P 为相应品种辣椒单价(元 $\cdot\text{kg}^{-1}$)(以辣椒商情网站、公众号平台每日发布的辣椒价格走势以及辣椒收购商给出的辣椒收购价格为参考依据)。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 进行数据统计;采用 IBM SPSS 26.0 进行数据方差分析和相关性分析;采用 Origin 2021 作图;采用隶属函数分析法对辣椒产值相关性较强的指标进行综合评估分析,隶属函数值越大,说明辣椒品种的综合品质越好。隶属函数计算公式如下:

$$T_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (\text{正相关});$$

$$T_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (\text{负相关});$$

$$T_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_{ij}。$$

其中 i 表示某个辣椒品种, j 表示某个测定指标, T_{ij} 表示 i 品种 j 指标的隶属函数值, X_{ij} 表示 i 品

表 1 20 个辣椒品种的果实性状及来源
Table 1 Fruit traits and seed origin of 20 pepper variety

序号 No.	品种 Variety	果形 Fruit shape	品种类别 Species category	辣味 Spicy	用途 Purpose	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/cm	果实横径 Fruit transverse diameter/cm	来源 Source
1	川-珠子椒 Chuan-pearl pepper	圆锥形 Conical	短锥椒 Short cone pepper	微辣 Mildly spicy	加工 Processing	4.7~4.9	0.28~0.32	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
2	川-灯笼椒 Chuan-lantern pepper	灯笼形 Bell-shaped	灯笼椒 Bell pepper	微辣 Mildly spicy	加工 Processing	3.8~4.8	3.5~3.8	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
3	川-485 Chuan-485	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	6.3~7.0	1.2~1.8	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
4	川-143 Chuan-143	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	5.5~6.2	1.1~1.4	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
5	川-19 Chuan-19	线形 Linear	线椒 Line pepper	辣 Spicy	鲜食 Fresh food	19.6~22.9	0.9~1.5	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
6	川-147 Chuan-147	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	6.4~7.3	0.9~1.2	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
7	川-483 Chuan-483	羊角形 Horn-shaped	羊角椒 Sheep horn pepper	微辣 Mildly spicy	加工 Processing	18.1~19.7	1.1~1.4	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
8	川-153 Chuan-153	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	5.6~6.7	0.8~1.0	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
9	川-221 Chuan-221	羊角形 Horn-shape	羊角椒 Sheep horn pepper	辣 Spicy	加工 Processing	8.5~8.9	1.3~1.6	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
10	川-112 Chuan-112	圆锥形 Conical	短锥椒 Short cone pepper	辣 Spicy	加工 Processing	5.8~6.3	1.1~1.6	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
11	川-22-225 Chuan-22-225	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	4.8~5.1	0.7~1.1	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
12	川-474 Chuan-474	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	极辣 Extremely spicy	加工 Processing	6.2~7.7	0.9~1.1	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
13	川-231 Chuan-231	线形 Linear	线椒 Line pepper	辣 Spicy	加工 Processing	20.2~22.8	1.6~1.9	川椒种业有限公司 Chuanjiao Seed Co., Ltd.
14	湘-762 Xiang-762	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	6.6~7.9	1.0~1.5	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
15	湘-77 Xiang-77	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	加工 Processing	18.3~18.7	0.9~1.2	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
16	娇凤 Jiaofeng	线形 Linear	线椒 Line pepper	辣 Spicy	鲜食 Fresh food	19.3~26.3	1.0~1.4	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
17	飞红 2 号 Feihong No. 2	羊角形 Horn-shaped	羊角椒 Sheep horn pepper	微辣 Mildly spicy	鲜食 Fresh food	8.2~9.3	0.8~1.1	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
18	湘-54 Xiang-54	指形 Finger-shaped	朝天椒 Pod pepper	辣 Spicy	鲜食 Fresh food	5.6~7.1	0.7~1.0	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
19	湘-1417 Xiang-1417	线形 Linear	线椒 Line pepper	辣 Spicy	加工 Processing	6.9~7.3	0.7~1.0	湘研种业有限公司 Xiangyan Seed Co., Ltd.
20	津红 9 号 Jinhong No. 9	羊角形 Horn-shaped	羊角椒 Sheep horn pepper	微辣 Mildly spicy	加工 Processing	15.5~16.4	1.17~1.36	天津百利种苗有限公司 Tianjin Baili Seedlings Co., Ltd.

种 j 指标的实测值, $X_{j\max}$ 和 $X_{j\min}$ 分别表示所有辣椒品种 j 指标的最大值和最小值。先计算出每个品种指标的隶属函数值,再求出平均值 T_j ,所求的隶属函数平均值越大,代表品种的综合表现越好。

2 结果与分析

2.1 不同辣椒品种产量与产值分析

产量是品种筛选需考虑的重要指标,由表 2 可知,不同品种辣椒产量差异明显。川-19、津红 9 号、川-112,产量分别为 44.11、41.82 和 39.82 t·hm⁻²,均显著高于其他品种,而湘-54 产量最低,仅为川-19 的 23.7%。从产量来看,在种植密度一致的情况下,单株果数、单果质量共同决定辣椒的产量。川-19 和津红 9 号单株果数适中,但单果质量较高;而川-112 虽单果质量较低,但单株结果数较高,故三者产量显著高于其他品种。总体来看,川-19、津红

9 号、川-112 在产量表现上具有显著优势,适合作为高产辣椒品种推广。

不同品种辣椒的产值如表 2 所示。津红 9 号、湘-77、川-112 产值最高,分别为 11.71、11.00 和 10.35 万元·hm⁻²,湘-54 (3.13 万元·hm⁻²) 和川-474 (5.36 万元·hm⁻²) 产值最低。因此,从产值来看,津红 9 号、川-19 和湘-77 表现突出,是产值较高的品种。

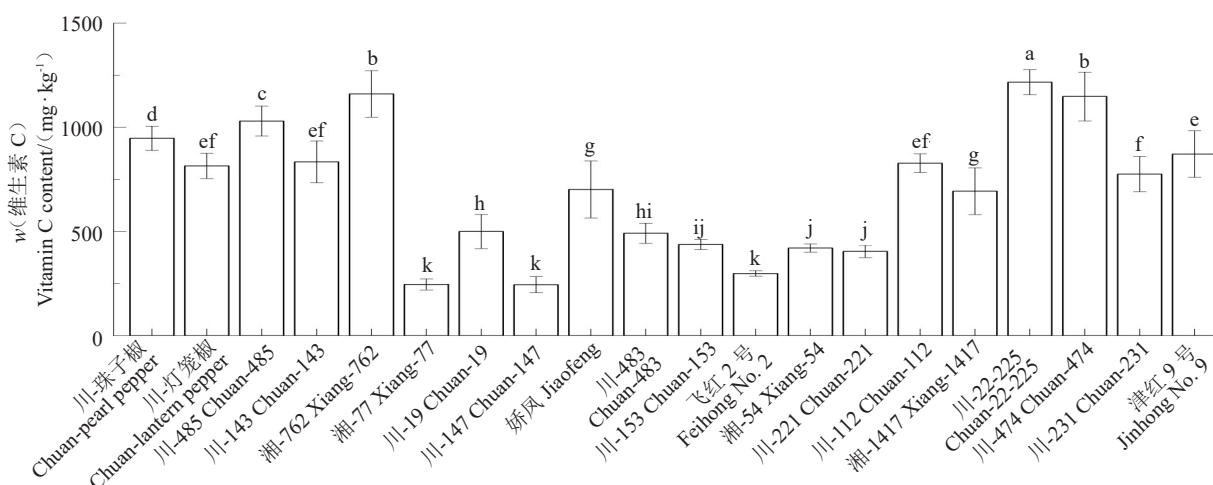
2.2 维生素 C 含量分析

维生素 C 含量是衡量辣椒营养品质的重要指标,由图 1 可知,不同辣椒品种维生素 C 含量差异较大。维生素 C 含量较高的品种为川-22-225、湘-762、川-474,分别为 1 216.5、1 160.5、1 147.9 mg·kg⁻¹,显著高于其他品种;而湘-77 维生素 C 含量最低,为 433.8 mg·kg⁻¹。故从维生素 C 含量来看,川-22-225、湘-762 和川-474 表现突出,适合作为高维生素 C 含量辣椒品种推广。

表 2 不同辣椒品种产量及产量构成因素与产值
Table 2 Yield and yield components of different pepper varieties with production values

品种 Variety	产量 Yield/(t·hm ⁻²)	单株果数 Number of fruits per plant	单果质量 Single-fruit mass/g	单株果质量 Fruit mass per plant/kg	单价 Unit price/ (Yuan·kg ⁻¹)	产值/(万元·hm ⁻²) Production value/ (10 000 Yuan·hm ⁻²)
川-珠子椒 Chuan-pearl pepper	21.13±5.53 def	37.22±11.22 ijk	10.21±0.68 d	0.38±0.10 def	3.00	6.34±1.66 fg
川-灯笼椒 Chuan-lantern pepper	24.50±3.00 cd	21.67±2.65 k	20.11±0.56 a	0.44±0.05 cd	2.40	5.88±0.72 fg
川-485 Chuan-485	21.59±1.03 de	91.67±6.00 d	4.20±0.22 fg	0.38±0.02 de	4.20	9.07±0.43 cd
川-143 Chuan-143	16.14±3.62 fg	91.78±18.84 d	3.11±0.09 hi	0.29±0.06 fg	4.40	7.10±1.59 ef
湘-762 Xiang-762	27.51±3.20 c	118.89±5.53 ab	4.11±0.39 fg	0.49±0.06 c	2.20	6.05±0.70 fg
湘-77 Xiang-77	25.00±3.24 cd	44.56±6.93 hij	10.03±0.53 d	0.44±0.06 cd	4.40	11.00±1.43 ab
川-19 Chuan-19	44.11±2.75 a	51.56±4.13 hi	15.15±0.57 b	0.78±0.08 a	2.20	9.68±1.80 bcd
川-147 Chuan-147	14.37±1.64 gh	72.67±7.68 fg	3.51±0.09 gh	0.26±0.03 gh	4.60	6.61±0.75 fg
娇凤 Jiaofeng	20.21±3.85 def	29.44±4.30 jk	12.21±1.26 c	0.36±0.07 def	3.60	7.27±1.39 ef
川-483 Chuan-483	19.89±3.26 def	73.67±11.09 efg	4.82±0.11 ef	0.35±0.06 def	3.00	5.97±0.98 fg
川-153 Chuan-153	17.42±4.65 efg	124.78±34.54 a	2.49±0.08 ij	0.31±0.08 efg	4.20	7.32±1.95 ef
飞红 2 号 Feihong No. 2	22.53±5.85 de	89.11±23.44 de	4.50±0.18 ef	0.40±0.10 cde	3.80	8.56±2.22 de
湘-54 Xiang-54	10.45±0.87 h	98.11±9.35 cd	1.90±0.08 j	0.19±0.02 h	3.00	3.13±0.26 h
川-221 Chuan-221	20.62±3.35 def	74.89±11.63 ef	4.91±0.28 ef	0.37±0.06 def	4.20	8.66±1.41 de
川-112 Chuan-112	39.82±4.51 a	133.44±27.54 a	5.30±0.11 e	0.71±0.15 a	2.60	10.35±2.21 abc
湘-1417 Xiang-1417	20.76±3.68 def	132.00±23.59 a	2.80±0.06 hi	0.37±0.06 def	2.80	5.81±1.03 fg
川-22-225 Chuan-22-225	18.27±4.06 efg	108.56±24.33 bc	2.99±0.14 hi	0.32±0.07 efg	4.00	7.31±1.63 ef
川-474 Chuan-474	11.17±2.73 h	58.00±13.38 gh	3.40±0.12 gh	0.20±0.05 h	4.80	5.36±1.31 g
川-231 Chuan-231	34.53±5.79 b	42.89±17.67 hij	15.04±2.88 b	0.61±0.19 b	2.60	8.98±2.81 cd
津红 9 号 Jinhong No. 9	41.82±5.20 a	94.67±5.63 cd	12.50±1.88 c	0.74±0.09 a	2.80	11.71±1.46 a

注:同列数据不同小写字母表示参试品种在 0.05 水平差异显著。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significantly difference among different varieties at 0.05 level.



注:不同小写字母表示不同辣椒品种在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among different pepper varieties at 0.05 level. The same below.

图 1 不同辣椒品种维生素 C 含量

Fig. 1 Vitamin C content of different pepper varieties

2.3 类胡萝卜素含量分析

类胡萝卜素是决定辣椒色泽及营养价值的关键成分。由图 2 可知,不同品种辣椒类胡萝卜素含量差异较大。类胡萝卜素含量较高的品种为

川-22-225、湘-762 和川-474,含量分别为 43.2、42.7、39.8 mg·kg⁻¹,均显著高于其他品种;湘-77、川-147 的类胡萝卜素含量最低。因此,从类胡萝卜素含量来看,川-22-225、湘-762 和川-474 可作为高类胡萝

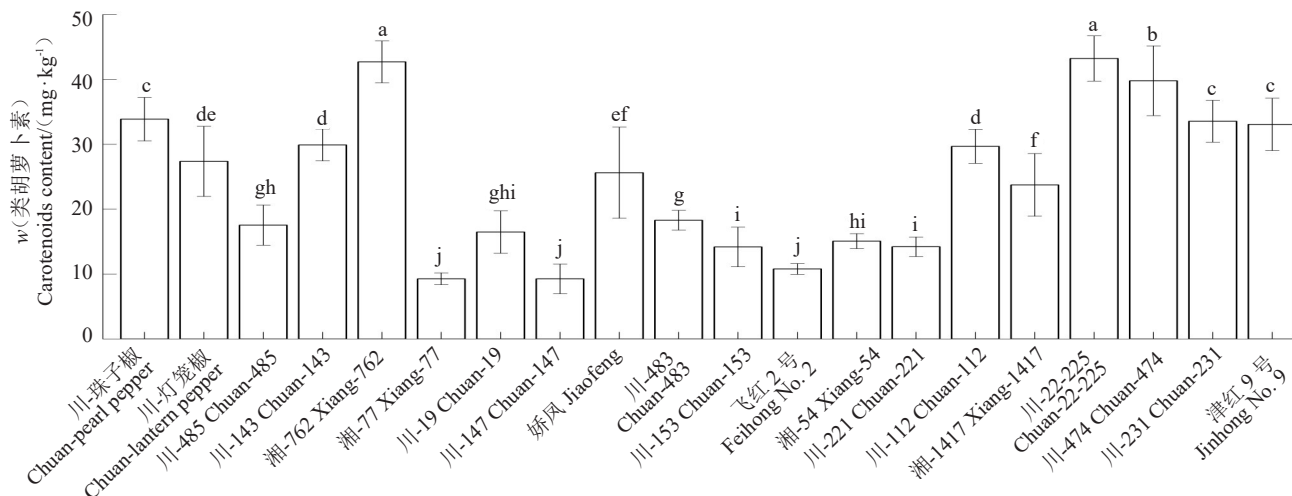


图 2 不同辣椒品种类胡萝卜素含量

Fig. 2 Carotenoid content of different pepper varieties

卜素含量辣椒品种推广。

2.4 可溶性固形物含量分析

可溶性固形物含量决定了果实的糖分积累水平,而高糖度辣椒深受鲜食市场的欢迎。由图 3 可知,不同品种辣椒可溶性固形物含量差异较大。可溶性固形物含量较高的品种为川-221、湘-54、川-22-225,含量分别为 11.8%、11.4%、11.0%;川-灯笼椒、川-485、川-143 和川 112 的可溶性固形物含量

较低。从可溶性固形物含量来看,川-221、湘-54 和川-22-225 具有较高的鲜食市场推广价值。

2.5 辣椒果实硬度分析

果实硬度是衡量辣椒耐贮藏运输能力的重要指标。由图 4 可知,不同品种辣椒硬度差异明显。果实硬度较高的辣椒品种为川-22-225、湘-1417 和湘-762,硬度分别为 15.53、14.95、14.92 kg·cm⁻²;川-231 的果实硬度最低,为

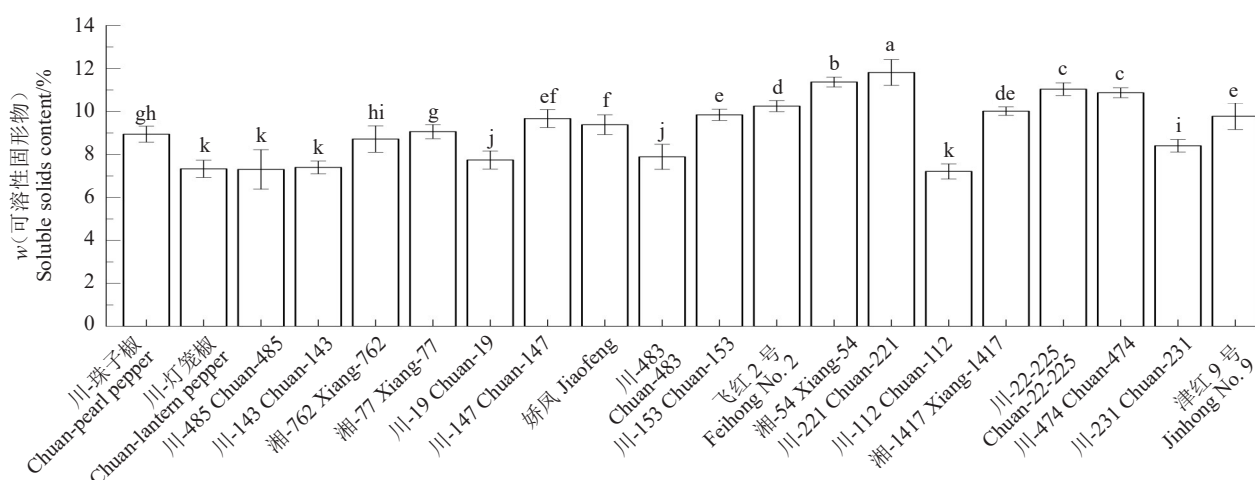


图3 不同辣椒品种可溶性固形物含量

Fig. 3 Soluble solids content of different pepper varieties

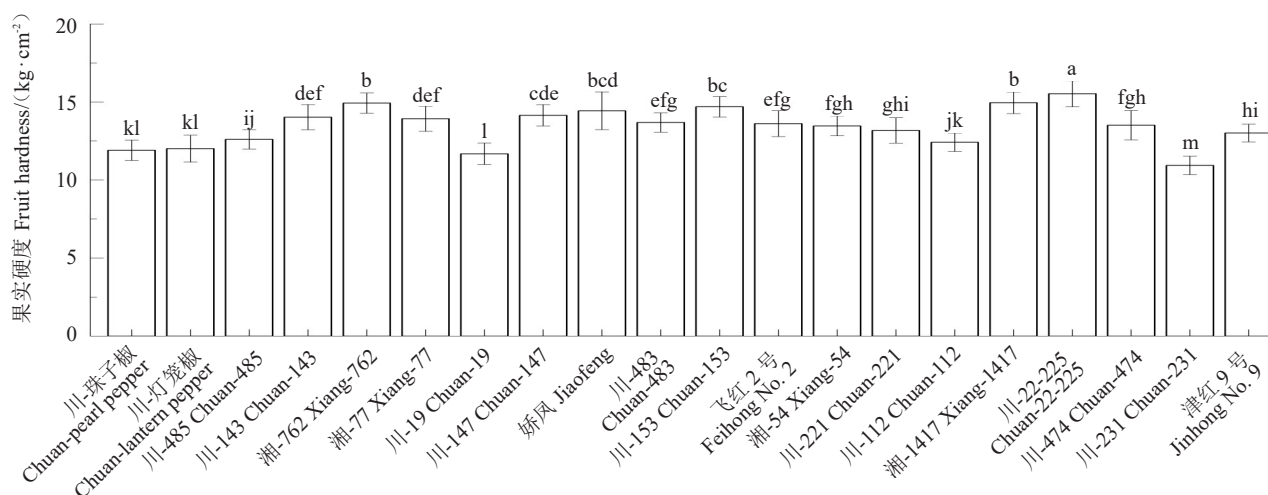


图4 不同辣椒品种果实硬度

Fig. 4 Fruit hardness of different pepper varieties

10.9 kg·cm⁻²。因此,从果实硬度来看,川-22-225、湘-1417 和湘-762 硬度较高,这些品种在运输贮藏中的表现可能较为突出。

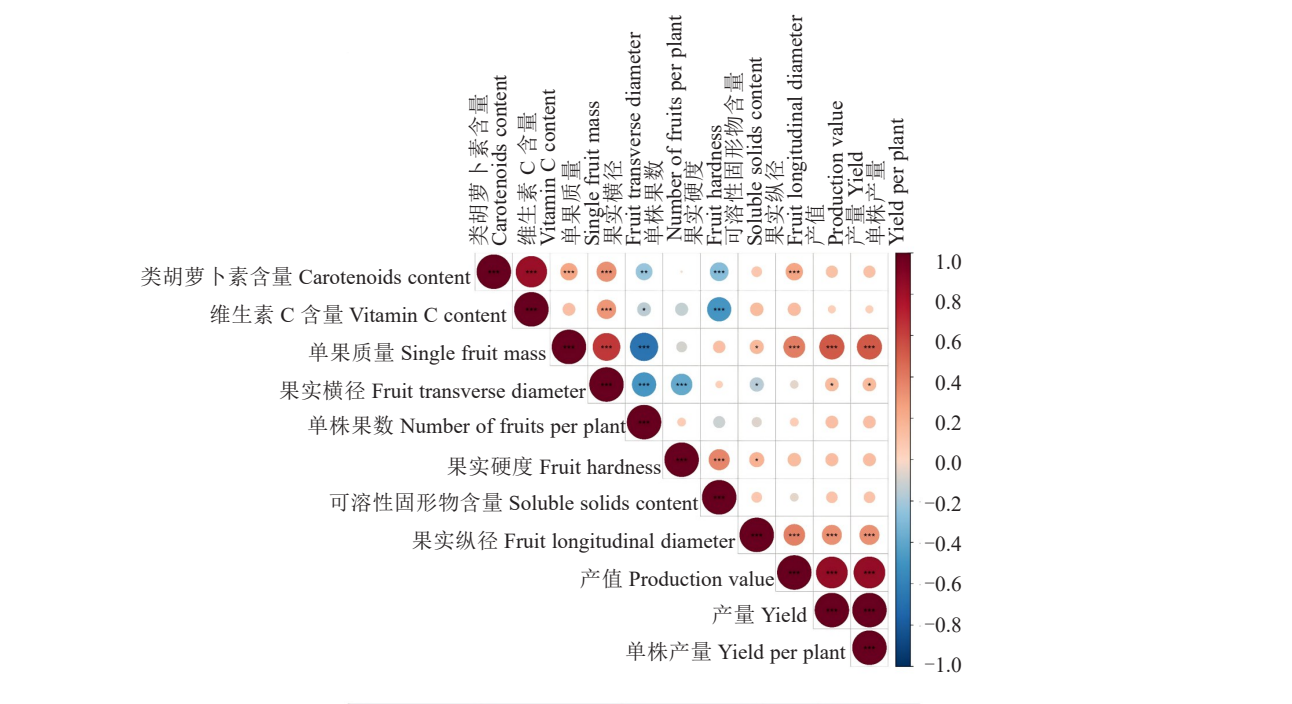
2.6 各指标之间的相关性分析

由图 5 可知,产量与单株产量、单果质量呈极显著正相关,表明单株产量是决定产量的主要因素,同时较重的果实能显著提升单株产量,从而影响产量。同时,产量与果实纵径呈极显著正相关、与果实横径呈显著正相关,说明果实大小对于产量有一定影响。类胡萝卜素含量与维生素 C 含量、单果质量、果实横径、产值呈极显著正相关,果实硬度与可溶性固形物含量呈极显著正相关,辣椒产值与产量、单株产量、单果质量、果实纵径、类胡萝卜素含量呈极显著正相关,又因维生素 C

含量可作为衡量辣椒品质的重要指标且与类胡萝卜素呈极显著正相关,故将这 6 个指标进行下一步隶属分析。

2.7 20 个辣椒品种的 6 个指标的隶属函数分析

20 个辣椒品种的产量、单株产量、单果质量、果实纵径、维生素 C 含量、类胡萝卜素含量的隶属函数值及综合排序如表 3 所示。津红 9 号的平均隶属度为 0.66,综合排名第一,其产量和单株产量表现均优于大部分品种且其维生素 C 和类胡萝卜素含量处于中上水平;川-19 综合排名第二,其产量、单株产量和果实纵径表现突出;湘-762 综合排名第三,其维生素 C 和类胡萝卜素含量仅次于川-22-225,且产量也处于中上水平。川-147 的隶属函数值仅为 0.09,排名最低,其类胡萝卜素含量和



注:*. $P<0.05$; **. $P<0.01$; ***. $P<0.001$ (相关性分布范围为-1 到 1,其中接近 1 表示强正相关;接近-1 表示强负相关;接近 0 表示无相关性)。
Note:*. $P<0.05$; **. $P<0.01$; ***. $P<0.001$ (The correlation distribution ranges from -1 to 1; where close to 1 indicates strong positive correlation; close to -1 indicates strong negative correlation; and close to 0 indicates no correlation).

图 5 辣椒果实主要性状与产量的 Pearson 相关性分析
Fig. 5 Pearson's correlation analysis of major traits and yield of pepper

表 3 不同辣椒品种各指标隶属函数值
Table 3 Values of the affiliation function of each index for different pepper varieties

品种 Variety	产量 Yield	单株产量 Yield per plant	单果质量 Fruit mass per fruit	果实纵径 Fruit longitudinal diameter	维生素 C 含量 Vitamin C content	类胡萝卜素含量 Carotenoids content	平均隶属度 Average affiliation	排序 Ranking
川-珠子椒 Chuan-pearl pepper	0.32	0.00	0.08	0.03	0.72	0.72	0.31	12
川-灯笼椒 Chuan-lantern pepper	0.42	0.54	0.15	0.00	0.59	0.53	0.37	9
川-485 Chuan-485	0.33	0.47	0.02	0.12	0.81	0.24	0.33	11
川-143 Chuan-143	0.17	0.34	0.01	0.09	0.61	0.61	0.30	15
湘-762 Xiang-762	0.51	0.59	0.06	0.55	0.94	0.98	0.61	3
湘-77 Xiang-77	0.43	0.55	0.07	0.77	0.00	0.00	0.30	14
川-19 Chuan-19	1.00	1.00	0.27	0.97	0.26	0.21	0.62	2
川-147 Chuan-147	0.12	0.29	0.02	0.13	0.00	0.00	0.09	20
娇凤 Jiaofeng	0.29	0.37	1.00	1.00	0.47	0.48	0.60	4
川-483 Chuan-483	0.28	0.43	0.03	0.79	0.25	0.27	0.34	10
川-153 Chuan-153	0.21	0.37	0.01	0.09	0.20	0.14	0.17	18
飞红 2 号 Feihong No. 2	0.36	0.49	0.02	0.23	0.06	0.05	0.20	17
湘-54 Xiang-54	0.00	0.20	0.00	0.11	0.18	0.17	0.11	19
川-221 Chuan-221	0.30	0.44	0.03	0.23	0.16	0.15	0.22	16
川-112 Chuan-112	0.87	0.90	0.03	0.09	0.60	0.60	0.52	6
湘-1417 Xiang-1417	0.31	0.45	0.01	0.15	0.46	0.43	0.30	13
川-22-225 Chuan-22-225	0.23	0.39	0.01	0.03	1.00	1.00	0.44	7
川-474 Chuan-474	0.02	0.22	0.01	0.15	0.93	0.90	0.37	8
川-231 Chuan-231	0.72	0.58	0.12	0.71	0.55	0.72	0.58	5
津红 9 号 Jinhong No. 9	0.93	0.95	0.09	0.63	0.65	0.70	0.66	1

维生素 C 含量均低于其他品种,且在产量方面也不占优势。故综合排序前三名的品种为津红 9 号、川-19、湘 762,综合表现较好。

3 讨论与结论

作物的品种评价,在作物品种发布、种子销售以及为农民推荐品种方面起着至关重要的作用^[9]。本文以 20 个辣椒品种为研究对象,结合杭锦后旗当地的辣椒栽培需求,从产量、品质和产值等三方面对辣椒品种进行了综合评价。研究结果揭示了不同辣椒品种在特定生态条件下的产量与品质差异,并为区域化栽培提供了科学依据。

产量是衡量辣椒品种适应性和种植价值的关键指标^[10-11]。本研究表明,津红 9 号、川-19 和川-112 产量分别为 41.82、44.11、39.82 t·hm⁻²,均显著高于其他品种,其产值也分别达到了 11.71、9.68、10.35 万元·hm⁻²,虽川-19 产量最高,但此品种辣椒单价较低,故产值并未表现最高。产量的高低取决于多种因素的综合作用,单株产量和单果质量是影响辣椒产量的重要因素^[12],本研究表明单株产量与产量呈极显著正相关,说明果实单株产量的提升对整体产量具有重要贡献,这与曲晓斌等^[13]的研究结果相似。津红 9 号和川-19 的高产与单果质量较大、单株挂果数量多有关。此外,虽然湘-77 产量中等,为 25.07 t·hm⁻²,但此品种市场单价较高(4.4 元·kg⁻¹),产值达 11.00 万元·hm⁻²。同时,大部分辣椒品种在杭锦后旗的产量和产值表现都未达到预期,产量均低于其种质信息中所描述的产量。可能是这些品种对杭锦后旗的生态环境适应性不强,受昼夜温差过大、土壤条件或水分供给的影响^[14-15]。相关研究表明,昼夜温差大的环境虽然有利于果实品质的提升,但某些品种可能会出现花期延迟、果实发育不良等问题^[16]。

辣椒品质是决定市场竞争力和用途的核心因素^[17]。本研究从维生素 C、类胡萝卜素、可溶性固形物含量以及果实硬度方面对辣椒品质进行了深入分析,结果表明,不同辣椒品种在品质表现上差异较大。就营养品质而言,维生素 C 含量是辣椒果实中最重要的营养指标之一^[18],具有显著的抗氧化作用,能增强果实贮藏性能,对人体健康具有重要的功能价值^[19-20]。本研究表明,川-22-225 的维生素 C 含量最高,为 1 216.5 mg·kg⁻¹,其次是湘-762 和川-474。并且有 12 个辣椒品种的维生素 C 含量在 600 mg·kg⁻¹ 以上,这表明杭锦后旗的光照和昼夜温

差条件有助于辣椒果实维生素 C 的积累。可溶性固形物含量是衡量果实甜度和风味的重要指标,含量高的品种通常具有较好的市场适应性^[21-22]。本研究发现,川-221 的可溶性固形物含量最高,其次是湘-54,分别达到了 11.8%和 11.4%。就营养和感官品质而言,类胡萝卜素作为辣椒果实色泽的主要决定因素,也是一种重要的抗氧化剂^[23]。本研究表明,川-22-225 和湘-762 的类胡萝卜素含量较高,高维生素 C 含量的品种往往类胡萝卜素含量也高,这可能与果实发育阶段的代谢特性有关。相关研究表明,类胡萝卜素含量高的品种通常表现出鲜艳的果实颜色,这种果实色泽不仅是加工型产品的重要特点,也能提升鲜食型产品的感官吸引力^[24-25]。隶属函数分析法计算简便且可较全面地对考察指标进行综合评价,在番茄、辣椒、葡萄等多种作物上均有应用^[25]。本研究运用隶属函数对产量、品质的综合评价结果,发现津红 9 号、川-19 和湘-762 在综合评分上位列前三。当地主栽辣椒品种为保银 829、红龙 23 等,年产量为 22.5~57.5 t·hm⁻²,虽然产量较高,但品种类型趋于同质化,在辣椒收购市场上并不占优势,不仅制约了农户的经济收益,也进一步限制了当地辣椒产业的可持续发展。通过在当地走访调研发现,80%以上的农户对辣椒新品种的需求较为强烈。从本研究中引入的 20 个辣椒品种来看,尽管部分品种在产量和产值方面表现不佳,例如湘-54、川-474 等辣椒品种产量远低于当地主栽品种,但津红 9 号、川-19、川-112 的产量高于当地同类型主栽辣椒品种或与之相近,说明这 3 个品种能够适应杭锦后旗的气候、土壤条件,在当地具备推广潜力。

综上所述,通过对比不同辣椒品种的综合表现,结果发现津红 9 号、川-19 和川-112 在产量上表现较好,属于高产高效型品种;川-22-225、湘-762、川-474 在维生素 C 和类胡萝卜素含量方面表现较好,是功能型和加工型辣椒品种开发的潜在优选;川-221、湘-54 可溶性固形物含量最高且硬度适中,较为适合鲜食市场。综合来看,津红 9 号、川-19 和湘-762 综合评分位居前三,表现出较强的适应性和市场潜力,推荐作为杭锦后旗的种植品种。此外,辣椒品种在推广应用时,应因地制宜,同时合理搭配不同用途的品种以满足市场多元化需求。尽管本研究从产量、品质和产值等多维度进行了系统评价,但仍存在一些不足之处:一是研究仅在杭锦后旗单一生态环境中进行,未来需结合多环境试验,

验证筛选品种的广适性和稳定性;二是辣椒加工性能尚未纳入评价体系,未来需进一步补充相关研究内容以完善加工型辣椒品种的开发体系。

参考文献

- [1] 李国琛,徐昊,刘周斌,等.辣椒在世界的传播[J].热带作物学报,2023,44(7):1307-1316.
- [2] 帅天罡,陆红佳,胡益侨,等.辣椒营养保健功能与加工利用进展[J].中国调味品,2014,39(8):125-129.
- [3] 傅国海,陈强,徐俊平,等.河套灌区小农户产销限制因素分析及对策:以内蒙古杭锦后旗为例[J].中国农技推广,2023,39(3):13-15.
- [4] 邹学校,杨莎,戴雄泽,等.中国辣椒产业快速发展40年回顾与展望[J].园艺学报,2025,52(1):247-258.
- [5] 贺殊敏,温馨,呼瑶,等.巴彦淖尔地区加工型辣椒品种试验[J].辣椒杂志,2024,22(3):25-29.
- [6] 王利群,张西露,戴雄泽.我国辣椒资源分类研究现状及探讨[J].辣椒杂志,2015,13(2):1-5.
- [7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [8] 张其德.测定叶绿素的几种方法[J].植物学通报,1985,3(5):60-64.
- [9] BROWN D, VAN DEN BERGH I, DE BEUIN S, et al. Data synthesis for crop variety evaluation: A review[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2020, 40(4):25.
- [10] 于亮亮.农业气象条件对辣椒栽培的影响探究[J].黑龙江粮食,2022(6):50-52.
- [11] 阿不都卡地尔·库尔班,潘竞海,陈友强,等.基于产量相关性综合评价晚播甜菜品种的适应性[J].新疆农业科学,2024,61(6):1368-1377.
- [12] 魏飞鹏,黄玉吉.甜椒主要农艺性状与产量相关及通径分析[J].热带作物学报,2004,25(4):50-53.
- [13] 曲晓斌,侯全刚,李莉,等.线辣椒主要农艺性状相关性分析及产量因素通径分析[J].西北农业学报,2007,16(6):174-177.
- [14] 杨秋珍.上海地区影响辣椒产量的气候条件[J].上海蔬菜,1992(1):27-28.
- [15] 于庆文,张玉鑫,马彦霞,等.加工辣椒新品种适应性研究[J].长江蔬菜,2020(16):55-58.
- [16] RAJAMETOV S N, LEE K, JEONG H B, et al. The effect of night low temperature on agronomical traits of thirty-nine pepper accessions (*Capsicum annuum* L.) [J]. Agronomy, 2021, 11(10):1986.
- [17] 王楠艺,付文婷,吴迪,等.辣椒品质研究进展[J].江苏农业科学,2022,50(16):21-27.
- [18] 李孟娟,程宏,吴睿,等.辣椒主要营养成分的测定与分析[J].农业与技术,2023,43(14):18-20.
- [19] 刘易伟,胡文忠,姜爱丽,等.辣椒的营养价值及其加工品的研发进展[J].食品工业科技,2014,35(15):377-381.
- [20] 向家勇,张竹青.辣椒果实品质育种研究进展[J].辣椒杂志,2022,20(2):27-34.
- [21] FIEDOR J, BURDA K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease[J]. Nutrients, 2014, 6(2):466-488.
- [22] 王丹,张建,王晓蕊,等.番茄果实类胡萝卜素组成含量与色泽相关性分析[J].江苏农业学报,2021,37(6):1554-1564.
- [23] GUO Y M, BAI J J, DUAN X D, et al. Accumulation characteristics of carotenoids and adaptive fruit color variation in ornamental pepper[J]. Scientia Horticulturae, 2021, 275:109699.
- [24] 蔡永艳,郝会娟,关振亚,等.辣风味研究及其常见辣椒品种品质分析[J].中国调味品,2021,46(9):193-196.
- [25] 李玉玲,苏来曼·艾则孜,孙锋,等.应用隶属函数法评价35个无核葡萄种质制干适宜性[J].中外葡萄与葡萄酒,2023(1):60-66.