

西葫芦在青海黄南藏区露地种植的 适应性及营养品质综合评价

欧阳天雨¹, 杜中平^{1,2}, 樊露泽¹, 孙鹏远¹, 魏向成³, 任延靖^{1,2}

(1. 青海大学·青海省蔬菜遗传与生理重点实验室 西宁 810016; 2. 青藏高原种质资源研究与利用实验室 西宁 810016; 3. 同仁市农牧业综合服务中心 青海同仁 811300)

摘要:为筛选青海黄南藏区(平均海拔2 324.6 m)适宜露地栽培的西葫芦品种,对15个引种品种开展适应性评价,检测37个农艺性状(18个数量性状、19个质量性状)和8个营养指标,并采用相关性分析、主成分分析及隶属函数法对上述性状和指标进行综合评价。结果显示,供试品种遗传多样性丰富(37个指标变异系数0~1.02),前7个主成分累计贡献率80.53%。综合评价筛选出京圆、墨翠、金刚、黄迪4个优异品种:京圆瓜横径14.08 cm、瓜肉维生素C含量(b)4 370.37 nmol·g⁻¹;墨翠单株产量为30.25 kg、雌花节率79.05%;金刚单株产量30.48 kg、瓜皮总糖含量(w ,后同)为18.68 mg·g⁻¹;黄迪瓜肉可溶性蛋白含量为4.96 mg·g⁻¹。4个品种在农艺适应性、产量及粗纤维、可溶性蛋白等营养品质上表现突出,可为当地高产优质栽培提供科学参考。

关键词:西葫芦;高寒地区;营养品质;隶属函数分析;综合评价

中图分类号:S642.6

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)03-133-16

Comprehensive evaluation of adaptability and nutritional quality of zucchini for open-field cultivation in Huangnan Tibetan area of Qinghai province

OUYANG Tianyu¹, DU Zhongping^{1,2}, FAN Luze¹, SUN Pengyuan¹, WEI Xiangcheng³, REN Yanjing^{1,2}

(1. Qinghai University/Qinghai Key Laboratory of Vegetable Genetics and Physiology, Xining 810016, Qinghai, China; 2. Laboratory of Germplasm Resources Research and Utilization on the Qinghai-Tibet Plateau, Xining 810016, Qinghai, China; 3. Tongren Comprehensive Service Center for Agriculture and Animal Husbandry, Tongren 811300, Qinghai, China)

Abstract: To screen suitable zucchini varieties for open-field cultivation in the Huangnan Tibetan area of Qinghai (with an average altitude of 2 324.6 m), an adaptability evaluation was carried out on 15 introduced varieties. A total of 37 agronomic traits (18 quantitative traits and 19 qualitative traits) and 8 nutritional indicators were determined, and a comprehensive evaluation of the above traits and indicators was conducted by adopting correlation analysis, principal component analysis and membership function analysis. The results showed that the tested varieties had abundant genetic diversity (the coefficient of variation of the 37 indicators ranged from 0 to 1.02), and the cumulative contribution rate of the first seven principal components reached 80.53%. Four excellent varieties including Jingyuan, Mocui, Jingang and Huangdi were selected through comprehensive evaluation: Jingyuan had a melon transverse diameter of 14.08 cm and vitamin C content (b) of 4 370.37 nmol·g⁻¹ in the flesh; Mocui had a yield per plant of 30.25 kg and a rate of female flower nodes of 79.05%; Jingang had a yield per plant of 30.48 kg and a total sugar content (w , the same below) of 18.68 mg·g⁻¹ in the skin; Huangdi had a soluble protein content of 4.96 mg·g⁻¹ in the flesh. These four varieties exhibited prominent performance in agronomic adaptability, yield and nutritional quality such as crude fiber and soluble protein, which can provide a scientific reference for the local high-yield and high-quality cultivation of zucchini.

Key words: Zucchini; High cold region; Nutritional quality; Membership function analysis; Comprehensive evaluation

收稿日期:2025-03-12;修回日期:2025-10-10

基金项目:青藏高原种质资源研究与利用实验室(2025年)

作者简介:欧阳天雨,女,在读本科生,主要从事蔬菜生理及分子植物育种研究。E-mail:2135553414@qq.com

通信作者:任延靖,女,副研究员,主要从事蔬菜分子遗传育种研究。E-mail:renyan0202@163.com

西葫芦(*Cucurbita pepo* L.)是葫芦科南瓜属一年生矮生或蔓生草本植物,同时也是世界各国广泛种植的重要蔬菜作物之一^[1]。具有适应能力强、生命周期较短、产量高等特点,深受农民喜爱^[2]。主要在我国的山西省、河南省、山西省北部以及西北、西南地区广泛种植^[3]。西葫芦食用方法多样,既可以炒菜也可以用来做包子和饺子的馅料,嫩西葫芦和老西葫芦都可食用。其味甘性凉,可消炎利尿,对水肿胀满、小便不利、肾炎浮肿、热咳等有一定疗效^[4];也可以帮助缓解多动症、肝硬化和腹水等症状,可在一定程度上促进人体胰岛素的分泌,防止糖尿病和肝肾类疾病的发生,也可提高肝肾细胞的增殖活性^[5]。西葫芦中还含有一种干扰素类的诱导剂,可通过增强机体免疫功能产生抗病毒和抗肿瘤作用^[6]。

近年来,西葫芦在栽培、资源评价及育种研究等方面取得了显著进展。在栽培技术方面,研究重点多聚焦于品种选择、育苗、定植、水肥管理和病虫害防治等环节,强调通过优化这些环节为西葫芦提供良好的生长环境,从而实现高产优质生产^[7-10]。这些技术的应用为西葫芦高产优质栽培提供了重要支撑^[10-11]。

在育种研究中,学者们对西葫芦的起源、分布、抗逆性及单性结实等方面进行了深入探索。兰红玲^[12]通过亲子相关分析,揭示了西葫芦杂种一代产量性状与其亲本表型间的密切关系,为亲本选择和性状改良提供了理论依据。此外,樊治成等^[13]对西葫芦的耐冷性进行了系统鉴定,为育种提供了新方向。

近年来,随着青海地区西葫芦栽培规模的扩大和市场需求多样性的提高,西葫芦新品种引种栽培及适应性综合评价越来越重要,但是在青海黄南藏区露地种植的适应性及综合评价还鲜有报道。鉴于青海黄南藏区西葫芦种植尚处于起步阶段,缺乏经系统评价的当地主栽或适生品种,本研究以15个优良西葫芦品种为试验材料,由北京、山西等地种子公司提供,包括华北、西北(如甘肃)等不同生态区选育的类型,该批品种涵盖早熟、中早熟、中熟3种熟性及扁圆形、近圆形、长颈圆筒形、长把梨形4种瓜形,遗传背景丰富且在异地已表现出高产、优质等特性,具备推广潜力。通过在青海省黄南藏族自治州同仁市进行露地栽培,对供试材料的农艺学、营养指标等进行系统研究,旨在筛选并评价适宜青海高寒地区露地栽培的优异西葫芦品种,为青海高寒地区西葫芦品种的优质高产栽培提供科学依据,同时为其他类似气候条件地区的栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于青海省黄南藏族自治州同仁市,平均海拔为2 324.6 m,位于九曲黄河第一湾,青藏高原和黄土高原的交错地带,土壤有机质含量(w ,后同)27.2 g·kg⁻¹,pH为8.16,全氮含量1.66 g·kg⁻¹,全磷含量2.55 g·kg⁻¹,全钾含量20.03 g·kg⁻¹,碱解氮含量166 mg·kg⁻¹,速效磷含量72.4 mg·kg⁻¹,速效钾含量338 mg·kg⁻¹。

1.2 材料

试验所用15个西葫芦品种来源、熟性见表1,表型见图1。

1.3 试验设计

试验于2024年5—9月进行。采用单因素随机区组设计,露地种植,株行距为70 cm×100 cm,每小区面积为12 m²,种植西葫芦12株,3次重复。采用基质育苗的方法,于2024年5月20日幼苗第3~4片真叶完全展开时,移栽于青海大学农林科学院同仁市的种植基地,其间正常进行水肥管理,于2024年7月12日西葫芦达到商品成熟期进行农艺性状调查。

1.4 农艺性状测定

参照李锡香等^[14]的统计方法对所有西葫芦品种的农艺性状进行调查分析,每个品种调查36株(3次重复,每次重复12株),共测定37个农艺性状指标,包括18个数量性状(株高、株幅、主蔓粗、裂片数、叶片长、叶片宽、叶柄长、叶柄粗、瓜梗长、瓜梗横径、瓜横径、瓜肉厚、瓜纵径、瓜瓢厚、单瓜质量、含水量、雌花节率、单株产量)和19个质量性状(生长习性、熟性、分枝性、主蔓色、主蔓刺毛、叶形、叶色、叶裂刻、叶面白斑、叶背刺毛、花冠色、花蕾形状、花筒形状、瓜皮斑纹、瓜皮棱沟、瓜形、瓜横切形、瓜皮色、瓜肉色)。其中含水量指商品成熟期整个果实(未区分瓜皮与瓜肉)的水分含量;质量性状采用分级赋值法进行量化。

1.5 营养指标测定

取样时兼顾样品代表性,西葫芦瓜皮、瓜肉均于果实上、中、下3个部位进行取样。采用北京索莱宝科技有限公司的检测试剂盒分别对瓜皮和瓜肉样品可溶性蛋白(BC3185)、可溶性糖(BC0035)、果胶(BC1405)、维生素C(VC)(BC1235)、类胡萝卜素(BC4335)、叶绿素(叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素)(BC0995)及总糖(BC0995)含量进行测定;瓜肉

表 1 15 个西葫芦品种的来源及熟性

Table 1 Source and maturity of 15 zucchini varieties

编号 No.	品种名称 Variety name	熟性 Maturity	来源 Source
H1	欧美特 Oumeite	早熟 Early-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H2	金刚 Jingang	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H3	墨翠 Mocui	早熟 Early-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H4	夏丽 Xiali	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H5	黄迪 Huangdi	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H6	京圆 Jingyuan	早熟 Early-maturing	北京德盛丰种子有限公司 Beijing Deshengfeng Seed Industry Co., Ltd.
H7	三季丰 Sanjifeng	中熟 Mid-maturing	菜都万盛(北京)农业科技开发有限公司 Caidu Wansheng (Beijing) Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd.
H8	格瑞斯 Geruisi	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H9	万盛春秋宝 Wanshengchunqiubao	中熟 Mid-maturing	菜都万盛(北京)农业科技开发有限公司 Caidu Wansheng (Beijing) Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd.
H10	盛丰金珠 Shengfengjinzhu	中熟 Mid-maturing	太谷县菜篮子种苗有限公司 Taigu County Cailanzi Seedling Industry Co., Ltd.
H11	沃特 Wote	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H12	百瑞 Bairui	中熟 Mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H13	东葫 39 Donghu 39	早熟 Early-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H14	京葫 42 Jinghu 42	中早熟 Early-mid-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
H15	万盛碧秀 2 号 Wanshengbixiu No. 2	早熟 Early-maturing	北京优丰纳农业科技有限公司 Beijing Youfengna Agricultural Science and Technology Co., Ltd.



图 1 供试的 15 个西葫芦品种表型

Fig. 1 Phenotypes of 15 tested zucchini varieties

中的粗纤维含量参照 GB/T 5009.10—2003^[15]测定;样品含水量则采用烘箱干燥法^[16]测定。

1.6 多样性分析

根据 $(\bar{X}-1.281\ 8S)$ 、 $(\bar{X}-0.542\ 6S)$ 、 $(\bar{X}+0.542\ 6S)$ 和 $(\bar{X}+1.281\ 8S)$ 四分点原则和前人的分级标准^[17],对各性状进行数量分级并整理,通过公式 $H'=-\sum P_i \ln P_i$ (式中, P_i 为某一性状在第*i*个级别出现的频率)计算各性状的 Shannon-Weiner(香农-维纳)多样性指数(H')

1.7 隶属函数分析

隶属函数^[18]计算公式如下:

$$R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中, X_i 为指标的测定值, X_{\max} 和 X_{\min} 分别为所有供试材料某一个指标的最大值和最小值, $R(X_i)$ 为指标的隶属函数值。

1.8 数据分析

采用 Excel 2013 对各数量性状数据进行处理与分析。采用 SPSS 25.0 进行主成分分析;采用 UPGMA 法进行聚类分析与制图。

2 结果与分析

2.1 15个西葫芦品种的农艺性状指标统计分析

2.1.1 西葫芦品种的数量性状指标统计分析 对15个西葫芦品种的18个数量性状进行统计分析如表2所示,结果表明株高、株幅、主蔓粗、裂片数、叶片长、叶片宽、叶柄长、叶柄粗、瓜肉厚、单瓜质量和含水量的变异系数均在0.20以下,瓜梗横径变异系数最大,为0.40,瓜梗长变异系数次之,为0.37。

在18个数量性状中,有7个数量性状的变异系数均大于0.2,依次是雌花节率、瓜梗长、瓜梗横径、瓜纵径、瓜横径、瓜瓢厚和单株产量,说明这7个性状的变异幅度较大;多样性指数分析表明有5个性状的多样性指数 ≥ 1.40 ,依次为含水量、叶片长、叶片宽、叶柄长和叶柄粗,表明这些性状具有较为丰富的多样性。相关性分析结果如表3所示,叶片长与叶片宽呈显著正相关,瓜横径与瓜纵径呈极显著负相关,瓜横径与瓜肉厚、瓜瓢厚均呈极显著正相关,瓜纵径与瓜肉厚、瓜瓢厚均呈极显著负相关,瓜肉厚与瓜瓢厚呈极显著正相关,单瓜质量与主蔓粗呈极显著正相关,单株产量与瓜梗横径呈极显著正相关,雌花节率与主蔓粗呈显著正相关,株幅与主蔓粗呈极显著正相关

2.1.2 西葫芦品种的质量性状指标统计分析 对15个西葫芦品种的19个质量性状赋值并进行统计分析,结果如表4所示,有12个质量性状的多样性

指数均为0.00,且变异系数均为0,说明15个葫芦品种的这12个质量性状均表现一致;瓜形、瓜肉色、叶形、熟性、叶面白斑、瓜皮色和瓜皮斑纹的多样性指数分别为1.00、0.95、0.89、0.85、0.85、0.64和0.39,均表现出较高的遗传多样性。瓜形表现为扁圆形、近圆形、长颈圆筒形、长把梨形的品种分别占供试品种的6.7%、6.7%、62.2%和24.4%;瓜肉色表现为白、浅黄、黄和浅绿的品种分别占供试品种的66.7%、6.7%、6.7%和20.0%;瓜皮色表现为橙黄、浅绿和墨绿的品种分别占供试品种的13.3%、80.0%、6.7%。

2.2 15个西葫芦品种的营养品质指标分析

2.2.1 西葫芦瓜皮中的营养品质指标分析 15个西葫芦品种瓜皮中各营养指标检测结果如表5所示,果胶含量为9.94~14.97 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$,H12含量最高,H14含量最低。总糖含量为6.43~18.68 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H2含量最高,H10最低,均值为11.85 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。可溶性糖含量为5.64~36.70 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H14含量最高,H10含量最低,均值为19.75 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。可溶性蛋白质含量为3.97~4.85 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H10最高,H15最低,均值为4.41 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。叶绿素a含量为25.19~512.64 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H3含量最高,H10最低。叶绿素b含量为30.96~298.04 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H13含量最高,H12最低。总叶绿素含量为64.03~794.07 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H3含量最高,H10含量最低。维生素C含量为1 142.86~4 095.24 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$,H8含量最高,H6和H2含量最低,均值为2 419.05 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。类胡萝卜素含量为53.73~510.40 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H3含量最高,H4含量最低,均值为130.28 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.2.2 西葫芦瓜肉中的营养品质指标分析 15个西葫芦品种瓜肉中各营养品质指标结果如表6所示,果胶含量为8.54~14.61 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$,H3含量最高,H13含量最低;总糖含量为6.54~22.46 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H3含量最高,H7含量最低;可溶性糖含量为1.50~17.79 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H12含量最高,是可溶性糖含量最低的品种H7的11.86倍;可溶性蛋白质含量为3.87~4.96 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,H5含量最高,H15含量最低;叶绿素a含量为7.62~27.10 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H4含量最高,H11含量最低;叶绿素b含量为9.99~60.09 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H4含量最高,H11含量最低;总叶绿素含量为17.60~87.15 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,H4含量最高,H11含量最低;维生素C含量为962.96~4 370.37 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$,H6含量最高,H12含量最低;类胡萝卜素大部分未能被检测到,只在H5和H9两个品种中检测到,含量分别为13.17、11.24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

表 2 15 个西葫芦品种的农艺性状数据统计
Table 2 Statistical analysis of agronomic traits of 15 zucchini varieties

编号 No.	株高 Plant height/cm	株幅 Plant width/m ²	主蔓粗 Main vine thickness/cm	裂片数 Number of lobes	叶片长 Leaf length/cm	叶片宽 Leaf width/cm	叶柄长 Petiole length/cm	雌花节率 Rate of female flower nodes/%	叶柄粗 Petiole thickness/ cm
H1	64.19±3.00 f	1.75±0.05 g	3.39±0.33 d	5.00±0.00 d	36.56±0.63 a	37.59±2.95 bc	39.90±0.55 e	42.75±0.34 cfg	2.42±0.23 bc
H2	63.14±1.03 f	2.22±0.06 ab	4.58±0.43 ab	5.67±0.58 c	33.82±1.52 bc	35.39±1.59 cd	39.76±4.26 e	78.50±1.54 a	2.34±0.27 bcd
H3	74.89±1.45 d	2.23±0.01 ab	4.99±0.72 a	6.00±0.00 b	31.57±0.55 de	34.35±0.27 de	45.38±0.90 d	79.05±0.82 a	2.46±0.03 ab
H4	71.60±0.55 e	1.93±0.02 ef	4.08±1.12 bcd	5.00±0.00 d	30.61±0.44 ef	28.49±1.70 f	47.16±2.09 cd	40.49±1.44 g	2.37±0.15 bcd
H5	75.59±0.54 cd	2.28±0.11 a	4.62±0.28 ab	7.00±0.00 a	31.61±0.40 de	35.53±1.16 cd	50.12±2.22 bc	75.09±2.79 c	2.58±0.02 ab
H6	81.58±1.90 ab	2.17±0.11 bc	4.41±0.27 ab	5.00±0.00 d	35.09±1.10 ab	33.56±1.04 de	54.69±0.32 a	77.95±1.78 ab	2.52±0.17 ab
H7	79.55±2.58 b	2.29±0.09 a	4.53±0.30 ab	6.00±0.00 b	34.06±0.24 bc	40.39±1.71 a	43.94±1.84 d	43.45±0.57 ef	2.47±0.13 ab
H8	71.67±1.83 e	2.30±0.04 a	4.22±0.40 abc	7.00±0.00 a	29.15±0.90 f	32.23±0.93 e	36.58±0.94 f	67.52±1.48 d	2.37±0.20 bcd
H9	84.48±1.90 a	2.27±0.03 a	4.30±0.11 abc	6.00±0.00 b	32.82±0.43 cd	40.32±1.71 a	49.50±1.10 c	45.06±0.28 e	2.14±0.03 de
H10	64.36±1.10 f	2.04±0.03 de	3.51±0.07 cd	6.00±0.00 b	25.30±0.70 g	28.77±0.48 f	52.95±1.45 ab	43.76±0.54 ef	2.05±0.09 ef
H11	75.51±3.30 cd	1.97±0.02 ef	4.18±0.24 abcd	6.00±0.00 b	29.52±1.87 f	33.13±0.60 de	44.57±1.96 d	41.16±0.44 fg	1.90±0.08 f
H12	78.52±1.54 bc	1.92±0.06 f	4.06±0.18 bcd	5.00±0.00 d	32.77±0.38 cd	38.69±1.11 ab	49.75±0.22 bc	75.64±1.11 bc	2.67±0.03 a
H13	73.19±0.76 de	2.03±0.05 de	4.29±0.07 abc	5.00±0.00 d	33.53±1.12 bc	31.64±1.14 e	44.62±1.00 d	65.50±2.03 d	2.19±0.05 cde
H14	76.37±0.56 cd	2.12±0.10 cd	4.00±0.10 bcd	6.00±0.00 b	29.40±0.62 f	31.72±0.89 e	47.19±2.35 cd	73.82±1.89 c	2.08±0.06 ef
H15	70.26±1.67 e	2.21±0.02 abc	3.85±0.05 bcd	5.00±0.00 d	32.45±1.19 cd	33.81±2.06 de	43.76±2.13 d	41.30±0.48 fg	2.09±0.06 ef
最小值 Minimum	63.14	1.75	3.39	5.00	25.30	28.49	36.58	40.49	1.90
最大值 Maximum	84.48	2.30	4.99	7.00	36.56	40.39	54.69	79.05	2.67
平均值 Mean	73.68	2.12	4.20	5.71	31.89	34.37	45.99	59.40	2.31
标准差 σ	6.30	0.17	0.42	0.70	2.79	3.69	4.99	16.72	0.22
变异系数 CV	0.09	0.08	0.10	0.12	0.09	0.11	0.11	0.28	0.10
多样性指数 H	1.36	1.24	1.29	0.99	1.40	1.49	1.40	0.99	1.43

表 2 (续)
Table 2 (Continued)

编号 No.	瓜梗长 Peduncle length/cm	瓜梗横径 Peduncle diameter/cm	瓜横径 Transverse diameter of melon/cm	瓜纵径 Longitudinal diameter of melon/cm	瓜肉厚 Flesh thickness/cm	瓜瓤厚 Pulp thickness/cm	单瓜质量 Single fruit mass/g	单株产量 Yield per plant/kg	含水量 Water content/%
H1	4.86±0.04 de	2.45±0.32 ef	7.05±0.31 cd	22.55±0.94 def	1.22±0.10 bc	4.80±0.14 c	505.41±47.13 de	20.84±1.38 cde	94.96
H2	4.86±0.31 de	3.14±0.08 bc	7.38±0.23 c	26.94±1.42 a	1.33±0.02 bc	4.63±0.08 c	692.79±0.35 a	30.48±2.78 ab	94.75
H3	4.18±0.11 fgh	2.68±0.09 def	7.52±0.10 c	24.20±0.44 bcd	1.21±0.03 bc	5.22±0.23 c	667.33±21.37 ab	30.25±1.70 ab	95.62
H4	4.32±0.38 efg	2.98±0.38 bcd	7.46±0.35 c	24.68±1.69 bcd	1.10±0.11 bc	5.19±0.48 c	686.66±5.77 a	23.79±4.04 cd	96.33
H5	3.94±0.16 ghi	2.78±0.09 cde	6.25±0.38 d	26.10±0.65 ab	1.07±0.18 c	4.41±0.20 c	607.53±45.33 abc	25.75±2.20 bc	94.64
H6	3.57±0.66 hij	2.42±0.12 ef	14.08±1.51 a	9.36±0.55 g	1.71±0.34 a	9.40±1.97 a	593.26±125.72 bcd	24.93±3.00 cd	97.16
H7	6.80±0.35 b	3.30±0.24 b	6.89±0.37 cd	21.87±1.15 ef	1.08±0.07 c	4.76±0.32 c	589.42±16.85 bcd	23.55±1.98 cd	96.88
H8	3.43±0.51 ij	2.43±0.04 ef	7.14±0.67 cd	25.79±0.67 ab	1.19±0.14 bc	4.85±0.36 c	609.01±78.14 abc	20.32±3.13 de	96.65
H9	5.42±0.50 d	6.68±0.68 a	6.68±0.68 cd	23.35±2.75 cde	1.16±0.05 bc	4.47±0.49 c	553.35±66.03 cde	35.29±3.25 a	96.33
H10	2.99±0.21 j	1.63±0.03 g	10.25±0.09 b	7.87±0.14 g	1.37±0.23 b	7.21±0.10 b	480.53±11.89 e	23.73±2.68 cd	96.80
H11	6.08±0.35 c	2.32±0.04 f	6.89±0.23 cd	23.28±1.80 cde	1.24±0.10 bc	4.46±0.58 c	544.44±22.15 cde	20.31±1.04 de	95.94
H12	4.62±0.37 ef	2.24±0.02 f	6.87±0.41 cd	25.20±0.90 abc	1.23±0.08 bc	4.66±0.45 c	544.85±13.42 cde	20.36±1.77 de	95.73
H13	3.57±0.34 hij	2.66±0.05 def	7.17±0.23 cd	23.27±0.40 cde	1.35±0.20 bc	4.73±0.46 c	561.94±54.60 cde	15.04±2.49 f	96.03
H14	10.32±0.17 a	2.54±0.12 ef	6.82±0.27 cd	20.78±0.69 f	1.19±0.05 bc	4.92±0.26 c	530.72±46.54 cde	18.15±3.51 ef	94.92
H15	6.39±0.19 b	2.60±0.08 def	7.05±0.21 cd	24.10±0.73 bcde	1.27±0.11 bc	4.53±0.26 c	536.78±7.74 cde	17.89±1.21 ef	96.53
最小值 Minimum	2.99	1.63	6.25	7.87	1.07	4.41	480.53	15.04	94.64
最大值 Maximum	10.32	6.68	14.08	26.94	1.71	9.40	692.79	35.29	97.16
平均值 Mean	5.06	2.86	7.70	21.96	1.25	5.22	580.27	23.38	95.95
标准差 σ	1.88	1.13	1.98	5.66	0.16	1.34	63.74	5.41	0.82
变异系数 CV	0.37	0.40	0.26	0.26	0.13	0.26	0.11	0.23	0.01
多样性指数 H	1.17	0.63	0.63	0.93	1.14	0.86	1.24	1.26	1.44

注: 同列不同小写字母表示品种间在 0.05 水平差异显著。下同。含水量数据无重复, 故无差异显著性分析。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different varieties at 0.05 level. The same below. There is no duplication of water content data, so there is no significance difference analysis.

表3 西葫芦数量性状的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of quantitative traits of zucchini

性状 Character	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
A	1																		
B	0.633*	1																	
C	0.023	-0.297	1																
D	0.252	0.325	-0.853**	1															
E	0.162	-0.249	0.878**	-0.685**	1														
F	-0.044	-0.327	0.990**	-0.887**	0.820**	1													
G	0.173	-0.074	-0.054	0.437	-0.133	-0.082	1												
H	-0.166	-0.148	0.522*	-0.519*	0.351	0.513	-0.140	1											
I	0.025	0.519*	-0.275	0.078	-0.378	-0.265	-0.217	-0.001	1										
J	0.131	0.019	0.176	0.093	0.290	0.175	0.391	-0.385	-0.439	1									
K	-0.184	-0.099	0.547*	-0.638*	0.357	0.594*	-0.235	0.253	0.160	0.092	1								
L	0.495	0.398	0.100	0.175	-0.041	0.119	0.420	-0.133	-0.146	0.506	0.069	1							
M	0.004	0.175	-0.365	0.188	-0.303	-0.349	-0.228	-0.248	0.053	-0.126	-0.120	-0.371	1						
N	0.271	0.536*	-0.261	0.269	-0.279	-0.282	0.134	0.043	0.808**	-0.191	0.047	-0.086	0.137	1					
O	0.174	0.424	0.078	-0.013	-0.025	0.090	0.003	0.302	0.258	0.153	0.460	0.177	0.213	0.494	1				
P	-0.090	0.193	0.001	0.097	-0.074	-0.009	0.363	0.182	0.103	0.317	-0.022	0.067	0.069	0.367	0.353	1			
Q	0.187	0.236	-0.054	0.332	-0.076	-0.076	0.731**	-0.092	-0.132	0.566*	0.004	0.366	-0.100	0.266	0.455	0.660**	1		
R	-0.487	0.032	-0.278	0.161	-0.426	-0.228	0.115	-0.154	0.212	0.185	-0.146	-0.037	-0.011	0.108	0.098	0.608*	0.351	1	

注: A. 叶片长; B. 叶片宽; C. 瓜横径; D. 瓜纵径; E. 瓜肉厚; F. 瓜瓤厚; G. 单瓜质量; H. 含水量; I. 单株产量; J. 雌花节率; K. 叶柄长; L. 叶柄粗; M. 瓜梗长; N. 瓜梗横径; O. 株高; P. 株幅; Q. 主蔓粗; R. 裂片数。*表示在 0.05 水平显著相关; **表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: A. Leaf length; B. Leaf width; C. Transverse diameter of melon; D. Longitudinal diameter of melon; E. Flesh thickness; F. Pulp thickness; G. Single fruit mass; H. Water content; I. Yield per plant; J. Rate of female flower nodes; K. Petiole length; L. Petiole thickness; M. Peduncle length; N. Peduncle diameter; O. Plant height; P. Plant width; Q. Main vine thickness; R. Number of lobes. * represents significant correlation at 0.05 level; ** represents extremely significant correlation at 0.01 level.

表4 西葫芦的质量性状分级赋值及统计分析
Table 4 Grading assignment and statistical analysis of zucchini quality traits

质量性状 Quality trait	分级与赋值 Classification and assignment	份数 Number	多样性指数 H'
分枝性 Branching	1. 强;2. 中;3. 弱 1. Strong; 2. Middle; 3. Weak	45/0/0	0.00
生长习性 Growth habit	1. 蔓生;2. 半蔓生;3. 矮生 1. Creeping; 2. Semi-creeping; 3. Dwarf	45/0/0	0.00
熟性 Maturity	1. 极早;2. 早;3. 中早;4. 中;5. 晚 1. Very early; 2. Early; 3. Intermediate early; 4. Intermediate; 5. Late	0/15/3/27/0	0.85
主蔓色 Main stem color	1. 黄绿;2. 浅绿;3. 绿;4. 深绿 1. Yellow-green; 2. Light green; 3. Green; 4. Dark green	0/0/0/45	0.00
主蔓刺毛 Hair of main stem	0. 无;1. 少;2. 中;3. 多 0. None; 1. Few; 2. Middle; 3. Many	0/0/45/0	0.00
叶形 Leaf shape	1. 掌状;2. 掌状五角;3. 心脏形;4. 心脏五角;5. 近圆形;6. 近三角形 1. Palmate; 2. Palm-shaped pentagonal; 3. Heart-shaped; 4. Heart pentagon; 5. Nearly round; 6. Nearly triangular	0/0/0/21/3/21	0.89
叶色 Leaf color	1. 浅绿;2. 绿;3. 深绿 1. Light green; 2. Green; 3. Dark green	0/45/0	0.00
叶裂刻 Leaf division	0. 无;1. 浅;2. 中;3. 深 0. None; 1. Shallow; 2. Middle; 3. Deep	0/0/0/45	0.00
叶面白斑 White spot in leaf surface	0. 无;1. 少;2. 中;3. 多 0. None; 1. Few; 2. Middle; 3. Many	0/15/3/27	0.85
叶背刺毛 Leaf pubescence	1. 硬;2. 软 1. Hard; 2. Soft	45/0	0.00
花冠色 Corolla color	1. 浅黄;2. 黄;3. 橙黄 1. Pale yellow; 2. Yellow; 3. Orange-yellow	0/45/0	0.00
花蕾形状 Shape of flower bud	1. 圆锥形;2. 圆柱形 1. Conical; 2. Cylindrical	45/0	0.00
花筒形状 Shape of flower tube	1. 钟形;2. 圆筒形 1. Bell-shaped; 2. Cylindrical	0/45	0.00
瓜皮斑纹 Mottling pattern of tender fruit surface	0. 无;1. 点;2. 条;3. 块;4. 网 0. None; 1. Dot; 2. Strip; 3. Block; 4. Net	6/39/0/0/0	0.39
瓜皮棱沟 Melon rind groove	0. 无;1. 浅;2. 中;3. 深 0. None; 1. Shallow; 2. Middle; 3. Deep	0/0/45/0	0.00
瓜形 Fruit shape	1. 扁圆形;2. 近圆形;3. 长颈圆筒形;4. 长弯圆筒形;5. 长把梨形 1. Oblate; 2. Nearly round; 3. Long-necked cylinder; 4. Long curved cylinders; 5. Long handful pear-shaped	3/3/28/0/11	1.00
瓜横切形 Peduncle shape in transverse section	1. 圆形;2. 五棱形 1. Orbicular; 2. Pentagon	45/0	0.00
瓜皮色 Skin color	1. 白;2. 浅黄;3. 黄;4. 橙黄;5. 橙红;6. 浅绿;7. 墨绿 1. White; 2. Light yellow; 3. Yellow; 4. Orange-yellow; 5. Orange-red; 6. Light green; 7. Dark green	0/0/0/6/0/36/3	0.64
瓜肉色 Flesh color	1. 白;2. 浅黄;3. 黄;4. 橙黄;5. 橙红;6. 浅绿 1. White; 2. Light yellow; 3. Yellow; 4. Orange-yellow; 5. Orange-red; 6. Light green;	30/3/3/0/0/9	0.95

2.2.3 15个西葫芦品种瓜肉中粗纤维含量的分析 15个西葫芦品种瓜肉中粗纤维含量如表6所示,粗纤维含量为7.98%~15.42%,H11含量最高,H2含量最低,均值为10.53%,变异系数为0.22,多样性指数为1.27。其中,粗纤维含量高于13.00%的品种有3个,分别为H1、H8和H11,粗纤维含量低于9.00%的品种有5个,属于粗纤维含量较低的品

种,占供试品种的33.33%。

2.2.4 营养成分间的相关性分析 对15个西葫芦瓜皮和瓜肉2个组织间的9个营养成分进行相关性分析,结果如表7所示,瓜肉叶绿素b含量与瓜肉总叶绿素含量呈极显著正相关,相关性系数最大,为0.992;瓜皮可溶性糖含量与瓜皮中总糖含量呈极显著正相关;瓜皮叶绿素a含量与瓜皮总叶绿

表5 西葫芦瓜皮中营养品质指标多样性分析
Table 5 Diversity analysis of nutritional quality indexes in zucchinini melon skin

编号 No.	b(果胶) Pectin content/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(总糖) Total sugar content/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(叶绿素 a) Chlorophyll a content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(叶绿素 b) Chlorophyll b content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(总叶绿素) Total chlorophyll content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	b(维生素 C) Vitamin C content/($\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(类胡萝卜素) Carotenoid content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
H1	13.53±0.13 abc	15.96±0.64 b	26.60±5.16 c	4.32±0.78 ab	81.71±12.15 de	52.79±25.18 c	134.45±36.96 cde	1 809.52±1 573.59 a	87.81±25.09 c
H2	14.12±1.36 ab	18.68±1.72 a	33.95±0.50 ab	4.77±0.32 ab	93.95±30.37 de	89.71±26.10 bc	183.59±55.94 cde	1 142.86±494.87 a	69.95±22.78 c
H3	12.51±2.24 abcd	15.79±1.13 b	25.34±0.83 c	4.31±0.36 ab	512.64±84.17 a	281.69±51.24 a	794.07±106.1 a	1 428.57±1 030.16 a	510.40±166.18 a
H4	11.17±1.12 cd	11.83±1.26 d	15.40±0.31 d	4.45±0.66 ab	89.12±40.65 de	148.14±128.83 bc	237.17±168.85 cd	2 095.24±872.87 a	53.73±9.36 c
H5	13.01±0.81 abcd	9.23±0.63 e	17.37±0.50 d	4.32±0.46 ab	34.89±5.93 f	65.75±13.50 c	100.60±18.94 de	2 761.90±2 327.01 a	214.16±69.44 b
H6	11.85±2.00 abcd	14.48±0.50 c	32.88±4.60 b	4.06±0.58 bc	345.77±18.32 b	216.98±86.71 ab	562.56±100.04 b	1 142.86±571.43 a	255.32±76.57 b
H7	12.32±0.62 abcd	7.48±0.17 f	9.37±2.16 ef	4.62±0.43 ab	72.81±1.50 e	33.52±6.52 c	106.30±5.14 de	2 761.90±1 081.7 a	68.76±30.73 c
H8	11.85±0.26 abcd	9.15±0.93 e	15.46±1.76 d	4.24±0.65 ab	83.01±11.07 de	59.01±38.28 c	141.97±30.9 cde	4 095.24±3 804.76 a	69.70±15.58 c
H9	12.52±0.27 abcd	7.09±0.24 fg	7.38±0.07 fg	4.31±0.24 ab	61.47±11.23 ef	32.21±7.98 c	93.65±18.65 de	3 523.81±4 392.32 a	61.26±19.58 c
H10	10.73±2.61 bcd	6.43±0.27 g	5.64±2.11 g	4.85±0.11 a	25.19±12.03 f	38.86±15.35 c	64.03±21.16 e	2 571.43±1 030.16 a	209.57±39.78 b
H11	10.51±1.41 cd	15.68±0.11 b	17.92±2.03 d	4.23±0.82 ab	85.38±25.29 de	41.69±10.77 c	127.03±35.35 cde	3 142.86±494.87 a	56.41±42.38 c
H12	14.97±4.75 a	10.15±0.52 e	15.88±4.98 d	4.79±0.49 ab	58.24±7.12 ef	30.96±11.75 c	89.17±17.26 de	3 142.86±2 338.67 a	56.46±43.85 c
H13	10.78±0.28 bcd	9.66±0.12 e	24.94±6.26 c	4.44±0.40 ab	148.63±30.01 c	298.04±346.04 a	446.48±359.67 b	2 095.24±1 154.7 a	75.18±26.16 c
H14	9.94±0.87 d	18.06±1.37 a	36.70±0.14 a	4.40±0.43 ab	117.28±9.20 cd	144.48±70.80 bc	261.66±73.21 c	2 761.90±2 592.51 a	97.29±50.95 c
H15	11.57±1.58 abcd	8.04±0.59 f	11.41±2.18 e	3.97±0.76 c	96.94±19.86 de	127.6±71.91 bc	224.45±91.04 cd	1 809.52±1 288.36 a	68.22±32.04 c
最大值 Maximum	14.97	18.68	36.70	4.85	512.64	298.04	794.07	4 095.24	510.40
最小值 Minimum	9.94	6.43	5.64	3.97	25.19	30.96	64.03	1 142.86	53.73
极差 Range	5.03	12.25	31.06	0.88	487.45	267.08	730.04	2 952.38	456.67
平均值 Average	12.09	11.85	19.75	4.41	127.14	110.76	237.81	2 419.05	130.28
变异系数 CV	0.12	0.35	0.50	0.06	1.02	0.82	0.87	0.36	0.95
多样性指数 FF	1.44	1.49	1.46	1.40	0.77	1.17	1.17	1.46	1.21

表6 西葫芦瓜肉中的营养品质指标多样性分析
Table 6 Diversity analysis of nutritional quality indexes in zucchini melon flesh

编号 No.	b(果胶) Pectin content/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(总糖) Total sugar content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(叶绿素 a) Chlorophyll a content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(叶绿素 b) Chlorophyll b content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(总叶绿素) Total chlorophyll content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	b(维生素C) Vitamin C content/($\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(类胡萝卜素) Carotenoid content/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(粗纤维) Crude fiber content/%
H1	12.01±1.45 abcd	16.53±0.25 cde	10.07±2.64 de	4.11±0.03 de	10.22±2.84 cdef	10.86±2.43 c	21.07±4.9 de	3 259.26±1 809.90 a	-	13.76±0.66 b
H2	13.16±2.80 abc	16.08±2.12 cde	13.35±1.02 bcd	4.14±0.31 de	16.00±6.17 bcdef	22.14±11.63 bc	38.12±8.78 bcde	2 888.89±2 119.86 a	-	7.98±0.24 i
H3	14.16±2.23 a	22.46±3.58 a	10.05±2.11 de	4.20±0.43 cde	17.97±1.43 bcd	22.63±9.98 bc	40.58±10.97 bcde	2 296.30±1 223.90 a	-	8.79±0.39 gh
H4	9.93±0.76 abcd	17.80±1.07 cd	10.19±3.10 de	4.29±0.53 bcde	27.10±16.42 a	60.09±52.35 a	87.15±54.93 a	1 407.41±780.42 a	-	9.69±0.28 ef
H5	12.65±2.21 abcd	17.28±2.19 cd	9.51±1.85 de	4.96±0.06 a	17.62±5.27 bcde	22.76±11.44 bc	40.36±15.59 bcde	3 925.93±462.59 a	13.17±0.62 a	11.41±0.09 c
H6	13.76±3.47 ab	16.84±0.26 cde	7.58±2.58 e	4.47±0.36 abcde	21.95±6.45 ab	29.09±10.59 bc	51.01±14.73 b	4 370.37±2 497.74 a	-	8.43±0.36 hi
H7	12.65±2.74 abcd	6.54±0.27 g	1.50±0.17 f	4.30±0.49 bcde	18.49±3.07 bc	29.75±12.11 bc	48.22±14.78 bc	1 333.33±587.94 a	-	9.20±0.07 efg
H8	12.51±4.28 abcd	16.08±1.86 cde	9.90±2.93 de	4.74±0.26 abc	14.32±5.83 bcdef	30.67±8.84 bc	44.98±13.55 bcd	3 259.26±2 477.89 a	-	14.35±0.58 b
H9	13.81±2.25 ab	11.23±0.55 f	11.40±3.41 cde	4.40±0.53 bcde	9.57±1.18 ef	13.54±2.02 bc	23.10±1.89 cde	3 037.04±513.20 a	11.24±1.59 ab	11.76±0.29 c
H10	9.59±1.37 bcd	17.97±0.53 c	10.05±2.57 de	4.37±0.33 bcde	7.67±0.99 f	12.41±3.54 c	20.07±3.77 de	2 740.74±1 118.49 a	-	10.68±0.49 d
H11	8.77±2.08 cd	12.62±0.91 f	12.01±3.05 cd	4.58±0.44 abcd	7.62±0.60 f	9.99±4.30 c	17.60±4.79 e	3 777.78±222.22 a	-	15.42±0.62 a
H12	12.09±1.31 abcd	20.04±1.24 b	17.79±4.67 a	4.00±0.31 e	9.79±3.58 def	11.63±4.23 c	21.41±7.48 de	962.96±128.30 a	-	8.67±0.22 ghi
H13	8.54±2.29 d	15.89±0.73 de	13.49±1.23 bcd	4.73±0.39 ab	16.46±10.95 bcde	26.84±18.64 bc	43.28±29.54 bcde	2 518.52±3 215.19 a	-	9.01±0.39 fgh
H14	11.17±0.24 abcd	16.98±0.86 cde	16.54±6.38 ab	4.69±0.24 abcd	9.64±1.14 ef	12.90±3.13 bc	22.54±3.06 cde	2 592.59±1 782.40 a	-	8.96±0.32 gh
H15	10.64±0.37 abcd	15.12±1.24 e	14.84±4.14 abc	3.87±0.87 e	20.57±6.88 ab	35.08±14.62 b	55.62±21.02 b	4 000.00±2 562.79 a	-	9.81±0.49 e
最大值 Maximum	14.16	22.46	17.79	4.96	27.10	60.09	87.15	4 370.37	13.17	15.42
最小值 Minimum	8.54	6.54	1.50	3.87	7.62	9.99	17.60	962.96	11.24	7.98
极差 Range	5.62	15.92	16.29	1.09	19.48	50.10	69.55	3 407.41	1.93	7.44
平均值 Average	11.70	15.96	11.22	4.39	15.00	23.36	38.34	2 824.69	12.21	10.53
变异系数 CV	0.16	0.23	0.35	0.07	0.39	0.56	0.49	0.36	0.11	0.22
多样性指数 H'	1.40	1.08	1.19	1.49	1.24	1.18	1.18	1.16	0.36	1.27

注:-表示未检测到。
Note : - means not detected.

表7 15个西葫芦品种的营养品质指标相关性分析
Table 7 Correlation analysis of nutritional quality index in 15 zucchini varieties

指标 In- dex	A	a	B	b	C	c	D	d	E	F	G	e	f	g	H	h	I	i	j
A	1																		
a	-0.148	1																	
B	0.308	-0.450	1																
b	-0.098	-0.148	0.605*	1															
C	-0.128	0.131	0.026	0.185	1														
c	0.057	-0.158	0.046	-0.284	0.265	1													
D	-0.076	-0.049	0.048	0.137	0.874**	0.252	1												
d	0.064	-0.094	0.157	0.053	0.359	0.490	0.321	1											
E	-0.348	-0.096	-0.035	0.410	0.456	-0.137	0.406	0.437	1										
F	-0.313	0.104	-0.305	-0.045	0.515*	0.091	0.288	0.432	0.760**	1									
G	-0.354	-0.015	-0.155	0.237	0.511	-0.046	0.380	0.463	0.959**	0.913**	1								
e	-0.312	-0.099	-0.018	0.143	0.089	-0.342	-0.044	0.065	0.347	0.496	0.434	1							
f	-0.220	-0.062	-0.181	-0.089	-0.110	-0.277	-0.177	0.001	0.105	0.339	0.214	0.911**	1						
g	-0.253	-0.075	-0.134	-0.018	-0.050	-0.303	-0.139	0.021	0.183	0.395	0.287	0.956**	0.992**	1					
H	-0.134	0.039	0.015	0.417	0.203	-0.227	0.185	0.549*	0.816**	0.516*	0.737**	0.172	-0.068	0.005	1				
h	0.275	0.130	0.509	0.127	-0.583	-0.604	-0.528	-0.220	-0.550	-0.806*	-0.697	-0.339	-0.360	-0.359	-0.008	1			
I	0.077	0.410	-0.121	-0.128	-0.545*	0.047	-0.484	-0.325	-0.543*	-0.585*	-0.596*	-0.494	-0.234	-0.320	-0.415	0.376	1		
i	-0.685**	0.291	-0.217	0.060	0.193	-0.016	0.129	-0.038	0.092	0.050	0.079	-0.038	-0.172	-0.134	0.132	0.747	-0.151	1	
j	-0.321	0.298	-0.161	-0.226	-0.310	-0.117	-0.086	-0.242	-0.354	-0.494	-0.437	-0.446	-0.266	-0.327	-0.255	0.756*	0.567*	0.393	1

注:瓜皮,A~I依次对应可溶性蛋白、果胶、可溶性糖、总糖、叶绿素(a、b和总含量)、维生素C、类胡萝卜素含量;瓜肉,a~i对应瓜皮中同类成分;j为粗纤维含量。*表示在0.05水平显著相关;**表示在0.01水平极显著相关。

Note: For the skin, A-I correspond to soluble protein, pectin, soluble sugar, total sugar, chlorophyll (a, b and total content), vitamin C, and carotenoids content respectively; for the flesh, a-i for the corresponding similar components in zucchini skin respectively; j represents the crude fiber content. * represents significant correlation at 0.05 level; ** represents extremely significant correlation at 0.01 level.

素含量、瓜皮叶绿素b含量、瓜皮维生素C含量均呈极显著正相关;瓜皮叶绿素a含量与瓜皮类胡萝卜素含量呈显著负相关;瓜皮叶绿素b含量与瓜肉维生素C含量、瓜皮类胡萝卜素含量呈显著负相关;瓜皮可溶性蛋白含量与瓜肉类胡萝卜素含量呈显著负相关;瓜肉粗纤维含量与瓜肉维生素C含量、瓜皮类胡萝卜素含量均呈显著正相关。

2.3 西葫芦农艺性状与营养品质指标联合主成分分析及评价

本研究共测定了37个农艺性状指标,其中含水量因品种间差异不显著、信息贡献率低,且对品种营养品质与产量潜力的综合判别作用有限,为提升主成分分析的有效性与解释力,未将其纳入主成分分析指标中。以特征值大于1.00为标准提取主成分,分析结果如表8所示。在36个主成分中,前7个主成分累计贡献率达80.53%,基本能够反映36个主成分的大部分信息。

第1主成分的特征值为7.77,贡献率最高,为21.59%,西葫芦瓜瓢厚和瓜横径的特征向量均最

大,均为0.94。第2主成分的特征值为5.48,西葫芦瓜肉中叶绿素a含量和总叶绿素含量的特征向量均最大,均为0.96。第3主成分的特征值为4.01,西葫芦瓜皮中叶绿素a含量特征向量最大,为0.90。第4主成分的特征值为3.85,西葫芦叶柄粗特征向量最大,为0.90。第5主成分的特征值为3.24,西葫芦瓜皮中可溶性糖含量特征向量最大,为0.91。第6主成分的特征值为2.70,西葫芦单株产量特征向量最大,为0.93。第7主成分的特征值为1.94,西葫芦瓜肉中蛋白质含量特征向量最大,为0.90。

将主成分分析得出的因子代入公式 $F_i = b_i \times X$, 其中, F_i 为主成分得分, b_i 为因子得分, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$, X 为各个主成分特征值的算术平方根。计算出 F_i , 代入公式 $F = \sum_{i=1}^m m = (V_i/P) \times F_i$, 其中, $m = 10$, V_i 为各个主成分的贡献率, P 为10个主成分的累计贡献率, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$, 由此公式分别计算出15个西葫芦品种的得分^[9](表9), 得分越高, 代表该品种在青海黄南藏区露地种植的农

表8 西葫芦品种不同性状指标的主成分分析

Table 8 Principal component analysis of different characters index of zucchini varieties

指标 Index	主成分 Principal component						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
瓜皮可溶性蛋白含量 Soluble protein content of peel	0.02	-0.16	-0.27	0.10	-0.01	0.05	0.01
瓜肉可溶性蛋白含量 Soluble protein content of flesh	0.04	-0.03	-0.05	-0.15	0.03	-0.10	0.90
瓜皮瓜胶含量 Pectin content of peel	-0.18	-0.13	-0.08	0.86	0.03	0.26	-0.23
瓜肉瓜胶含量 Pectin content of flesh	0.04	-0.12	0.29	0.59	0.13	0.61	0.03
瓜皮可溶性糖含量 Soluble sugar content of peel	0.12	0.02	0.25	0.13	0.91	-0.12	0.07
瓜肉可溶性糖含量 Soluble sugar content of flesh	-0.25	-0.27	0.00	-0.16	0.23	-0.18	-0.16
瓜皮总糖含量 Total sugar content of peel	-0.06	-0.10	0.24	-0.01	0.87	-0.02	-0.11
瓜肉总糖含量 Total sugar content of flesh	0.09	-0.03	0.57	0.13	0.08	-0.18	0.03
瓜皮叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content of peel	0.23	0.14	0.90	0.06	0.23	0.11	-0.11
瓜皮叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content of peel	0.18	0.47	0.67	-0.10	0.27	-0.16	0.01
瓜皮总叶绿素含量 Total chlorophyll content of peel	0.20	0.30	0.86	0.00	0.26	0.00	-0.07
瓜肉叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content of flesh	0.04	0.96	0.13	0.07	0.06	0.09	-0.03
瓜肉叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content of flesh	-0.04	0.93	0.03	-0.07	-0.15	-0.14	-0.06
瓜肉总叶绿素含量 Total chlorophyll content of flesh	-0.02	0.96	0.06	-0.01	-0.09	-0.02	-0.06
瓜皮类胡萝卜素含量 Carotenoid content of peel	0.29	-0.03	0.83	0.08	-0.01	0.22	0.13
瓜肉类胡萝卜素含量 Carotenoid content of flesh	0.15	0.32	-0.49	-0.01	-0.29	-0.17	0.52
瓜皮维生素 C 含量 Vitamin C content of peel	-0.38	-0.44	-0.26	-0.11	-0.49	-0.08	0.41
瓜肉维生素 C 含量 Vitamin C content of flesh	0.30	-0.12	-0.05	-0.12	0.18	0.14	0.20
瓜肉粗纤维含量 Coarse fiber content of flesh	0.30	0.41	0.21	0.13	0.28	0.14	-0.15
株高 Plant height	0.08	-0.05	0.19	0.15	-0.22	0.18	0.19
株幅 Plant width	-0.06	0.16	0.17	-0.02	-0.03	0.60	0.46
主蔓粗 Main vine thickness	-0.16	0.31	0.47	0.25	0.17	0.47	0.40
裂片数 Number of lobes	-0.27	-0.28	0.03	-0.10	-0.14	0.33	0.77
叶片长 Leaf length	-0.01	0.21	-0.07	0.68	0.33	0.04	-0.40
叶片宽 Leaf width	-0.24	-0.31	-0.17	0.61	-0.03	0.34	-0.24
叶柄长 Petiole length	0.70	-0.04	0.07	-0.04	-0.29	0.13	0.11
叶柄粗 Petiole thickness	0.03	0.21	0.18	0.90	-0.02	-0.02	0.11
瓜梗长 Peduncle length	-0.31	-0.18	-0.17	-0.40	0.42	-0.03	-0.15
瓜梗横径 Peduncle diameter	-0.21	0.00	-0.20	0.04	-0.18	0.71	-0.12
瓜横径 Transverse diameter of melon	0.94	0.08	0.19	0.04	0.07	-0.01	-0.03
瓜肉厚 Flesh thickness	0.81	-0.02	0.16	0.04	0.29	-0.09	-0.14
瓜瓢厚 Pulp thickness	0.94	0.06	0.22	0.01	0.02	-0.03	0.02
单瓜质量 Single fruit mass	-0.25	0.65	0.29	0.22	0.26	0.39	0.18
瓜纵径 Longitudinal diameter of melon	-0.93	0.17	-0.04	0.24	0.11	0.08	0.03
单株产量 Yield per plant	0.07	-0.02	0.11	0.19	-0.07	0.93	-0.03
雌花节率 Rate of female flower nodes	0.09	-0.06	0.44	0.43	0.48	0.08	0.45
特征值 Eigenvalue	7.77	5.48	4.01	3.85	3.24	2.70	1.94
贡献率 Contribution rate/%	21.59	15.22	11.15	10.69	9.00	7.50	5.38
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	21.59	36.81	47.96	58.65	67.65	75.15	80.53

艺适应性、丰产性及营养品质的综合表现越优异。

由表 9 可知, H6、H3、H2 和 H5 综合农艺性状和营养品质均表现出在高寒地区良好的适应性, 适合后期进行推广种植。

2.4 营养品质指标的隶属函数分析

对 15 个西葫芦品种进行隶属函数分析, 结果如表 10 所示, 隶属函数值分布在 0.28~0.68 之间, 平均值为 0.40, 大于平均值的品种有 4 个, 依次为

H2、H3、H5、H6, 与综合性状评价结果一致, 说明这 4 个品种具有较为优良的营养品质。综合性状评价和营养品质的隶属函数分析, 共筛选出 4 个品种, 分别为 H6、H3、H5 和 H2。

2.5 西葫芦农艺性状与营养品质指标联合聚类分析

对 15 个西葫芦品种的农艺性状与营养品质指标进行系统聚类分析, 结果如图 2 所示, 在相似系

表9 15个西葫芦品种的不同性状综合评价

Table 9 Comprehensive evaluation of different characters of 15 zucchini varieties

编号 No.	主成分得分 Principal component score							F	排名 Rank
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		
H1	-0.32	-0.11	0.82	2.95	2.12	1.12	-0.20	6.37	13
H2	-0.46	1.98	2.52	3.85	3.63	3.18	1.06	15.77	3
H3	0.65	2.58	6.05	3.76	3.40	3.55	1.60	21.59	2
H4	-0.12	4.29	1.80	1.86	1.14	1.39	0.87	11.23	6
H5	-0.56	1.42	1.77	3.30	1.06	3.03	3.47	13.49	4
H6	4.29	2.74	4.90	3.45	3.28	2.50	1.35	22.51	1
H7	-0.88	1.75	0.83	3.14	0.49	3.10	1.34	9.76	7
H8	-1.17	0.64	1.48	2.23	0.91	2.21	2.98	9.28	9
H9	-0.87	-0.25	0.64	2.78	0.11	4.02	1.57	7.99	11
H10	2.21	-0.16	0.75	0.55	-0.09	1.01	1.66	5.93	14
H11	-0.65	-0.33	0.66	0.67	1.26	1.21	1.65	4.48	15
H12	-0.47	-0.02	1.36	4.05	1.44	1.81	0.62	8.78	10
H13	0.51	2.50	2.47	1.79	2.13	0.79	1.50	11.68	5
H14	-0.08	0.07	2.18	1.19	3.04	1.36	1.96	9.72	8
H15	-0.16	2.17	1.39	1.51	1.30	1.44	0.24	7.90	12

表10 15个西葫芦品种的隶属函数值

Table 10 Membership function value of 15 zucchini varieties

编号 No.	隶属函数值 Membership function value	编号 No.	隶属函数值 Membership function value	编号 No.	隶属函数值 Membership function value
H1	0.28	H6	0.68	H11	0.30
H2	0.43	H7	0.37	H12	0.28
H3	0.64	H8	0.39	H13	0.39
H4	0.37	H9	0.38	H14	0.36
H5	0.46	H10	0.33	H15	0.34

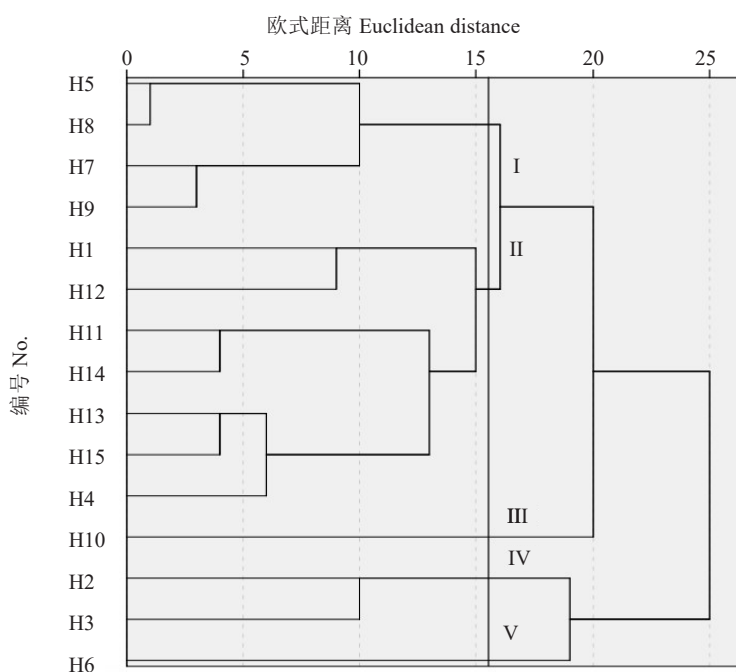


图2 15个西葫芦品种的层次聚类分析

Fig. 2 Hierarchical clustering analysis of 15 zucchini varieties

数等于 15 时,15 个西葫芦品种可以被分成 5 大类,对 5 个组群中 36 个指标的平均值进行比较分析(表 11),第 I 类共 4 个品种,该类中瓜肉中可溶性蛋白含量、瓜皮中维生素 C 含量、瓜肉中粗纤维含量、株幅、裂片数、叶片宽和瓜梗横径的平均值在 5 个组群中均最大;第 II 类共 7 个品种,其中瓜肉可溶性糖含量和瓜梗长平均值在 5 个组群中均最大;第 III 类为 1 个品种 H10,其中瓜皮可溶性蛋白

含量平均值在 5 个组群中最大;第 IV 类为 2 个品种 H2 和 H3,其中瓜皮和瓜肉的总糖含量、瓜果胶含量、瓜皮叶绿素 a 含量、瓜皮类胡萝卜素含量、主蔓粗、单瓜质量、单株产量和雌花节率的平均值在 5 个组群中均最大;第 V 类为 1 个品种 H6,其中瓜皮和瓜肉叶绿素 b 含量和总叶绿素含量、瓜肉果胶含量和维生素 C 含量、瓜皮可溶性糖含量、瓜皮叶绿素 a 含量、株高、叶片长、叶柄

表 11 5 个组群不同指标的平均值分析

Table 11 Analysis of the mean values of different indexes among five groups

指标 Index	I	II	III	IV	V
w(瓜皮可溶性蛋白) Soluble protein content of peel/(mg·g ⁻¹)	4.37	4.37	4.85	4.54	4.06
w(瓜肉可溶性蛋白) Soluble protein content of flesh/(mg·g ⁻¹)	4.60	4.32	4.37	4.17	4.47
b(瓜果胶) Pectin content of peel/(μmol·g ⁻¹)	12.43	11.78	10.73	13.32	11.85
b(瓜肉果胶) Pectin content of flesh/(μmol·g ⁻¹)	12.91	10.45	9.59	13.66	13.76
w(瓜皮可溶性糖) Soluble sugar content of peel/(mg·g ⁻¹)	12.40	21.26	5.64	29.65	32.88
w(瓜肉可溶性糖) Soluble sugar content of flesh/(mg·g ⁻¹)	8.08	13.56	10.05	11.70	7.58
w(瓜皮总糖) Total sugar content of peel/(mg·g ⁻¹)	8.24	12.77	6.43	17.24	14.48
w(瓜肉总糖) Total sugar content of flesh/(mg·g ⁻¹)	12.78	16.43	17.97	19.27	16.84
w(瓜皮叶绿素 a) Chlorophyll a content of peel/(μg·g ⁻¹)	0.06	0.10	0.03	0.30	0.35
w(瓜皮叶绿素 b) Chlorophyll b content of peel/(μg·g ⁻¹)	0.05	0.12	0.04	0.19	0.22
w(瓜皮总叶绿素) Total chlorophyll content of peel/(μg·g ⁻¹)	0.11	0.22	0.06	0.49	0.56
w(瓜肉叶绿素 a) Chlorophyll a content of flesh/(μg·g ⁻¹)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
w(瓜肉叶绿素 b) Chlorophyll b content of flesh/(μg·g ⁻¹)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03
w(瓜肉总叶绿素) Total chlorophyll content of flesh/(μg·g ⁻¹)	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05
w(瓜皮类胡萝卜素) Carotenoid content of peel/(μg·g ⁻¹)	0.10	0.07	0.21	0.29	0.26
w(瓜肉类胡萝卜素) Carotenoid content of flesh/(μg·g ⁻¹)	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01
b(瓜皮维生素 C) Vitamin C content of peel/(nmol·g ⁻¹)	3 285.71	2 408.16	2 571.43	1 285.72	1 142.86
b(瓜肉维生素 C) Vitamin C content of flesh/(nmol·g ⁻¹)	2 888.89	2 645.50	2 740.74	2 592.60	4 370.37
w(瓜肉粗纤维) Coarse fiber content of flesh/%	11.68	10.76	10.68	8.39	8.43
株高 Plant height/cm	77.82	72.81	64.36	69.15	81.58
株幅 Plant width/m ²	2.29	1.99	2.04	2.23	2.17
主蔓粗 Main vine thickness/cm	4.42	3.98	3.51	4.78	4.41
裂片数 Number of lobes/cm	6.50	5.29	6.00	5.83	5.00
叶片长 Leaf length/cm	31.91	32.12	25.33	32.70	35.09
叶片宽 Leaf width/cm	37.12	33.58	28.77	34.87	33.56
叶柄长 Petiole length/cm	45.04	45.28	52.95	42.57	54.69
叶柄粗 Petiole thickness/cm	2.39	2.25	2.05	2.40	2.52
瓜梗长 Peduncle length/cm	4.90	5.82	2.99	4.52	3.57
瓜梗横径 Peduncle diameter/cm	3.80	2.54	1.63	2.91	2.42
瓜横径 Transverse diameter of melon/cm	6.74	7.04	10.25	7.45	14.08
瓜肉厚 Flesh thickness/cm	1.12	1.23	1.37	1.27	1.71
瓜瓢厚 Pulp thickness/cm	4.62	4.76	7.21	4.92	9.40
单瓜质量 Single fruit mass/g	589.83	558.69	480.53	680.06	593.26
瓜纵径 Longitudinal diameter of melon/cm	24.28	23.41	7.87	25.57	9.36
单株产量 Yield per plant/kg	26.23	19.48	23.73	30.37	24.93
雌花节率 Rate of female flower nodes/%	57.78	54.38	43.76	78.78	77.95

长、叶柄粗、瓜横径、瓜肉厚和瓜瓢厚的平均值在5个组群中均最大。

3 讨论与结论

对作物表型性状的研究是对作物种质资源评价和高效利用的重要过程之一^[20],植物表型性状的多样性由植物遗传和周围环境等多重因素共同决定,对植物表型性状的系统调查,可充分反映植株的综合表型形态特征^[21]。本研究以15个西葫芦品种为材料,在青海黄南藏区露地条件下,检测37个农艺性状(18个数量性状、19个质量性状)指标与8个营养指标,结果显示所有指标变异系数为0~1.02:瓜梗横径(0.40)、瓜梗长(0.37)、雌花节率(0.28)等数量性状变异显著,说明瓜梗横径、瓜梗长以及雌花节率等可以通过品种选育获得较大程度的改善。瓜形($H=1.00$)、瓜肉色($H=0.95$)、叶形($H=0.89$)等质量性状多样性突出,营养品质指标中瓜皮叶绿素a含量(1.02)、类胡萝卜素含量(0.95)变异系数最大,整体遗传多样性丰富。该结果与刘庆华等^[22]研究结果一致,其以20份西葫芦种质资源为对象,研究15个农艺性状后发现,这些性状的变异系数为7.46%~53.20%,其中单瓜种子数(变异系数53.20%)、雌花节率(变异系数36.00%)等产量相关性性状变异显著,易通过品种选育进行改良;但本研究营养品质指标变异更大,推测与青海高寒冷凉环境有关:低温、强光照可能加剧性状分离,这与谢冰等^[23]研究结果一致。此外,本研究中12个质量性状(生长习性、主蔓色等)多样性指数均为0,表明供试材料基础生长性状遗传背景一致,这与陈凤真等^[24]研究结果相一致,说明材料选择兼顾目标性状多样性与背景一致性,试验设计合理。

本研究对供试15个西葫芦品种的8个营养指标的分析表明,可溶性蛋白含量、果胶含量、可溶性糖含量、总糖含量以及叶绿素含量等指标在不同品种间存在显著差异,这些差异不仅反映了西葫芦品种的遗传多样性,也为后续育种工作提供了丰富的种质资源。粗纤维是膳食纤维的一类,可促进机体肠胃蠕动,降低血糖含量和胆固醇含量,有助于改善口感^[25],本研究中供试品种中瓜肉粗纤维含量为7.98%~15.42%,维生素C含量在瓜皮和瓜肉中分别为1 142.86~4 095.24 nmol·g⁻¹和962.96~4 370.37 nmol·g⁻¹,这与李文君等^[26]研究结果不同,这可能与青海省自然条件和西葫芦品种的不同有关。

本研究结果还发现15个供试西葫芦品种的各数量性状间存在显著相互影响(即性状间的显著相关性),因此在今后选育区域性适配品种时需综合考虑各项指标。从数量性状相关性分析来看,与产量相关的性状中,单株产量与瓜梗横径呈极显著正相关,说明瓜梗横径越大,单株产量越高,这一关联为高产品种的选育提供了直观参考;农艺性状间,瓜横径与瓜纵径呈极显著负相关,瓜横径与瓜瓢厚呈极显著正相关,表明果实的横向发育与纵向发育相互制约,且横向加粗会伴随瓜瓢增厚;此外,株幅与主蔓粗呈极显著正相关,叶片长与叶片宽呈显著正相关,体现了植株营养生长性状间的协同关系。品质性状间同样存在紧密关联,瓜皮总糖含量与瓜皮可溶性糖含量呈极显著正相关,瓜肉叶绿素b含量与瓜肉总叶绿素含量呈极显著正相关,瓜皮维生素C含量与瓜皮叶绿素a含量呈极显著正相关,说明营养成分的积累存在协同效应。

主成分分析是通过将多个指标转化为少数综合指标的方法^[27],通过对影响作物种质资源性状的多种因子进行分析,最终明确最主要的影响因子,更有利于对种质资源进行系统的评价和分类^[28]。利用主成分分析方法评价种质性状的研究已多有报道,其广泛应用于南瓜^[29]、葫芦^[30]、黄瓜^[31]等作物。本研究通过对36个指标进行主成分分析,前7个主成分累计贡献率达80.53%,基本能够反映36个主成分的大部分信息。通过主成分分析发现不同西葫芦品种在各项指标上表现出显著的遗传多样性,并通过计算主成分的综合得分,发现H6品种综合得分排名第1,显示出其在青海高寒地区的良好适应性。此外,H3和H2品种也分别位列第2和第3,表现出较高的综合适应性,H5品种位列第4,表现出突出的营养品质优势。

聚类分析作为目前进行种质资源评价研究中常用的一种数据分析方法,可将不同品种进行归类,从而衡量各品种的优劣并根据性状的相似程度进行分类,反映亲缘关系的远近^[32-35]。15个西葫芦品种可以被分成5类,其中表型与营养品质均优的品种有京圆(H6)、黄迪(H5),京圆瓜横径(14.08 cm)最大,瓜肉维生素C含量(4 370.37 nmol·g⁻¹)最高,黄迪的瓜肉可溶性蛋白含量达4.96 mg·g⁻¹(最高),且检测到瓜肉类胡萝卜素含量为13.17 μg·g⁻¹,主成分综合得分13.49(排名第4),农艺适应性与营养品质协同表现优异。综合适应性好且具有高产优势的品种为金刚(H2)和墨翠(H3),单株产量均较

高,分别达 30.48、30.25 kg,雌花节率也均较高,分别为 78.50%、79.05%,丰产性稳定。上述品种均有具体测定数据支撑,可为青海黄南藏区露地种植提供明确参考:追求综合品质选京圆、黄迪;追求高产选金刚、墨翠。其中京圆与墨翠属于早熟品种,黄迪与金刚为中熟品种,上述 4 个品种的外观性状均与本地市场消费偏好高度契合。基于熟性的差异化特征,将其进行搭配种植,可有效衔接早熟品种与中熟品种的上市档期,形成梯次供应格局,进而显著延长产品的市场售卖周期,既能满足市场不同时段消费需求,也能提升种植主体的经济效益。

本研究通过对 15 个西葫芦品种在青海黄南藏区露地种植的农艺性状调查统计及营养品质分析,明晰了各品种的农艺特征与主要营养成分;进一步采用主成分得分与隶属函数综合分析,成功筛选出京圆、墨翠、金刚、黄迪 4 个适宜当地露地栽培的优异品种。该研究不仅为青海高寒地区西葫芦品种的选育、推广及同类型地区的品种适应性评价奠定了科学基础,提供了品种选择参考以助力当地扩大种植面积,同时也丰富了西葫芦种质资源库,为后续育种工作提供了有价值的参考依据。

参考文献

- [1] 刘屿洲,顾小煜,杨凤娟,等.耐高温胁迫西葫芦种质资源评价和筛选[J].山东农业大学学报(自然科学版),2024,55(5):804-813.
- [2] 董旭.西葫芦高产栽培技术与病虫害防治[J].江西农业,2016(23):6.
- [3] 杜京.西葫芦提取液的抗氧化、降血糖及抑菌活性研究[D].天津:天津科技大学,2021.
- [4] 王菲.西葫芦和番茄的药用[J].现代农业,1988(5):44.
- [5] 何永梅.西葫芦保鲜贮藏方法[J].农家参谋,2012(1):26.
- [6] 夏文水.食品工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [7] 朱景辉.西葫芦的高产栽培技术[J].吉林农业,2016(4):106.
- [8] 刘文凯.西葫芦高产栽培技术[J].吉林农业,2016(6):107.
- [9] 张丽.保护地无公害西葫芦栽培技术研究[J].农家参谋,2018(24):58.
- [10] 于治锋.西葫芦高产栽培技术[J].现代农业科技,2011(7):126-127.
- [11] 彭智通,徐水勇,钟凤林.西葫芦栽培技术[J].中国果菜,2011(7):4-6.
- [12] 兰红玲.西葫芦杂种一代产量优势形成机理的研究[D].山东泰安:山东农业大学,2003.
- [13] 樊治成,贾洪玉,郭洪芸,等.西葫芦耐冷性生理指标研究[J].园艺学报,1999,26(5):309-313.
- [14] 李锡香,朱德蔚,沈镛.南瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [15] 中华人民共和国卫生部.植物类食品中粗纤维的测定:GB/T 5009.10—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [16] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [17] 梁吉业,冯晨娇,宋鹏.大数据相关分析综述[J].计算机学报,2016,39(1):1-18.
- [18] 吴欣明,郭璞,池惠武,等.国外紫花苜蓿种质资源表型性状与品质多样性分析[J].植物遗传资源学报,2018,19(1):103-111.
- [19] 赵文菊,赵孟良,朶桑,等.17 份球茎甘蓝资源的遗传多样性分析及优异种质筛选[J].江苏农业科学,2024,52(2):159-167.
- [20] 张莹,曹玉芬,霍宏亮,等.基于花表型性状的梨种质资源多样性研究[J].园艺学报,2016,43(7):1245-1256.
- [21] 袁东升,王晓敏,赵宇飞,等.100 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析[J].西北农业学报,2019,28(04):594-601.
- [22] 刘庆华,董晨晨,雷逢进,等.西葫芦种质资源主要农艺性状主成分及聚类分析[J].种子,2021,40(2):63-66.
- [23] 谢冰,王晓云,王秀峰.西葫芦 DH 群体主要农艺性状分离的初步分析[J].西北农业学报,2010,19(11):110-114.
- [24] 陈凤真,何启伟,樊治成,等.西葫芦 8 个农艺性状的遗传效应分析[J].园艺学报,2007,34(5):1183-1188.
- [25] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定:GB 5009.88—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [26] 李文君,吕思龙,黄倩,等.6 个西葫芦新品种的营养品质评价试验[J].北京农学院学报,2021,36(1):79-82.
- [27] 王海平,李锡香,沈镛,等.基于表型性状的中国大蒜资源遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(1):24-31.
- [28] 李玉珊,肖菁,马越,等.169 份番茄种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价[J].中国农业科学,2024,57(18):3671-3687.
- [29] 刘珍宇,王鹏伟,曹梦琦,等.基于农艺性状的 33 份南瓜种质资源多样性分析[J].南方农业,2023,17(23):8-12.
- [30] 王永行,白立华,单飞彪,等.葫芦种质资源遗传多样性分析[J].陕西农业科学,2018,64(8):62-66.
- [31] 张越,张文浩,赵瑞琦,等.31 个鲜食型黄瓜品种品质性状的综合评价[J].中国蔬菜,2025(1):98-106.
- [32] 王兴珍,卯旭辉,贾秀苹,等.基于主成分和系统聚类分析法对 23 个观赏向日葵株系农艺性状的综合评价[J].寒旱农业科学,2024,3(11):1019-1024.
- [33] 索荣臻,王明玖,赵天启,等.野生大豆与栽培大豆杂交后代不同品种(系)的光合特性比较与聚类分析[J].中国油料作物学报,2020,42(2):255-263.
- [34] 王艳平,潘红,吴燕,等.基于表型性状和 KASP 标记的玉米 DUS 测试品种的聚类分析[J].江苏农业学报,2022,38(5):1171-1178.
- [35] 孟丽梅,杨子光,孙军伟,等.53 份小麦品种农艺性状的聚类分析[J].山西农业科学,2018,46(7):1085-1088.