

鲜食性黄瓜品种适应性比较及品质综合评价

张田米¹, 杨晨钰¹, 张文浩¹, 周 烟², 张明科¹

(1. 西北农林科技大学园艺学院 陕西杨凌 712100; 2. 四川省木里县列瓦镇农业农村综合服务中心 四川木里 615800)

摘要: 本研究以 12 个黄瓜品种为试材, 对植株生长、果实形态、光合性能、产量及抗病性的差异进行比较分析, 应用主成分分析对其营养品质进行综合评价, 结合风味感官评价, 旨在验证前期试验结果, 并筛选出适应陕西关中地区春季大棚栽培的优质黄瓜品种。结果表明, 参试黄瓜品种的农艺性状及品质均存在显著差异, 变异系数范围为 2.61%~68.75%; 营养品质和风味品质的多个指标之间呈正相关; 通过主成分分析筛选出可溶性糖含量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量为鲜食性黄瓜综合评价的核心指标, 利用主成分分析法的综合排名与风味感官评价排名拟合系数较高($r^2=0.814$)。综合主成分分析法与风味感官评价筛选出鲜食性较好的黄瓜品种分别为 S11(南水 6 号)、S7(寒玉白黄瓜)和 S10(拇指水果)。

关键词: 鲜食性黄瓜; 农艺性状; 品质; 统计分析; 综合评价

中图分类号: S642.2 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2025)11-044-08

Comparison of adaptability and comprehensive quality evaluation of fresh edible cucumber varieties

ZHANG Tianmi¹, YANG Chenyu¹, ZHANG Wenhao¹, ZHOU Tian², ZHANG Mingke¹

(1. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Agricultural and Rural Comprehensive Service Centre, Liewa Town, Muli County, Sichuan Province, Muli 615800, Sichuan, China)

Abstract: This study evaluated 12 cucumber varieties by comparing differences in plant growth, fruit morphology, photosynthetic performance, yield, and disease resistance. Principal component analysis (PCA) was applied to comprehensively assess nutritional quality, which was combined with sensory evaluation to identify high-quality cultivars suitable for spring greenhouse cultivation in the Guanzhong region of Shaanxi province. The results showed significant differences in agronomic traits and quality among the tested varieties, with coefficient of variation ranging from 2.61% to 68.75%. Positive correlations were observed among multiple indicators of nutritional and flavor quality. PCA identified soluble sugars, soluble solids, and titratable acidity as core evaluation indicators for fresh-eating cucumber quality. The ranking derived from PCA was highly consistent with that from sensory evaluation ($r^2=0.814$). Based on the combined results of PCA and sensory evaluation, S11 (Nanshui No. 6), S7 (Hanyu White Cucumber), and S10 (Thumb Fruit) were identified as varieties with superior fresh-eating quality.

Key words: Fresh edible cucumber; Agronomic trait; Quality; Statistical analysis; Comprehensive evaluation

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)属葫芦科黄瓜属一年生蔓生或攀缘草本植物^[1], 在世界各地种植和消费, 因其新鲜和独特的风味而受到消费者的重视^[2]。近年来, 消费者对高品质鲜食黄瓜的需求日益增加, 从黄瓜口感、营养和外观品质等多个层次提出更高的要求。

黄瓜品质研究涉及多方面, 包括种质资源的遗传多样性分析、新品种的选育方法、感官与品质评价的探索, 以及黄瓜优质、高产栽培技术的调控

等。马兆阳等^[3]基于隶属函数法对陕西关中地区引进的 20 个黄瓜品种进行综合评价, 筛选出陕西关中地区引进推广品种。王宏飞等^[4]采用 CRITIC-TOPSIS 综合评价法获得温室滴灌黄瓜和甜瓜最优灌溉策略。相关性分析、主成分分析和聚类分析等在评价果实多品种、多指标及其品质综合评价上应用广泛^[5]。

然而, 当前针对不同生态类型鲜食性黄瓜品种在同一生态区域内的系统性适应能力及果实品质

收稿日期: 2025-01-02; 修回日期: 2025-05-19

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-23-G22)

作者简介: 张田米, 女, 在读硕士研究生, 主要从事设施蔬菜栽培与生理生态研究。E-mail: tianmizhang2024@163.com

通信作者: 张明科, 男, 研究员, 主要从事蔬菜育种及设施蔬菜高效栽培技术集成和推广工作。E-mail: zhangmk0904@sina.com

综合评价的研究仍较少。多数研究侧重于单一类型性状或局部区域的品种筛选,缺乏在多指标协同分析基础上的品种生态适应性比较,尤其缺乏将农艺性状、光合特性、抗病性、产量构成及果实营养品质与感官属性相结合的综合评价,这限制了品种选择与区域气候资源高效匹配,不利于黄瓜产业的可持续发展。

关中地区介于黄土高原和陕南秦岭之间,西起宝鸡峡东至潼关,平均海拔 520 m;冬季平均气温 1 °C,夏季平均气温 25.2 °C,年平均气温 12.8 °C;年降水量 500~700 mm,年日照时数 2000~2400 h^[6],气候条件非常适宜黄瓜生长。因此,对不同生态类型的鲜食黄瓜品种在关中地区的适应性进行系统评价,不仅有助于优化品种结构,提高产业效益,也能为种植者科学选种提供理论依据。

本研究旨在对 12 个鲜食性黄瓜品种在同一栽培条件下进行分析比较,评估其农艺性状、光合效率、产量、抗病性以及果实品质等关键指标的适应性。运用主成分分析(PCA)对黄瓜营养品质进行综合评价,辅以感官评价验证其结果的准确性和可靠性,进而筛选出适宜陕西地区栽培的不同生态类型黄瓜品种。

研究结果将进一步完善黄瓜评价体系,优化品种结构,同时为种植者选择品种提供科学依据,并满足市场及消费者的需求,提高种植经济效益。

1 材料与方法

1.1 材料

在张明科团队前期对 31 个黄瓜品种综合评价的基础上,选用比较优质的 12 个黄瓜品种,其中华南型 3 个,华北型 3 个,欧洲温室型黄瓜 6 个,一是对前期研究结果进行重复性检验,二是新增欧洲温室类型品种,期望筛选出品质最优的黄瓜品种用于生产,具体品种名称及编号见表 1。

1.2 试验设计

试验于 2024 年 3—7 月在陕西省咸阳市泾阳蔬菜试验示范站塑料大棚内进行;采用随机区组设计,每个小区 10 株,设置 3 次重复,在黄瓜幼苗 3 叶 1 心时双行定植,株距 24 cm,行距 2 m。黄瓜长至 30 cm 时,使用尼龙绳进行吊蔓,适时摘除卷须、老叶和病叶。从 2024 年 5 月 1 日开始采收,7 月 1 日结束采收。所有参试品种按照常规水肥管理方法进行。

表 1 黄瓜品种名称及编号

Table 1 Name and number of cucumber varieties

编号 Number	品种名称 Variety name	生态类型 Ecological type	来源 Source
S1	津科绿优 Jinke Lüyou	华南型 South China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kernel Agricultural Science & Technology Co., Ltd.
S2	津科绿冠 Jinke Lüguan	华南型 South China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kernel Agricultural Science & Technology Co., Ltd.
S3	棕皮黄瓜 Brown-skinned Cucumber	华南型 South China type	西北农林科技大学园艺学院 College of Horticulture, Northwest A&F University
S4	津研四号 Jinyan No. 4	华北型 North China type	天津科润农业科技股份有限公司 Tianjin Kernel Agricultural Science & Technology Co., Ltd.
S5	蔬研翠玉 Shuyan Cuiyu	华北型 North China type	中国农业科学院蔬菜花卉研究所 Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences
S6	春夏全盛 Chunxia Quansheng	华北型 North China type	山东省华盛农业股份有限公司 Shandong Province Huasheng Agricultural Co., Ltd.
S7	寒玉白黄瓜 Hanyu White Cucumber	欧洲温室型 European greenhouse type	寿光欣欣然园艺有限公司 Shouguang Xinxinran Horticulture Co., Ltd.
S8	金童 Jintong	欧洲温室型 European greenhouse type	北京京研益农科技发展中心 Beijing Jingyan Yinong Science & Technology Development Center
S9	绿园幸福 Lüyuán Xìngfú	欧洲温室型 European greenhouse type	宁阳北园种业有限公司 Ningyang Beiyuan Seed Co., Ltd.
S10	拇指水果 Thumb Fruit	欧洲温室型 European greenhouse type	寿光佳鸿种业有限公司 Shouguang Jiahong Seed Co., Ltd.
S11	南水 6 号 Nanshui No. 6	欧洲温室型 European greenhouse type	南京农业大学园艺学院 College of Horticulture, Nanjing Agricultural University
S12	玉女 Yunü	欧洲温室型 European greenhouse type	北京京研益农科技发展中心 Beijing Jingyan Yinong Science & Technology Development Center

1.3 测定项目及方法

1.3.1 黄瓜生长指标及光合指标 定植后 45 d, 采用软尺测定株高, 即茎基部到生长点的距离; 茎粗采用游标卡尺测量植株距地面 2 cm 处的茎直径; 测量植株最大叶片的叶长和叶宽, 并通过公式 $S=0.87 \times (L \times J)$ 计算实际叶面积, 式中 S 为实际叶面积, L 和 J 分别为叶长和叶宽。于 09:00—10:00 使用 TPS-2 光合仪测定黄瓜叶片的净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度和气孔导度。

1.3.2 黄瓜果实形态及品质测定 在盛果期选择形状规整、粗细均匀、表皮正常的商品果测定品质, 每个品种选择 5~6 个黄瓜, 采用直尺测定瓜长; 用游标卡尺测量瓜把长、瓜横径和腔室厚度, 果形指数=果实长度/果实最大横径; 采用 GY-4 型手持硬度计测定硬度。

采用手持折射仪测定可溶性固形物含量; 采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C 含量^[7]; 采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[8]; 采用紫外分光光度计法测定硝酸盐含量^[9]; 采用 NaOH 直接滴定法

测定可滴定酸含量^[10]; 参考由美千惠等^[11]感官评价方法测定风味品质。

1.3.3 产量及霜霉病发生情况统计 在盛果期每组重复随机选取 6 个商品瓜, 利用电子天平测量单果质量, 统计单株结果数并折算单株产量和 667 m^2 产量。在霜霉病自然发生 7 d 后参考王文桥等^[12]的调查方法统计病情指数。

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2016 对试验数据进行归纳整理, 采用 SPSS 27.0 软件进行单因素差异显著性分析、相关性分析和主成分分析, 采用 Origin 2024 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 不同品种黄瓜生长及果实形态的比较

由表 2 可知, 12 个黄瓜品种生长指标差异明显, 株高范围为 103.37~182.27 cm, S6 株高显著高于其他品种(S1 除外)。茎粗范围为 6.93~10.82 mm, 从大到小排名依次为 S1>S8>S12>S2>S6>S4>

表 2 黄瓜生长指标测定结果
Table 2 Measurement results of cucumber growth indicators

编号 Number	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem thickness/mm	叶片数 Leaf number	叶面积 Leaf area/ cm^2
S1	171.63±6.18 ab	10.82±0.33 a	17.67±2.31 bcd	865.48±115.21 a
S2	155.83±38.04 bc	10.27±1.48 ab	18.00±2.65 bc	813.96±17.03 ab
S3	103.37±6.99 f	6.93±0.35 d	14.67±1.53 cde	372.34±33.20 e
S4	137.93±12.87 cde	10.22±0.22 ab	13.67±2.08 e	648.79±38.68 c
S5	144.63±10.80 cd	8.21±1.85 cd	14.00±1.00 de	527.39±85.31 d
S6	182.27±0.15 a	10.24±0.76 ab	17.00±1.00 cde	723.63±51.41 bc
S7	124.60±11.19 def	10.15±1.21 ab	21.33±2.08 ab	539.23±117.79 d
S8	112.60±7.63 ef	10.69±0.81 a	18.33±2.31 bc	426.09±43.24 de
S9	120.50±1.00 def	9.38±0.75 abc	17.67±1.53 bcd	438.47±49.43 de
S10	113.90±4.40 ef	8.77±0.08 bc	18.00±2.65 bc	475.26±26.32 de
S11	114.10±6.78 ef	10.19±0.96 ab	17.67±2.52 bcd	429.68±48.57 de
S12	126.13±11.45 def	10.45±0.08 ab	22.67±1.53 a	462.15±40.51 de
变异系数 $CV\%$	18.67	12.04	15.15	29.26

注: 同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

S11>S7>S9>S10>S5>S3。S12 叶片数显著高于其他品种(S7 除外)。S1 叶面积显著大于其他品种(S2 除外), 为 865.48 cm^2 , 其次是 S2, 叶面积为 813.96 cm^2 。

不同黄瓜品种的果实性状差异明显(表 3), S4 和 S6 的瓜长及果形指数显著高于其他品种。瓜把长范围为 10.50~60.16 mm, 其变异系数(CV)为

68.75%, S6 瓜把长显著高于其他品种。瓜横径范围为 27.12~41.24 mm, 排名从大到小依次为 S3>S12>S2>S8>S10>S5>S1>S9>S4>S6>S7>S11。腔室厚度范围为 12.57~25.66 mm。S3 硬度明显高于其他品种, 为 4.67 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, 其中 S1 和 S5 硬度相同, 都为 4.27 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, S10 硬度明显低于其他品种。

表3 不同黄瓜品种果实性状测定结果

Table 3 Measurement results of fruit characteristics of different cucumber varieties

编号 Number	瓜长 Length/cm	瓜把长 Handle length/mm	瓜横径 Transverse diameter/mm	腔室厚度 Chamber thickness/mm	硬度 Firmness/(kg·cm ⁻²)	果形指数 Fruit shape index
S1	20.57±1.02 c	31.39±2.76 c	33.42±3.71 cd	15.01±1.02 bc	4.27±0.15 abc	6.22±0.93 c
S2	14.30±0.62 d	13.84±2.63 d	39.71±3.02 a	22.53±3.35 a	4.37±0.15 ab	3.61±0.13 e
S3	10.93±2.27 e	10.50±2.51 d	41.24±1.09 a	25.66±3.20 a	4.67±0.75 a	2.66±0.62 ef
S4	34.53±3.74 a	44.95±15.97 b	29.20±0.8 de	14.16±1.36 bc	3.63±0.21 bc	11.82±1.18 a
S5	26.47±1.20 b	40.11±12.21 bc	34.21±1.85 bc	16.57±1.28 bc	4.27±0.67 abc	7.75±0.55 b
S6	34.33±0.91 a	60.16±6.56 a	28.78±0.54 de	14.84±1.53 bc	3.43±0.25 bc	11.93±0.42 a
S7	14.23±0.40 d	15.51±0.99 d	28.15±1.52 e	13.35±2.18 bc	3.83±0.78 abc	5.07±0.40 d
S8	7.80±1.40 f	12.74±1.54 d	38.95±2.90 ab	17.67±4.84 b	3.40±0.75 bc	2.00±0.31 f
S9	16.70±0.95 d	11.16±2.87 d	30.25±2.78 cde	15.70±1.83 bc	3.57±0.12 bc	5.54±0.28 cd
S10	11.20±0.53 e	14.86±2.37 d	34.30±4.12 bc	17.94±1.55 b	3.33±0.61 c	3.30±0.44 e
S11	16.10±0.26 d	12.88±2.67 d	27.12±2.4 e	12.57±1.96 c	3.90±0.46 abc	5.97±0.52 cd
S12	9.23±1.11 ef	17.91±4.11 d	41.07±4.14 a	23.15±1.99 a	3.53±0.21 bc	2.25±0.05 f
变异系数 CV/%	50.95	68.75	15.56	24.09	11.55	59.66

2.2 不同黄瓜品种光合指标的比较

对12个黄瓜品种的光合指标(表4)比较后发现,同一指标下不同品种间光合指标差异明显。S5净光合速率明显高于其他品种,为67.40 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,S11净光合速率明显低于其他品种,为15.70 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。S5蒸腾速率明显高于其他品种,为5.24 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,S12蒸腾速率明显低于其他品种,为2.59 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。气孔导度范围为0.23~0.28 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,其中S3气孔导度显著高于S4。S5胞间CO₂浓度明显高于其他品种,为540.00 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

2.3 不同品种黄瓜的品质比较及统计分析

2.3.1 不同品种黄瓜的营养品质及主成分分析

由表5可知,不同品种黄瓜营养品质的差异明显,可溶性固形物含量范围为2.63%~4.77%,变异系数为20.86%,S11可溶性固形物含量显著高于其他品种(S12除外)。S11维生素C含量显著高于其他品种,为24.07 $\text{mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$,S4维生素C含量显著低于其他品种,为6.86 $\text{mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$,维生素C含量变异系数为37.63%。可溶性糖含量范围为1.72%~2.89%,S5可溶性糖含量显著低于其他品种,S11可溶性糖含量显著或不显著高于其他品种。硝酸盐含量变异系数为34.37%,S1硝酸盐含量明显高于其他品种,为91.74 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。可滴定酸含量范围0.38%~0.42%,变异系数为2.61%。

对12个品种的5个营养品质指标进行主成分

表4 不同品种黄瓜光合指标的比较

Table 4 Comparison of photosynthetic indexes of different cucumber varieties

编号 Number	净光合速率 Net photosynthetic rate/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 Transpiration rate/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度 Stomatal conductivity/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)
S1	49.87±6.90 ab	4.45±1.09 abcd	0.26±0.01 ab	326.00±11.53 c
S2	32.33±4.69 bcd	4.99±1.35 ab	0.25±0.01 ab	280.33±27.06 c
S3	25.80±8.16 cd	3.54±0.56 abcd	0.28±0.01 a	417.00±151.92 abc
S4	36.00±1.95 bc	3.20±0.54 bcd	0.23±0.02 b	418.00±19.67 abc
S5	67.40±2.05 a	5.24±0.09 a	0.25±0.02 ab	540.00±38.94 a
S6	32.90±2.43 bcd	4.44±1.50 abcd	0.25±0.01 ab	290.00±96.06 c
S7	49.90±16.91 ab	4.51±0.94 abc	0.24±0.03 ab	404.67±67.42 abc
S8	47.70±1.18 b	2.88±0.30 cd	0.23±0.01 ab	267.67±99.90 c
S9	32.50±16.25 bcd	3.13±0.46 cd	0.27±0.01 ab	359.33±122.46 bc
S10	31.83±15.67 bcd	3.86±1.68 abcd	0.25±0.02 ab	489.00±28.58 ab
S11	15.70±3.55 d	2.85±0.75 cd	0.24±0.01 ab	390.33±75.80 abc
S12	27.80±17.99 cd	2.59±0.72 d	0.25±0.02 ab	308.67±108.93 c

表 5 不同品种黄瓜营养品质
Table 5 Nutritional quality of different cucumber varieties

编号 Number	w(可溶性固形物) Soluble solids content/ %	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/ %	w(硝酸盐) Nitrate content/ (mg·kg ⁻¹)	w(可滴定酸) Titrable acid content/ %
S1	3.00±0.26 d	14.15±0.76 e	2.60±0.16 ab	91.74±3.85 a	0.41±0.01 ab
S2	2.90±0.17 d	10.70±0.35 h	2.57±0.14 ab	38.93±0.21 gh	0.38±0.01 e
S3	2.73±0.50 d	11.32±0.53 gh	2.16±0.29 c	68.73±5.47 c	0.40±0.01 bcd
S4	3.67±0.12 c	6.86±0.21 j	2.58±0.14 ab	44.14±1.11 f	0.39±0.01 cde
S5	2.73±0.21 d	11.92±0.43 fg	1.72±0.22 d	74.66±2.47 b	0.42±0.01 a
S6	2.63±0.42 d	19.85±1.01 c	2.51±0.06 bc	64.61±2.02 d	0.40±0.01 bcd
S7	4.27±0.15 b	21.74±0.50 b	2.85±0.18 ab	37.11±2.00 gh	0.40±0.01 abc
S8	4.10±0.36 b	7.97±0.43 i	2.75±0.25 ab	40.38±0.91 fg	0.41±0.01 ab
S9	3.73±0.31 c	12.77±0.74 f	2.56±0.41 ab	36.75±1.47 gh	0.40±0.01 abc
S10	4.10±0.44 bc	20.19±0.94 c	2.63±0.19 ab	53.83±1.17 e	0.40±0.01 bcd
S11	4.77±0.15 a	24.07±0.93 a	2.89±0.17 a	70.66±2.58 c	0.39±0.01 de
S12	4.30±0.26 ab	16.69±0.25 d	2.68±0.20 ab	35.30±3.57 h	0.40±0.01 bcd
变异系数 CV/%	20.86	37.63	12.52	34.37	2.61

分析,由表 6 可知,前 2 个主成分的累计方差贡献率达到 74.379%,说明这 2 个主成分可以解释 5 个营养品质性状的绝大部分信息。第 1 主成分主要受可溶性糖、可溶性固形物和可滴定酸含量的影响,主要决定果实风味因子;第 2 主成分主要受硝酸盐和维生素 C 含量的影响,主要决定果实的内在品质因子。

表 6 主成分载荷矩阵、特征值及贡献率

Table 6 Principal component load matrix, eigenvalues and contribution rates

营养品质指标 Nutritional quality indicator	载荷系数 Loading parameter	
	PC1 PC2	
	PC1	PC2
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.904	0.097
可溶性固形物含量 Soluble solid content	0.834	0.213
可滴定酸含量 Titrable acid content	-0.617	0.380
维生素 C 含量 Vitamin C content	0.451	0.799
硝酸盐含量 Nitrate content	-0.617	0.634
特征值 Eigenvalue	2.479	1.240
方差贡献率 Variance contribution rate/%	49.570	24.809
累计方差贡献率 Cumulative contribution rate/%	49.570	74.379

利用主成分特征向量计算公式,获得 2 个主成分的得分函数表达式:

$$Y_1=0.574Z_1+0.530Z_2-0.392Z_3+0.286Z_4-0.392Z_5;$$

$$Y_2=0.087Z_1+0.191Z_2+0.341Z_3+0.718Z_4+0.569Z_5.$$

依据 2 个主成分的方差贡献率得出黄瓜综合得分评价模型: $Y=0.496Y_1+0.249Y_2$, 通过计算得出 12 个黄瓜营养品质的综合得分。由表 7 可知,综合得分最高的品种是 S11,其次是 S7 和 S10,而 S5 排名最低。

2.3.2 黄瓜风味品质指标的评价 对 12 个黄瓜品

表 7 12 个黄瓜品种营养品质综合评价

Table 7 Comprehensive evaluation of nutritional quality of 12 cucumber varieties

编号 Number	Y_1	Y_2	Y	排名 Rank
S1	-1.49	1.22	-0.44	10
S2	0.44	-1.83	-0.24	8
S3	-1.76	-0.35	-0.96	11
S4	0.32	-1.64	-0.25	9
S5	-3.40	0.44	-1.58	12
S6	-0.68	0.69	-0.17	7
S7	1.77	0.61	1.03	2
S8	0.32	-0.80	-0.04	6
S9	0.41	-0.77	0.01	5
S10	0.82	0.82	0.61	3
S11	1.99	1.74	1.42	1
S12	1.26	-0.13	0.59	4

种进行风味感官评价(表 8),S11 综合得分排名第一,为 32.80,其次是 S7 和 S12,S3 综合得分排名最低,S11 的综合得分较 S3 高 19.93%。涩味得分范围为 5.65~6.35;苦味得分范围在 3.80~5.35 之间;甜味和总体喜欢程度得分分别为 3.95~5.90 和 3.50~4.85;香味和质地得分范围分别为 4.30~6.10 和 4.75~6.25。

2.3.3 营养品质与风味品质线性回归分析 将黄瓜营养品质主成分综合评价排名与风味感官评价排名进行拟合(图 1),得到线性回归方程: $y=0.9021x+0.6364$ ($r^2=0.8138$);主成分综合评价排名与风味感官评价排名拟合程度较高,表明由可溶性糖、可溶性固形物、可滴定酸、硝酸盐和维生素 C 含量进行主成分综合评价具有代表性。

表 8 12 个黄瓜品种的风味感官评价

Table 8 Flavor sensory evaluation of 12 cucumber varieties

编号 Number	涩味 Astringency	苦味 Bitterness	甜味 Sweetness	总体喜欢程度 Overall liking level	香味 Fragrance	质地 Texture	总分 Score	排名 Rank
S1	6.35	3.80	5.45	4.30	4.80	6.25	30.95	6
S2	5.80	4.30	5.20	4.20	5.20	5.65	30.35	10
S3	5.90	4.95	3.95	3.50	4.30	4.75	27.35	12
S4	5.70	4.00	5.10	4.20	5.35	6.25	30.60	9
S5	5.65	4.35	5.10	3.55	4.95	5.45	29.05	11
S6	6.20	4.25	5.25	4.50	5.05	5.60	30.85	7
S7	6.35	4.50	5.90	4.85	5.30	5.70	32.60	2
S8	6.35	4.25	4.45	4.50	5.30	5.90	30.75	8
S9	6.20	4.35	4.90	4.50	5.20	5.95	31.10	5
S10	5.65	5.35	4.85	4.80	5.35	5.30	31.30	4
S11	5.85	4.50	5.65	4.75	6.10	5.95	32.80	1
S12	6.30	4.40	5.60	4.80	5.05	5.60	31.75	3

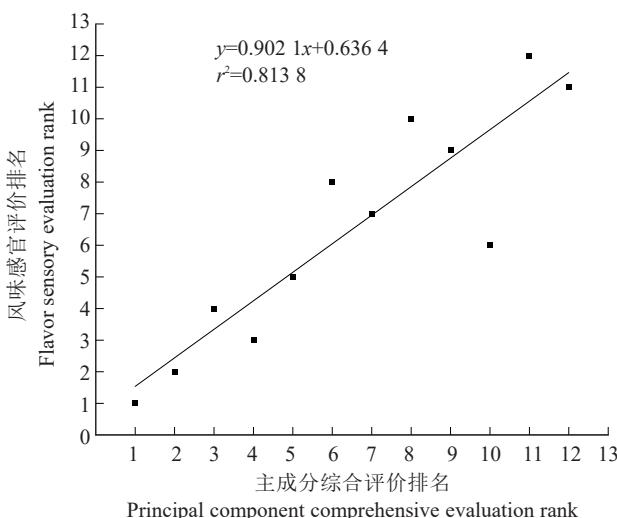


图 1 黄瓜营养品质主成分综合评价排名与风味感官评价排名拟合图

Fig. 1 Fitting diagram of the comprehensive evaluation ranking of cucumber principal components and the ranking of flavor sensory evaluation

2.3.4 不同品种黄瓜品质指标相关性分析 对 12 个黄瓜品种的品质指标进行相关性分析,结果(图 2)表明,可溶性固形物含量与可溶性糖含量、总体喜欢程度和香味呈极显著正相关;维生素 C 含量与甜味、总体喜欢程度呈显著正相关;可溶性糖含量与总体喜欢程度呈极显著正相关,可溶性糖含量与香味呈显著正相关;苦味与质地呈极显著负相关;甜味与总体喜欢程度呈显著正相关;总体喜欢程度与香味呈显著正相关。

2.4 不同品种黄瓜的产量相关指标比较

对 12 个黄瓜品种的单株结果数、单瓜质量、单株产量及 667 m² 产量进行比较(表 9),S8 单株结果

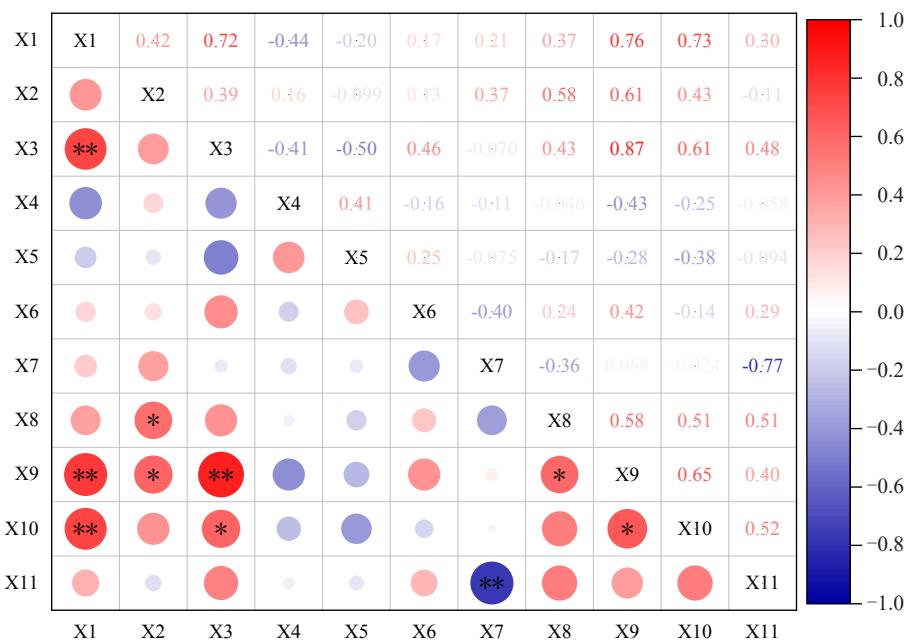
数显著高于其他品种,S2、S4 和 S5 单株结果数明显低于其他品种。单瓜质量从大到小排序依次为 S4>S5>S6>S2>S1>S3>S9>S12>S11>S7>S10>S8, 其中 S4 单瓜质量为 223.53 g,S8 单瓜质量为 77.07 g。通过单株产量折算 667 m² 产量,S9 的 667 m² 产量明显高于其他品种,为 8 050.79 kg,其次是 S4、S8 和 S10,667 m² 产量分别为 6 879.53、6 790.42 和 6 771.69 kg,S12 的 667 m² 产量显著低于其他品种(S3 除外),为 3 862.0 kg。

2.5 不同品种黄瓜霜霉病发生情况

对不同品种黄瓜霜霉病发生情况进行统计,由图 3 可知,不同品种间霜霉病病情指数差异明显。霜霉病病情指数从高到低依次为 S8>S12>S10>S3>S7>S9>S6>S11>S2>S4>S5>S1; S8 霜霉病病情指数最高,对霜霉病的抗性最弱; S1 霜霉病病情指数最小,对霜霉病的抗性最强,明显高于其他品种。

3 讨论与结论

试验结果表明,植株生长指标和果实性状变异幅度为 12.04%~68.75%,属于中等变异;不同黄瓜品种间光合指标差异明显。作物对特定环境适应程度的表征一定程度上可由作物的生长指标反映,例如株高、茎粗、净光合速率,叶片 SPAD 含量等^[13]。黄瓜株高为数量性状,以加性效应为主,具有较高的狭义及广义遗传力;叶面积大小符合数量性状的遗传特征,目前仅有 2 个黄瓜叶面积相关基因被克隆;净光合速率是光合系统功能的直接表达^[14-15]。黄瓜果实性状对产量和市场价值具有决定性作用,果实形状、果实大小和单瓜质量属于多基因控制的数量性状,其发育是一个复杂的调控过程,涉及



注: *表示在 0.05 水平显著相关, **表示在 0.01 水平极显著相关。X1. 可溶性固形物含量; X2. 维生素 C 含量; X3. 可溶性糖含量; X4. 硝酸盐含量; X5. 可滴定酸含量; X6. 涩味; X7. 苦味; X8. 甜味; X9. 总体喜欢程度; X10. 香味; X11. 质地。

Note: * indicates significant correlation at 0.05 level, and ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level. X1. Soluble solids content; X2. Vitamin C content; X3. Soluble sugar content; X4. Nitrate content; X5. Titratable acid content; X6. Astringency; X7. Bitterness; X8. Sweetness; X9. Overall liking level; X10. Fragrance; X11. Texture.

图 2 黄瓜品质相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of cucumber quality

表 9 不同品种黄瓜单瓜质量及产量的比较

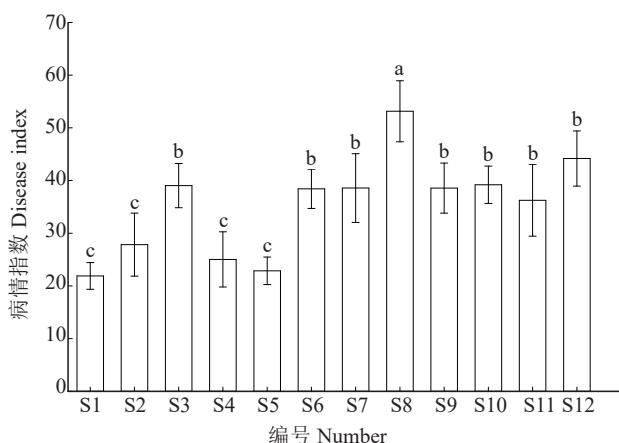
Table 9 Comparison of single melonmass and yield of different cucumber varieties

编号 Number	单株结果数 Number of melons per plant	单瓜质量 Single fruit mass/g	单株产量 Yield per plant/kg	667 m ² 产量 667 m ² yield/kg
				667 m ² 产量 667 m ² yield/kg
S1	14.00±1.00 cd	152.98±19.30 bc	2 132.54±185.00 bc	6 397.63±555.01 bc
S2	9.67±1.53 d	184.86±9.92 ab	1 782.92±267.41 bc	5 348.75±802.22 bc
S3	11.00±2.65 cd	146.31±15.90 c	1 585.82±241.02 cd	4 757.46±723.05 cd
S4	10.33±1.53 d	223.53±19.13 a	2 293.18±191.98 ab	6 879.53±575.95 ab
S5	9.67±2.08 d	194.23±20.06 ab	1 857.31±273.43 bc	5 571.94±820.28 bc
S6	11.00±2.00 cd	192.01±22.82 ab	2 097.17±350.43 bc	6 291.51±1051.3 bc
S7	18.33±2.52 bc	96.05±11.82 d	1 741.17±44.80 bc	5 223.50±134.39 bc
S8	30.00±6.08 a	77.07±12.21 d	2 263.47±83.70 ab	6 790.42±251.11 ab
S9	22.33±3.79 b	122.58±22.52 cd	2 683.60±192.29 a	8 050.79±576.88 a
S10	24.67±3.51 b	92.06±8.95 d	2 257.23±254.52 ab	6 771.69±763.56 ab
S11	22.33±4.04 b	96.53±25.56 d	2 087.72±145.90 bc	6 263.15±437.70 bc
S12	12.67±2.08 cd	103.44±22.16 d	1 287.33±188.61 d	3 862.00±565.82 d

到果实生长起始到子房呈现、子房发育到商品成熟和商品成熟到生理成熟等不同阶段^[16]。

黄瓜具有清热解渴、抗衰老、降血糖和健脑安神的功效。乔宏宇等^[17]研究发现, 可溶性固形物含量对营养品质影响最大, 是直接作用实现的, 而维生素 C、可溶性还原糖、粗蛋白通过可溶性固形物间接影响营养品质。黄瓜风味的研究主要包括芳香

物质和调味物质等, 芳香物质大多数为挥发性物质, 调味物质是指水果中所含的糖、酸和维生素^[11]。黄瓜果实中已鉴定出了 30 多种芳香物质, (E)-2-壬烯醛和(E,Z)-2,6-壬二烯醇被认为是黄瓜的主要风味物质^[18]。本研究结果显示, 黄瓜的营养品质指标与风味品质之间大致呈正相关, 这与前人研究结果基本一致^[19-22]。高珏晓等^[23]并未发现可溶性糖含量



注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level.

图 3 不同品种黄瓜霜霉病病情指数统计

Fig. 3 Statistics of downy mildew disease index of different varieties of cucumber

与甜味喜好度有明显相关性,这可能与感官评价方法差异有较大关系。

本研究选用的 12 个黄瓜品种的营养品质差异显著,其可溶性固形物、维生素 C、可溶性糖、可滴定酸以及硝酸盐含量可作为黄瓜品种营养品质比较的依据。研究发现,欧洲温室型黄瓜品种的主成分综合得分与风味感官评价得分较高,这与张越^[21]对黄瓜鲜食性评价的研究结果一致;利用主成分分析和风味感官评价对黄瓜的品质进行评价,将主成分分析排名与风味感官排名进行回归分析,拟合度达到 0.814,验证了结果的可靠性。综合品质是由果实的外观特征和内在属性共同决定的,其直接影响果实在市场上的竞争能力,本试验选用的黄瓜品种包含了 3 种生态类型,单果质量之间差异较大,无纲量化处理难度大,标准难以统一,因此未将外观特征纳入评价体系中,下一步将改进黄瓜评价方法,细化黄瓜综合评价体系的品质指标。

试验结果表明,不同黄瓜品种的生长指标、果实形态、光合指标、营养品质及抗病性差异显著,营养品质和风味品质的指标之间大多呈正相关。主成分分析排名与风味感官评价排名拟合程度高,证明了主成分分析结果的可靠性。对营养品质进行主成分分析筛选出可溶性固形物、可溶性糖和可滴定酸含量为综合评价的核心指标。结合主成分综合评价与风味感官评价筛选出 3 个品质较好的黄瓜品种,分别为南水 6 号(S11)、寒玉白黄瓜(S7)和拇指水果(S10)。

参考文献

- [1] 王荣,董邵云,刘小萍,等.黄瓜种质资源果实性状遗传多样性分析[J].中国瓜菜,2024,37(7):20-28.
- [2] HU W X, SU Y, ZHOU J, et al. Foliar application of silicon and selenium improves the growth, yield and quality characteristics of cucumber in field conditions[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 294:110776.
- [3] 马兆阳,杨玉莹,曹云娥,等.基于隶属函数法的陕西关中地区大棚黄瓜品种综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2025,53(3):1-13.
- [4] 王宏飞,李彦彬,柳腾飞,等.基于 CRITIC-TOPSIS 综合评价法优化温室作物灌溉策略[J].灌溉排水学报,2023,42(2):52-59.
- [5] 李文静,刘一心,陈明堃,等.14 种海棠果实品质分析及综合评价[J].食品科学,2024,45(16):121-130.
- [6] 赵夏田.适用于陕西关中地区的一种太阳能蓄热供热系统[D].西安:西安建筑科技大学,2016.
- [7] 王琦,谭占明,程云霞,等.不同贮藏时间对嫁接黄瓜果实品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(11):71-77.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 李燕,王丹丹,齐连芬,等.基于主成分分析和聚类分析不同施氮量对黄瓜产量、品质影响的综合评价[J].东北农业科学,2022,47(2):110-114.
- [10] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [11] 由美千惠,秦智伟,辛明,等.黄瓜种质资源食味性感官品质评价[J].中国瓜菜,2021,34(12):101-106.
- [12] 王文桥,韩秀英,吴杰,等.河北省和山东省黄瓜霜霉病菌对氟吡菌胺的抗性及常规药剂对黄瓜霜霉病的田间防效[J].植物保护学报,2019,46(2):385-392.
- [13] 沈彦辉,胡璋健,高璐阳,等.基于主成分分析与聚类分析的不同品种口感番茄综合评价[J].天津农业科学,2023,29(6):37-44.
- [14] 宋蒙飞,查高辉,陈劲枫,等.黄瓜株型性状分子基础研究进展[J].园艺学报,2022,49(12):2683-2702.
- [15] 柯旭波.黄瓜 NF-YC2/9 直接作用 CsTIC21 调控叶绿体的光形态建成[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2023.
- [16] 刘兴旺,翟许玲,张亚琦,等.黄瓜果实形态建成的遗传及分子基础研究进展[J].园艺学报,2020,47(9):1793-1809.
- [17] 乔宏宇,朱芳,栗长兰,等.黄瓜主要营养品质性状遗传分析[J].东北农业大学学报,2005,36(3):290-293.
- [18] ZHANG J, GU X C, YAN W J, et al. Characterization of differences in the composition and content of volatile compounds in cucumber fruit[J]. Foods, 2022, 11(8):1101.
- [19] 户金鸽,白世践,杜娟,等.果袋颜色对酿酒葡萄马瑟兰果实品质的影响及综合评价[J].华北农学报,2024,39(3):135-145.
- [20] 刘春香,何启伟,孟静静.黄瓜感官检验与主要芳香物质、可溶性糖的相关关系[J].中国蔬菜,2005(1):12-14.
- [21] 张越.黄瓜鲜食性评价及品质提升功能肥筛选[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2024.
- [22] 杨芬芬,王亚铜,李勤勤,等.6 个欧洲李品种果实品质的综合评价[J].食品与发酵工业,2025,51(1):280-289.
- [23] 高珏晓,王俊英,梁增文,等.5 种鲜食黄瓜感官与品质评价初探[J].蔬菜,2022(5):11-16.