

基于主成分分析法与熵权-DTOPSIS 法对西瓜苏创 3 号嫁接砧木的综合评价

石小龙¹, 白甜², 许文钊², 刘欣², 程瑞², 徐兵划², 顾妍²,
罗德旭², 钱慧娴¹, 杨心怡¹, 孙玉东², 任旭琴¹

(1. 淮安大学 江苏淮安 223001; 2. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所 江苏淮安 223001)

摘要:以西瓜品种苏创 3 号为接穗, 分别选用 10 个南瓜砧木、8 个葫芦砧木和 1 个西瓜砧木进行嫁接, 系统比较了不同砧木嫁接后的成活率、产量与果实品质等指标, 通过主成分分析法和熵权-DTOPSIS 法进行综合评价, 旨在筛选出最适宜嫁接西瓜苏创 3 号的砧木。结果表明, 在嫁接成活率方面, 葫芦砧木有较好的亲和性; 在单瓜质量和小区产量方面, 南瓜砧木表现优于葫芦砧木和西瓜砧木; 在中心可溶性固形物含量、边部可溶性固形物含量、横径、纵径等果实品质方面, 不同的砧木各有差异; 根据两种评价模型综合排序, 排名前 3 的砧木思壮 7 号、思壮 12 号和黑武士均为南瓜砧木。综上所述, 本研究通过系统比较与综合评价, 明确了南瓜砧木在嫁接苏创 3 号西瓜上的总体优势, 并筛选出思壮 7 号、思壮 12 号和黑武士 3 个综合表现优良的南瓜砧木品种, 为苏创 3 号西瓜在实际生产中选择适宜砧木提供了重要的理论依据。

关键词:西瓜; 苏创 3 号; 砧木; 嫁接; 主成分分析; 熵权-DTOPSIS 法

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)06-077-07

Comprehensive evaluation of grafting rootstocks for watermelon Suchuang No. 3 based on principal component analysis and entropy weight-TOPSIS method

Shi Xiaolong¹, Bai Tian², Xu Wenzhao², Liu Xin², Cheng Rui², Xu Binghua², Gu Yan², Luo Dexu², Qian Huixian¹, Yang Xinyi¹, Sun Yudong², Ren Xuqin¹

(1. Huaian University, Huaian 223001, Jiangsu, China; 2. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences in Xuhuai Region of Jiangsu Province, Huaian 223001, Jiangsu, China)

Abstract: To identify the most suitable rootstock for grafting the watermelon variety Suchuang No. 3, this study used Suchuang No. 3 as the scion, and selected 10 pumpkin rootstocks, 8 gourd rootstocks, and 1 watermelon rootstock for grafting. The survival rate, yield, and fruit quality of different rootstocks after grafting were systematically compared, and the principal component analysis and entropy weight-DTOPSIS method were used for comprehensive evaluation. The results showed that gourd rootstocks possessed superior graft compatibility with higher graft survival rate, whereas pumpkin rootstocks performed better than gourd and watermelon rootstocks in terms of single fruit mass and plot yield. In terms of fruit quality such as center soluble solids content, edge soluble solids content, and fruit transverse and longitudinal diameters, different rootstocks exhibited varying performances. According to the comprehensive ranking from both evaluation models, the top 3 rootstocks were all pumpkin rootstocks, namely Sizhuang No. 7, Sizhuang No. 12, and Heiwushi. In summary, this study confirmed the overall advantages of pumpkin rootstocks in grafting Suchuang No. 3 water-

收稿日期: 2025-12-01; 修回日期: 2026-01-22

基金项目: 国家西甜瓜产业技术体系(CARS-25); 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(24)1027]; 淮安市农业科学研究院科研发展基金(HNY202301); 淮阴工院校企合作项目(Z421A23393, Z421A24276); 淮阴工学院研究生创新计划项目(HGYK202404, HGYK202407); 淮阴工学院大学生创新训练项目(X202511049231)

作者简介: 石小龙, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为农艺与种业。E-mail: 2511817342@qq.com

共同第一作者: 白甜, 女, 助理研究员, 研究方向为西瓜、甜瓜种质创新及育种栽培。E-mail: 739928160@qq.com

通信作者: 任旭琴, 女, 教授, 研究方向为园艺植物环境与营养生理。E-mail: 824332973@qq.com

孙玉东, 男, 研究员, 研究方向为西瓜、甜瓜育种及栽培技术。E-mail: sunyudong@jaas.ac.cn

melon, and identified 3 pumpkin rootstock varieties with excellent comprehensive performance, providing an important theoretical basis for selecting suitable rootstocks for this watermelon variety in practical production.

Key words: Watermelon; Suchuang No. 3; Rootstock; Grafting; Principal component analysis; Entropy weight-DTOPSIS analysis

西瓜(*Citrullus lanatus*)是全球重要的瓜类经济作物^[1],在我国具有悠久的栽培历史和广泛的种植区域。我国西瓜产量居世界首位,在国民生活中占有重要地位^[2-3]。苏创3号是由江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所自主培育的中果型西瓜,其口感独特,品质优良,深受瓜农认可^[4]。

江苏省西瓜的主要栽培方式是设施早熟栽培。然而,设施内部土壤长期超负荷使用,土壤盐渍化问题日益严重,病虫害加剧,导致在追求高经济效益的同时也发生了严重的连作障碍,其中西瓜枯萎病是设施西瓜连作障碍发生的主要诱因,严重阻碍了西瓜产业的发展^[5-6]。

有研究发现,使用南瓜、葫芦等砧木嫁接西瓜可有效减少枯萎病的发生,提高产量和品质^[7]。但是,不同砧木与西瓜的亲合性有差异,同时也会影响嫁接后西瓜的产量和品质,导致经济效益变差^[8-9]。因此,探究不同砧木嫁接对西瓜产量和品质的影响至关重要。唐承皓等^[10]比较了3种不同砧木对早佳(8424)产量、品质和矿质元素吸收的影响,结果表明,京欣砧2号是生产中适宜的砧木;陈东升等^[11]对北京地区5种砧木对小果型西瓜生长、果实品质及产量的影响进行了研究,发现苏砧1849砧木嫁接小果型西瓜航兴天秀二号果实品质最优。因此,不同西瓜品种所适宜的嫁接砧木存在差异。

主成分分析法(PCA)与熵权-DTOPSIS法均为多指标综合评价核心方法^[12-13]。近年来已广泛应用于小麦^[14]、西瓜^[15]、甜瓜^[16]等作物的综合评价中。但将PCA与熵权-DTOPSIS法结合针对不同砧木对西瓜产量和品质的影响进行综合评价鲜有报道。

本研究以江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所自主培育的中果型西瓜苏创3号为研究对象,通过比较10个南瓜砧木、8个葫芦砧木和1个西瓜砧木对苏创3号嫁接苗的影响,利用PCA与熵权-DTOPSIS法进行评价,以期筛选出苏创3号的最优嫁接砧木应用于生产实践。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

本试验于2025年3—7月在江苏省淮安市农业科学研究院试验基地塑料大棚进行,为3年连作

西瓜地块。该地区地处黄淮平原,属北亚热带与暖温带过渡性季风气候;平均海拔约15 m,年均气温14.5℃,年降水量950~1050 mm,日照时数约2200 h,无霜期约220 d。试验田地势平坦,土壤类型为潮土,肥力中等一致。

1.2 材料

供试接穗品种为江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所自主培育的中果型西瓜苏创3号,果实圆形,单瓜质量约4.3 kg,每667 m²产量约2850 kg。

供试砧木品种共有19个,其中南瓜砧木10个,葫芦砧木8个,西瓜砧木1个,具体信息见表1。

1.3 试验设计与方法

采用随机区组设计,每个砧木品种嫁接苏创3号,3次重复,每次重复定植10株。

种子消毒处理:苏创3号、砧木种子都进行干热消毒处理,72℃处理72 h;苏创3号采用亮盾、噻唑锌、噻虫嗪400倍液浸种20 min,清水冲洗后20℃回干备用。

先播种苏创3号,待苏创3号出土后再播种砧木;待苏创3号长到1叶1心期,采用贴接法进行嫁接,嫁接后20 d调查成活率。每个砧木嫁接100株,3次重复。每667 m²施有机肥1000 kg,45%(15-15-15)复合肥20 kg,中微之星20 kg。按照行距3 m、株距25 cm定植,每个小区定植10株,3次重复。授粉后3 d,每667 m²追施15 kg 雅苒水溶肥13-4-25;授粉后10 d,每667 m²追施10 kg 雅苒水溶肥13-4-25和10 kg 硫酸钾;授粉后18 d,每667 m²追施5 kg 雅苒水溶肥13-4-25和15 kg 硫酸钾。每株植株打头后保留2蔓。选留第2或第3雌花授粉,单株留1果,授粉后及时标注授粉日期。待80%植株第2、第3雌花开放时,采用人工授粉。

西瓜成熟后采收,并使用台秤进行单果质量和小区产量的称量;成熟期在每个小区内随机选择3个大小相近的西瓜进行检测,使用直尺测量西瓜的纵径、横径,使用游标卡尺测量果皮厚度;西瓜果实的中心和边部可溶性固形物含量由手持折光仪检测。

1.4 数据处理与分析

采用Microsoft Excel 2010进行数据处理,采用PCA和熵权-DTOPSIS法分析及作图,采用SPSS

表 1 供试砧木品种

Table 1 Tested rootstock varieties

编号 No.	砧木名称 Rootstock name	砧木类型 Rootstock type	来源 Source
1	强根 1 号 Qianggen No. 1	南瓜 Pumpkin	先正达种子 Syngenta Seeds Co., Ltd.
2	金妈妈砧西 316 Jinmama Zhenxi 316	南瓜 Pumpkin	青岛金妈妈农业科技有限公司 Qingdao Jinmama Agricultural Technology Co., Ltd.
3	日本雪松 Ribexuesong	南瓜 Pumpkin	寿光市华诺种子经营部 Shouguang Huanuo Seed Management Department
4	思壮 10 号 Sizhuang No. 10	南瓜 Pumpkin	宁波市农业科学院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
5	京研砧美 F1 Jingyan Zhenmei F1	南瓜 Pumpkin	京研益农北京种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.
6	苏砧 2 号 Suzhen No. 2	南瓜 Pumpkin	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
7	京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	南瓜 Pumpkin	北京市农林科学院蔬菜研究中心 Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences
8	思壮 7 号 Sizhuang No. 7	南瓜 Pumpkin	宁波市农业科学院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
9	黑武士 Heiwushi	南瓜 Pumpkin	宁波市农业科学院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
10	思壮 12 号 Sizhuang No. 12	南瓜 Pumpkin	宁波市农业科学院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
11	强根 2 号 Qianggen No. 2	葫芦 Bottle gourd	先正达种子 Syngenta Seeds Co., Ltd.
12	幕田力根 Mutian Ligen	葫芦 Bottle gourd	北京百幕田农业科技有限公司 Beijing Baimutian Agricultural Technology Co., Ltd.
13	葫芦 1 号 Hulu No. 1	葫芦 Bottle gourd	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
14	葫芦 2 号 Hulu No. 2	葫芦 Bottle gourd	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
15	葫芦 3 号 Hulu No. 3	葫芦 Bottle gourd	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
16	京欣砧 1 号 Jingxinzhen No. 1	葫芦 Bottle gourd	北京市农林科学院蔬菜研究中心 Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences
17	幕田常青藤 3 号 Mutian Changqingting No. 3	葫芦 Bottle gourd	北京百幕田农业科技有限公司 Beijing Baimutian Agricultural Technology Co., Ltd.
18	绿壮士 Lüzhuangshi	葫芦 Bottle gourd	宁波市农业科学院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
19	苏梦砧 1 号 Sumengzhen No. 1	西瓜 Watermelon	淮安市农业科学院 Huaian Academy of Agricultural Sciences

在线分析软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同砧木嫁接苏创3号成活率比较

由图 1 可知,达到 90%以上嫁接成活率的砧木依次是:绿壮士、强根 1 号、强根 2 号、葫芦 2 号、思壮 10 号、葫芦 1 号、京欣砧 4 号、思壮 7 号、葫芦 3 号。嫁接成活率在 90%以上的砧木中,葫芦砧木有 5 个,南瓜砧木有 4 个,说明在亲和力方面,葫芦砧木优于南瓜砧木和西瓜砧木。

2.2 不同砧木嫁接对苏创3号产量的影响

由表 2 可知,不同砧木嫁接后苏创 3 号的单瓜质量在 2.57~4.78 kg,小区产量在 25.70~47.78 kg。另外,大部分南瓜砧木嫁接苏创 3 号后,其单瓜质量和小区产量明显高于西瓜砧木和葫芦砧木。说明苏创 3 号嫁接后在产量方面,南瓜砧木优于西瓜砧木和葫芦砧木。

2.3 不同砧木嫁接对苏创3号品质的影响

由表 3 可知,不同砧木嫁接后苏创 3 号的中心可溶性固形物含量在 8.76%~12.09%,边部可溶性

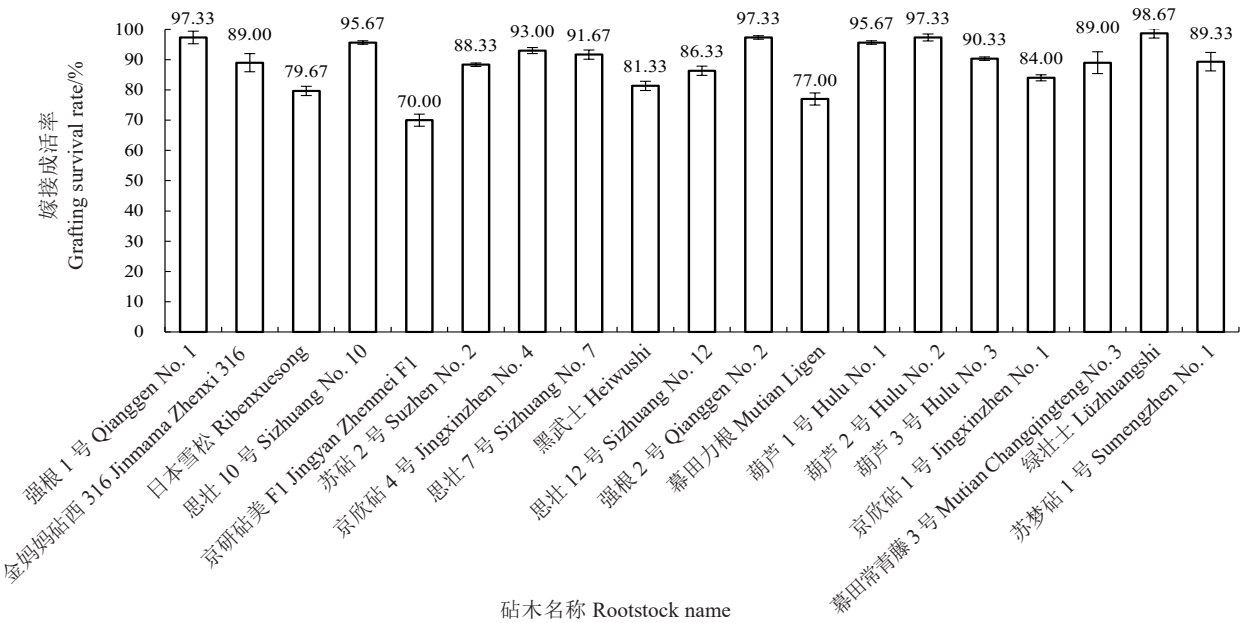


图 1 不同砧木嫁接苏创 3 号的成活率
Fig. 1 The survival rate of Suchuang No. 3 grafted onto different rootstocks

表 2 不同砧木嫁接苏创 3 号的产量
Table 2 Yield of Suchuang No. 3 grafted onto different rootstocks

编号 No.	单瓜质量 Single fruit mass/g	小区产量 Plot yield/kg
1	4.11±0.68 ab	41.07±1.31 cd
2	3.92±0.61 bcd	39.20±1.01 d
3	4.05±0.39 abc	40.54±1.06 cd
4	3.21±0.83 de	32.13±0.90 ef
5	3.33±0.84 cde	33.33±1.89 e
6	2.75±0.68 e	27.88±0.60 hijk
7	2.94±0.41 e	29.39±1.64 ghi
8	4.39±0.72 ab	43.94±1.29 b
9	4.29±0.69 ab	42.27±1.88 bc
10	4.78±0.64 a	47.78±0.79 a
11	3.02±0.60 e	30.22±1.29 fgh
12	2.78±0.58 e	27.78±0.73 hijk
13	2.85±0.83 e	28.51±1.15 hij
14	2.57±0.71 e	25.70±1.88 k
15	2.93±1.08 e	29.98±1.26 fgh
16	2.62±1.06 e	26.82±1.27 ijk
17	2.70±0.37 e	27.71±2.15 hijk
18	2.68±1.31 e	26.49±1.36 jk
19	3.17±0.52 e	31.70±1.71 efg

注：同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

固形物含量在 7.22%~10.06%，果皮厚度在 0.46~1.04 cm，不同类型砧木嫁接后中心可溶性固形物含量、边部可溶性固形物含量、果皮厚度存在显著

差异。不同砧木嫁接后苏创 3 号的果形指数差异相对较小。

2.4 不同砧木对苏创 3 号的嫁接适宜性评价

首先对分析的各指标进行标准化处理，果皮厚度为负向指标，指标值越小越好。单瓜质量、小区产量、边部可溶性固形物含量、中心可溶性固形物含量、嫁接成活率为正向指标，指标值越大越好。正向指标标准化处理公式： $Y_{ij}=X_{\max}/(X_{\max}+X_{\min})$ ，负向指标标准化处理公式： $Y_{ij}=X_{\min}/(X_{\max}+X_{\min})$ 。式中， Y_{ij} 表示第 i 个砧木第 j 个指标的标准化后的数值（范围 0~1）。 $X_{\max}/X_{\min}$ 分别表示该指标在所有砧木中的最大值和最小值。主成分分析法各主成分特征向量及贡献率如表 4 所示。共提取到 2 个主成分，特征值均大于 1，2 个主成分的方差贡献率分别是 36.428%、35.704%，累计方差贡献率为 72.132%。根据各指标主成分线性组合系数建立不同砧木对苏创 3 号的嫁接适宜性评价模型，得到公式(1)和(2)。

$F_1=0.120X_1+0.529X_2+0.539X_3-0.277X_4+0.486X_5+0.320X_6;$ (1)

$F_2=0.491X_1+0.400X_2+0.389X_3+0.407X_4-0.185X_5-0.498X_6。$ (2)

式中， F_1 、 F_2 分别代表主成分 1 和 2 的得分。 $X_1\sim X_6$ 分别代表嫁接成活率、单瓜质量、小区产量、中心可溶性固形物含量、边部可溶性固形物含量及果

表 3 不同砧木嫁接苏创 3 号后的果实品质

Table 3 Fruit quality traits of Suchuang No. 3 watermelon grafted onto different rootstocks

编号 No.	w(中心可溶性固形物) Center soluble solids content/%	w(边部可溶性固形物) Edge soluble solids content/%	横径 Transverse diameter/cm	纵径 Longitudinal diameter/cm	果皮厚度 Rind thickness/cm	果形指数 Fruit shape index
1	12.09±1.60 a	9.98±1.40 a	20.12±1.26 a	19.83±0.66 bcd	1.02±0.16 ab	0.99±0.04 b
2	10.96±1.65 abcd	8.61±1.22 abcde	17.97±0.91 c	18.49±1.33 defg	0.79±0.26 abcd	1.03±0.03 ab
3	9.63±1.58 cdef	8.06±1.59 cde	17.73±0.81 c	17.96±0.96 fg	0.60±0.28 de	1.01±0.03 ab
4	11.36±1.12 abc	9.82±1.04 a	19.52±1.27 ab	19.67±1.53 bcde	1.01±0.24 ab	1.01±0.03 ab
5	11.13±1.33 abc	9.70±0.97 ab	19.56±1.24 ab	20.12±1.79 bc	1.04±0.17 a	1.03±0.04 ab
6	9.69±1.22 bcdef	8.64±1.30 abcde	18.21±1.37 bc	18.62±1.29 cdefg	0.71±0.20 cde	1.02±0.05 ab
7	10.93±1.47 abcd	9.53±1.86 abc	18.39±1.27 bc	18.72±0.62 cdefg	0.98±0.26 ab	1.02±0.08 ab
8	9.29±1.26 def	7.63±1.89 de	17.38±1.56 c	18.09±1.69 efg	0.63±0.30 de	1.04±0.05 ab
9	9.11±1.54 ef	7.91±1.37 de	16.91±1.23 c	17.20±1.88 g	0.56±0.15 de	1.01±0.07 ab
10	10.50±1.87 abcde	8.89±1.69 abcd	17.57±1.26 c	18.19±1.73 efg	0.78±0.22 bcd	1.03±0.05 ab
11	9.00±1.58 ef	7.61±1.45 de	17.28±1.06 c	17.46±1.94 fg	0.58±0.30 de	1.01±0.07 ab
12	10.17±1.94 bcdef	8.22±1.20 bcde	17.73±1.71 c	17.70±1.94 fg	0.79±0.38 abcd	1.00±0.05 ab
13	10.52±2.06 abcde	8.78±1.64 abcd	17.58±1.88 c	18.34±1.10 defg	0.72±0.21 cd	1.05±0.05 a
14	9.17±2.98 ef	7.22±1.48 e	17.29±1.31 c	17.71±1.70 fg	0.58±0.23 de	1.02±0.05 ab
15	10.96±1.36 abcd	10.00±1.40 a	20.41±1.73 a	20.11±2.32 bc	1.01±0.34 ab	0.99±0.08 b
16	11.40±1.10 ab	9.56±0.92 abc	20.22±2.13 a	20.63±1.87 ab	0.90±0.19 abc	1.02±0.07 ab
17	8.76±1.11 f	7.22±0.71 e	17.17±0.61 c	17.54±0.86 fg	0.46±0.09 e	1.02±0.03 ab
18	11.42±1.19 ab	10.06±0.92 a	20.76±1.88 a	21.64±2.56 a	1.03±0.26 ab	1.04±0.08 ab
19	10.89±1.25 abcd	8.91±1.52 abcd	18.09±1.07 c	18.96±1.36 cdef	0.70±0.19 cde	1.05±0.04 a

表 4 各主成分特征向量及贡献率

Table 4 Eigenvectors and contribution rate of each principal component

指标 Trait	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2
嫁接成活率 Graft survival rate	0.120	-0.491
单瓜质量 Single fruit mass	0.529	0.400
小区产量 Plot yield	0.539	0.389
中心可溶性固形物含量 Center soluble solids content	-0.277	0.407
边部可溶性固形物含量 Edge soluble solids content	0.486	-0.185
果皮厚度 Rind thickness	0.320	-0.498
特征值 Eigenvalue	2.186	2.142
方差贡献率 Variance contribution rate/%	36.428	35.704
累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate/%	36.428	72.132

皮厚度。综合得分是方差贡献率与成分得分乘积累加再除以累计方差贡献率计算得到。针对当前数据的计算公式如公式(3):

$$F = (36.428F_1 + 35.704F_2)/72.132 = 0.505F_1 + 0.495F_2。(3)$$

利用不同砧木对嫁接西瓜苏创 3 号的产量和

品质评价综合得分计算公式可得到不同砧木嫁接苏创 3 号后的综合得分及排名。

由表 5 可知,各指标权重由高到低依次为单瓜质量、小区产量、果皮厚度、边部可溶性固形物含量、中心可溶性固形物含量、嫁接成活率。其中,单瓜质量、小区产量的累计权重超过 45%,表明这项指标在本次综合评价中的影响最大。果皮厚度、边部可溶性固形物含量、中心可溶性固形物含量对评价有一定影响但优先级低于产量相关指标。权重最低的指标为嫁接成活率,对整体评价的贡献最小。嫁接成活率的熵值最接近 1,表明这项指标在不同样本中的表现相对一致。单瓜质量和小区产量的变异系数最高,表明这 2 项指标能有效区分不同样品的差异。利用该方法对不同砧木嫁接苏创 3 号进行综合排名,如表 6 所示。

在主成分分析中,排名前 5 的砧木依次为思壮 7 号、思壮 12 号、黑武士、日本雪松和强根 1 号,均为南瓜砧木。在全部 10 个南瓜砧木中,有 8 个进入前 10 名;苏砧 2 号排名第 15,京欣砧 4 号排名第 11。葫芦砧木中,强根 2 号排名第 10,其余排名均在第 10 名之后;西瓜砧木苏梦砧 1 号排名第 9。在熵权-DTOPSIS 法评价中,得分前 5 的砧木为思壮

表 5 各指标熵值变异系数和权重
Table 5 Entropy, coefficient of variation and weight of each trait

指标 Trait	熵值 Entropy	变异系数 Coefficient of variation	权重 Weight
中心可溶性固形物含量 Center soluble solids content	0.924	0.076	0.126
边部可溶性固形物含量 Edge soluble solids content	0.918	0.082	0.136
果皮厚度 Rind thickness	0.888	0.112	0.186
嫁接成活率 Graft survival rate	0.944	0.056	0.093
单瓜质量 Single fruit mass	0.858	0.142	0.237
小区产量 Plot yield	0.867	0.133	0.222

12 号、黑武士、思壮 7 号、日本雪松和强根 1 号。南瓜砧木中有 8 个进入前 10 名,其中苏砧 2 号排名第 16,与主成分分析法结果基本一致;京欣砧 4 号排名第 15,较主成分分析法下降 4 名。葫芦砧木中,葫芦 3 号排名第 10,较主成分分析法上升 4 名;其余砧木排名均在第 10 名之后,其中葫芦 2 号在 2 种分析方法中排名一致,强根 2 号、葫芦 1 号、京欣砧 1 号排名相差 1 名,幕田力根、幕田常青藤 3 号相差 2 名,绿壮士上升 6 名;西瓜砧木排名第 7。综

合 2 种评价方法的结果,南瓜砧木在嫁接苏创 3 号中表现明显优于葫芦砧木和西瓜砧木,表明苏创 3 号更适宜选用南瓜砧木进行嫁接。

2.5 两种方法分析结果的一致性检验

在主成分分析中,主成分 1 的单瓜质量(载荷 0.529),小区产量(载荷 0.539)载荷系数决定值最大且为正;在熵权法中,单瓜质量(权重 0.237)、小区产量(权重 0.222)权重最高,是影响评价结果的核心指标。边部可溶性固形物含量在主成分分析中载荷系数(0.486)绝对值排第三,在熵权法中权重(0.136)第四,说明该指标在两种评价方法中均为重要辅助指标。提取两种方法下 19 种砧木的综合排名,采用斯皮尔曼等级相关系数计算相关性。由表 7 可知,主成分分析法排序结果和熵权-DTOPSISI 法排序结果相关系数达到了 0.912,呈极显著正相关。说明两种方法评价结果高度一致,筛选出的最优砧木基本重合,充分验证了结果的可靠性和稳定性。

3 讨论与结论

通过嫁接可以缓解设施栽培中连作障碍的问

表 6 两种分析方法综合排名比较
Table 6 Comparison of comprehensive rank between the two analytical methods

砧木名称 Rootstock name	主成分分析法 PCA		熵权 DTOPSIS 法 Entropy-weighted DTOPSIS method			
	综合得分 Comprehensive score	排名 Rank	正理想欧式距离 Positive ideal euclidean distance (D+)	负理想欧式距离 Negative ideal euclidean distance (D-)	贴进度 Closeness coefficient (C)	排名 Rank
强根 1 号 Qianggen No. 1	0.998 1	5	0.207 5	0.299 8	0.590 9	5
金妈妈砧西 316 Jinmama Zhenxi 316	0.562 2	7	0.206 0	0.246 5	0.544 8	6
日本雪松 Ribenxuesong	1.259 9	4	0.177 6	0.264 7	0.598 5	4
思壮 10 号 Sizhuang No. 10	0.277 3	8	0.296 5	0.200 3	0.403 2	8
京研砧美 F1 Jingyan Zhenmei F1	0.602 6	6	0.285 6	0.190 5	0.400 1	9
苏砧 2 号 Suzhen No. 2	-0.911 1	15	0.328 1	0.159 0	0.326 5	16
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	-0.297 1	11	0.328 7	0.162 1	0.330 2	15
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	1.526 4	1	0.186 5	0.300 8	0.617 3	3
黑武士 Heiwushi	1.372 0	3	0.179 3	0.296 2	0.622 9	2
思壮 12 号 Sizhuang No. 12	1.521 1	2	0.138 3	0.354 3	0.719 2	1
强根 2 号 Qianggen No. 2	0.056 0	10	0.312 5	0.170 6	0.353 1	11
幕田力根 Mutian Ligen	-0.953 4	17	0.333 0	0.122 0	0.268 1	19
葫芦 1 号 Hulu No. 1	-0.693 6	13	0.312 1	0.168 6	0.350 8	12
葫芦 2 号 Hulu No. 2	-1.417 4	18	0.371 8	0.153 6	0.292 4	18
葫芦 3 号 Hulu No. 3	-0.725 7	14	0.330 8	0.181 1	0.353 8	10
京欣砧 1 号 Jingxinzhen No. 1	-0.922 6	16	0.356 5	0.158 6	0.307 9	17
幕田常青藤 3 号 Mutian Changqingting No. 3	-0.527 0	12	0.353 3	0.187 7	0.346 9	14
绿壮士 Lüzhuangshi	-1.899 6	19	0.363 8	0.193 6	0.347 4	13
苏梦砧 1 号 Sumengzhen No. 1	0.172 2	9	0.275 0	0.188 1	0.406 1	7

表7 两种分析方法的相关性分析
Table 7 Correlation analysis between the two analytical methods

项目 Item	主成分分析法 PCA	熵权 DTOPSIS 法 Entropy-weighted DTOPSIS method
主成分分析法 PCA	1	
熵权 DTOPSIS 法 Entropy-weighted DTOPSIS method	0.912**	1

注:**表示在 0.01 水平极显著相关。
Note: ** indicate extremely significant correlation at 0.01 level.

题,提高西瓜对枯萎病等土传病害的抗性^[17]。南瓜、葫芦、西瓜 3 种瓜类都属葫芦科植物,其中南瓜和葫芦的长势旺盛、根系发达、耐病性强、亲和性好,常被作为嫁接砧木应用于西瓜生产^[18]。然而不同的砧木对西瓜产量和品质的影响不同,筛选合适的砧木对西瓜生产至关重要。王曼曼等^[19]在研究中通过主成分分析法、隶属函数分析法对 35 个品种的砧木展开综合评价,发现南瓜砧木在嫁接甜瓜时表现出良好的抗病性和高产优质的综合优势。杨冬艳等^[20]通过隶属函数分析法分析了 8 种砧木对西瓜生长及品质的影响,结果表明,8 种砧木均能显著提高西瓜的生长势。

本研究以江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所自主培育的中果型西瓜品种苏创 3 号为试验材料,系统比较了 10 个南瓜砧木、8 个葫芦砧木和 1 个西瓜砧木嫁接后对苏创 3 号嫁接成活率、产量性状及果实品质的影响,并通过主成分分析法和熵权-DTOPSIS 法对 6 项关键指标进行了综合评价,旨在筛选出最适宜苏创 3 号嫁接的优良砧木。结果表明,在嫁接成活率方面,葫芦砧木有较好的亲和性,在产量方面,南瓜砧木有良好的优势;在果实品质方面,南瓜砧木未表现出明显优势。为了克服单一指标评价的局限性,本研究将主成分分析法和熵权-DTOPSIS 法应用于不同砧木对苏创 3 号的综合评价中,使得到的结果更加客观准确。根据两次比较的综合得分排名,排名前 3 的思壮 7 号、思壮 12 号和黑武士均属于南瓜砧木。

综上所述,本研究通过系统地比较与综合评价,明确了南瓜砧木嫁接苏创 3 号的总体优势,并

筛选出思壮 7 号、思壮 12 号和黑武士 3 个综合表现优良的南瓜砧木品种。

参考文献

[1] 尤春,孙兴祥.江苏省西瓜甜瓜产业现状与发展建议[J].中国瓜菜,2017,30(7):35-37.

[2] 张琳,杨艳涛,文长存,等.中国西瓜市场分析与展望[J].农业展望,2015,11(6):21-24.

[3] 王福红,夏咏,丁宁,等.中国西瓜生产波动特征及增产贡献因素研究[J].中国瓜菜,2025,38(9):233-244.

[4] 徐兵划,张兴平,张朝阳,等.西瓜新品种苏创 3 号的选育[J].中国蔬菜,2020(2):76-78.

[5] 薛宇星.不同外源物质及砧木嫁接防治西瓜连作障碍效果研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2023.

[6] 孟佳丽,吴绍军,余翔,等.不同类型砧木对西瓜连作障碍消减的影响[J].西北农业学报,2019,28(7):1110-1118.

[7] 张曼,羊杏平,徐锦华,等.嫁接西瓜对西瓜枯萎病菌侵染的防御机制研究[J].西北植物学报,2013,33(8):1605-1611.

[8] 张兆辉,牛青,杨晓峰,等.不同砧木嫁接对西瓜生长、果实品质及丰产性的影响[J].中国农学通报,2015,31(7):72-75.

[9] 张毅.不同砧木嫁接对露地西瓜品质的影响[J].农业技术与装备,2023(11):12-14.

[10] 唐承皓,任慧转,潘文博,等.不同砧木对早佳 84-24 西瓜产量、品质和矿质元素吸收的影响[J].陕西农业科学,2024,70(3):55-59.

[11] 陈东升,王洪旭,王振雨,等.北京地区 5 种砧木对小果型西瓜生长、果实品质及产量的影响[J].中国瓜菜,2023,36(5):66-71.

[12] 任艳华,刘含笑,舒秀阁,等.材果兼用核桃优良品系(种)综合评价及分析[J].果树学报,2026,43(5):1099-1109.

[13] 赵平,李学涛,康振友,等.基于熵权的 DTOPSIS 法和灰色关联度分析法在西瓜品种综合评价中的应用[J].黑龙江农业科学,2021(1):79-87.

[14] 关睿捷,温嘉茂,张恬畅,等.114 份春小麦苗期耐旱性综合评价与筛选[J].种子,2025,44(10):28-36.

[15] 陈中全,蔡雁平,张露瑶,等.八十四份西瓜表型性状多样性分析[J].北方园艺,2025(24):9-16.

[16] 王利霞,王淑枝,韩瑞华,等.基于主成分分析的设施栽培厚皮甜瓜品种种质资源评价[J].蔬菜,2025(7):62-70.

[17] 黄远,别之龙,孔秋生,等.嫁接对西瓜和甜瓜果实品质影响的研究进展[J].中国蔬菜,2012(4):10-18.

[18] 攸学松,马超,穆生奇,等.不同类型砧木嫁接对小型西瓜生长、产量和品质的影响[J].蔬菜,2023(12):20-23.

[19] 王曼曼,冯路路,张惠敏,等.抗枯萎病甜瓜嫁接砧木筛选及综合评价[J].中国农学通报,2025,41(30):60-69.

[20] 杨冬艳,于蓉,冯海萍,等.不同砧木对设施嫁接西瓜生长及品质影响的综合评价[J].甘肃农业大学学报,2015,50(6):62-66.