

基于主成分分析的西瓜嫁接砧木综合评价

周利利¹, 于璇², 赵燕昊³, 张飞雪¹, 王丰颖¹, 周肖瑜⁴, 沈卫新¹

(1. 湖州市农业科学研究院 浙江湖州 313000; 2. 富阳区农业农村局 杭州 310000;
3. 桐庐县农业农村局 浙江桐庐 310002; 4. 湖州市植保检疫与土肥管理站 浙江湖州 313000)

摘要:为筛选适合浙北地区浙蜜8号西瓜的嫁接砧木,本研究以南瓜砧(思壮7号、京欣砧4号、稳健1号)、葫芦砧(绿壮士、冠军1号)和野生西瓜砧(野壮1号、萌Z-20003、勇士)共8种商品化砧木为试验材料,以浙蜜8号自根苗为对照(CK),系统比较不同砧木嫁接苗嫁接成活率、田间长势、经济性状、果实品质及枯萎病抗性等方面的表现,并通过主成分分析进行综合评价。结果表明:所有嫁接苗成活率均高于96.60%,其中野生西瓜砧嫁接苗成活率均达100%;田间长势方面,野生西瓜砧嫁接苗在伸蔓后期及盛果期生长势和光合效能表现优异,其中野壮1号伸蔓后期叶片数最多、盛果期SPAD值最高。经济性状方面,思壮7号嫁接苗产量最高(较CK增产79.07%),单果质量最大;品质方面,野生西瓜砧嫁接苗果实可溶性固形物含量和口感评分均最高,勇士嫁接苗中心可溶性固形物含量(w,后同)达12.16%,野壮1号总糖含量最高;枯萎病抗性方面,南瓜砧(思壮7号、京欣砧4号、稳健1号)与葫芦砧绿壮士嫁接苗实现零发病,野壮1号虽为所有嫁接苗中发病率最高(14.29%),但病情指数(12.28)仍显著低于自根苗(发病率94.44%,病情指数81.48),表现出一定的抗病基础。主成分分析综合评估表明,野壮1号综合得分最高。综上,野壮1号在生长势、光合效能、果实总糖含量及口感等方面优势突出,适宜在枯萎病发生较轻的地块优先推广。

关键词:西瓜;嫁接;砧木;产量;品质;抗病性;主成分分析

中图分类号:S651

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)07-114-10

Comprehensive evaluation of watermelon grafting rootstocks based on principal component analysis

Zhou Lili¹, Yu Xuan², Zhao Yanhao³, Zhang Feixue¹, Wang Fengying¹, Zhou Xiaoyu⁴, Shen Weixin¹

(1. Huzhou Academy of Agricultural Sciences, Huzhou 313000, Zhejiang, China; 2. Fuyang District Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hangzhou 310000, Zhejiang, China; 3. Tonglu County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Tonglu 310002, Zhejiang, China; 4. Huzhou Plant Protection Quarantine and Soil and Fertilizer Management Station, Huzhou 313000, Zhejiang, China)

Abstract: To identify suitable rootstocks for high-quality, high-yield, and disease-resistant cultivation of the Zhemi No. 8 watermelon in northern Zhejiang, this study evaluated eight commercial rootstocks: Pumpkin rootstocks (Sizhuang No. 7, Jingxinzen No. 4, Wenjian No. 1), bottle gourd rootstocks (Lüzhuangshi, Guanjun No. 1), and wild watermelon rootstocks (Yezhuang No. 1, Meng Z-20003, Yongshi). Own-rooted seedlings served as the control (CK). The performance of grafted seedlings with different rootstocks were systematically compared in terms of grafting survival rate, field growth vigor, economic traits, fruit quality, and *Fusarium* wilt resistance, followed by a comprehensive principal component analysis. All grafting combinations achieved survival rate above 96.60%, with wild watermelon rootstocks reaching 100%. Wild watermelon rootstock-grafted seedlings exhibited superior growth vigor and photosynthetic performance during the late vine-extending and full-fruit stages; Yezhuang No. 1 had the highest leaf number at the late vine-extending stage and the highest SPAD value at the full-fruit stage. Sizhuang No. 7 grafted seedlings achieved the highest yield and the largest single fruit mass. Wild watermelon rootstock-grafted seedlings showed the highest soluble solids content and taste score, with Yongshi grafted seedlings reaching 12.16% (w, the same below) central soluble solids and Yezhuang No. 1 the highest total sugar content. Pumpkin rootstocks (Sizhuang No. 7, Jingxinzen No. 4, Wenjian No. 1) and the bottle gourd rootstock Lüzhuangshi exhibited zero disease incidence. Although Yezhuang No. 1 had the highest disease incidence (14.29%) among grafted seedlings, its disease index (12.28) remained significantly lower than that of own-rooted seedlings.

收稿日期:2025-12-25;修回日期:2026-05-14

基金项目:浙江省蔬菜产业技术项目(设施西瓜高品质栽培技术与示范)

作者简介:周利利,女,农艺师,研究方向为瓜菜育种。E-mail:489517268@qq.com

通信作者:沈卫新,男,研究员,研究方向为农作物病虫害防控技术研究及推广。E-mail:try426@163.com

(94.44% incidence, 81.48 disease index), indicating inherent resistance. Principal component analysis showed that Yezhuang No. 1 achieved the highest composite score. In summary, Yezhuang No. 1 demonstrates outstanding advantages in growth vigor, photosynthetic performance, fruit total sugar content, and taste, and is recommended for priority promotion in fields with low *Fusarium* wilt incidence.

Key words: Watermelon; Grafting; Rootstock; Yield; Quality; Disease resistance; Principal component analysis

西瓜是我国重要的经济作物^[1-2],但其栽培常受连作障碍制约,土传病害如枯萎病等严重威胁西瓜产业的可持续发展^[3-5]。嫁接栽培是克服西瓜连作障碍、提高抗病性和产量的有效途径^[6-8]。砧木的选择是嫁接技术的核心,砧木种类直接影响接穗的生长发育、果实产量与品质。目前生产上常用的砧木主要有南瓜、葫芦和野生西瓜(野生西瓜砧)。南瓜根系发达,抗病、耐寒及增产潜力大,但易导致果实品质下降(如糖度降低、质地变硬、风味改变)^[9];葫芦与西瓜亲和力好,对品质影响小,果实风味佳,但抗寒性和对某些土传病害的抗性弱于南瓜^[10];野生西瓜砧与接穗亲和性最佳,理论上对品质影响最小,但抗病性强的野生西瓜砧品种筛选是关键^[11]。目前,针对特定产区、特定品种筛选综合表现优良的砧木仍是西瓜嫁接栽培研究的重点。本研究以

浙北地区主栽的中型西瓜品种浙蜜8号为接穗,系统比较3类共8种砧木的嫁接效果,综合评价不同砧木嫁接苗对嫁接成活率、田间长势、产量、果实内在品质及抗病性(抗枯萎病)的影响,以期为该地区西瓜优质、高产、抗病栽培筛选出最适宜的嫁接砧木。

1 材料与方法

1.1 材料

以浙蜜8号中型西瓜品种为接穗,该品种由浙江大学与浙江勿忘农种业股份有限公司合作选育,皮薄而韧、耐裂、味甜爽脆,适宜浙、苏、豫、皖、滇等省设施栽培,选用南瓜(思壮7号、京欣砧4号、稳健1号)、葫芦(绿壮士、冠军1号)、野生西瓜(野壮1号、勇士、萌Z-20003)为砧木开展嫁接试验,砧木信息见表1。

表1 砧木类型及来源
Table 1 Rootstock type and source

砧木品种 Rootstock variety	类型 Type	来源 Source
思壮7号 Sizhuang No. 7	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i>	宁波市农业科学研究院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
京欣砧4号 Jingxinzhen No. 4	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i>	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
稳健1号 Wenjian No. 1	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i>	河南豫艺种业科技发展有限公司 Henan Yuyi Seed Technology Development Co., Ltd.
绿壮士 Lüzhuangshi	葫芦 <i>Lagenaria siceraria</i>	宁波市农业科学研究院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
冠军1号 Guanjun No. 1	葫芦 <i>Lagenaria siceraria</i>	杭州种业集团有限公司 Hangzhou Seed Industry Group Co., Ltd.
野壮1号 Yezhuang No. 1	野生西瓜 <i>Citrullus lanatus</i> var.	宁波市农业科学研究院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
萌Z-20003 Meng Z-20003	野生西瓜 <i>Citrullus lanatus</i> var.	宁波市微萌种业有限公司 Ningbo Weimeng Seed Industry Co., Ltd.
勇士 Yongshi	野生西瓜 <i>Citrullus lanatus</i> var.	杭州谊禾种苗有限公司 Hangzhou Yihe Seedling Co., Ltd.

1.2 试验设计

试验于2025年春季(2—6月)在湖州市农业科学研究院基地连栋大棚中进行。基地地处浙北,海拔3.0 m。前作植物为西瓜,连作2年,土壤肥力一致。试验设9个处理(含浙蜜8号自根苗对照,CK),采用随机区组设计,每小区面积40 m²,定植22株。畦宽(连沟)4 m,株距45 cm,采用爬地栽培,3蔓整枝,选择主蔓第3~4雌花集中授粉,每株留1果。每个处理3次重复。砧木于2025年2月

9日播种,接穗于2月15日播种,2月21日嫁接,采用顶插接法,嫁接苗于3月24日定植。其他田间管理按照本地西瓜生产进行。

1.3 指标测定

1.3.1 生长指标测定 (1)物候期记录:记录西瓜关键的物候期,主要包括定植期、开花期(70%植株开花)和成熟期(70%果实成熟),计算果实发育期和全生育期。果实发育期/d=成熟期日期-开花期日期;全生育期/d=成熟期日期-播种期日期。

(2)主蔓长、叶片数与茎粗测定:每小区随机选取 9 株,分别于伸蔓前期(4 月 11 日)、伸蔓后期(4 月 22 日)用卷尺从近基部的主茎开始至生长点测量主蔓长(I、II),并记录叶片数(I、II)。分别在伸蔓前期(4 月 11 日)、伸蔓后期(4 月 22 日)、盛果期(5 月 11 日)用游标卡尺测量子叶向上 1 cm 处的主蔓粗作为茎粗(I、II、III)。

(3)节间长与坐果节位测定:于盛果期(5 月 11 日)测定植株结果部位邻近 5 节(6 片叶之间)的长度(折算成平均节间长),同时统计坐果节位(真叶开始算第 1 节)。

(4)SPAD 值测定:分别于伸蔓前期(4 月 11 日)、伸蔓后期(4 月 22 日)、盛果期(5 月 11 日),每个小区随机选取 9 株,用手持式叶绿素仪(SPAD-502puls,日本柯尼卡美能达控股公司)分别测定坐瓜节位叶片的 SPAD 值,依次记录为 SPAD 值 I、II、III。

1.3.2 果实性状与产量测定 果实成熟后(6 月 8—10 日),每个小区随机选取 5 个授粉日期一致、长势一致并具有代表性的西瓜,测定其形态与产量指标。使用电子秤称量单瓜质量,测算小区产量,并折算 667 m² 产量;将西瓜纵切后,采用直尺测量果实纵径、横径及皮厚;采用手持式糖度计(WZS-20,广州市爱宕科学仪器有限公司)测定西瓜中心可溶性固形物含量(中心果肉)、边部可溶性固形物含量(距果皮 0.5 cm 果肉)。采用品尝打分法^[12](15 人份)对西瓜食用口感进行评定,评定标准为:>90~100 分,口感最佳、酸甜适口、果香浓郁;>80~90 分,口感较好、酸甜适口、有果香;70~80 分,口感较差、有酸味或甜味、略有果香;小于 70 分,口感差,味道很淡,无果香。

参照高俊凤^[13]的方法,采用蒽酮比色法测定西瓜果实可溶性总糖含量,采用氢氧化钠滴定法测定总有机酸含量,采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量。

1.3.3 西瓜枯萎病调查 按照 0~3 级病情分级标准^[14],逐株记录西瓜枯萎病发病情况,其中 0 级:健株,长势良好无病症;1 级:病株叶片自下而上逐渐萎蔫,似缺水状,中午更为明显,早晚尚能恢复;2 级:病株叶片萎蔫,不能再恢复正常;3 级:整株叶片呈发黄枯萎下垂,不能再恢复正常,叶片枯黄至全株死亡。并计算发病率和病情指数。

发病率/%=发病株数/总株数×100; (1)

病情指数=Σ(各个级别发病株数×病级数)/(总株数×最高病级)。 (2)

1.4 数据分析

采用 WPS Office 软件进行数据处理及表格绘制;采用 SPSS 23 进行相关性分析(Pearson)和主成分分析(PCA,采用 Kaiser 标准化正交旋转法,以特征值>1 提取主成分);采用 Duncan 新复极差法进行显著性检验。

主成分得分 $F_i = \Sigma(Z_{ij} \times A_{ij} / \lambda_i)$, 式中 $Z_{ij}(j=1, \cdots, 25)$ 为不同处理的各农艺及经济性状的标准化值, $A_{ij}(i=1, \cdots, 7)$ 为成分矩阵中不同处理的农艺及经济性状的主成分载荷, λ_i 为主成分特征值;综合得分 $F_{\text{综}} = \Sigma(\lambda_i \times F_i / \Sigma \lambda_i)$ 。

2 结果与分析

2.1 不同砧木嫁接苗嫁接成活率及生育期比较

由表 2 可知,所有嫁接组合成活率均高于 96.00%,其中葫芦砧(绿壮士、冠军 1 号)嫁接苗嫁接成活率高于 98.95%,野生西瓜砧(野壮 1 号、萌

表 2 不同砧木嫁接苗嫁接成活率及生育期比较

Table 2 Comparison of grafting survival rate and growth period of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	嫁接成活率 Grafting survival rate/%	定植期 Transplanting period	开花期 Flowering period	成熟期 Mature period	果实发育期 Fruit development period/d
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	96.91	3 月 24 日 March 24th	4 月 28 日 April 28th	6 月 10 日 June 10th	42
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	96.30	3 月 24 日 March 24th	4 月 29 日 April 29th	6 月 10 日 June 10th	41
稳健 1 号 Wenjian No. 1	96.67	3 月 24 日 March 24th	4 月 29 日 April 29th	6 月 10 日 June 10th	41
绿壮士 Lüzhuangshi	98.95	3 月 24 日 March 24th	5 月 1 日 May 1st	6 月 8 日 June 8th	38
冠军 1 号 Guanjun No. 1	100.00	3 月 24 日 March 24th	5 月 1 日 May 1st	6 月 8 日 June 8th	38
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	100.00	3 月 24 日 March 24th	4 月 28 日 April 28th	6 月 8 日 June 8th	40
萌 Z-20003 Meng Z-20003	100.00	3 月 24 日 March 24th	4 月 29 日 April 29th	6 月 8 日 June 8th	39
勇士 Yongshi	100.00	3 月 24 日 March 24th	4 月 29 日 April 29th	6 月 8 日 June 8th	39
自根苗 Own-rooted(CK)		3 月 24 日 March 24th	4 月 29 日 April 29th	6 月 8 日 June 8th	39

Z-20003、勇士)嫁接苗嫁接成活率均为 100%,表现出极佳的嫁接亲和性。从生育期看,葫芦砧嫁接苗的果实发育期最短,均为 38 d,较其他砧木嫁接苗及 CK 早熟 1~4 d。野生西瓜砧嫁接苗的果实发育期为 39~40 d,与 CK 相近。南瓜砧嫁接苗的果实发育期为 41~42 d,较 CK 延长了 2~3 d。

2.2 不同砧木嫁接对西瓜田间长势的影响

由表 3 可知,伸蔓前期,勇士嫁接苗主蔓长最长,与萌 Z-20003、绿壮士嫁接苗差异均不显著,而三者主蔓长均显著高于 CK 及其他嫁接苗;绿壮士嫁接苗叶片数最多,但与勇士、京欣砧 4 号、萌 Z-20003 嫁接苗差异均不显著,CK 叶片数最少;南瓜砧嫁接苗茎粗均大于其他砧木嫁接苗及 CK,其中稳健 1 号嫁接苗茎粗最粗,与京欣砧 4 号、思壮 7 号嫁接苗差异均不显著。伸蔓后期,从主蔓长及叶片数来看,整体上野生西瓜砧嫁接苗>南瓜砧嫁接苗>葫芦砧嫁接苗>CK,其中萌 Z-20003 嫁接苗主蔓长最长,野壮 1 号嫁接苗叶片数最多;萌 Z-20003 嫁接苗茎粗最粗,但与其他嫁接苗及 CK 差异均不显著。盛果期,思壮 7 号嫁接苗茎粗最粗,显著大于冠军 1 号嫁接苗和 CK,但与其他嫁接苗差异均不显著。嫁接苗的 SPAD 值I和 SPAD 值II均高于 CK,但不同嫁接苗的 SPAD 值I、SPAD 值II差异均不显著,其中野壮 1 号嫁接苗的 SPAD 值I最高,思壮 7 号嫁接苗的 SPAD 值II最高。野壮 1 号嫁接苗的 SPAD 值III最高,显著高于思壮 7 号嫁接苗,但与其他嫁接苗及 CK 差异均不显著。节间长与坐果节位各处理间差异均不显著,其中萌 Z-20003 嫁接苗的节间最长,冠军 1 号最短,野壮 1 号嫁接苗坐果节位最高,CK 最低。综合各时期生长指标,野生西瓜砧与南瓜砧嫁接苗整体表现均优于葫芦砧嫁接苗及 CK,其中野壮 1 号嫁接苗在伸蔓后期叶片数最多,盛果期的光合效能最高。

2.3 不同砧木嫁接对西瓜经济性状的影响

由表 4 可知,所有嫁接苗西瓜单果质量均大于 CK,其中思壮 7 号嫁接苗最大,但与其他嫁接苗差异均不显著;思壮 7 号嫁接苗果实长最长,显著大于 CK,但与其他嫁接苗差异均不显著;稳健 1 号果实宽最宽,显著大于 CK,但与其他嫁接苗差异均不显著;绿壮士嫁接苗西瓜皮厚最厚,与勇士、冠军 1 号、思壮 7 号嫁接苗差异均不显著,显著大于稳健 1 号、京欣砧 4 号、野壮 1 号、萌 Z-20003 嫁接苗及 CK,其中 CK 最薄;思壮 7 号嫁接苗产量最高,较 CK 显著增产 79.07%,稳健 1 号嫁接苗次之,两者差异不显著,CK 最低,显著低于嫁接苗。综合各项经济性状,

表 3 不同砧木嫁接苗田间生长指标比较
Table 3 Comparison of field growth indicators of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	主蔓长 Main vine length/cm		叶片数 Total leaf count		茎粗 Stem thickness/mm			SPAD 值 SPAD value			节间长 Internode length/cm	坐果节位 Fruiting node
	I	II	I	II	I	II	III	I	II	III		
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	22.02±3.77 c	101.33±14.22 ab	7.83±0.82 cd	13.89±0.48 cd	3.45±0.10 ab	3.75±0.05 a	6.27±0.37 a	56.49±2.17 ab	45.44±3.39 a	44.59±5.97 b	11.22±1.59 a	17.67±2.42 a
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	26.48±3.87 bc	110.50±8.50 a	8.72±0.79 abc	15.50±0.54 bc	3.89±0.21 a	4.13±0.08 a	5.82±0.27 abc	58.23±4.42 a	44.53±2.49 ab	50.60±3.30 ab	9.98±0.71 a	17.56±1.10 a
稳健 1 号 Wenjian No. 1	30.16±1.40 b	112.89±4.17 a	8.39±0.55 bc	14.78±0.97 cd	3.92±0.32 a	3.62±0.83 a	6.06±0.43 ab	57.00±1.80 ab	43.04±1.74 ab	47.06±4.40 ab	10.73±0.85 a	16.78±2.20 a
绿壮士 Lüzhuangshi	39.68±5.32 a	65.67±14.40 d	9.89±0.08 a	13.67±1.89 cd	3.34±0.09 b	3.52±0.11 a	5.59±0.40 abc	54.11±1.34 ab	43.70±0.03 ab	45.48±4.19 ab	9.93±1.40 a	18.22±2.44 a
冠军 1 号 Guanjun No. 1	22.79±2.89 c	70.38±6.46 cd	7.17±0.47 d	14.50±0.85 cd	3.14±0.03 b	3.56±0.17 a	5.22±0.33 c	58.11±3.18 a	42.24±1.23 ab	49.42±3.44 ab	9.20±0.68 a	17.11±2.53 a
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	23.13±3.29 bc	114.56±4.94 a	7.89±0.55 cd	17.83±0.54 a	3.14±0.18 b	3.99±0.33 a	6.11±0.26 ab	59.21±2.48 a	43.47±1.37 ab	51.74±3.07 a	11.00±0.77 a	18.56±1.50 a
萌 Z-20003 Meng Z-20003	40.72±1.62 a	116.56±4.13 a	9.56±0.39 ab	17.61±0.87 ab	3.05±0.16 b	4.26±0.43 a	5.87±0.23 abc	55.13±2.28 ab	45.13±1.45 ab	45.91±2.04 ab	11.40±0.54 a	17.56±2.31 a
勇士 Yongshi	41.50±2.53 a	109.67±5.17 a	9.83±0.27 a	17.44±1.29 ab	3.21±0.43 b	3.97±0.10 a	6.10±0.16 ab	53.59±4.12 ab	43.17±0.14 ab	49.54±2.55 ab	10.96±0.46 a	17.78±0.96 a
自根苗 Own-rooted (CK)	22.39±2.51 c	85.00±7.89 bc	6.83±0.47 d	12.89±0.77 d	3.35±0.29 b	3.72±0.22 a	5.44±0.12 bc	50.56±4.32 b	40.87±2.40 b	49.23±0.94 ab	10.24±0.13 a	16.33±1.09 a

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

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

表 4 不同砧木嫁接苗果实经济性状比较

Table 4 Comparison of fruit economic traits of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	单果质量 Single fruit mass/kg	果实长 Fruit length/cm	果实宽 Fruit width/cm	皮厚 Rind thickness/cm	产量 Yield/(kg·667 m ²)
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	5.38±0.94 a	22.20±1.34 a	20.43±1.10 a	0.96±0.15 ab	1 937.29 a
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	4.19±0.63 ab	20.48±0.61 ab	19.13±0.94 ab	0.87±0.09 b	1 508.68 de
稳健 1 号 Wenjian No. 1	5.09±0.17 a	21.20±0.48 a	20.57±0.61 a	0.92±0.06 b	1 833.91 ab
绿壮士 Lüzhuangshi	4.62±0.94 ab	20.58±1.35 ab	20.02±1.41 a	1.14±0.06 a	1 662.44 cd
冠军 1 号 Guanjun No. 1	4.31±0.69 ab	20.14±1.22 ab	20.16±0.93 a	0.99±0.02 ab	1 553.02 de
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	4.67±0.24 ab	21.22±0.29 a	20.18±0.33 a	0.83±0.03 b	1 681.88 cd
萌 Z-20003 Meng Z-20003	4.97±1.12 a	21.64±1.77 a	20.14±1.13 a	0.84±0.11 b	1 789.68 bc
勇士 Yongshi	4.48±0.51 ab	21.30±0.98 a	20.04±0.53 a	0.99±0.02 ab	1 743.57 bc
自根苗 Own-rooted(CK)	3.01±0.47 b	18.08±0.66 b	17.44±0.82 b	0.58±0.06 c	1 081.88 f

南瓜砧思壮 7 号表现优良。

2.4 不同砧木嫁接对西瓜品质的影响

由表 5 可知,中心可溶性固形物含量方面,勇士嫁接苗最高,与野壮 1 号、冠军 1 号、萌 Z-20003、绿壮士、京欣砧 4 号嫁接苗差异均不显著,与 CK 及稳健 1 号、思壮 7 号均存在显著差异;边部可溶性固形物含量方面,勇士嫁接苗最高,与野壮 1 号、萌

Z-20003、冠军 1 号、绿壮士、京欣砧 4 号嫁接苗差异均不显著,但以上嫁接苗均显著高于稳健 1 号及思壮 7 号嫁接苗;果肉硬度方面,京欣砧 4 号嫁接苗果肉最硬,显著高于除思壮 7 号、稳健 1 号外的其他嫁接苗及 CK;总有机酸含量方面,京欣砧 4 号嫁接苗最高,显著高于其他嫁接苗及 CK。维生素 C 含量方面,各处理间差异均不显著,其中稳健 1 号

表 5 不同砧木嫁接苗果实品质性状比较

Table 5 Comparison of fruit quality traits of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	w(中心可溶性固形物) Central soluble solids content/%	w(边部可溶性固形物) Edge soluble solids content/%	果肉硬度 Flesh firmness/ N	w(总有机酸) Total organic acid content/%	w(维生素 C) Vitamin C content/ (μg·g ⁻¹)	w(总糖) Total sugar content/ (mg·g ⁻¹)	口感 评分 Taste score
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	10.12±0.59 cd	7.18±0.11 c	0.88±0.14 ab	0.137±0.006 bc	118.49±6.89 a	45.88±1.71 c	7.7
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	10.63±0.92 abcd	8.59±0.42 ab	0.98±0.24 a	0.170±0.010 a	125.41±1.69 a	50.01±7.44 abc	7.8
稳健 1 号 Wenjian No. 1	9.92±0.48 d	7.34±0.21 c	0.73±0.08 abc	0.133±0.012 bc	129.11±3.82 a	52.38±2.53 abc	7.9
绿壮士 Lüzhuangshi	11.24±0.76 abcd	8.68±0.72 ab	0.54±0.10 c	0.140±0.010 b	123.82±12.03 a	60.74±8.16 ab	9.0
冠军 1 号 Guanjun No. 1	11.82±0.81 abc	8.49±0.43 ab	0.52±0.06 c	0.097±0.012 f	117.80±2.66 a	54.54±2.37 abc	9.2
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	12.00±0.14 ab	8.82±0.43 ab	0.60±0.09 bc	0.127±0.015 cd	117.28±6.84 a	62.72±7.40 a	9.2
萌 Z-20003 Meng Z-20003	11.63±0.73 abcd	8.53±0.24 ab	0.66±0.21 bc	0.103±0.006 ef	121.65±8.99 a	52.79±1.11 abc	9.0
勇士 Yongshi	12.16±0.46 a	9.08±0.51 a	0.50±0.03 c	0.117±0.006 de	119.48±6.26 a	46.99±5.16 abc	9.2
自根苗 Own-rooted(CK)	10.30±1.00 bcd	7.87±0.33 bc	0.54±0.01 c	0.123±0.012 cd	121.12±4.63 a	51.14±9.76 abc	9.0

含量最高。野壮 1 号嫁接苗果实总糖含量最高,显著高于思壮 7 号嫁接苗。冠军 1 号、野壮 1 号及勇士等野生西瓜砧或葫芦砧嫁接苗西瓜口感评分较高,南瓜砧嫁接苗西瓜口感评分均较低。综合品质性状,整体上野生西瓜砧嫁接苗>葫芦砧嫁接苗>CK>南瓜砧嫁接苗,野生西瓜砧嫁接苗西瓜的可溶性固形物、总糖含量均较高,口感评分也较高。

2.5 不同砧木嫁接对西瓜田间枯萎病抗性的影响

由表 6 可知,CK 枯萎病发病率最高,显著高于所有嫁接苗;思壮 7 号、京欣砧 4 号、稳健 1 号及绿

壮士嫁接苗枯萎病发病率最低,但与冠军 1 号差异不显著,所有嫁接苗中野壮 1 号嫁接苗枯萎病发病率最高;萌 Z-20003 与勇士发病率均低于野壮 1 号嫁接苗及 CK。病情指数方面,CK 最高,显著高于所有嫁接苗,野壮 1 号嫁接苗病情指数较高,冠军 1 号、萌 Z-20003 较低,思壮 7 号、京欣砧 4 号、稳健 1 号及绿壮士病情指数均为 0。综合抗病性表现,思壮 7 号、京欣砧 4 号、稳健 1 号(南瓜砧)与绿壮士(葫芦砧)嫁接苗抗病性最强,实现了零发病,野生西瓜砧嫁接苗虽有一定发病,但所有嫁接苗均显著优于 CK。

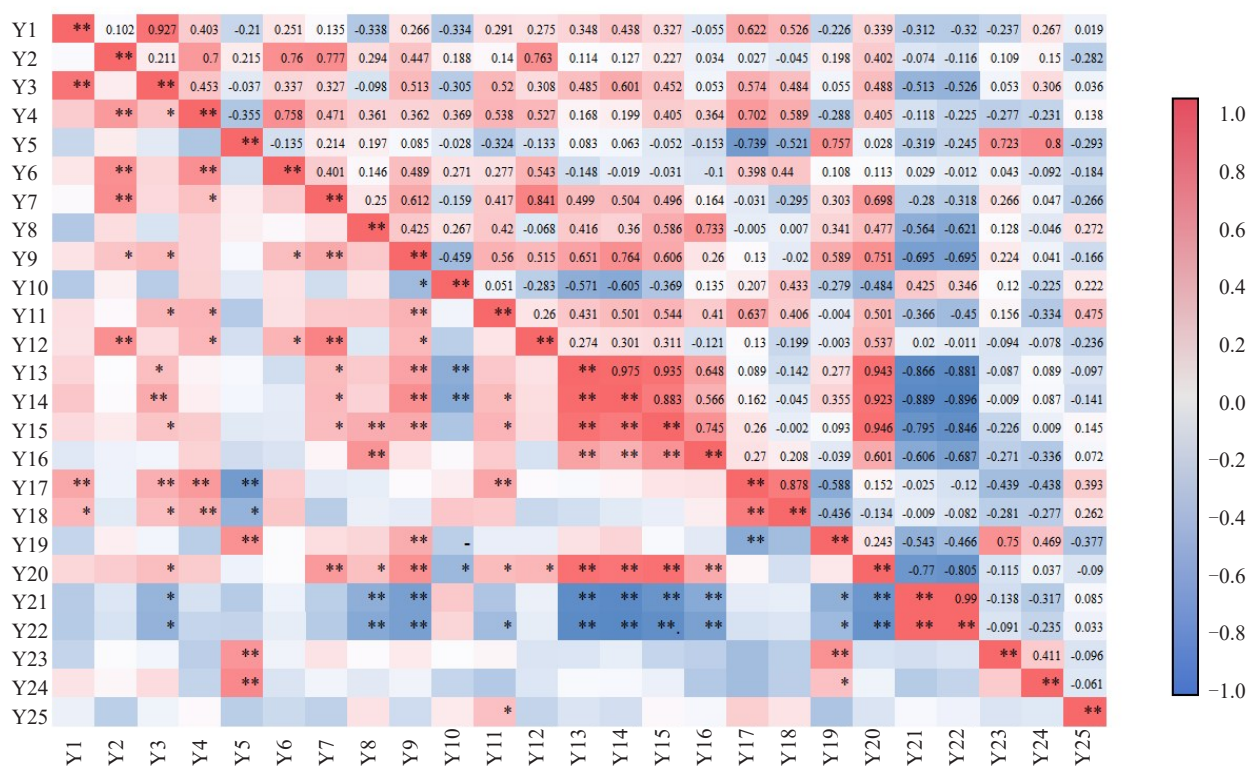
表6 不同砧木嫁接苗枯萎病发病情况比较
Table 6 Comparison of *Fusarium* wilt occurrence of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	发病率 Disease incidence/%	病情指数 Disease index
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	0.00 c	0.00 e
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	0.00 c	0.00 e
稳健 1 号 Wenjian No. 1	0.00 c	0.00 e
绿壮士 Lü Zhuangshi	0.00 c	0.00 e
冠军 1 号 Guan Jun No. 1	9.52 c	4.76 d
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	42.86 b	26.98 b
萌 Z-20003 Meng Z-20003	14.29 bc	10.00 cd
勇士 Yongshi	22.22 bc	12.28 c
自根苗 Own-rooted(CK)	94.44 a	81.48 a

2.6 不同砧木嫁接苗各农艺性状间的相关性分析

由图 1 可知,主蔓长I与叶片数I、中心可溶性固

形物含量均呈极显著正相关,与边部可溶性固形物含量呈显著正相关;主蔓长II与叶片数II、茎粗II、茎粗III、坐果节位均呈极显著正相关,与 SPAD 值II呈显著正相关;叶片数I与果实长、中心可溶性固形物含量均呈极显著正相关,与 SPAD 值II、节间长、单果质量、果实宽、硬度、产量均呈显著正相关,与发病率、病情指数均呈显著负相关;叶片数II与茎粗II、中心可溶性固形物含量、边部可溶性固形物含量均呈极显著正相关,与茎粗III、节间长、坐果节位均呈显著正相关;茎粗I与硬度以及总有机酸、维生素 C 含量均呈极显著正相关,与中心可溶性固形物含量呈极显著负相关,与边部可溶性固形物含量呈显著负相关;茎粗II与 SPAD 值II、坐果节位均呈显著正相关;茎粗III与 SPAD 值II、坐果节位、产量均呈极显著正相关,与单果质量、果实长、果实宽均呈显著



注: Y1. 主蔓长I; Y2. 主蔓长II; Y3. 叶片数I; Y4. 叶片数II; Y5. 茎粗I; Y6. 茎粗II; Y7. 茎粗III; Y8.SPAD 值I; Y9.SPAD 值II; Y10.SPAD 值III; Y11. 节间长; Y12. 坐果节位; Y13. 单果质量; Y14. 果实长; Y15. 果实宽; Y16. 皮厚; Y17. 中心可溶性固形物含量; Y18. 边部可溶性固形物含量; Y19. 果肉硬度; Y20. 产量; Y21. 发病率; Y22. 病情指数; Y23. 总有机酸含量; Y24. 维生素 C 含量; Y25. 总糖含量。*表示在 0.05 水平上显著相关,**表示在 0.01 水平上极显著相关。

Note: Y1. Main vine length I; Y2. Main vine length II; Y3. Total leaf count I; Y4. Total leaf count II; Y5. Stem thickness I; Y6. Stem thickness II; Y7. Stem thickness III; Y8. SPAD value I; Y9. SPAD value II; Y10. SPAD value III; Y11. Internode length; Y12. Fruiting node; Y13. Single fruit mass; Y14. Fruit length; Y15. Fruit width; Y16. Rind thickness; Y17. Center soluble solids content; Y18. Edge soluble solids content; Y19. Flesh firmness; Y20. Yield; Y21. Disease incidence; Y22. Disease index; Y23. Total organic acid content; Y24. Vitamin C content; Y25. Total sugar content. * indicates significant correlation at 0.05 level, and ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

图 1 不同砧木嫁接苗农艺性状相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis of agronomic traits of grafted seedlings with different rootstocks

正相关;SPAD 值I与果实宽、皮厚均呈极显著正相关,与产量呈显著正相关,与发病率、病情指数均呈极显著负相关;SPAD 值II与节间长、单果质量、果实长、果实宽、硬度、产量均呈极显著正相关,与发病率、病情指数均呈极显著负相关;SPAD 值III与单果质量、果实长均呈极显著负相关,与产量呈显著负相关;节间长与中心可溶性固形物含量呈极显著正相关,与果实长、果实宽、产量、总糖含量均呈显著正相关,与病情指数均呈显著负相关;坐果节位与产量呈显著正相关;单果质量与果实长、果实宽、皮厚、产量均呈极显著正相关,与发病率、病情指数均呈极显著负相关;果实长与果实宽、皮厚、产量均呈极显著正相关,与发病率、病情指数均呈极显著负相关;果实宽与皮厚、产量均呈极显著正相关,与发病率、病情指数均呈极显著负相关;皮厚与产量呈极显著正相关,与发病率、病情指数均呈显著负相

关;中心可溶性固形物含量与边部可溶性固形物含量呈极显著正相关,与硬度呈极显著负相关;硬度与总有机酸含量呈极显著正相关,与维生素 C 含量呈显著正相关,与发病率、病情指数均呈显著负相关;产量与发病率、病情指数均呈极显著负相关;发病率与病情指数呈极显著正相关。

2.7 不同砧木嫁接苗主成分分析

由表 7 可知,提取的特征值>1 的 7 个主成分,累计贡献率达 97.533%,可包含不同砧木嫁接苗田间生长及经济性状的绝大部分信息。第 1 主成分的特征值为 8.733,贡献率 34.931%,载荷绝对值较高(>0.500)的性状有产量(0.950)、果实长(0.928)、果实宽(0.906)、单果质量(0.895)、病情指数(-0.881)、发病率(-0.843)、SPAD 值II(0.840)、叶片数I(0.654)、茎粗III(0.651)、节间长(0.630)、皮厚(0.589)、SPAD 值I(0.521)、叶片数II(0.511);第 2 主

表 7 不同砧木嫁接苗主成分分析
Table 7 Principal component analysis of grafted seedlings with different rootstocks

指标 Index	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
主蔓长I Main vine length I	0.454	0.395	0.060	-0.720	0.285	-0.137	0.106
主蔓长II Main vine length II	0.420	0.041	0.818	0.241	-0.095	-0.230	0.172
叶片数I Total leaf count I	0.654	0.261	0.120	-0.540	0.425	0.024	0.046
叶片数II Total leaf count II	0.511	0.672	0.414	0.244	0.066	-0.193	0.120
茎粗I Stem thickness I	0.049	-0.848	0.212	0.096	0.375	-0.169	0.205
茎粗II Stem thickness II	0.279	0.387	0.758	0.136	0.188	-0.109	-0.264
茎粗III Stem thickness III	0.651	-0.136	0.582	0.106	-0.283	0.158	0.169
SPAD 值I SPAD value I	0.521	-0.095	-0.169	0.787	0.125	-0.062	0.088
SPAD 值II SPAD value II	0.840	-0.138	0.240	-0.001	0.021	0.228	-0.314
SPAD 值III SPAD value III	-0.378	0.384	0.189	0.664	0.349	-0.187	0.102
节间长 Internode length	0.630	0.424	-0.045	0.207	0.200	0.566	-0.001
坐果节位 Fruiting node	0.458	0.130	0.691	-0.161	-0.478	0.141	0.145
单果质量 Single fruit mass	0.895	-0.191	-0.316	-0.104	-0.194	-0.034	0.042
果实长 Fruit length	0.928	-0.16	-0.236	-0.180	-0.090	0.033	-0.101
果实宽 Fruit width	0.906	0.031	-0.297	0.079	-0.180	-0.054	0.219
皮厚 Rind thickness	0.589	0.161	-0.489	0.509	-0.124	-0.276	-0.057
中心可溶性固形物含量 Central soluble solids content	0.298	0.920	-0.077	-0.118	0.192	0.065	-0.055
边部可溶性固形物含量 Edge soluble solids conten	0.093	0.806	-0.076	-0.032	0.506	-0.172	-0.220
硬度 Flesh firmness	0.323	-0.792	0.203	0.135	0.291	0.117	-0.312
产量 Yield	0.950	-0.082	-0.049	-0.009	-0.276	-0.017	0.106
发病率 Disease incidence	-0.843	0.314	0.323	0.004	-0.227	0.145	0.101
病情指数 Disease index	-0.881	0.210	0.322	-0.066	-0.212	0.145	0.074
总有机酸含量 Total organic acid content	0.010	-0.586	0.313	0.183	0.523	0.413	-0.078
维生素 C 含量 Vitamin C content	0.083	-0.585	0.155	-0.335	0.488	-0.248	0.440
总糖含量 Total sugar content	-0.047	0.393	-0.368	0.202	0.272	0.466	0.542
特征值 Eigenvalue	8.733	5.140	3.422	2.628	2.166	1.226	1.068
贡献率 Contribution rate/%	34.931	20.561	13.686	10.513	8.665	4.904	4.272
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	34.931	55.492	69.178	79.692	88.357	93.261	97.533

成分的特征值为 5.140,贡献率 20.561%,载荷绝对值较高的性状有中心可溶性固形物含量(0.920)、边部可溶性固形物含量(0.806)、茎粗I(-0.848)、硬度(-0.792)、叶片数II(0.672)、总有机酸含量(-0.586)、维生素 C 含量(-0.585);第 3 主成分的特征值为 3.422,贡献率 13.686%,载荷绝对值较高的性状有主蔓长II(0.818)、茎粗II(0.758)、坐果节位(0.691)、茎粗III(0.582);第 4 主成分的特征值为 2.628,贡献率 10.513%,载荷绝对值较高的性状有 SPAD 值I(0.787)、SPAD 值III(0.664)、主蔓长I(-0.720)、皮厚(0.509)、叶片数I(-0.540);第 5 主成分的特征值为

2.166,贡献率 8.665%,载荷绝对值较高的性状有总有机酸含量(0.523)、边部可溶性固形物含量(0.506);第 6 主成分的特征值为 1.226,贡献率 4.904%,载荷绝对值较高的性状有节间长(0.566);第 7 主成分的特征值为 1.068,贡献率 4.272%,载荷绝对值较高的性状有总糖含量(0.542)。

由表 8 可知,综合表现最好的为野壮 1 号嫁接苗(得分 1.193 8,排名第 1),其次是萌 Z-20003 嫁接苗(得分 1.193 7,排名第 2)和勇士(得分 1.018 4,排名第 3),CK 表现最差(得分-2.663 7,排名第 9)。

表 8 不同砧木嫁接苗主成分得分及排序
Table 8 Principal component score and ranking of grafted seedlings with different rootstocks

砧木 Rootstock	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	得分 Score	排序 Rank
思壮 7 号 Sizhuang No. 7	2.41	-2.87	0.19	0.27	-2.36	1.00	-1.20	0.099 5	5
京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	0.25	-1.98	1.56	1.42	2.91	-0.25	-0.98	0.246 0	4
稳健 1 号 Wenjian No. 1	1.13	-3.10	0.10	-0.24	-0.33	-1.23	2.01	-0.263 5	7
绿壮士 Lüzhuangshi	0.85	-0.01	-2.45	-2.16	1.56	1.64	0.41	-0.033 7	6
冠军 1 号 Guanjun No. 1	-1.36	0.89	-3.73	1.46	-0.37	-1.24	-0.66	-0.790 4	8
野壮 1 号 Yezhuang No. 1	0.39	2.63	0.80	2.78	-0.33	1.30	1.13	1.193 8	1
萌 Z-20003 Meng Z-20003	2.10	2.29	1.45	-1.56	-0.41	-0.51	-0.35	1.193 7	2
勇士 Yongshi	1.52	2.50	0.89	-1.02	-0.05	-0.99	-0.31	1.018 4	3
自根苗 Own-rooted(CK)	-7.30	-0.34	1.19	-0.94	-0.62	0.27	-0.05	-2.663 7	9

3 讨论与结论

嫁接成活率是衡量砧穗亲和性的重要指标^[15]。本研究中,所有供试砧木嫁接成活率均高于 96.00%,其中野生西瓜砧和葫芦砧冠军 1 号均为 100%。孟文慧等^[16]研究指出,野生西瓜砧木的嫁接亲和力最强,南瓜砧和葫芦砧次之,与本研究基本一致。本研究表明,葫芦砧木嫁接苗果实发育期较 CK 更短。林燚等^[17]研究表明,葫芦砧木具有促进西瓜早熟的作用,这一特性对设施西瓜早熟栽培和抢早上市具有重要意义。

西瓜嫁接苗是砧木和接穗的结合体,砧木会改变西瓜自身的养分分配和根系吸水吸肥能力,从而影响西瓜的生长发育^[18-20]。本研究中,不同砧木类型对嫁接苗生长的促进效应存在阶段性差异。伸蔓前期,南瓜砧嫁接苗在茎粗方面优势明显,京欣砧 4 号和稳健 1 号嫁接苗茎粗均显著高于葫芦砧和野生西瓜砧嫁接苗及 CK,表明南瓜砧具有较强的促进前期营养生长的能力,这可能与其发达的根系结构和较强的养分吸收能力有关,与宋宇等^[21]研

究结果一致。伸蔓后期,野生西瓜砧嫁接苗在主蔓长和叶片数方面整体表现优于南瓜砧和葫芦砧,其中萌 Z-20003 主蔓最长,野壮 1 号叶片数最多,表明野生西瓜砧在持续营养生长方面具有较强优势。

砧木嫁接对西瓜产量、品质的影响与砧木的类型和品种有紧密联系^[22-23]。本试验中,所有嫁接苗的单果质量均大于自根苗,其中思壮 7 号单果质量最大,产量最高(较 CK 增产 79.07%),稳健 1 号和萌 Z-20003 次之,自根苗产量最低。宋宇等^[21]研究亦证实,南瓜砧木嫁接苗的增产率达 20.45%~27.98%。李桂芬等^[24]研究进一步表明,嫁接苗比自根苗增产 87.70%~115.70%。品质方面,野生西瓜砧嫁接苗在可溶性固形物含量和口感评分方面整体表现最优,勇士嫁接苗的中心和边部可溶性固形物含量均最高(达 12.16%和 9.08%),野壮 1 号总糖含量最高,口感评分也较高。葫芦砧嫁接苗品质表现次之,冠军 1 号和绿壮士的可溶性固形物及总糖含量较高,口感评分较高。南瓜砧嫁接苗品质表现相对较差,可溶性固形物含量低、果肉硬度大、总有机酸和维生素 C 含量高、口感评分低。大量研究表

明,野生西瓜作为砧木可有效提升果实品质^[25-27]。杨万邦等^[28]研究表明,南瓜砧嫁接可增加西瓜果实中心可溶性固形物含量和维生素C含量,而葫芦砧嫁接后对基因表达和代谢物变化影响最显著但果实品质略差。此外,李桂芬等^[24]研究表明,葫芦砧木可提高秋延后西瓜果实的果糖、蔗糖、番茄红素、维生素C含量及果糖/葡萄糖比值,从而提高风味品质和营养品质;而野生西瓜砧则显著降低了番茄红素、维生素C、瓜氨酸含量及果糖/葡萄糖比值。这与本研究中野生西瓜砧品质表现最优的结果一致,推测与接穗品种、栽培季节及环境条件的互作效应有关,值得进一步研究。

嫁接可以提高蔬菜作物的抗逆性,有效缓解西瓜枯萎病的发生^[5]。本研究中,南瓜砧(思壮7号、京欣砧4号、稳健1号)和葫芦砧绿壮士嫁接苗实现了枯萎病零发病,抗病性最强;冠军1号、萌Z-20003及勇士次之;所有嫁接苗中野壮1号虽发病率最高(14.29%),但病情指数(12.28)仍显著低于自根苗(发病率94.44%,病情指数81.48),表现出一定的抗病性。陈驿等^[8]研究表明白籽南瓜抗枯萎病效果最优,其次为ZTC(野生西瓜种质)。侯晟灿等^[29]研究了不同类型砧木对小果型西瓜枯萎病抗性的影响,发现使用葫芦砧木J6进行嫁接的小果型西瓜在提高抗病性上效果最佳。由此可见,砧木对枯萎病的抗性存在明显基因型差异,南瓜砧整体抗病性最强。

相关性分析表明,多个生长指标与产量及品质性状间存在显著关联。主蔓长I、叶片数I均与中心可溶性固形物含量呈极显著正相关,说明伸蔓前期的营养生长状况对最终品质形成具有重要影响;SPAD值II与产量、单果质量、果实大小等均呈极显著正相关,而与发病率、病情指数均呈极显著负相关,表明开花坐果期较高的叶片光合效能不仅有利于产量形成,还能增强植株的抗病性,这与光合产物积累充足、植株抗逆性增强的生理机制一致。茎粗I与总有机酸、维生素C含量均呈极显著正相关,而与可溶性固形物含量呈极显著或显著负相关,暗示伸蔓前期茎秆过粗可能不利于糖分积累。产量与发病率、病情指数均呈极显著负相关,进一步印证了枯萎病对产量形成的显著制约作用。上述相关性分析结果为西瓜嫁接栽培中的早期性状筛选和综合评价提供了理论依据。

主成分分析将25个农艺性状简化为7个主成分,累计贡献率达97.533%。综合得分显示,野壮1

号、萌Z-20003和勇士野生西瓜砧嫁接苗排名前3,自根苗排名最末,说明野生西瓜砧嫁接苗在本试验条件下综合表现最优,尤其在品质和生长势方面优势突出,但需要注意的是野壮1号在枯萎病抗性方面相对较弱。

综上所述,不同砧木对西瓜嫁接苗的生长发育、产量、品质及抗病性影响各异,各砧木类型均有其优势与不足。野生西瓜砧嫁接苗在品质和综合表现上优势明显,适合在枯萎病发生较轻的地块优先选用;南瓜砧产量高、抗病性强,适合枯萎病高发区域及以产量为主要目标的生产场景;葫芦砧早熟性好、品质较优,适合早熟栽培。实际生产中应根据栽培目标、土壤条件及病害发生风险等因素综合选择适宜的砧穗组合。在本试验条件下,野壮1号在生长势、光合效能、果实总糖含量及口感等方面优势突出,适宜在枯萎病发生较轻的地块优先推广。

参考文献

- [1] 刘文革,徐小利,潘秀清,等.黄河故道地区西瓜甜瓜产业分析和建议[J].中国瓜菜,2022,35(8):1-11.
- [2] 冯汝超,张丽娜,张洁,等.瑞康盾微生物菌剂不同浓度和施用方法对连作小果型西瓜生长及产量的影响[J].浙江农业科学,2025,66(12):2985-2993.
- [3] 攸学松,马超,穆生奇,等.不同类型砧木嫁接对小果型西瓜生长、产量和品质的影响[J].蔬菜,2023(12):20-23.
- [4] 汪炳良.西瓜枯萎病及其发生特点和防控技术[J].新农村,2024(6):21-22.
- [5] 韩金星,洪日新,周林,等.西瓜、黄瓜、甜瓜等瓜类枯萎病研究进展[J].中国瓜菜,2009,22(2):32-35.
- [6] 刘叶琼,赵彬,汤伟华,等.不同嫁接方法对西瓜幼苗生长的影响[J].江苏农业科学,2020,48(19):134-137.
- [7] Loupit G, Brocard L, Ollat N, et al. Grafting in plants: Recent discoveries and new applications[J]. Journal of Experimental Botany, 2023, 74(8): 2433-2447.
- [8] 陈驿,薛宇星,马建祥,等.不同砧木嫁接对西瓜生长、产量、品质及抗枯萎病的影响[J].中国瓜菜,2026,39(1):78-86.
- [9] Huang Y, Zhao L Q, Kong Q S, et al. Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks[J]. Horticultural Plant Journal, 2016, 2(2): 105-113.
- [10] 张保东,江姣,邱孟超,等.不同葫芦砧嫁接砧木对中果型西瓜品质及产量的影响[J].中国瓜菜,2016,29(1):30-33.
- [11] 张玉锦,耿二康,崔梦娇,等.野生西瓜砧木对西瓜生长及枯萎病抗性的影响[J].江苏农业科学,2023,51(12):135-141.
- [12] 张海英,韩涛,王有年,等.桃果实品质评价因子的选择[J].农业工程学报,2006,22(8):235-239.
- [13] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 闫闻,王喜庆,贾云鹤,等.西瓜枯萎病抗性鉴定技术方案[J].中国瓜菜,2020,33(1):76-78.
- [15] 白甜,许文钊,刘欣,等.不同砧木对小果型西瓜苏梦6号的嫁

- 接适宜性评价[J].江西农业学报,2024,36(7):13-19.
- [16] 孟文慧,张显.不同砧木对西瓜植株生长及商品性状的影响[J].西北农业学报,2008,17(6):153-157.
- [17] 林燧,杨瑜斌.设施西瓜连作丰产栽培技术[J].中国农技推广,2006,2(10):32-33.
- [18] 王彦刚,孙德祥,严文倩,等.不同砧木嫁接对西瓜生长及其品质、产量的影响[J].宁夏农林科技,2020,61(2):4-6.
- [19] 刘季扬,谢露露,刘阳,等.不同南瓜砧木嫁接西瓜的亲合力比较[J].中国蔬菜,2023(8):59-68.
- [20] 赵利强.不同种类砧木嫁接对西瓜生长发育和果实品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2014.
- [21] 宋宇,张艺洋,陈聪,等.南瓜砧木嫁接对秋季中果型西瓜生长发育和果实品质的影响[J].中国瓜菜,2025,38(8):145-153.
- [22] 攸学松,朱莉,曾剑波,等.西甜瓜砧木育种研究进展[J].江苏农业科学,2019,47(20):52-56.
- [23] 刘广,羊杏平,徐锦华,等.西瓜砧木育种研究进展[J].江苏农业科学,2018,46(23):23-26.
- [24] 李桂芬,解华云,叶云峰,等.嫁接对秋延后西瓜生长及品质的影响[J].中国瓜菜,2025,38(6):115-119.
- [25] 张春雨.适合小果型西瓜嫁接的砧用南瓜新组合的配制和评价[D].武汉:华中农业大学,2022.
- [26] 陈春秀,王宝驹.不同砧木嫁接对西瓜生长和品质性状的影响[J].上海农业学报,2012,28(3):78-81.
- [27] 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.
- [28] 杨万邦,王晓媛,于蓉,等.嫁接砧木对设施西瓜品质影响的转录组学与代谢组学分析[J].中国瓜菜,2025,38(8):15-25.
- [29] 侯晟灿,于玉红,李军华,等.不同类型砧木对小果型西瓜生长及枯萎病抗性的影响[J].中国瓜菜,2025,38(3):68-73.