

不同砧木嫁接对设施小果型西瓜生长和果实品质的影响

程诗晓¹, 韦章静¹, 张瑞青¹, 张跃星¹, 武岳²,
张勇¹, 马建祥¹, 张显¹, 李好¹

(1. 西北农林科技大学园艺学院 陕西杨凌 712100; 2. 蒲城县设施农业发展中心 陕西蒲城 715500)

摘 要:为筛选适宜设施小果型西瓜嫁接的优良砧木,以小果型西瓜酥小宝 2K-1 为接穗,设置 16 个处理,包括 12 个待评价砧木嫁接组合、2 个当地常用砧木嫁接组合(常规对照),以及未嫁接实生苗(空白对照)和自根嫁接苗(嫁接操作对照)。通过田间试验,系统评价不同砧木对嫁接成活率、植株生长、单瓜质量及果实品质的影响。结果表明,参试砧木均具有较好的嫁接亲和性和嫁接可操作性,其中 2K/J2、2K/J4、2K/S7 等 9 份嫁接苗的成活率达 100%。嫁接苗田间长势稳健,其中 2K/J2、2K/S7、2K/JF 的单瓜质量显著高于实生苗,提升幅度为 32%~36%。采用隶属函数法综合评价果实内在品质,排名前 3 的组合为 2K/T1、2K/J4、2K/J2,均优于当地常用砧木。综上,适宜设施小西瓜酥小宝 2K-1 嫁接栽培的优良砧木为 J2(京欣砧 2 号)、J4(京欣砧 4 号)、T1(野生西瓜 TC),可在当地设施小西瓜生产中推广应用。

关键词:小果型西瓜;砧木;嫁接;品质;生长

中图分类号:S651

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)08-045-09

Effects of different rootstocks grafting on the growth and fruit quality of small-fruited watermelon in facility

Cheng Shixiao¹, Wei Zhangjing¹, Zhang Ruiqing¹, Zhang Yuxing¹, Wu Yue², Zhang Yong¹, Ma Jianxiang¹, Zhang Xian¹, Li Hao¹

(1. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Facility Agriculture Development Center of Pucheng County, Pucheng 715500, Shaanxi, China)

Abstract: This study aimed to select superior rootstocks for grafting mini-watermelon (*Citrullus lanatus* L.) cultivar Suxiaobao 2K-1 under protected cultivation. Field experiments were conducted in spring (March – June) and autumn (July – October) of 2024 in plastic greenhouse at the Watermelon Experiment Station of Northwest A&F University in Pucheng county, Shaanxi province. A total of 16 treatments were arranged in a randomized complete block design with three replications, including 12 experimental rootstock-scion combinations, two local conventional rootstocks (CK), non-grafted seedlings (blank CK), and self-grafted seedlings (grafting CK). Grafting survival rate, plant growth, single fruit mass, and fruit quality parameters were evaluated. Fruit internal quality was comprehensively assessed using the membership function method. The results showed that all rootstocks exhibited high grafting compatibility with survival rates above 90%, and combinations 2K/J2, 2K/J4, and 2K/S7 reached 100%. The single fruit mass of 2K/J2, 2K/S7, and 2K/JF was significantly higher than that of non-grafted control in both seasons, with an increase of 32%–36%. The top three combinations in terms of fruit quality were 2K/T1, 2K/J4, and 2K/J2, all outperforming local conventional rootstocks. In conclusion, J2 (Jingxinzen No. 2), J4 (Jingxinzen No. 4), and T1 (wild watermelon TC) are recommended as excellent rootstocks for grafting Suxiaobao 2K-1 in protected cultivation, supporting local promotion and application.

Key words: Small-fruited watermelon; Rootstock; Grafting; Quality; Growth

收稿日期:2026-01-18;修回日期:2026-03-20

基金项目:国家重点研发计划(2023YFD2300703);国家西甜瓜产业技术体系(CARS-25)

作者简介:程诗晓,女,在读硕士研究生,主要从事西瓜生理生态研究。E-mail:1250423158@qq.com

通信作者:李好,男,教授,主要从事瓜类作物抗逆调控及其机制研究。E-mail:yuanyilihao123@163.com

西瓜(*Citrullus lanatus*)为葫芦科西瓜属重要园艺作物,在我国经济作物中具有非常重要的地位^[1]。陕西省是我国优质西瓜产区,西瓜的种植面积和产量均居国内前列,蒲城县是主栽县区之一^[2]。设施栽培通过人工调控光、温、水、气等环境因子,能够有效突破季节限制,实现反季节生产和周年供应,具有复种指数高、经济效益显著等特点^[3]。近年来,设施栽培技术已成熟应用于我国西瓜生产的多种模式中,如早春促成栽培、秋延后栽培及越冬长季节栽培等,成为保障市场供应和提升产业效益的关键技术^[4]。其中,设施小果型西瓜因果型小巧、品质优良、适合小家庭消费及精品礼品市场,经济效益尤为突出,在我国多地得以广泛推广种植。然而,设施连作障碍、土传病害(如枯萎病、根结线虫病)以及季节性逆境(如低温、弱光)等问题也日益凸显,严重制约了设施小果型西瓜产业的可持续发展。

嫁接技术不仅能提高西瓜的抗病性^[5-6],还能增强其对低温、高温、湿涝、盐害、重金属等胁迫的耐性^[7-8],并改善其生长性能,提高产量与品质^[9]。刘广等^[10]研究表明,嫁接成活率与高产的关键在于砧木的选择。目前西瓜生产上常用的砧木主要包括葫芦、南瓜和野生西瓜等类型^[6]。砧木的选择直接决定了嫁接的成败及其综合效益。目前,生产上对于设施中果型和大果型西瓜的嫁接砧木已有较为明确的选择方案^[11],但针对设施小果型西瓜的专用优良砧木品种仍相对匮乏^[12]。种植户往往沿用中、大果型西瓜的砧木或盲目选择,可能导致嫁接后出现生长不协调、果实品质(如甜度、风味、质地)下降甚至丧失品种特有风味等问题^[13]。

鉴于此,笔者收集了14种砧木(含2种当地常用砧木)与小果型西瓜酥小宝2K-1嫁接,系统评价不同砧木与特定小果型西瓜品种的嫁接亲和性及其对植株生长、产量形成和果实品质的综合影响,旨在筛选出兼具高亲和性、强适应性和优质产出特性的砧木品种,以期为设施小果型西瓜标准化及高品质生产提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料

供试接穗为小果型西瓜品种酥小宝2K-1,参试砧木共14种,均购自相应种业公司或科研单位,具体信息见表1。

1.2 试验设计

试验于2024年3—6月在陕西省蒲城县西北

农林科技大学西瓜试验站塑料大棚内进行。

试验采用随机区组设计,两端设有保护行,共设置16个处理,以2种当地常用砧木嫁接组合(2K/JF、2K/QJ)为常规对照,以未嫁接实生苗2K(空白对照)和自根嫁接苗2K/2K(自根嫁接对照)为处理对照。每个处理分别种植3个小区,作为3次重复,每个小区定植18株。采用宽垄覆膜种植,垄上覆地膜,每垄定植2行,每行定植18株,株距40 cm,垄内行距50 cm。采用膜下滴灌,每行铺设1条滴灌带。嫁接采用断根贴接法:先用30孔穴盘培育接穗苗,待接穗1叶1心时,于对应穴孔对角播种已催芽的砧木种子。当接穗达2叶1心、砧木1叶时进行嫁接。嫁接苗培养至3叶1心后断根,移栽定植。采用吊蔓栽培、双蔓整枝、主蔓留单瓜的种植模式。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 嫁接成活率和生长指标的测定 嫁接后14 d调查嫁接成活率,计算公式为:嫁接成活率/%=嫁接后成活株数/嫁接株数×100。

嫁接前1 d测量每份砧木的下胚轴长(基质表面到子叶节下端的距离,用直尺测量)和下胚轴粗度(子叶节下方1 cm处直径,用游标卡尺测量)。

1.3.2 田间生长势的测定 定植后19和29 d,每处理选取12株代表性植株,测定株高(从嫁接处至生长点)、茎粗(嫁接处至主茎基部)、主蔓叶片数(自第一片真叶起计至完全展开叶),计算各项指标的绝对生长速率^[14]:绝对生长速率/%=(第二次测量数据-第一次测量数据)/10。

1.3.3 单瓜质量的测定 待果实达到商品成熟时,每个处理3个小区共选取授粉时间、节位和大小相近的18个果实,用电子天平测量单瓜质量,取平均值。

1.3.4 果实外观品质的测定 每处理随机选取6个西瓜果实,用直尺测量果实纵径和横径,计算果形指数(纵径/横径)。果皮厚度用游标卡尺测量果实均匀分布的3个部位,取平均值。

1.3.5 果实内在品质的测定 每份材料3次重复,选取授粉时间、节位和大小相近的15个果实,采用数字折光仪(奥柯AK002A,深圳市测有科技有限公司)分别测定果实中心和边缘可溶性固形物(TSS)含量,并计算TSS梯度差(中心-边缘);采用蒽酮比色法测定果实可溶性糖含量;采用3,5-二硝基水杨酸法测定还原糖含量;采用考马斯亮蓝G-250染色法测定可溶性蛋白含量;采用分光光度法测定番茄红素含量^[15](UV-6100紫外可见分光光度计,上海美

表 1 所有材料的编号、名称、类型及来源
Table 1 Number, name, type and source of all materials

编号 No.	名称 Name	类型 Type	嫁接组合 Grafting combination	来源 Source
J2	京欣砧 2 号 Jingxinzhen No. 2	南瓜 Pumpkin	2K/J2	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
J4	京欣砧 4 号 Jingxinzhen No. 4	南瓜 Pumpkin	2K/J4	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
J5	京欣砧 5 号 Jingxinzhen No. 5	南瓜 Pumpkin	2K/J5	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
J9	京欣砧 9 号 Jingxinzhen No. 9	南瓜 Pumpkin	2K/J9	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong (Beijing) Seed Technology Co., Ltd.
S7	思壮 7 号 Strong No. 7	南瓜 Pumpkin	2K/S7	宁波丰登种业科技有限公司 Ningbo Fengdeng Seed Technology Co., Ltd.
S8	思壮 8 号 Strong No. 8	南瓜 Pumpkin	2K/S8	宁波丰登种业科技有限公司 Ningbo Fengdeng Seed Technology Co., Ltd.
S9	思壮 9 号 Strong No. 9	南瓜 Pumpkin	2K/S9	宁波农业科学研究院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
S12	思壮 12 号 Strong No. 12	南瓜 Pumpkin	2K/S12	宁波农业科学研究院 Ningbo Academy of Agricultural Sciences
SZ2	苏砧 21102 Suzhen 21102	南瓜 Pumpkin	2K/SZ2	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
Y1	豫艺稳健一号 Yuyiwenjian No.1	南瓜 Pumpkin	2K/Y1	河南豫艺种业科技发展有限公司 Henan Yuyi Seed Technology Development Co., Ltd.
TC	铜川 TC	野生西瓜 Wild watermelon	2K/T1	西北农林科技大学园艺学院 College of Horticulture, Northwest A&F University
SZ1	苏砧 1 号 Suzhen No. 1	葫芦 Bottle gourd	2K/SZ1	江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences
JF	飓风 Jufeng	南瓜 Pumpkin	2K/JF	昌邑市华信种业有限公司 Changyi Huaxin Seed Co., Ltd.
QJ	旗舰 Qijian	南瓜 Pumpkin	2K/QJ	东方正大种子有限公司 Dongfang Zhengda Seed Co., Ltd.
K1	酥小宝 2K-1 Suxiaobao 2K-1	西瓜 Watermelon	2K/2K	安徽省百思农农业科技有限公司 Anhui Baisinong Agricultural Technology Co., Ltd.
2K	酥小宝 2K-1 Suxiaobao 2K-1	西瓜 Watermelon	2K	安徽省百思农农业科技有限公司 Anhui Baisinong Agricultural Technology Co., Ltd.

谱达仪器有限公司)。

1.4 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2010 整理试验数据和作图,采用 IBM SPSS Statistics 19 进行数据分析,采用 Duncan’s 新复极差法 ($P<0.05$) 检验差异显著性。进行果实品质评价时,鉴于各项指标的计量单位存在差异,数据量纲也不尽相同,为此,采用隶属函数法综合评价果实内在品质^[16-18]。对于正相关指标(可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、还原糖含量、可溶性蛋白含量、番茄红素含量),采用公式(1):

$$Q_i=(Q-Q_{\min})/(Q_{\max}-Q_{\min}); \tag{1}$$

而负相关指标(TSS 梯度差),采用公式(2):

$$Q_i=1-(Q-Q_{\min})/(Q_{\max}-Q_{\min})。 \tag{2}$$

式中, $Q_{\max}$ 为所有处理该指标的最大值; $Q_{\min}$ 为

所有处理该指标的最小值; Q_i 为该指标的隶属函数值,值越大代表果实品质越优。

2 结果与分析

2.1 不同砧木苗期的嫁接性状及其与接穗的嫁接亲和性

由表 2 可知,不同砧木的下胚轴长度存在显著差异。J9、SZ2、QJ 的下胚轴长度显著大于其他处理;不考虑实生苗做砧木自根嫁接的情况下,S9 的下胚轴最短,与 S12、T1、SZ1 差异不显著;J2、J4、J5、S7、S8、Y1、JF 的下胚轴长度介于 J9 与 S9 之间。SZ2 和 J9 的下胚轴粗度显著大于当地常用砧木 QJ、JF;T1 的下胚轴粗度显著小于除 J4 和 SZ1 外的其他砧木。S9 的下胚轴粗度/长度显著高于其他砧木及对照,表明

表 2 不同砧木苗期的嫁接性状
Table 2 Grafting characters of different rootstocks at the seedling stage

砧木编号 Rootstock No.	下胚轴长度 Hypocotyl length/cm	下胚轴粗度 Hypocotyl thickness/mm	下胚轴粗度/下胚轴长度 Hypocotyl thickness/ Hypocotyl length
J2	6.65±0.27 bc	3.84±0.01 b	0.58±0.03 bcde
J4	6.15±0.16 bcd	2.92±0.10 de	0.47±0.01 e
J5	6.72±0.23 bc	3.60±0.06 bc	0.54±0.01 cde
J9	7.73±0.33 a	4.67±0.21 a	0.61±0.05 bcd
S7	6.14±0.22 bcd	3.91±0.15 b	0.64±0.05 bc
S8	6.56±0.23 bc	3.30±0.05 cd	0.51±0.02 de
S9	5.17±0.17 e	3.95±0.09 b	0.76±0.02 a
S12	5.63±0.16 de	3.31±0.06 cd	0.59±0.02 bcde
SZ2	8.39±0.01 a	4.51±0.40 a	0.54±0.05 cde
Y1	5.97±0.25 cd	3.97±0.09 b	0.67±0.02 b
T1	5.37±0.38 de	2.80±0.12 e	0.53±0.06 cde
SZ1	5.92±0.12 cde	3.20±0.02 cde	0.54±0.01 cde
JF	6.85±0.32 b	3.62±0.14 bc	0.53±0.02 cde
QJ	8.16±0.29 a	3.97±0.07 b	0.49±0.01 e
2K	4.07±0.28 f	3.19±0.09 cde	0.79±0.06 a

注：同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平上差异显著。下同。

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

其下胚轴更加短粗矮壮，其次为 Y1。

由图 1 可知，嫁接后 14 d，各组合嫁接成活率均高于 90%。其中，2K/J2、2K/J4、2K/J9、2K/S7、2K/S12、2K/Y1、2K/T1 及当地常用砧木 2K/JF、2K/QJ 的成活率均达 100%，表明试验砧木与接穗具有良

好的嫁接亲和性。

2.2 不同砧木嫁接对小果型西瓜植株生长的影响

如表 3 所示，在相同的栽培环境下，定植 19 d 时，不同砧木嫁接的株高、叶片数和茎粗均无显著差异，定植 29 d 时，2K/2K 的株高最低，显著低于 2K/J2、2K/S9 和 2K/JF，与其他处理差异不显著；各处理的茎粗与叶片数仍无显著差异。从绝对生长速率来看，2K/J2 的株高绝对生长速率最快，平均每天长 7.97 cm；与常规对照相比，2K/SZ1 的叶片数绝对生长速率稍缓慢；2K/J2 和 2K/QJ 的茎粗绝对生长速率最大，2K/J4、2K/J5、2K/J9、2K/S8、2K/S9、2K/S12、2K/SZ2、2K/Y1、2K/T1、2K/SZ1 的茎粗绝对生长速率均低于常规对照。

2.3 不同砧木嫁接对小果型西瓜单瓜质量及果实形态的影响

不同砧木嫁接对单瓜质量影响显著(表 4)。所有砧穗组合及实生苗的单瓜质量均显著大于自根嫁接对照 2K/2K，2K/T1 和实生苗 2K 的单瓜质量无显著差异，2K/J2、2K/J9、2K/S7、2K/S9、2K/SZ2、2K/JF、2K/QJ 的单瓜质量均显著大于 2K/T1 和实生苗 2K，与 2K/J4、2K/J5、2K/S8、2K/S12、2K/Y1 和 2K/SZ1 差异不显著。在果形方面，自根嫁接组合 2K/2K 果实的纵径和横径均最小。与实生苗 2K 相比，嫁接组合 2K/J2、2K/J9、2K/S7、2K/SZ2 和 2K/JF 的果实纵径显著变长。2K/SZ2 果实的横径显著大于实生苗 2K、2K/T1、2K/SZ1 和 2K/2K，与其他组合差异不显著。嫁接后，与实生苗 2K 相比，2K/J2、2K/J5、2K/JF 的果形发生了显著改变，主要由于果

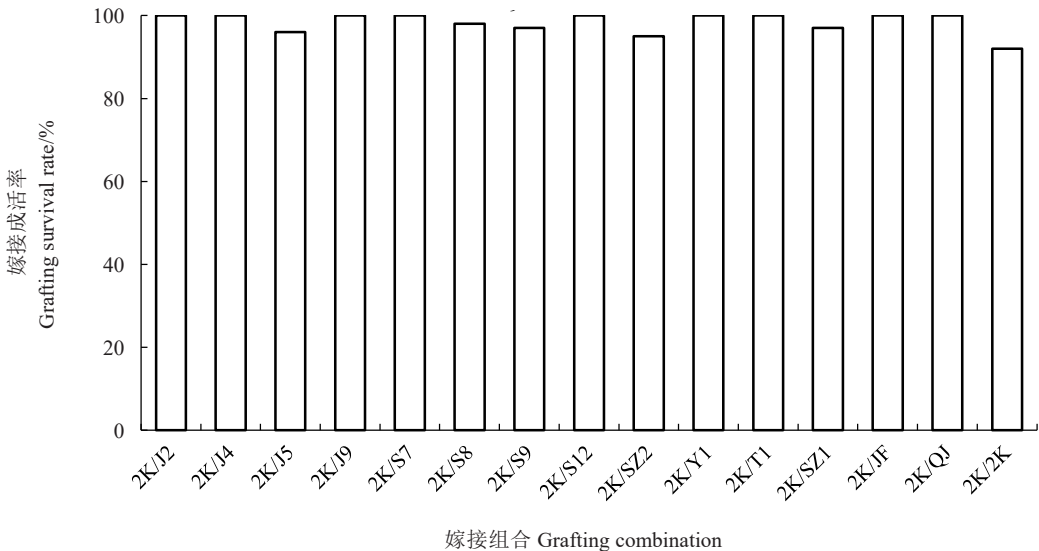


图 1 不同砧木与接穗的嫁接亲和性
Fig. 1 Graft compatibility between different rootstocks and scions

表 3 不同砧木嫁接对小果型西瓜植株生长的影响

Table 3 Effects of grafting with different rootstocks on plant growth of small-fruited watermelon

嫁接组合 Grafting combination	株高 Plant height/cm		绝对生 长率 Growth rate/ (cm·d ⁻¹)	叶片数 Number of leave		绝对生 长率 Growth rate/ (No.·d ⁻¹)	茎粗 Stem thickness/mm		绝对生长率 Growth rate/ (mm·d ⁻¹)
	定植后 19 d After planting for 19 days	定植后 29 d After planting for 29 days		定植后 19 d After planting for 19 days	定植后 29 d After planting for 29 days		定植后 19 d After planting for 19 days	定植后 29 d After planting for 29 days	
2K/J2	82.50±5.02 a	162.22±5.86 a	7.97	12.50±0.50 a	20.56±0.98 a	0.81	5.12±0.20 a	7.08±0.35 a	0.20
2K/J4	81.64±5.64 a	155.00±4.04 ab	7.34	12.50±0.35 a	20.00±0.48 a	0.75	5.44±0.25 a	6.70±0.15 a	0.13
2K/J5	79.11±2.70 a	152.78±4.09 ab	7.37	12.60±0.49 a	19.83±0.82 a	0.72	5.11±0.07 a	6.72±0.29 a	0.16
2K/J9	72.25±5.25 a	147.39±5.20 ab	7.51	11.78±0.56 a	19.90±1.12 a	0.81	5.40±0.30 a	6.76±0.40 a	0.14
2K/S7	71.86±1.36 a	148.77±2.89 ab	7.69	11.50±0.25 a	19.81±0.10 a	0.83	5.41±0.18 a	7.22±0.38 a	0.18
2K/S8	74.94±5.92 a	150.72±7.61 ab	7.58	11.89±0.53 a	19.78±1.04 a	0.79	5.12±0.11 a	6.55±0.35 a	0.14
2K/S9	81.69±4.58 a	159.74±4.11 a	7.81	12.67±0.35 a	20.58±0.49 a	0.79	5.37±0.23 a	7.07±0.50 a	0.17
2K/S12	76.00±3.47 a	154.17±3.28 ab	7.82	12.72±0.11 a	20.67±0.25 a	0.79	5.52±0.20 a	6.84±0.19 a	0.13
2K/SZ2	78.61±4.49 a	157.17±4.44 ab	7.86	12.72±0.43 a	20.89±0.15 a	0.82	5.40±0.05 a	6.76±0.29 a	0.14
2K/Y1	80.36±1.02 a	157.44±4.05 ab	7.71	12.44±0.15 a	19.89±0.55 a	0.74	5.22±0.12 a	6.61±0.32 a	0.14
2K/T1	75.47±4.28 a	146.56±5.47 ab	7.11	12.28±0.59 a	20.67±0.17 a	0.84	5.46±0.19 a	6.91±0.28 a	0.14
2K/SZ1	68.78±8.30 a	135.61±12.00 b	6.68	12.50±0.73 a	19.61±1.28 a	0.71	5.22±0.31 a	6.39±0.21 a	0.12
2K/JF	81.83±8.61 a	159.22±11.30 a	7.74	12.78±0.36 a	20.89±0.82 a	0.81	5.44±0.22 a	7.26±0.17 a	0.18
2K/QJ	70.64±9.51 a	144.17±10.97 ab	7.35	12.33±1.04 a	19.72±0.92 a	0.74	4.87±0.38 a	6.84±0.41 a	0.20
2K/2K	65.44±5.98 a	134.86±8.16 b	6.94	11.31±0.78 a	19.28±1.19 a	0.80	4.98±0.22 a	6.64±0.34 a	0.17
2K	78.53±2.96 a	149.44±3.97 ab	7.09	13.06±0.43 a	21.28±0.70 a	0.82	5.48±0.34 a	6.93±0.32 a	0.15

表 4 不同砧木嫁接对小果型西瓜单瓜质量及果实形态的影响

Table 4 Effects of different rootstocks grafting on single fruit mass and fruit shape of small-fruited watermelon

嫁接组合 Grafting combination	单果质量 Single fruit mass/kg	果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/cm	果实横径 Transverse diameter of fruit/cm	果皮厚度 Thickness of peel/cm	果形指数 Index of fruit shape
2K/J2	1.74±0.09 a	18.30±0.49 a	13.12±0.16 abc	0.40±0.05 bcd	1.39±0.03 a
2K/J4	1.51±0.04 ab	17.00±0.31 ab	12.82±0.11 abc	0.42±0.02 abc	1.33±0.03 abcd
2K/J5	1.54±0.02 ab	17.25±0.08 ab	12.73±0.09 abc	0.40±0.00 bcd	1.36±0.01 abc
2K/J9	1.73±0.10 a	17.42±0.25 a	13.35±0.30 ab	0.41±0.04 bcd	1.31±0.03 abcde
2K/S7	1.78±0.08 a	17.94±0.40 a	13.41±0.15 ab	0.44±0.01 abc	1.34±0.02 abcd
2K/S8	1.58±0.13 ab	16.78±0.82 ab	12.90±0.14 abc	0.41±0.03 abc	1.30±0.05 bcde
2K/S9	1.69±0.05 a	17.38±0.23 ab	13.17±0.19 abc	0.44±0.02 abc	1.32±0.02 abcde
2K/S12	1.56±0.10 ab	17.28±0.41 ab	12.98±0.30 abc	0.42±0.03 abc	1.33±0.00 abcd
2K/SZ2	1.82±0.09 a	17.87±0.53 a	13.57±0.13 a	0.49±0.01 a	1.32±0.04 abcde
2K/Y1	1.51±0.05 ab	17.25±0.39 ab	12.93±0.28 abc	0.39±0.03 bcd	1.33±0.01 abcd
2K/T1	1.32±0.06 b	15.70±0.29 b	12.40±0.17 c	0.39±0.01 bcd	1.27±0.01 cde
2K/SZ1	1.47±0.08 ab	16.25±0.65 b	12.68±0.35 bc	0.38±0.02 bcd	1.28±0.02 cde
2K/JF	1.81±0.13 a	18.35±0.47 a	13.29±0.22 abc	0.41±0.01 bcd	1.38±0.02 ab
2K/QJ	1.70±0.09 a	17.36±0.15 ab	13.20±0.34 abc	0.46±0.02 ab	1.32±0.03 abcde
2K/2K	0.95±0.16 c	14.05±1.15 c	11.33±0.54 d	0.33±0.02 d	1.24±0.05 e
2K	1.33±0.11 b	15.70±0.55 b	12.54±0.47 bc	0.36±0.02 cd	1.25±0.01 de

实纵径的变长。在果皮厚度方面,2K/SZ2 的果皮最厚,为 0.49 cm;自根嫁接苗 2K/2K 的果皮最薄,为 0.33 cm,与实生苗 2K、2K/J2、2K/J5、2K/J9、2K/Y1、2K/T1、2K/SZ1 和 2K/JF 差异不显著。

2.4 不同砧木嫁接对小果型西瓜内在品质的影响

由表 5 可知,2K/J4 的中心可溶性固形物含量最高,为 13.15%,显著高于当地常用组合 2K/QJ、自根嫁接组合 2K/2K 和实生苗 2K,与 2K/J2、2K/J5、

2K/S7、2K/Y1、2K/JF 无显著差异。除 2K/QJ 的边部可溶性固形物含量与实生苗 2K 相比显著降低外,其他组合均差异不显著。TSS 梯度差反映糖分在果实内部分布的均匀性。梯度差越小,说明糖分分布越均匀,口感一致性越好。2K(实生苗)的梯度差最小,为 0.12%,与 2K/S8、2K/S9、2K/S12、2K/T1、2K/SZ1 差异较小,说明这些组合糖分分布较均匀。2K/J4、2K/JF、2K/J2 虽然中心可溶性固形物含量较高,但中边梯度差较大,糖分分布不够均匀。

由图 2-A 可知,在还原糖含量方面,2K/J2、2K/J4 显著高于当地常用组合 2K/QJ 和 2K/JF、自根嫁接组合 2K/2K 和实生苗 2K;2K/J9、2K/J5、2K/S7 的还原糖含量显著低于当地常规组合、自根嫁接组合 2K/2K 和实生苗 2K。由图 2-B 可知,2K/T1 的番茄红素含量最高,与自根嫁接组合 2K/2K 和实生苗 2K 差异不显著。当地常用组合 2K/QJ 和 2K/JF 的番茄红素含量最低,但与 2K/J5、2K/J9、2K/S7、2K/S8、2K/S9、2K/S12、2K/SZ2 差异不显著。由图 2-C~D 可知,2K/J2 和 2K/J4 的可溶性蛋白含量显著高于其他组合,2K/T1 的可溶性糖含量最高,与自根嫁接组合 2K/2K 和实生苗 2K 无显著差异。当地常用组合 2K/QJ 和 2K/JF 的可溶性糖含量最低,与 2K/J5、2K/J9、2K/S7、2K/S8、2K/S9、2K/S12、2K/SZ2

表 5 不同砧木嫁接对小果型西瓜可溶性固形物含量的影响

Table 5 Effects of grafting with different rootstocks on soluble solids content of small-fruited watermelon %			
嫁接组合 Grafting combination	w(可溶性固形物) Soluble solids content		梯度差 Ggradient difference
	中心 Center	边部 Edge	
2K/J2	12.74±0.30 ab	12.08±0.24 ab	0.66
2K/J4	13.15±0.28 a	12.39±0.10 a	0.76
2K/J5	12.57±0.18 ab	12.12±0.15 ab	0.45
2K/J9	12.27±0.12 bc	11.74±0.18 bc	0.53
2K/S7	12.43±0.25 abc	11.87±0.19 abc	0.56
2K/S8	12.36±0.33 bc	11.94±0.31 ab	0.42
2K/S9	12.02±0.24 bc	11.60±0.20 bc	0.42
2K/S12	12.06±0.11 bc	11.67±0.21 bc	0.39
2K/SZ2	12.30±0.05 bc	11.82±0.07 abc	0.48
2K/Y1	12.48±0.17 abc	11.90±0.08 abc	0.58
2K/T1	12.37±0.19 bc	12.15±0.12 ab	0.22
2K/SZ1	12.25±0.21 bc	11.92±0.18 bc	0.33
2K/JF	12.53±0.16 abc	11.81±0.07 abc	0.72
2K/QJ	11.76±0.22 c	11.30±0.20 c	0.46
2K/2K	12.38±0.37 bc	11.87±0.31 abc	0.51
2K	12.18±0.18 bc	12.06±0.14 ab	0.12

差异不显著。
2.5 不同砧木嫁接小果型西瓜的果实内在品质综合评价

笔者通过隶属函数排名对不同处理的果实内在品质进行综合评价,隶属函数值越大,代表果实品质越优。由表 6 可知,综合品质排名前 3 的组合依次为 2K/T1(5.18)、2K/J4(5.05)、2K/J2(4.74),均优于当地常用砧木 2K/JF(2.00,排名第 14)和 2K/QJ(1.57,排名第 16)。实生苗 2K 的综合隶属函数值为 4.45,排名第 4;自根嫁接苗 2K/2K 为 3.97,排名第 5。

3 讨论与结论

在本研究中,12 个待评价砧木及 2 个当地常用砧木的嫁接成活率在 95%~100%之间,表明参试砧木与接穗之间具有非常高的嫁接亲和性。砧木的嫁接可操作性也是评价适合小果型西瓜嫁接砧木的重要指标^[19],砧木在弱光条件下应不易徒长、具有短而粗的下胚轴、砧木不易空心、能够适应不同的嫁接方法。就下胚轴长度而言,砧木的下胚轴长度应在 4.0~9.0 cm,且下胚轴长度在 4.0~6.0 cm 更适合留根嫁接,6.1~9.0 cm 更适合断根嫁接。下胚轴粗度应大于 2.6 mm^[20-21]。本研究中不同砧木的下胚轴长度均在 5.0 cm 以上,其中 J2、J4、J5、J9、S7、S8、SZ2、JF、QJ 的下胚轴长度大于 6 cm,更适合当地常用的断根嫁接。所有砧木的下胚轴粗度均大于 2.6 mm,表明可操作性强。下胚轴粗度/下胚轴长度一定程度上可以反映出砧木下胚轴的矮壮程度,本试验发现,S9、Y1 的下胚轴粗度/下胚轴长度明显高于对照,下胚轴更加短粗矮壮。由于实生苗的下胚轴长度最小,自根嫁接后,贴近地面,浇水后伤口易沾水和基质,造成感染,降低了总体的嫁接成活率,因此自根嫁接苗的成活率仅为 92%。

张春雨^[19]研究表明,理想的嫁接砧木应使接穗保持稳健的生长势,避免因砧木根系过旺导致营养生长与生殖生长失衡,或长势过弱而无法发挥嫁接优势。本试验中,所有砧木嫁接组合均未出现严重徒长或生长迟缓现象,也未观察到裂瓜等生理失调,表明参试砧木在调节接穗生长方面总体表现协调。值得关注的是,定植后期,2K/J2、2K/S9、2K/JF 等组合的株高明显高于自根嫁接对照,这可能是由于这些砧木根系更为发达,增强了水分和矿质营养的吸收与运输能力,从而促进了地上部的生长,这与李桂芬等^[16]、杨冬艳等^[22]、任慧转等^[23]、杨万邦等^[9]

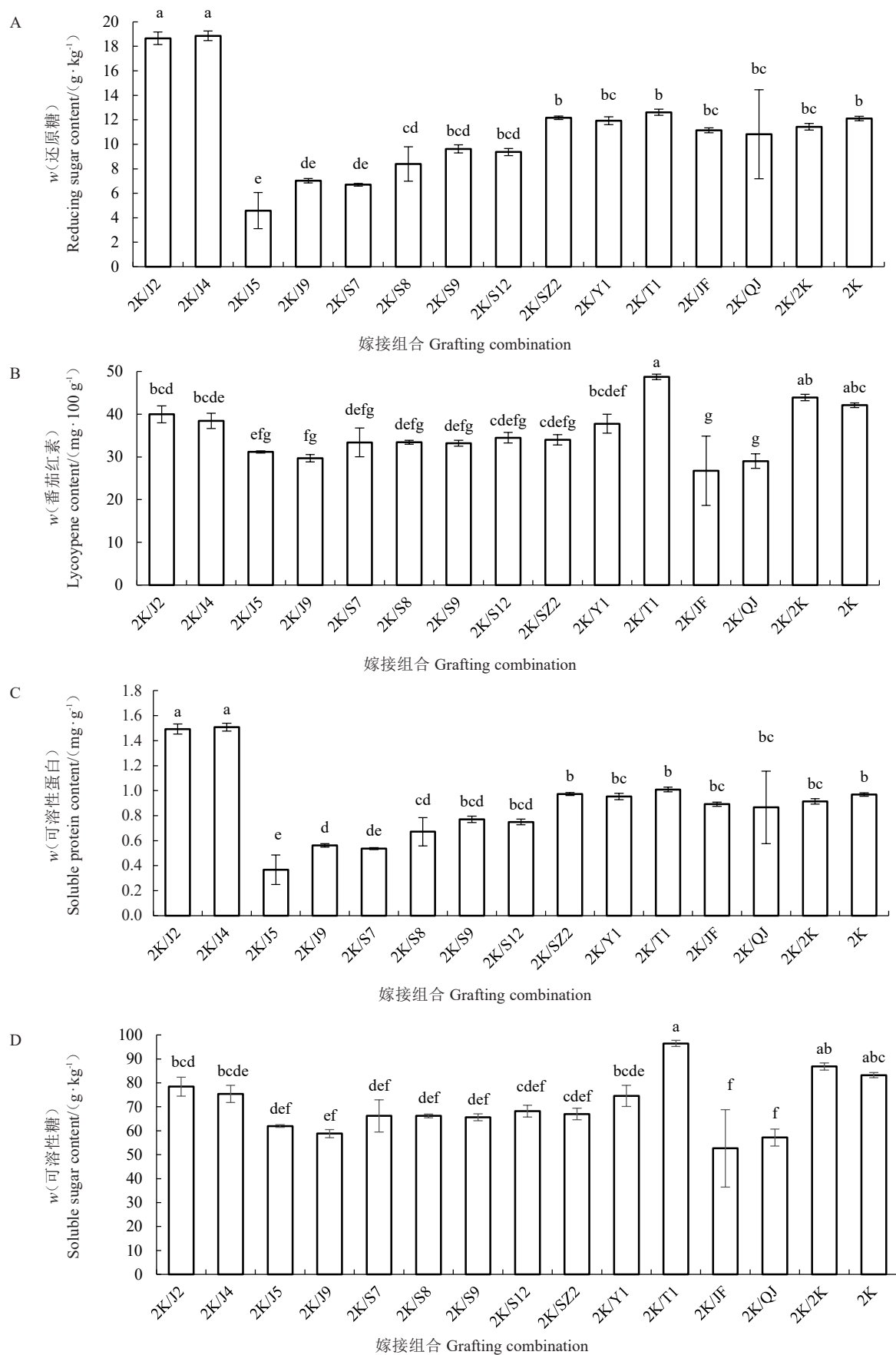


图2 不同砧木嫁接对小果型西瓜内在品质的影响

Fig. 2 Effects of different rootstocks grafting on the intrinsic quality of small-fruited watermelon

表 6 不同砧木嫁接小果型西瓜的果实内在品质综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation of fruit intrinsic quality of small-fruited watermelon grafted on different rootstocks									
嫁接组合 Grafting combination	还原糖含量 Reducing sugar content	番茄红素 含量 Lycopene content	可溶性蛋白含量 Soluble protein content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	中心可溶性 固形物含量 Center soluble solids content	边部可溶性 固形物含量 Edge soluble solids content	梯度差 Gradient difference	隶属函数值 Subordinate function value	排名 Rank
2K/J2	0.99	0.60	0.99	0.59	0.71	0.72	0.16	4.74	3
2K/J4	1.00	0.53	1.00	0.52	1.00	1.00	0.00	5.05	2
2K/J5	0.00	0.20	0.00	0.21	0.58	0.75	0.49	2.24	11
2K/J9	0.17	0.13	0.17	0.14	0.37	0.41	0.44	1.83	15
2K/S7	0.15	0.30	0.15	0.31	0.48	0.52	0.30	2.21	13
2K/S8	0.27	0.30	0.27	0.31	0.43	0.59	0.53	2.70	9
2K/S9	0.35	0.29	0.35	0.30	0.19	0.28	0.52	2.28	12
2K/S12	0.33	0.35	0.33	0.35	0.21	0.34	0.57	2.50	10
2K/SZ2	0.53	0.33	0.53	0.33	0.39	0.48	0.44	3.03	8
2K/Y1	0.51	0.50	0.51	0.50	0.52	0.55	0.29	3.39	7
2K/T1	0.56	1.00	0.56	1.00	0.44	0.78	0.84	5.18	1
2K/SZ1	0.54	0.43	0.49	0.45	0.35	0.57	0.75	3.59	6
2K/JF	0.46	0.00	0.46	0.00	0.56	0.47	0.05	2.00	14
2K/QJ	0.44	0.10	0.44	0.10	0.00	0.00	0.49	1.57	16
2K/2K	0.48	0.78	0.48	0.78	0.45	0.52	0.48	3.97	5
2K	0.53	0.70	0.53	0.70	0.30	0.70	1.00	4.45	4

的研究结果相似。

在单瓜质量方面,砧木嫁接的单瓜质量有所提高,这与李帅等^[24]、李桂芬等^[16]、陈驿等^[25]、赵利强^[26]的研究结果一致,其中具有增产潜力的砧木有 J2、J9、S9、SZ2、JF、QJ、S7、S12。嫁接后的果实性状是筛选优良砧木的重要指标,优良砧木应当在保持果实本身品质的基础上对接穗品质改善或提高^[27]。砧木影响果实品质的机制复杂,可能涉及水分运输、矿物质元素(如钾、钙等)选择性吸收与转运、内源激素平衡以及糖代谢相关酶活性调节等多个方面^[28]。在外观品质方面,本研究结果表明,与实生苗(2K)和自根嫁接苗(2K/2K)相比,部分参加试验的砧木(J2、J5、JF)嫁接后显著改变了西瓜的果形指数,部分砧木(SZ2、QJ)嫁接后显著改变了西瓜的果皮厚度,这与侯晟灿等^[9]的研究结果一致。在内在品质方面,2K/J4 和 2K/J2 在保持较高产量的同时,其中心可溶性固形物、还原糖及可溶性蛋白含量均表现优异。另一方面,2K/T1(野生西瓜砧)虽然产量不占优,但其果实番茄红素和可溶性糖含量突出,表明同种砧木可能在最大限度保持接穗原有风味物质合成途径上具有独特优势,这为追求特定品质性状(如高番茄红素)的专用化砧木选育提供了思路。

综上所述,对于陕西渭南及类似生态区设施小果型西瓜酥小宝 2K-1 的生产,筛选出 3 个砧木品

种:J2、J4、T1。其中,J2(京欣砧 2 号)与接穗嫁接亲和性极强,成活率达 100%;植株生长势稳健,定植后株高和茎粗的绝对生长速率均处于较高水平,单瓜质量显著高于实生苗,增产潜力突出,果实内在品质优良,还原糖和可溶性蛋白含量位居前列,隶属函数综合排名第 3,兼顾了高产与优质的双重目标;J4(京欣砧 4 号)砧木嫁接成活率同样达 100%,与接穗亲和性良好,虽然单瓜质量略低于 J2,但其果实内在品质表现优异,中心可溶性固形物含量达 13.15%,为所有处理中最高,可溶性蛋白含量也名列前茅,隶属函数综合排名第 2,尤其适合对品质要求较高的精品西瓜生产;T1(野生西瓜 TC)砧木嫁接成活率为 100%,与接穗亲和性良好;虽单瓜质量与实生苗无显著差异,产量优势不明显,但其果实番茄红素和可溶性糖含量均为所有处理中最高,隶属函数综合排名第 1,表现出优异的品质特性。

参考文献

[1] 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.

[2] 马建祥,张显,张勇.陕西省西瓜产业现状及发展对策[J].中国瓜菜,2014,27(增刊 1):165-166.

[3] 别之龙,戴照义,杨小锋.湖北省和海南省设施西瓜甜瓜主产区调研报告[J].中国瓜菜,2019,32(1):37-41.

[4] 王庆峰,褚长彬,赵峥,等.淹水条件下添加油菜秸秆及菌剂对设施西瓜土壤及其微生物的影响[J].农业环境科学学报,2022,41(9):2023-2032.

- [5] 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.
- [6] 陈亮,陈年来,孙小妹,等.西瓜嫁接砧木资源及其杂交组合枯萎病抗性鉴定[J].北方园艺,2019(15):15-22.
- [7] Ge A H, Liang Z H, Xiao J L, et al. Microbial assembly and association network in watermelon rhizosphere after soil fumigation for *Fusarium* wilt control[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2021, 312: 107336.
- [8] Davis A R, Perkins- Veazie P, Hassell R, et al. Grafting effects on vegetable quality[J]. HortScience, 2008, 43(6): 1670-1672.
- [9] 杨万邦,王晓媛,杜慧莹,等.不同嫁接砧木对旱砂田西瓜生长及品质和产量的影响[J].寒旱农业科学,2022,1(11):119-123.
- [10] 刘广,羊杏平,徐锦华,等.西瓜甜瓜嫁接砧木品种引进筛选初报[J].中国瓜菜,2012,25(5):36-39.
- [11] 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.
- [12] 江姣,贾文红,靳凯业,等.小果型西瓜“京美 2K”早春绿色高效设施栽培技术[J].北方园艺,2024(7):154-157.
- [13] 林道源,韩晓燕,黄庆文,等.不同西瓜嫁接砧木的筛选与研究[J].热带农业科学,2016,36(10):10-14.
- [14] 祝菊红,葛米红,施先锋,等.实生和蔓生接穗对西瓜嫁接苗生长及产量的影响[J].中国蔬菜,2026(3):156-163.
- [15] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [16] 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.
- [17] 林昕原,别之龙,黄远,等.广西地区不同砧木嫁接对西瓜生长和果实品质的影响[J].中国瓜菜,2025,38(1):102-108.
- [18] 王鹏,李芳弟,郭天顺,等.基于主成分分析、相关性分析和隶属函数法对 22 个马铃薯品种的综合评价[J].中国瓜菜,2023,36(7):78-87.
- [19] 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.
- [20] 梁欢,王希波,葛米红,等.砧木和接穗苗龄对顶插接法西瓜嫁接苗生长发育的影响[J].中国蔬菜,2018(3):55-58.
- [21] 王朋成,严从生,江海坤,等.瓜类蔬菜南瓜砧木“双断根贴接法”应用效果及关键技术[J].安徽农学通报,2014,20(23):53.
- [22] 杨冬艳,冯海萍,曲继松,等.不同类型砧木嫁接对西瓜苗期若干性状的影响[J].中国瓜菜,2014,27(增刊 1):69-71.
- [23] 任慧转,周海姣,尧甜,等.不同砧木对西瓜断根嫁接苗生长发育的影响[J].中国瓜菜,2024,37(7):107-110.
- [24] 李帅,宋宇,张春雨,等.不同南瓜砧木对小果型西瓜生长和果实品质的影响[J].中国瓜菜,2024,37(8):82-91.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 李帅.适合小果型西瓜嫁接的多抗南瓜砧木组合配制与评价[D].武汉:华中农业大学,2024.
- [28] Fallik E, Ziv C. How rootstock/scion combinations affect watermelon fruit quality after harvest? [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(8):3275-3282.