

不同南瓜砧木对压砂西瓜果实产量和品质的影响

宋 宇¹, 陈 聪¹, 别之龙¹, 周玉忠², 王忠全², 郭 松³, 徐 叶³, 于 蓉³

(1. 华中农业大学园艺林学学院 武汉 430070; 2. 青岛金妈妈农业科技有限公司 山东青岛 266611;
3. 宁夏农林科学院园艺研究所 银川 750002)

摘 要: 为了满足宁夏压砂地西瓜连作障碍防控和高品质西瓜生产需求, 在现有压砂地嫁接西瓜生产技术的基础上, 针对砧木品种繁多而质量不稳定的问题, 引进 12 个新优南瓜砧木品种(系), 以当地主栽南瓜砧木品种金城雪峰为对照, 金城 5 号西瓜品种为接穗, 研究不同南瓜砧木对压砂西瓜的嫁接成活率、种苗质量、田间生长、产量和品质等指标的影响, 并对 20 项重要指标进行主成分和隶属函数分析。结果表明, Z4、Z6、Z9、Z11 等 4 份优异南瓜砧木, 在压砂地栽培模式下与金城 5 号西瓜嫁接亲和性高、田间抗性好、对西瓜品质影响小且可实现产量提升, 增产率分别为 18.72%、23.43%、30.36%、29.65%, 推荐在压砂地应用。

关键词: 西瓜; 砂田; 南瓜砧木; 产量; 品质

中图分类号: S651+S642.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)03-074-08

Effects of different pumpkin rootstocks on the yield and quality of water-melon in gravel-mulched field

SONG Yu¹, CHEN Cong¹, BIE Zhilong¹, ZHOU Yuzhong², WANG Zhongquan², GUO Song³, XU Ye³, YU Rong³

(1. College of Horticulture & Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China; 2. Qingdao Golden Mama Agricultural Science & Technology Co., Ltd., Qingdao 266611, Shandong, China; 3. Institute of Horticulture, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry, Yinchuan 750002, Ningxia, China)

Abstract: In order to meet the requirements of continuous cropping and high quality of watermelon production in gravel-mulched field, based on the existing watermelon grafting production technology in Ningxia, 12 new pumpkin rootstock varieties were introduced, and the local pumpkin rootstock Jincheng Xuefeng was the control, watermelon Jincheng 5 was the scion. The effects of different pumpkin rootstocks on grafting survival rate, seedling quality, field growth, yield and quality of watermelon were investigated, and 20 important indicators were analyzed by principal component and membership function, and four excellent pumpkin rootstocks Z4, Z6, Z9 and Z11 were selected. Under the cultivation mode of gravel-mulched field, Z4, Z6, Z9 and Z11 pumpkin rootstocks have high graft compatibility, high resistance in the field, but little influence on watermelon quality, increasing yield by 18.72%, 23.43%, 30.36%, 29.65%, respectively, the above four pumpkin rootstocks can be recommended as appropriate rootstock for watermelon cultivation in gravel-mulched field.

Key words: Watermelon; Gravel-mulched field; Pumpkin rootstock; Yield; Quality

西瓜是我国重要的经济作物, 在我国果蔬生产和消费中占据重要地位^[1]。截至 2022 年, 我国西瓜产量为 6 038.61 万 t, 占全球西瓜产量的 60.41%, 是全球最大的西瓜生产国和消费国^[2]。宁夏中部环香山地区地处干旱带, 光热资源丰富, 日照时间长, 昼夜温差大, 适宜西瓜和甜瓜栽培, 形成了一种采用砂石覆盖, 具有蓄水保墒能力的砂田旱作栽培形

式^[3-4], 目前环香山地区是压砂瓜种植的核心区, 生产的西瓜因甘甜爽口和绿色环保而受到广大消费者青睐^[5], 2023 年以来压砂地种植面积 30 000 hm² 以上。作为一种独特的栽培模式, 宁夏的压砂西瓜在中国的西瓜产业中具有独特的地位和重要意义。

然而, 受气候和灌水条件限制, 压砂地连年单一种植西瓜, 连作障碍问题日益严重, 导致压砂瓜

收稿日期: 2024-09-29; 修回日期: 2024-11-24

基金项目: 国家西瓜产业技术体系(CARS-25); 青岛市创新创业共同体项目(22-7-5-gtt-6-gx)

作者简介: 宋 宇, 男, 在读硕士研究生, 主要从事砧木遗传育种研究。E-mail: songy0911@163.com

通信作者: 于 蓉, 女, 副研究员, 主要从事西瓜甜瓜育种与栽培技术研究。E-mail: yyrhhy@163.com

产量和品质下降,经济效益降低^[6-7]。采用抗性更强的南瓜、瓠瓜和野生西瓜作为砧木进行嫁接栽培是克服连作障碍、提高产量的有效措施^[8-10],近年来压砂地嫁接西瓜栽培发展迅速,已占总面积的90%以上,但是主栽砧木品种不明确、稳定性不足,砧木选用不当对西瓜的长势、品质及产量均产生较大影响^[11-12]。因此,针对压砂地特殊的栽培环境,亟待筛选和推广适宜压砂西瓜生产的优良南瓜砧木。笔者选用13个南瓜砧木品种(系)为试验材料,以金城5号作为接穗,研究不同砧木嫁接对压砂西瓜成活率、生长、产量及品质的影响,以期筛选出亲和性好、在压砂地田间抗性强、对西瓜品质无

负面影响并能够提高产量的南瓜砧木品种。

1 材料与方法

1.1 材料

供试接穗西瓜品种为试验地主栽压砂西瓜品种金城5号,由中卫市金城种业有限责任公司提供。以试验地主栽南瓜砧木品种金城雪峰为对照(CK)。参试南瓜砧木品种(系)一共12个,全部为白籽南瓜,其中7个来自华中农业大学园艺林学学院设施园艺课题组,4个来自青岛金妈妈种业科技有限公司,1个来自合肥丰乐种业股份有限公司。南瓜砧木具体信息见表1。

表1 南瓜砧木的编号、名称和来源

Table 1 Pumpkin rootstock number, name and source

来源 Source	编号 Number	砧木品种(系) Rootstock variety (line)	千粒重 Thousand seeds mass/g
华中农业大学园艺林学学院设施园艺课题组 Protected Horticulture Team, College of Horticulture & Forestry, Huazhong Agricultural University	Z1	PTYB74Y16	206
	Z2	PTYB298Y16	195
	Z3	PTYB816Z5	154
	Z4	PTYB96Z5	167
	Z5	PTYB47Z5	199
	Z6	PTYB168Z5	197
	Z7	PTYB168Y7	219
青岛金妈妈农业科技有限公司 Qingdao Golden Mama Agricultural Science & Technology Co., Ltd.	Z8	RTWM22678	190
	Z9	RTWM9D62	190
	Z10	RTWM229D04	195
	Z11	RTWM9415	185
合肥丰乐种业股份有限公司 Hefei Fengle Seed Industry Co., Ltd.	Z12	丰乐金甲 Fengle Jinjia	193
中卫市金城种业有限公司 Zhongwei Jincheng Seed Industry Co., Ltd.	CK	金城雪峰 Jincheng Xuefeng	196

1.2 试验设计

西瓜接穗于2024年3月7日播种,砧木于3月12日播种,育苗选择50孔标准穴盘,每个处理播种5盘,共13个处理,嫁接于3月25日在中卫市沙坡头区中卫市金城种业有限责任公司育苗基地进行。以单子叶贴接法进行嫁接,每个处理嫁接4盘,嫁接愈合后常规管理,4月15日定植于中卫香山乡磙子井村压砂地试验基地,栽培密度为300株·667 m²。试验采取随机区组设计,每小区30株,小区面积为66.7 m²,3次重复。压砂瓜放苗出膜后顺风向整理瓜蔓,留5条蔓,每隔5~6片叶用石块压蔓。第二雌花后留瓜,自然授粉,瓜长至拳头大小选瓜,每株留1果。其他管理与压砂西瓜常规生产相同^[13]。

1.3 项目测定

1.3.1 南瓜砧木和嫁接苗生长指标调查 砧木1

叶1心期,每个处理随机选取5株幼苗,测定下胚轴高度、下胚轴粗度、地上部和地下部干鲜质量。壮苗指数=(下胚轴粗度/高度+根部干质量/地上部干质量)×全株干质量。嫁接后14 d,统计嫁接成活率(嫁接成活率/%=嫁接成活数/嫁接总株数×100)。嫁接苗3叶1心时,同样每个处理随机选取5株嫁接苗调查种苗株高、砧木粗度、接穗茎粗、主根长度、地上部和根系干鲜质量;根冠比=根系干质量/地上部干质量;嫁接苗壮苗指数=(接穗茎粗/接穗高度+根系干质量/地上部干质量)×全株干质量。

1.3.2 田间生长和果实调查 在伸蔓期(定植后32 d)、开花期(定植后56 d)和采收期(定植后103 d),连续调查9株的蔓长、茎粗(嫁接口上方1.5~2.0 cm处直径)、第一朵雌花开放时间、坐果节位和叶片叶绿素相对含量(SPAD-502Plus,日

本),调查小区嫁接苗成活率、商品瓜数、坐果距离(瓜蔓从坐果节位到茎秆基部的长度)。

1.3.3 果实产量和品质指标调查 每个处理随机选取 9 个成熟一致的西瓜调查单瓜质量、果实形状、品质相关指标,用 GY-1 型硬度仪测定果实硬度、果肉硬度;用手持折光仪(PAL-1, Atago, 日本)测定中心和边部可溶性固形物含量^[14]。参考李帅等^[15]、张琳玲等^[16]对西瓜的品鉴评分标准,组织 6 人主要针对甜度、质地、多汁程度、酸度、异味或苦味和整体喜好度进行感官评价,评定结果应用综合得分法进行分析。

1.4 数据分析

使用 Excel 2016 软件进行数据处理及图表制作,使用 DPS 7.05 对数据进行统计分析,采用新复极差法进行多重比较,显著水平为 $p<0.05$ 。采用基于主成分分析(PCA)的隶属函数方法进行综合评价^[17]。

2 结果与分析

2.1 南瓜砧木嫁接前的生长指标分析

南瓜砧木苗在嫁接前的生长指标是判断其是否具备砧用南瓜嫁接可操作性以及压砂地种植适宜性的基础。由于压砂地定植后要在土层上覆盖一层砂石,为了避免砂石将嫁接口掩埋,以采用单子叶贴接的嫁接方法、砧木下胚轴长度 5.0 cm 以上为宜。由表 2 可知,除 Z1、Z3、Z5 和 Z8 外,其余参试砧木的下胚轴长度均在 5.0 cm 以上。从下胚轴粗度来看,最大的是 Z4,Z1、Z2、Z5、Z7、CK 均与 Z4 无显著差异。CK 的地上部干质量和全株干质量均最大,其次是 Z2;在根系干质量方面,最大的是 Z5,其次是 Z1 和 Z6。计算壮苗指数得知,Z5 的壮苗指数最大,显著大于除 Z1 和 CK 外的其余处理。综合来看,Z3 南瓜砧木在嫁接前的各生长指标均最小。

表 2 不同南瓜砧木嫁接前的生长指标
Table 2 Growth indexes of different pumpkin rootstocks before grafting

编号 Number	下胚轴长度 Hypocotyl length/cm	下胚轴粗度 Hypocotyl diameter/mm	地上部干质量 Shoot dry mass/g	根系干质量 Root dry mass/g	全株干质量 Dry mass of whole plant/g	壮苗指数 Strong seedling index
Z1	4.88 de	4.55 abc	0.168 cd	0.047 ab	0.215 cd	0.262 abc
Z2	6.08 ab	4.60 ab	0.201 ab	0.043 bc	0.244 ab	0.240 bcd
Z3	4.50 e	3.46 e	0.121 e	0.031 d	0.152 e	0.158 g
Z4	6.44 a	4.80 a	0.188 bc	0.044 bc	0.232 abc	0.228 bcde
Z5	4.92 de	4.55 abc	0.192 bc	0.051 a	0.243 ab	0.292 a
Z6	5.14 cde	3.97 d	0.182 bc	0.047 ab	0.228 abc	0.235 bcd
Z7	6.74 a	4.64 a	0.175 cd	0.042 bc	0.216 bcd	0.201 def
Z8	4.56 e	3.98 d	0.175 cd	0.037 cd	0.212 cd	0.232 bcd
Z9	5.54 bcd	4.21 bcd	0.173 cd	0.046 ab	0.219 bcd	0.224 cdef
Z10	5.68 bc	4.19 cd	0.172 cd	0.045 ab	0.217 bcd	0.217 def
Z11	6.30 ab	4.08 d	0.178 c	0.040 bc	0.218 bcd	0.191 efg
Z12	6.10 ab	4.17 cd	0.154 d	0.042 bc	0.196 d	0.189 fg
CK	5.62 bcd	4.71 a	0.214 a	0.041 bc	0.255 a	0.264 ab

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.

2.2 不同南瓜砧木对压砂西瓜亲和性、种苗质量和田间抗逆性的影响

由表 3 可知,不同南瓜砧木对西瓜嫁接苗种苗形态的影响不同。Z1、Z3、Z5、Z8 和 Z9 的嫁接苗株高均显著低于 CK,其余处理与 CK 无显著差异;嫁接苗嫁接口至基质的下胚轴高度差异较大,高度为 4.48~6.54 cm,但与 CK 均无显著差异;砧木茎粗和接穗茎粗不完全同步,砧木茎粗差异不大,除 Z1 的砧木茎粗显著小于 CK 外,其余处理的砧木茎粗均

与 CK 无显著差异;接穗茎粗以 Z12 最小,以 Z7 最大,Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z7 与 CK 无显著差异。在嫁接苗根长方面,Z3、Z5 和 Z11 均显著大于 Z4,但均与 CK 无显著差异。结合表 2 可以看出,不同南瓜砧木嫁接对接穗生物质量的影响不同。在根冠比方面,Z1、Z9、Z10 和 Z12 均显著大于 CK。培育壮苗是西瓜高产、稳产的基础,而壮苗指数可以直接反映西瓜幼苗的质量。比较壮苗指数发现,除 Z1、Z2、Z10 和 Z12 显著小于 CK 外,其余处理的嫁接

表 3 不同南瓜砧木对西瓜嫁接苗质量及末期存活率的影响

Table 3 Effects of different pumpkin rootstocks on quality and final survival rate of grafted watermelon seedlings									
编号 Number	嫁接成活率 Graft survival rate/%	株高 Plant height/cm	嫁接苗下胚轴高度 Hypocotyl length of grafted seedling/cm	砧木茎粗 Diameter of rootstock/mm	接穗茎粗 Diameter of scion/mm	根长 Root length/cm	根冠比 Root- shoot ratio	壮苗指数 Strong seedling index	末期存活率 Final survival rate/%
Z1	100.00	8.88 cde	5.02 bc	3.76 d	4.84 ef	21.24 ab	0.275 a	0.598 cd	81.11 e
Z2	100.00	10.68 ab	5.78 abc	4.73 abc	5.92 ab	18.20 ab	0.134 e	0.616 cd	34.44 f
Z3	99.33	9.00 cde	5.68 abc	5.29 a	5.75 abc	22.18 a	0.150 de	0.849 abc	100.00 a
Z4	98.00	11.08 a	6.54 a	4.11 cd	5.86 ab	13.78 b	0.185 cd	0.678 abcd	94.44 bc
Z5	98.00	8.48 e	5.42 abc	4.49 bcd	5.57 abcd	22.84 a	0.181 cd	0.924 a	93.33 c
Z6	100.00	9.92 abc	6.39 a	5.12 ab	5.39 bcde	18.96 ab	0.174 cde	0.774 abcd	100.00 a
Z7	100.00	9.76 bcd	6.10 ab	4.32 bcd	5.97 a	19.10 ab	0.183 cd	0.788 abc	86.66 d
Z8	99.33	8.44 e	5.66 abc	5.00 ab	4.81 f	15.14 ab	0.156 de	0.835 abc	100.00 a
Z9	100.00	8.64 de	4.48 c	4.11 cd	5.14 def	17.60 ab	0.210 bc	0.643 bcd	100.00 a
Z10	99.33	10.76 ab	5.48 abc	4.73 abc	5.23 cdef	19.32 ab	0.209 bc	0.526 d	100.00 a
Z11	100.00	10.44 ab	6.14 ab	4.42 bcd	4.99 ef	23.06 a	0.186 cd	0.758 abcd	98.89 ab
Z12	98.67	10.72 ab	5.68 abc	4.54 abc	4.76 f	20.40 ab	0.246 ab	0.521 d	98.89 ab
CK	100.00	10.38 ab	5.66 abc	4.78 abc	5.85 ab	21.28 ab	0.146 de	0.876 ab	100.00 a

注:嫁接成活率是嫁接后 14 d 调查,末期存活率是定植到田间后,西瓜采收前 1 d 调查。
Note: The graft survival rate was investigated on the 14 d after grafting, and the final survival rate was investigated on the 1 d before watermelon harvesting in the field.

苗成品苗健壮程度与 CK 无显著差异。

嫁接成活率和定植成活率是考量砧木亲和性及商品价值的重要指标,成活率越高的砧木说明砧穗亲和力越高,其应用经济效益也就越高^[18]。由表 3 可知,嫁接后 14 d 时,Z1、Z2、Z6、Z7、Z9、Z11 和 CK 处理的嫁接成活率均为 100.00%,其余处理的嫁接成活率也均超过 98.00%。在伸蔓期和开花期,所有处理的成活率均为 100.00%,说明供试砧木都与金城 5 号西瓜接穗具有良好的共生亲和力。到果实成熟期,植株抗病性、抗逆性和适应性差异显现,Z3、Z6、Z8、Z9、Z10 和 CK 在田间抗性良好,并未出现死苗状况;而 Z4、Z5、Z7、Z1 和 Z2 的存活率则显著低于 CK,其中以 Z2 的末期存活率最低,仅为 34.44%。

2.3 不同南瓜砧木对压砂西瓜生长发育和开花坐果能力的影响

由表 4 可知,压砂瓜的蔓长在伸蔓期以 Z9 最大,在开花期和采收期以 Z4 最大,在这 3 个时期,所有处理的蔓长均与 CK 无显著差异。从植株的茎粗方面来看,在伸蔓期,Z2、Z7 和 Z10 的茎粗均显著小于 CK,但这 3 个处理之间无显著差异;在开花期,除 Z5 的茎粗显著小于 CK 外,其余处理均与 CK 无显著差异;在果实采收期,Z1、Z4、Z5、Z7 和 Z9 的茎粗显著大于 Z12,但均与 CK 无显著差异。

不同南瓜砧木对压砂瓜开花和坐果的影响不

同。通过西瓜的第一雌花节位和开放时间可以预测授粉时间和果实成熟日期,授粉时间早且易坐果的植株更易获得早上市的西瓜产品。由表 5 可知,除 Z1 外,不同砧木品种间压砂瓜的雌花间隔节位无显著差异,Z1 的第一雌花节位、开放时间、雌花间隔节位在所有砧穗组合中均最小(短),表现易坐果和早熟特性,其次为 Z9、Z11、Z7 和 Z2,第一雌花节位在 17.6 节以下,雌花间隔节位没有显著差异,但仅 Z2 第一雌花开放时间与 Z1 无显著差异,表现早熟特性;Z9、Z10 和 Z12 的坐果距离远超过 141 cm,较 CK 多 14.17~27.06 cm,表现出坐果晚或坐果节位较其他品种高的特性,但与 CK 无显著差异。叶片 SPAD 值是反映嫁接苗田间光合能力强弱的指标,在叶片 SPAD 值中,所有处理之间没有显著差异,说明不同砧木嫁接对压砂瓜的光合能力影响较小。

2.4 不同南瓜砧木对压砂西瓜产量的影响

西瓜成熟时调查西瓜单果质量和商品率等指标,由表 6 可知,所有处理中,Z11 的单瓜质量最大,为 14.05 kg;其次是 Z9、Z12、Z4 和 Z6,单果质量均在 13.00 kg 以上,大于 CK,Z1、Z2、Z3、Z7 和 Z10 的单果质量均小于 CK,但均与 CK 无显著差异。调查发现,除 Z2 的小区坐瓜数显著小于 CK 外,其余处理均与 CK 无显著差异。计算商品率发现,除 Z4、Z10 和 Z12 外,其余处理的商品瓜率均达

表 4 不同南瓜砧木对压砂西瓜植株蔓长和茎粗的影响
Table 4 Effects of different pumpkin rootstocks on vine length and stem diameter of watermelon plant

编号 Number	蔓长 Vine length/cm			茎粗 Stem diameter/mm		
	伸蔓期 Elongation stage	开花期 Flowering stage	采收期 Harvest stage	伸蔓期 Elongation stage	开花期 Flowering stage	采收期 Harvest stage
Z1	45.33 b	200.56 bc	242.14 bc	7.21 abc	16.46 a	19.75 ab
Z2	48.22 ab	207.33 abc	235.38 c	6.70 bc	15.11 abc	19.61 abc
Z3	47.33 ab	215.22 abc	251.69 abc	7.82 a	13.54 bc	16.45 bc
Z4	51.11 ab	228.56 a	290.80 a	7.85 a	14.32 abc	20.63 a
Z5	48.33 ab	212.67 abc	287.01 ab	7.21 abc	13.03 c	20.32 a
Z6	50.78 ab	214.00 abc	271.83 abc	7.43 abc	14.56 abc	17.65 abc
Z7	46.22 b	195.00 c	264.44 abc	6.48 c	14.13 bc	19.89 ab
Z8	50.89 ab	220.11 ab	287.53 a	7.82 a	13.72 bc	17.86 abc
Z9	53.89 a	221.00 ab	277.08 abc	7.68 ab	15.79 ab	20.05 a
Z10	50.00 ab	224.56 a	262.86 abc	6.69 bc	14.08 bc	17.83 abc
Z11	46.44 b	224.67 a	258.81 abc	7.61 ab	13.86 bc	18.54 abc
Z12	50.11 ab	223.22 ab	259.19 abc	7.24 abc	13.41 bc	16.15 c
CK	47.89 ab	210.67 abc	260.79 abc	7.85 a	15.49 ab	17.77 abc

表 5 不同南瓜砧木对压砂西瓜开花和叶片 SPAD 值的影响
Table 5 Effects of different pumpkin rootstocks on flowering and leaf SPAD value of watermelon

编号 Number	第一雌花节位 First female node	第一雌花开放时间 Time of first female flowering/d	雌花间隔节位 Female flower interval node	坐果距离 Fruit setting distance/cm	叶片 SPAD 值 Leaf SPAD value
Z1	16.4±1.2 b	51.8±0.6 c	4.6±0.8 b	110.17±13.04 b	62.17±1.92 a
Z2	17.6±1.0 b	52.4±0.5 bc	6.1±0.5 a	132.63±14.01 ab	60.47±1.84 a
Z3	21.3±1.0 a	54.6±0.2 a	6.8±0.3 a	134.67±9.61 ab	60.19±1.91 a
Z4	21.0±1.0 a	53.9±0.3 a	7.7±0.4 a	139.78±9.98 ab	59.52±1.42 a
Z5	19.8±0.8 ab	54.2±0.5 a	7.3±0.5 a	132.33±11.92 ab	60.29±1.86 a
Z6	19.0±1.0 ab	53.4±0.4 ab	6.3±0.7 a	135.67±9.49 ab	59.90±1.21 a
Z7	17.3±1.0 b	54.0±0.3 a	6.7±0.2 a	136.56±10.72 ab	61.68±1.40 a
Z8	18.2±1.2 ab	54.6±0.3 a	6.3±0.8 a	136.78±8.85 ab	58.34±1.38 a
Z9	16.6±1.3 b	54.7±0.3 a	7.0±0.5 a	151.67±8.04 a	59.59±1.34 a
Z10	18.2±0.9 ab	53.8±0.3 a	7.6±0.4 a	141.67±10.41 ab	59.95±1.64 a
Z11	17.2±0.9 b	53.8±0.3 a	6.8±0.4 a	128.22±8.03 ab	62.66±1.97 a
Z12	19.0±0.9 ab	53.6±0.4 ab	6.3±0.3 a	154.56±10.34 a	59.64±1.93 a
CK	18.9±1.0 ab	53.7±0.5 ab	6.8±0.5 a	127.50±7.44 ab	59.99±2.06 a

到 100.00%。折算产量可知,除 Z1 和 Z2 外,其他处理均高于 CK,Z4、Z5、Z6、Z8、Z9、Z11、Z12 增产 10.21%~30.36%,其中以 Z9 产量最高,为 4 190.67 kg·667 m⁻²。

2.5 不同南瓜砧木对压砂西瓜品质的影响

由于压砂瓜果实特殊的商品性,对其贮运性的要求十分严格,果皮厚度和果皮硬度共同决定了压砂瓜的贮运性是否良好^[9]。由表 7 可知,不同南瓜砧木嫁接没有显著改变压砂瓜果实形状,但是压砂瓜果皮厚度和果皮硬度存在一定差异,果皮厚度以 Z11 最大,Z1 次之;果皮硬度以 Z9 最大,Z11 次之;Z7 处理的果皮厚度和果皮硬度在所有处理中均最

小,但与 CK 无显著差异。与 CK 相比,所有试验南瓜砧木均可降低西瓜果肉硬度,CK 的果肉硬度最大,除 Z3、Z6、Z8 和 Z9 外,其余处理的果肉硬度均显著小于 CK。不同南瓜砧木嫁接对压砂瓜果实边部可溶性固形物含量的影响无显著差异,但对中心可溶性固形物含量的影响有所不同,Z7、Z8 和 Z12 的中心可溶性固形物含量均显著大于 Z3。在感官评价综合得分方面,所有参试砧木嫁接后感官评价得分与 CK 均无显著差异,但在各个指标方面各组合表现有所区别。有较多品鉴员表示,Z5 果肉有酸味、异味与苦味,综合口感也较其余处理差。Z11 果肉纤维少,口感佳,甜度和多汁程度均表现较好,综

表 6 不同南瓜砧木对压砂西瓜产量的影响

Table 6 Effects of different pumpkin rootstocks on the yield of watermelon

编号 Number	单果质量 Single fruit mass/kg	小区商品瓜数 Number of commercial fruit	商品瓜率 Commercial fruit rate/%	折合产量 Yield/(kg·667 m ²)	比 CK± More than CK±/%
Z1	11.86±0.69 b	26.0±1.2 a	100.00	3 084.17	-4.06
Z2	12.27±0.57 b	15.7±0.9 b	100.00	1 922.65	-40.19
Z3	11.61±0.38 b	30.0±0.0 a	100.00	3 483.99	8.38
Z4	13.31±0.49 ab	28.7±0.9 a	97.73	3 816.48	18.72
Z5	12.96±0.77 ab	27.3±1.5 a	100.00	3 542.70	10.21
Z6	13.23±0.46 ab	30.0±0.0 a	100.00	3 967.68	23.43
Z7	11.84±0.33 b	27.7±0.3 a	100.00	3 275.13	1.88
Z8	12.74±0.53 ab	30.0±0.0 a	100.00	3 823.32	18.94
Z9	13.97±0.22 a	30.0±0.0 a	100.00	4 190.67	30.36
Z10	11.86±0.43 b	29.7±0.3 a	98.89	3 518.80	9.46
Z11	14.05±0.50 a	29.7±0.3 a	100.00	4 167.85	29.65
Z12	13.32±0.39 ab	29.3±0.7 a	98.88	3 907.84	21.57
CK	12.52±0.54 ab	25.7±4.3 a	100.00	3 214.60	

表 7 不同南瓜砧木对西瓜果实品质的影响

Table 7 Effects of different pumpkin rootstock on quality of watermelon fruit

编号 Number	果皮厚度 Pericarp thickness/cm	果皮硬度 Rind hardness/ (kg·cm ⁻²)	果形指数 Fruit shape index	果肉硬度 Flesh hardness/ (kg·cm ⁻²)	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%		感官评价得分 Score of sensory evaluation	果肉纤维 Flesh fiber
					中心 Center	边部 Edge		
Z1	1.48±0.08 a	23.79±1.61 ab	1.61±0.03 a	0.66±0.16 bc	12.17±0.17 ab	6.72±0.20 a	13.00±0.82 ab	少 Less
Z2	1.47±0.08 a	22.27±0.94 ab	1.52±0.04 a	0.59±0.13 bc	12.17±0.45 ab	6.70±0.30 a	13.00±0.58 ab	少 Less
Z3	1.33±0.11 a	24.34±0.83 ab	1.53±0.03 a	0.81±0.21 ab	11.80±0.34 b	6.65±0.09 a	11.83±0.91 ab	多 More
Z4	1.33±0.06 a	23.79±1.00 ab	1.53±0.06 a	0.68±0.13 bc	12.50±0.19 ab	6.92±0.16 a	12.17±0.54 ab	中 Medium
Z5	1.23±0.10 a	25.74±1.97 ab	1.56±0.05 a	0.68±0.14 bc	12.25±0.26 ab	6.80±0.17 a	11.00±0.77 b	中 Medium
Z6	1.40±0.06 a	25.09±2.08 ab	1.53±0.02 a	0.75±0.13 abc	12.68±0.34 ab	6.72±0.31 a	11.33±0.76 ab	少 Less
Z7	1.20±0.08 a	21.98±2.34 b	1.56±0.04 a	0.71±0.21 bc	12.83±0.24 a	6.88±0.21 a	11.67±0.67 ab	中 Medium
Z8	1.28±0.09 a	25.68±2.31 ab	1.55±0.03 a	0.77±0.10 abc	12.97±0.18 a	6.58±0.40 a	11.33±0.56 ab	中 Medium
Z9	1.28±0.06 a	28.15±1.51 a	1.63±0.03 a	0.75±0.18 abc	12.12±0.45 ab	6.45±0.23 a	11.67±0.80 ab	中 Medium
Z10	1.35±0.13 a	26.14±2.79 ab	1.54±0.02 a	0.69±0.21 bc	12.68±0.28 ab	6.82±0.26 a	11.67±0.71 ab	多 More
Z11	1.52±0.14 a	27.23±1.27 ab	1.57±0.02 a	0.54±0.01 c	12.65±0.18 ab	6.75±0.29 a	13.33±0.67 a	少 Less
Z12	1.27±0.05 a	27.17±1.91 ab	1.54±0.02 a	0.67±0.18 bc	12.93±0.33 a	6.55±0.25 a	12.83±1.19 ab	少 Less
CK	1.37±0.16 a	25.66±0.78 ab	1.61±0.05 a	0.97±0.34 a	12.08±0.41 ab	7.00±0.25 a	12.50±1.12 ab	多 More

合得分在所有处理中最高。

2.6 不同南瓜砧木的综合评价

对 13 个处理的 20 项主要指标进行主成分分析,包括嫁接成活率、嫁接苗下胚轴高度、嫁接苗壮苗指数、第一雌花开放时间、坐果节位、采收期蔓长和茎粗、叶片 SPAD 值、末期存活率、小区商品瓜数、单果质量、果实横径、果实纵径、果形指数、果皮厚度、果皮硬度、果肉硬度、中心和边部可溶性固形物含量、感官评价总得分,以特征值大于 1 为标准,20 项指标可以降为 6 个主成分,能够解释 86.340% 的原始信息。

采用模糊数学隶属函数分析法,将各主成分隶

属函数值扩展到[0,1]闭区间,从而对离散数据进行标准化处理。经计算前 6 个主成分的权重分别为 0.320、0.212、0.170、0.127、0.097、0.074,进而得出各嫁接组合的综合评价 D 值,并进行排序。从表 8 可以看出,13 个南瓜砧木的 D 值介于 0.322~0.725,其中 CK 的 D 值为 0.545,排名第 7,综合评价比 CK 好的处理为 Z11>Z9>Z4>Z6>Z8>Z5,D 值在 0.580~0.725。

3 讨论与结论

嫁接是解决西瓜连作障碍问题和增强植株抗性的有效手段,笔者引进外地的 12 个白籽南瓜砧

表 8 不同南瓜砧木嫁接组合产量和品质综合指标的隶属函数分析结果
Table 8 Membership function analysis results of yield and quality indexes of different pumpkin rootstock grafting combinations

编号 Number	综合指标值 Comprehensive index value						综合指标隶属值 Membership value of comprehensive index						D 值 D value	排名 Rank
	CI1	CI2	CI3	CI4	CI5	CI6	U1	U2	U3	U4	U5	U6		
Z1	-3.90	1.13	-1.67	0.86	0.24	-1.49	0.16	0.59	0.09	0.75	0.54	0.08	0.343	12
Z2	-5.18	0.41	0.99	-0.78	-2.23	1.48	0.00	0.47	0.58	0.44	0.00	0.91	0.322	13
Z3	0.32	-2.18	-1.96	-0.87	0.48	1.14	0.68	0.04	0.03	0.43	0.59	0.81	0.403	9
Z4	0.84	-1.01	3.28	0.92	-0.41	-0.07	0.74	0.24	1.00	0.76	0.40	0.47	0.628	3
Z5	1.64	-1.39	1.11	2.23	-1.26	-0.56	0.84	0.17	0.60	1.00	0.21	0.34	0.580	6
Z6	0.87	-0.09	1.13	-0.64	1.02	1.00	0.74	0.39	0.60	0.47	0.71	0.77	0.610	4
Z7	-0.88	-2.44	-0.31	0.45	0.30	-1.23	0.53	0.00	0.34	0.67	0.55	0.15	0.376	10
Z8	2.95	-0.72	0.27	-0.82	-0.62	0.43	1.00	0.29	0.44	0.44	0.35	0.61	0.592	5
Z9	2.93	3.57	-2.11	0.98	-1.83	-0.26	1.00	1.00	0.01	0.77	0.09	0.42	0.670	2
Z10	-0.11	-1.65	-0.80	-1.50	0.37	-1.76	0.62	0.13	0.25	0.31	0.56	0.00	0.363	11
Z11	-0.70	3.20	2.15	0.51	2.37	-0.26	0.55	0.94	0.79	0.68	1.00	0.42	0.725	1
Z12	1.27	1.56	0.06	-3.19	0.02	-0.22	0.79	0.67	0.41	0.00	0.49	0.43	0.544	8
CK	-0.06	-0.39	-2.14	1.85	1.54	1.81	0.63	0.34	0.00	0.93	0.82	1.00	0.545	7

木,嫁接西瓜后在压砂地种植,发现不同南瓜砧木嫁接对西瓜生长和产量影响差异较大。在本研究中,试验中所有处理的嫁接成活率均在 98%以上,共生期成活率均为 100%,说明参试砧木均与压砂瓜具有较强的嫁接亲和性。与 CK 相比,参试砧木没有明显改变压砂瓜的果形指数和果皮厚度,这与杨万邦等^[20]、张兆辉等^[21]的研究结果一致;可溶性固形物含量是影响西瓜果实内在品质的主要因素^[22],本试验中所有处理与 CK 相比没有显著降低可溶性固形物含量以及感官评价得分,说明本研究参试的南瓜砧木品种嫁接后对压砂瓜的果实品质影响较小,可能与旱砂田全膜覆盖、高海拔区域(昼夜温差大)西瓜栽培和接穗品种选择等因素有关^[23],还有待进一步栽培研究证明;不同砧木嫁接对西瓜产量的增幅不同^[24],Z4、Z5、Z6、Z8、Z9、Z11 和 Z12 压砂瓜的单果质量和产量相对于 CK 增幅为 10.21%~30.36%。

本研究表明,嫁接后西瓜的生长发育因砧木品种不同而存在较大差异,但是砧木苗的前期质量与其嫁接苗成品苗的质量并不完全同步,这是由于嫁接后的西瓜是一个复合体,砧木与接穗之间复杂的相互作用影响接穗的生长发育,其影响程度与砧木和接穗本身的差异以及两者之间的亲缘关系密切相关^[25-26],砧木苗期的生长指标和壮苗指数不适宜单独作为评价砧木的指标。另外,针对压砂地特殊的栽培模式,嫁接苗定植后会在土层上再覆盖一层砂石,为了避免嫁接接口被掩埋引发病害,需要下胚

轴有一定高度,通过对比发现,绝大部分参试砧木的下胚轴高在 5.0~6.5 cm,下胚轴粗在 4.00 mm 以上,嫁接操作便利,Z1、Z3、Z5 和 Z8 的砧木下胚轴长度不足 5.0 cm,用其作砧木的嫁接苗在砂田定植时容易将嫁接接口掩埋,对压砂地的适宜性较差。到果实成熟期,植株抗病性、抗逆性和适应性差异显现,Z2 处理出现大量死苗导致产量大幅减产,在压砂瓜生产栽培过程中应当注意此时间段的病虫害防治等管理。

在优良南瓜砧木筛选引进方面,应该注重从嫁接亲和性、抗病性、果实性状以及产量、品质等方面进行比较筛选和综合评判^[27],由于参评性状多且群体大,各性状间存在相关性,用主成分分析的方法可以将西瓜多个主要的筛选性状综合为较少的几个主成分,是综合而又相互独立的评价指标,可简化筛选研究的过程^[28-29]。

综上所述,笔者对 13 个嫁接组合综合评价,筛选出 4 个南瓜砧木品种 Z11、Z9、Z4 和 Z6,表现为与压砂瓜的亲性好,田间长势和抗逆性强,坐果能力强,单果质量大,在不明显降低压砂瓜品质的情况下对压砂瓜的增产能力强,增产率为 18.72%~30.36%,可供压砂地西瓜嫁接栽培选择。

参考文献

[1] 吴敬学,赵姜,张琳.中国西瓜优势产区布局及发展对策[J].中国蔬菜,2013(17):1-5.
[2] 雷玲,王夏君,于国光,等.国内外西瓜农药残留限量标准比对研究[J].中国瓜菜,2024,37(10):1-8.
[3] 马忠明,杜少平,薛亮.砂田西瓜甜瓜生产现状、存在的问题及其对策[J].中国瓜菜,2010,23(3):60-63.

- [4] 张娟,吴宏亮,康建宏,等.不同种植模式对新压砂瓜田土壤养分和土壤酶活性的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):107-113.
- [5] 王志强,王兴祥,刘声锋,等.砂田西瓜连作障碍研究进展[J].中国瓜菜,2019,32(7):1-6.
- [6] 李凯,吴宏亮,许强,等.砂田轮作模式对土壤酶活性及微生物区系的影响[J].北方园艺,2014(18):185-189.
- [7] 于蓉,刘声锋,郭守金,等.宁夏压砂瓜产业发展现状与可持续发展对策[J].中国瓜菜,2014,27(增刊1):179-180.
- [8] 杨小振,张显,张宁,等.嫁接砧木对西瓜品质影响的研究进展[J].中国瓜菜,2013,26(2):1-5.
- [9] ATTAVAR A, TYMON L, PERKINS-VEAZIE P, et al. Cucurbitaceae germplasm resistance to verticillium wilt and grafting compatibility with watermelon[J]. HortScience, 2020, 55(2):141-148.
- [10] MIGUEL A, MAROTO J V, BAUTISTA A S, et al. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of *Fusarium* wilt[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 103(1):9-17.
- [11] 施先锋,程维舜,张娜,等.不同砧木品种对嫁接西瓜生长、品质及产量的影响[J].北方园艺,2015(3):27-30.
- [12] 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.
- [13] 于蓉,刘声锋,郭松,等.宁夏压砂地嫁接西瓜栽培技术[J].中国瓜菜,2019,32(5):74-75.
- [14] 马双武,刘君璞,王吉明.甜瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [15] 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.
- [16] 张琳玲,张立权,许林英,等.提味西瓜嫁接砧木筛选试验研究[J].浙江农业科学,2024,65(5):1064-1067.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 刘云飞,沈健,苏壮壮,等.不同施肥组合对压砂瓜产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2022,35(11):43-49.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 林叶,段青青,邵晶毅,等.不同南瓜砧木对嫁接西瓜生长、产量及品质的影响[J].北方园艺,2015(5):12-16.
- [23] 吕兆明,王福国,赵艳艳.不同砧木嫁接对压砂田地膜覆盖西瓜生长发育及产量与品质的影响[J].中国瓜菜,2021,34(7):35-38.
- [24] 时丕彪,李亚芳,耿安红,等.不同砧木嫁接对西瓜生长、品质及产量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(24):121-124.
- [25] 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.
- [26] WARSCHESKY E J, KLEIN L L, FRANK M H, et al. Rootstocks: Diversity, domestication, and impacts on shoot phenotypes[J]. Trends in Plant Science, 2016, 21(5):418-437.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 李清,郭禄芹,方晓霞,等.100份西瓜种质果实品质相关性状的遗传多样性分析[J].中国瓜菜,2019,32(1):12-17.