

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.12.019

野生西瓜砧木对西瓜生长及枯萎病抗性的影响

张玉锦,耿二康,崔梦娇,杨嵩涵,苗巧艺,吕桂云

(河北农业大学园艺学院,河北保定 071001)

摘要:为筛选优良野生西瓜嫁接砧木品种,以 6 个野生西瓜品种为砧木,早佳 8424 为接穗,研究野生西瓜砧木对嫁接苗生长及枯萎病抗性的影响。结果表明:野生西瓜砧木显著提高了嫁接苗的生长和枯萎病抗性。6 种砧木品种中, R_2 野生西瓜砧木嫁接后长势较好,其株高、茎粗、地上部鲜质量、地下部鲜质量、地上部干质量、地下部干质量分别比接穗提高了 82.2%、30.8%、204.2%、140.0%、152.8%、90.0%,差异显著。 R_2 野生西瓜砧木与 R_6 野砧 1 号的根系长势较强,其根总长、根表面积、根体积、根尖数分别比接穗提高了 90.1%~95.7%、119.5%~128.5%、233.9%~249.1%、35.6%~38.7%,其中主要通过增加植株根表面积和根体积促进嫁接苗根系的生长。接菌 15 d 后, R_2 野生西瓜砧木嫁接苗发病症状较轻,病情指数与病菌含量分别为 6.2 和 22.6 fg/ng,比接穗降低了 91.7%与 98.5%,且砧木嫁接前后枯萎病抗性强弱基本一致。综上, R_2 野生西瓜砧木嫁接后植株长势较好,枯萎病抗病性最强,可作为西瓜嫁接栽培优质野生西瓜砧木。

关键词:西瓜;砧木;嫁接;生长;枯萎病

中图分类号:S651.04;S436.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)12-0135-06

西瓜 [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nadai] 是世界范围的重要园艺作物,是世界第五大水果。中国是全球最大的西瓜生产国及消费国,根据联合国粮食及农业组织 (FAO) 2019 年的数据显示,中国的西瓜产量为 6 086.12 万 t,占了全球产量的 60% 以上。西瓜枯萎病是由尖孢镰刀菌西瓜专化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) 寄生引起的一种真菌土传病害^[1],严重降低西瓜的产量及品质,从而导致病田减产,一般减产 20%~30%、严重田块可导致绝产^[2]。对于该病的防治主要采取轮作换茬、嫁接及药剂防治、抗病育种等^[3-4]。由于耕地面积有限,轮作换茬方法不易实施;化学药剂不能有效地防治枯萎病的发生,并且极易造成环境污染;抗病育种则是抗病资源匮乏,且目前没有一个品种可以抗所有的生理小种^[5]。目前嫁接是防治西瓜枯萎病最常用的安全有效的方法。西瓜嫁接

中采用的砧木多为南瓜类和葫芦类^[6],虽然对枯萎病的抗性强,但容易影响果实品质^[7-8],尤其是对目前受欢迎的品质要求较高的麒麟类和小果型西瓜来说,筛选出对品质无影响且枯萎病抗性强的砧木非常重要。

西瓜常用的嫁接砧木为南瓜、葫芦和野生西瓜^[9],其中南瓜和葫芦类作为砧木进行嫁接其抗病性较好,但是亲和性差且对果实品质影响较大,而野生西瓜作为砧木进行嫁接其抗病性较南瓜弱,但亲和性较好且对果实品质影响小。Huang 等发现,葫芦和南瓜嫁接西瓜后,果实质量增加 12.94% 和 24.53%;不同发育阶段养分总吸收量增加 30.41%、49.14%、21.33%、47.46%;但南瓜显著降低了果实品质,其风味和总可溶性固形物分别降低 5.85% 和 4.23%^[10]。Liu 等研究发现,与西瓜自嫁接相比,南瓜砧木与葫芦砧木嫁接后植株生物量分别增加 40% 和 54%,并且 3 485 个与 787 个基因存在显著差异表达,大多与初级和次级代谢、激素信号传导、转录因子调控、运输以及对刺激的反应有关^[11]。陈春秀等发现,嫁接后南瓜、葫芦与野生西瓜的壮苗指数均高于对照,分别为 0.060 84、0.051 05、0.041 45,嫁接成活率为 81.32%、76.03% 和 92.72%,其中,野生西瓜砧木嫁接后的中心糖含量最高,为 10.75%^[12]。叶云峰等发现,

收稿日期:2022-08-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:31872132);河北省现代农业产业技术体系设施蔬菜创新团队项目(编号:HBCT2021030213);河北省研究生教育质量提升项目(编号:KCJSX2022048)。

作者简介:张玉锦(1998—),女,河北衡水人,硕士研究生,从事蔬菜逆境生理与分子生物学研究。E-mail:zyj081227@163.com。

通信作者:吕桂云,博士,教授,硕士生导师,从事蔬菜栽培与植物逆境生理的教学与研究工作。E-mail:yylgy@hebau.edu.cn。

嫁接可以显著提高植株枯萎病抗病性,南瓜、葫芦与野生西瓜嫁接后与对照相比发病率最高降低 85.15%、81.83% 与 4.91%^[13]。目前野生西瓜砧木的亲性好,对品质影响小,但抗病性较弱,因此筛选抗病性较强且促进植株生长的野生西瓜砧木迫在眉睫。

本试验以前期筛选出的对西瓜果实品质无不良影响 的 6 种野生西瓜品种作为砧木,早佳 8424 作为接穗,研究野生西瓜砧木对嫁接苗生长及枯萎病

抗性的影响,筛选出抗病性较强的嫁接砧木品种,为野生西瓜砧木应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试西瓜品种的名称、编号及来源见表 1。枯萎病菌为生理小种 1 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* race1),由河北农业大学园艺学院设施实验室提供。

表 1 供试西瓜品种列表

名称	编号	拉丁学名	来源
早佳 8424	S	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>vulgaris</i>	寿禾种业
野生 1 号	R ₁	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>	邯郸磁县基地
野生西瓜砧木	R ₂	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>	农友种苗有限公司
英雄	R ₃	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>megalaspermus</i>	武威安泰达种业有限责任公司
丰抗王 3 号	R ₄	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>megalaspermus</i>	河南西瓜育种中心
野生砧木 1 号	R ₅	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>	河北农业大学
野砧 1 号	R ₆	<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>	多又奇种子公司

1.2 试验设计

试验于 2021 年 9—11 月在河北农业大学创新试验园内进行。砧木(每个品种 120 粒)和接穗种子进行温汤浸种催芽,分别播于 50 孔和 72 孔穴盘中。先播种砧木种子,待砧木子叶展平后播种接穗。在砧木 2 叶 1 心,接穗子叶展平后,采用贴接法嫁接,以砧木自根苗、接穗为对照,每个处理 50 株,3 次重复。嫁接 12 d 后,将嫁接苗与自根苗移栽至营养钵中,缓苗 3 d。将西瓜枯萎病菌生理小种 1 接种到 PL 液体培养基中,于摇床培养 7 d 后对菌液进行过滤、离心,超纯水溶解孢子沉淀并调整浓度到 5 × 10⁶ CFU/mL^[14]。自根苗与嫁接苗通过灌根法接种病菌,在每个处理组根部接种 10 mL 孢子液,15 d 天后,统计病情指数,并取样进行生长状况、根系形态、病菌含量、维管束褐化程度等指标的测定。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 西瓜幼苗生长指标及根系指标的测定 在接菌 15 d 后每个处理组随机选取长势一致的植株进行生长指标的测定:用直尺测量茎基部到生长点的高度(株高);用游标卡尺测定砧木子叶下 1 cm 处的茎粗;用称量天平测定地上/地下鲜质量、地上/地下干质量。用根系扫描仪(MICROTEK ScanMark i800plus)及万深 LA-S 系列植物图像分析系统分析各处理组根系总长度、表面积、根体积和根尖数。

壮苗指数 = (茎粗/株高 + 地下部干质量/地上部干质量) × 全株干质量。

1.3.2 西瓜幼苗病情指数的统计 在各处理组出现发病植株后每天统计发病率并对其进行严重度分级^[15],计算病情指数。

病情指数 = Σ(各级病株数 × 该病级值) / (调查总株数 × 最高级值) × 100。

1.3.3 西瓜幼苗病菌含量及维管束褐化程度的测定 在接菌 15 d 后,各处理组选取病情一致的植株采用荧光定量 PCR 法(上下游引物 FONRT-18-F:5'-TAATGCTCGTAAGTCAGGTTCA-3', FONRT-18-R:5'-AGTTGGAGTCAGCGATTTCA T-3')进行病菌含量的测定^[16]。取样部位为各处理组根部,每个处理重复 3 次,并对病情一致的植株茎基部进行徒手切片,在尼康体视镜 SMZ1270 下观察维管束褐化程度。

1.4 数据分析

本次试验数据通过 Excel 软件进行分析与作图,SPSS 软件进行方差分析,采用 Duncan's 新复极差检验法进行多重比较(α = 0.05)检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗生长的影响

由表 2 可知,野生西瓜砧木促进嫁接苗的生长,

6 种砧木嫁接苗的株高、茎粗、地上部鲜质量、地下部鲜质量,地上部干质量、地下部干质量分别比接穗提高了 9.3% ~ 82.2%、10.4% ~ 30.8%、7.0% ~ 204.2%、3.3% ~ 140.0%、13.5% ~ 152.8%、5.0% ~ 90.0%。与接穗相比,S/R₂ 的各项指标均差异显著;S/R₃ 除茎粗外,其余指标差异显著;S/R₄ 除地下部干质量外,其余指标差异显著;S/R₅ 与 S/R₆ 仅株高差异显著;S/R₁ 各项指标均无显著差异。S/R₂ 的整体长势较强,各项指标比接穗高

82.2%、30.8%、204.2%、140.0%、152.8%、90.0%。6 种砧木自根苗中(表 3),R₄、R₆ 长势较强,R₁ 长势最弱,R₄ 与 R₆ 的株高、茎粗、地上部鲜质量、地下部鲜质量,地上部干质量、地下部干质量分别比 R₁ 高 9.3% ~ 19.1%、3.4% ~ 14.3%、17.7% ~ 29.5%、6.2% ~ 22.1%、31.1% ~ 56.2%、40.8% ~ 57.9%,其中地上部干质量、地下部干质量差异最显著。结果表明,嫁接苗的生长可能受砧木自身生长势以及 与接穗亲和性等因素的影响。

表 2 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗生长的影响

处理组	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地上部鲜质量 (g)	地下部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	地下部干质量 (g)	壮苗指数
S	8.217 ± 0.189e	2.826 ± 0.045c	1.633 ± 0.059d	0.245 ± 0.012d	0.163 ± 0.003d	0.020 ± 0.001c	0.085 ± 0.002cd
S/R ₁	8.983 ± 0.511de	3.248 ± 0.145abc	1.818 ± 0.093cd	0.343 ± 0.030bcd	0.185 ± 0.012d	0.023 ± 0.002c	0.102 ± 0.004bcd
S/R ₂	14.967 ± 0.599a	3.695 ± 0.241a	4.968 ± 0.257a	0.588 ± 0.044a	0.412 ± 0.036a	0.038 ± 0.002a	0.156 ± 0.019a
S/R ₃	11.617 ± 0.522bc	3.120 ± 0.178bc	2.115 ± 0.135bc	0.440 ± 0.030b	0.283 ± 0.019b	0.033 ± 0.004ab	0.123 ± 0.007b
S/R ₄	11.767 ± 0.391b	3.502 ± 0.123ab	2.252 ± 0.150b	0.383 ± 0.049bc	0.253 ± 0.029bc	0.027 ± 0.003bc	0.114 ± 0.008bc
S/R ₅	12.233 ± 0.551b	3.232 ± 0.105abc	1.748 ± 0.125cd	0.253 ± 0.018d	0.195 ± 0.009cd	0.021 ± 0.004c	0.082 ± 0.008d
S/R ₆	10.250 ± 0.606cd	3.135 ± 0.135bc	2.052 ± 0.109bcd	0.297 ± 0.035cd	0.208 ± 0.013cd	0.025 ± 0.002c	0.100 ± 0.006bcd

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

表 3 野生西瓜砧木自根苗的生长指标

处理组	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地上部鲜质量 (g)	地下部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	地下部干质量 (g)	壮苗指数
R ₁	13.500 ± 0.183b	4.598 ± 0.232b	7.035 ± 0.209c	0.995 ± 0.023b	0.792 ± 0.042c	0.076 ± 0.007c	0.378 ± 0.023c
R ₂	13.083 ± 0.436b	4.545 ± 0.251b	7.458 ± 0.178bc	1.025 ± 0.019b	0.826 ± 0.046c	0.087 ± 0.007bc	0.415 ± 0.035bc
R ₃	13.833 ± 0.615b	4.463 ± 0.225b	7.887 ± 0.376bc	1.028 ± 0.055b	0.998 ± 0.065b	0.093 ± 0.008bc	0.459 ± 0.041abc
R ₄	14.750 ± 0.574ab	5.257 ± 0.153a	8.278 ± 0.383ab	1.057 ± 0.051b	1.038 ± 0.044b	0.107 ± 0.005ab	0.531 ± 0.030a
R ₅	14.250 ± 0.898ab	4.233 ± 0.105b	8.097 ± 0.503abc	1.045 ± 0.038b	1.117 ± 0.065ab	0.105 ± 0.008ab	0.479 ± 0.014ab
R ₆	16.083 ± 0.898a	4.752 ± 0.130ab	9.113 ± 0.461a	1.215 ± 0.027a	1.237 ± 0.048a	0.120 ± 0.007a	0.538 ± 0.028a

2.2 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗根系生长的影响

由表 4 可知,野生西瓜砧木促进嫁接苗的根系生长,6 种砧木嫁接苗的根总长、根表面积、根体积、根尖数分别比接穗提高了 22.9% ~ 95.7%、12.5% ~ 128.5%、19.6% ~ 249.1%、19.9% ~ 38.7%。与接穗相比,除 S/R₅ 根表面积外,其余嫁接组合各指标差异均显著。S/R₂ 与 S/R₆ 的根系长势较强,各项指标分别比接穗高 90.1% ~ 95.7%、119.5% ~ 128.5%、233.9% ~ 249.1%、35.6% ~ 38.7%,其中主要通过增加植株根表面积和根体积促进嫁接苗的根系生长。6 个砧木自根苗中(表 5),R₄ 与 R₅ 长势较强,R₁ 长势最弱,R₄ 与 R₅ 的各项指标比 R₁ 高 5.6% ~ 7.3%、19.1% ~ 34.2%、

29.2% ~ 42.2%、34.3% ~ 48.2%。

2.3 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗病情指数的影响

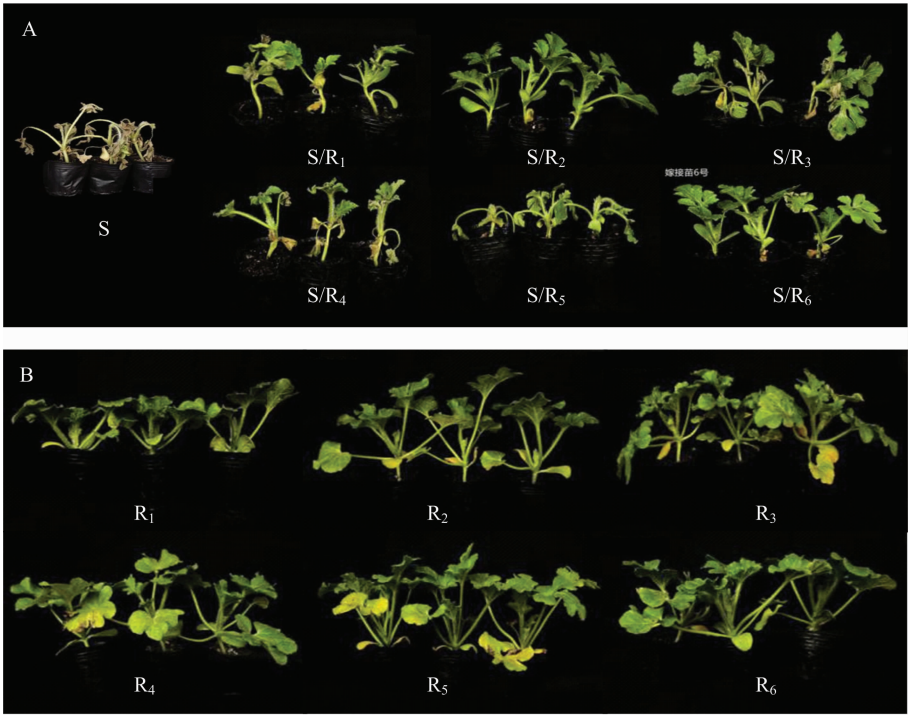
由图 1 和图 2 可见,野生西瓜砧木增强了嫁接苗的抗病性,在接菌 15 d 后,6 种砧木嫁接苗的病情指数为 6.2 ~ 32.1,比接穗的 74.9 降低了 57.2% ~ 91.7%,差异均显著。其中 S/R₂ 的抗病性最强,仅子叶略发生萎蔫,症状较轻,病情指数为 6.2,比接穗降低了 91.7%,其次分别为 S/R₆、S/R₃、S/R₁、S/R₄、S/R₅。6 种砧木自根苗的病情指数为 6.1 ~ 26.2,其中,R₂ 的抗病性较强,病情指数为 6.1,比接穗降低了 91.9%。其次分别为 R₆、R₃、R₁、R₅、R₄。结果表明,砧木嫁接前后枯萎病抗性强弱基本一致,且 R₂ 和 R₆ 嫁接后对病情指数基本无影响。

表 4 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗根系生长的影响

处理组	根总长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	根尖数 (个)
S	83.422 ± 2.705d	8.491 ± 0.507d	0.112 ± 0.002f	418.800 ± 6.344d
S/R ₁	102.511 ± 3.239c	10.677 ± 0.586c	0.214 ± 0.002d	515.000 ± 3.098c
S/R ₂	163.292 ± 3.269a	18.641 ± 0.510a	0.391 ± 0.011a	568.000 ± 6.542ab
S/R ₃	144.907 ± 1.946b	10.706 ± 0.424c	0.240 ± 0.007c	509.000 ± 9.945c
S/R ₄	139.029 ± 3.175b	12.700 ± 0.290b	0.214 ± 0.005d	502.000 ± 3.082c
S/R ₅	105.669 ± 3.971c	9.550 ± 0.395cd	0.134 ± 0.005e	557.400 ± 4.697b
S/R ₆	158.601 ± 1.972a	19.401 ± 0.417a	0.374 ± 0.003b	580.800 ± 6.499a

表 5 野生西瓜砧木自根苗的根系生长指标

处理组	根总长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	根尖数 (个)
R ₁	438.597 ± 2.681bc	43.615 ± 0.812d	1.080 ± 0.080c	1 078.600 ± 10.122d
R ₂	401.138 ± 7.603d	48.042 ± 1.005c	1.241 ± 0.096bc	1 493.200 ± 24.547b
R ₃	453.435 ± 10.726ab	50.380 ± 1.743bc	1.283 ± 0.088bc	1 568.200 ± 30.717a
R ₄	463.039 ± 5.691a	51.926 ± 1.165b	1.395 ± 0.024ab	1 598.000 ± 33.199a
R ₅	470.448 ± 8.405a	58.536 ± 1.103a	1.536 ± 0.044a	1 449.000 ± 13.402b
R ₆	420.925 ± 7.445cd	51.207 ± 1.075bc	1.331 ± 0.064ab	1 336.200 ± 27.505c



A—嫁接苗；B—砧木自根苗
图1 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗发病症状的影响

2.4 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗病菌含量的影响

由图 3 和图 4 可见,野生西瓜砧木显著降低了嫁接苗的病菌含量,6 种砧木嫁接苗的病菌含量为 22.6 ~ 188.3 fg/ng,比接穗降低了 87.7% ~ 98.5%,差异均显著。在接菌 15 d 后,接穗的维管

束褐化严重,病菌含量为 1 532.8 fg/ng;嫁接苗中,S/R₂ 与 S/R₆ 的维管束褐化程度较轻,病菌含量较低,为 22.6 fg/ng 和 25.2 fg/ng,分别比接穗降低了 98.5% 和 98.4%。6 种砧木自根苗的病菌含量为 22.4 ~ 118.2 fg/ng,R₁、R₂、R₃ 与 R₆ 的维管束略发

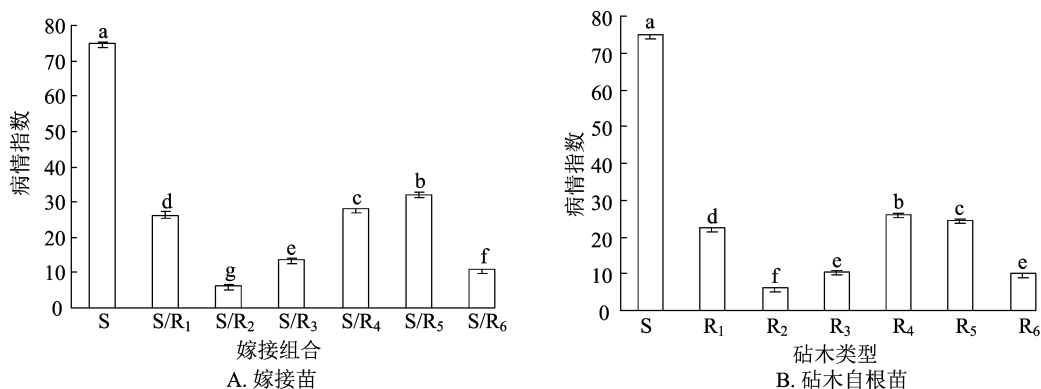
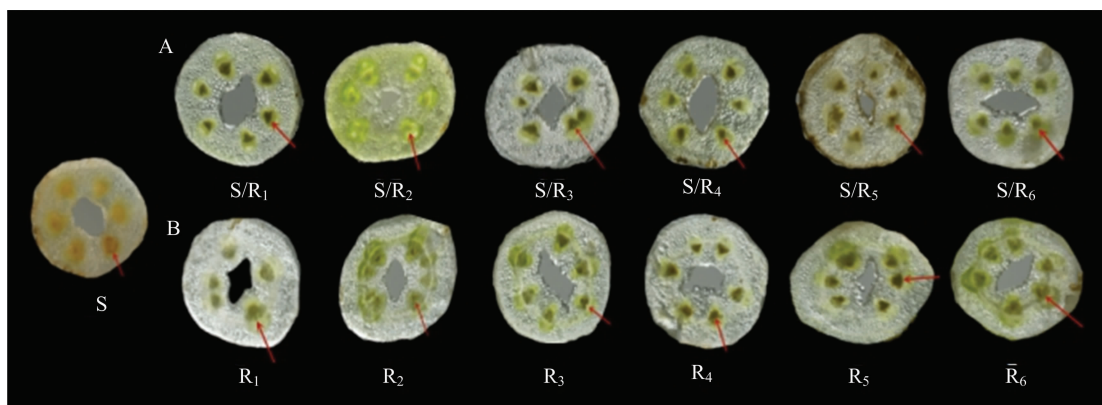


图2 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗病情指数的影响



A—嫁接苗; B—砧木自根苗

图3 野生西瓜砧木对嫁接苗维管束褐化程度的影响(Bar=1 mm)

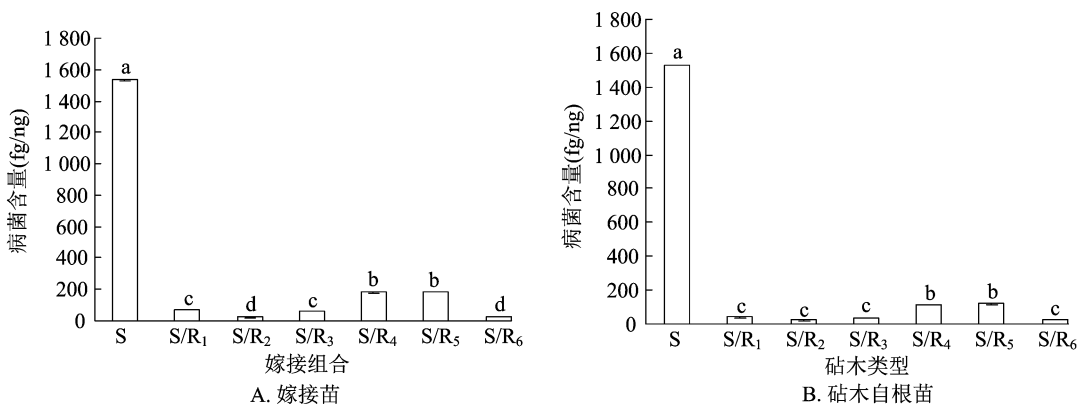


图4 野生西瓜砧木对西瓜嫁接苗病菌含量的影响

生褐化, 病菌含量较低, 为 39.8、22.4、34.5、25.1 fg/ng, 分别比接穗降低了 97.4%、98.5%、97.8% 和 98.4%。结果表明, 嫁接苗、砧木自根苗病菌含量与其抗病强弱基本一致。

3 讨论与结论

嫁接可以改变植株的生长势, 但不同砧木品种嫁接后对生长势的影响存在差异^[17-19]。杨冬艳等发现, 南瓜砧木嫁接西瓜后, 其株高与茎粗显著高

于其他处理组, 葫芦砧木嫁接后其叶片数显著少于其他处理, 嫁接苗整体长势为南瓜砧木 > 野生西瓜砧木 > 葫芦类型砧木^[20]; 赵利强研究发现, 葫芦、南瓜、野生西瓜, 嫁接早佳 8424 后, 嫁接植株的生长势显著强于自根苗, 株高分别提高了 0.00%、9.98%、7.73%, 叶片的长度增加了 3.14%、13.28%、9.91%^[21]。李炜蕾等发现, 不同砧木品种对接穗生长影响较为显著但品种之间差异较大, 南瓜砧木中各项指标均高于葫芦砧木, 其中鲜质量与干质量分

别比对照高 106.00% 和 83.33%^[22]。从前人研究结果可以看出,嫁接可以增强植株的生长势,不同砧木促进嫁接苗生长由强到弱为:南瓜砧木>野生西瓜砧木>葫芦类型砧木。但在本次试验中,野生西瓜砧木显著促进了嫁接苗的生长。其中,R₂ 野生西瓜砧木嫁接苗的地上部鲜质量、地下部鲜质量、地上部干质量、地下部干质量、根体积差异较为显著,分别比接穗高 204.2%、140.0%、152.8%、90%、249.1%,整体长势较好。

嫁接是防治蔬菜土传病害最有效的方法之一^[23-24]。韦利娜在甜瓜嫁接对枯萎病的抗性中发现,瓠瓜和南瓜砧木嫁接甜瓜时,发病率和病情指数分别比甜瓜自嫁接降低了 66.23%、59.77% 和 75.78%、58.94%^[25]。田雪发现,嫁接增强了接穗对辣椒疫病的抗性,巨根砧木、青青一号、托拉斯加嫁接后病情指数比对照降低了 80.9%、62.5%、43.9%^[26]。赵文宗等发现,在番茄嫁接抗青枯病中,高抗专用砧木番砧 1 号和通用砧木茄砧 21 号嫁接后,发病率分别降低了 83.87% 与 82.48%^[27]。Gasparotto 等发现,在甜瓜茎枯病中,4 个接穗 Sunrise、Bonus II、Louis 和 Prince hakusho 接种到同一品种的砧木上,其发病程度分别降低了 34.1%、33.8%、51.1% 和 48.0%^[28]。本次试验发现,野生西瓜砧木提高了西瓜枯萎病抗性,且砧木嫁接前后枯萎病抗性强弱基本一致,其中,R₂ 野生西瓜砧木嫁接后的病情指数与接穗相比降低了 91.7%,抗病性较强。

综上,野生西瓜砧木可以提高嫁接苗的生长及枯萎病抗病性,6 种砧木中,R₂ 野生西瓜砧木嫁接后植株长势较好,枯萎病抗性最强,可作为西瓜嫁接栽培优质野生西瓜砧木。

参考文献:

- [1] Rahman M Z, Bashir K A, Siddiqui Y, et al. Biology, diversity, detection and management of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* causing vascular wilt disease of watermelon (*Citrullus lanatus*): a review[J]. Agronomy, 2021, 11(7): 1310.
- [2] Petkar A, Ji P S. Infection courts in watermelon plants leading to seed infestation by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. Phytopathology, 2017, 107(7): 828–833.
- [3] Chang T H, Lin Y H, Chen K S, et al. Cell wall reinforcement in watermelon shoot base related to its resistance to *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. Journal of Agricultural Science, 2015, 153(2): 296–305.
- [4] Raza W, Yuan J, Ling N, et al. Production of volatile organic compounds by an antagonistic strain *Paenibacillus polymyxa* wr-2 in the presence of root exudates and organic fertilizer and their antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. Biological Control, 2015, 80: 89–95.
- [5] Martyn R D. *Fusarium* wilt of watermelon: 120 years of research [J]. Horticultural reviews; volume, 2014, 42: 349–442.
- [6] Pinki D, Lydia T, Anthony K, et al. Progress in grafting watermelon to manage *Verticillium* wilt [J]. Plant Pathology, 2021, 70(4): 767–777.
- [7] 王磊, 常培培, 张自坤, 等. 露地小型西瓜产量品质砧木效应的综合评价 [J]. 核农学报, 2019, 33(2): 346–354.
- [8] 刘新华, 曹春信, 刘林, 等. 不同砧木对嫁接西瓜生长和果实品质的影响 [J]. 浙江农业学报, 2015, 27(6): 966–969.
- [9] 于美荣, 焦定量. 保护地西瓜嫁接砧木筛选试验研究 [J]. 天津农业科学, 2021, 27(6): 20–23.
- [10] Huang Y, Zhao L, Kong Q, et al. Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks [J]. Horticultural Plant Journal, 2016, 2(2): 105–113.
- [11] Liu N, Yang J, Fu X, et al. Genome-wide identification and comparative analysis of grafting-responsive mRNA in watermelon grafted onto bottle gourd and squash rootstocks by high-throughput sequencing [J]. Molecular Genetics & Genomics, 2016, 291(2): 621–633.
- [12] 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.
- [13] 叶云峰, 覃斯华, 付岗, 等. 不同砧木对西瓜枯萎病的抗性鉴定 [J]. 北方园艺, 2018(22): 74–78.
- [14] Lü G Y, Guo S G, Zhang H Y, et al. Colonization of *Fusarium* Wilt-resistant and susceptible watermelon roots by a green-fluorescent-protein-tagged isolate of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. Journal of Phytopathology, 2014, 162(4): 228–237.
- [15] 闫闻, 王喜庆, 贾文鹤, 等. 西瓜枯萎病抗性鉴定技术方案 [J]. 中国瓜菜, 2020, 33(1): 76–78.
- [16] Zhong X, Yang Y, Zhao J, et al. Detection and quantification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* race 1 in plants and soil by Real-time PCR [J]. The Plant Pathology Journal, 2022, 38(3): 229–238.
- [17] 王志强, 刘声锋, 尚建立, 等. 西瓜种质资源枯萎病抗性鉴定 [J]. 北方园艺, 2019(13): 73–76.
- [18] 吴建烈, 王光锋, 江建红, 等. 不同砧木嫁接对茄子植株生长和产量的影响 [J]. 浙江农业科学, 2022, 63(3): 509–511.
- [19] Tamilselvi N A, Pugalandhi L. Studies on effect of grafting technique on growth and yield of bitter melon (*Momordica Charantia* L.) [J]. Journal of Scientific & Industrial Research, 2017, 76(10): 654–661.
- [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.
- [21] 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.
- [22] 李炜蕾, 车亚莉, 曾凤, 等. 不同砧木对西瓜嫁接苗生长及萌蘖发生的影响 [J]. 中国蔬菜, 2020(5): 54–58.

郭琦,毛可欣,安森,等. 4 种猕猴桃在山东越冬期生理响应及耐寒性评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(12):141-148.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.12.020

4 种猕猴桃在山东越冬期生理响应及耐寒性评价

郭琦²,毛可欣²,安森¹,王海荣¹,吕巍²,王世金³,李健¹,李国田¹

[1. 山东省果树研究所,山东泰安 271000; 2. 山东农业大学,山东泰安 271000; 3. 北方奇异果(日照)技术研究院,山东莒县 276500]

摘要:温度是猕猴桃在北方栽培的主要限制因素,当前山东省猕猴桃主栽品种为耐寒中华猕猴桃泰山 1 号。品种的单一会导致采摘期集中且货架期较短,不利于猕猴桃产业发展,因此,开展适宜冬季低温气候条件的猕猴桃优良品种的引进,对于山东省猕猴桃产业结构发展尤为重要。选用泰山 1 号、徐香、脐红和龙城 2 号自然越冬猕猴桃枝条进行各项生理指标和转录组测序,对枝条进行不同梯度低温处理和生理指标测定。徐香猕猴桃冻害最为严重,丙二醛含量在越冬期一直处于较高水平,而龙城 2 号与泰山 1 号恰恰相反,表现出较强的低温适应性。通过低温处理拟合方程和半致死温度计算得出,龙城 2 号和泰山 1 号半致死温度分别为 -36.664 、 -26.973 $^{\circ}\text{C}$,耐寒性较强;脐红和徐香半致死温度分别为 -19.751 、 -20.848 $^{\circ}\text{C}$,耐寒性差。龙城 2 号与泰山 1 号能够在山东地区正常越冬和栽培,而脐红与徐香如在山东地区推广种植,需要人工手段辅助越冬。

关键词:猕猴桃;耐寒性;山东地区;低温处理;越冬;生理指标

中图分类号:S663.401 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)12-0141-08

猕猴桃是双子叶植物纲(Dicotyledoneae)侧膜胎座目(Parietales)猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia*)的多年生落叶藤本植物。据《中国植物志》记载,猕猴桃全属包含 54 个种以上,我国是优势主产区,有 52 个种。我国猕猴桃产业起步较晚,曾在历史上长期落后于新西兰等猕猴桃生产大国,但是目前,我国猕猴桃栽培面积 20 多万 hm^2 ,占世界栽培总面积的 71.4% 以上,已经超过意大利、

新西兰和智利,成为世界上最大的猕猴桃生产国。

低温胁迫是限制植物生长发育的主要环境因素之一^[1-2],对植物生长发育产生不利影响^[3],同时降低产量^[4-5]。高等植物通过不同水平的反应调控应对低温环境^[6-7],包括调节细胞膜的组成、蛋白质和各种物质的浓度等^[8-9]。屈振江等研究表明,影响猕猴桃分布的潜在气候因子分为 5 个:安全越冬、热量资源、水分条件、光照资源和其他因子。其中对于猕猴桃种植分布影响最大的因素是安全越冬,当冬季低温时间不足时,植株需冷量不足,难以自然休眠;而温度过低时植株可能无法安全越冬,猕猴桃耐寒性较差,当温度持续低于 -10 $^{\circ}\text{C}$ 时,会导致冻害^[10]。

目前,我国北方猕猴桃在自然越冬过程中仍有较多的冻害发生,造成严重的经济损失^[11-12]。关于山东地区猕猴桃越冬与抗寒性的研究较少,相关研究主要集中于猕猴桃主产区^[13]。近年来,山东猕猴

收稿日期:2022-07-27

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2021LZGC007);山东省农业科学院创新工程项目(编号:CXGC2022A19);山东省农业科学院创新工程-高层次人才引进项目(编号:CXGC2021B34)。

作者简介:郭琦(1999—),女,山东沂水人,硕士研究生,主要从事猕猴桃抗逆相关研究。E-mail:1722639280@qq.com。

通信作者:李健,博士,助理研究员,主要从事猕猴桃分子育种研究,E-mail:lijian097597@163.com;李国田,硕士,副研究员,主要从事猕猴桃育种与栽培研究,E-mail:ligt2008@163.com。

[23] 邹敏,王永清,杨洋,等. 不同砧木嫁接对茄子生长、品质及青枯病抗性的影响[J]. 中国蔬菜,2019(9):50-54.

[24] Rahman M, A T I, Jett L, et al. Biocontrol agent, biofumigation, and grafting with resistant rootstock suppress soil-borne disease and improve yield of tomato in West Virginia[J]. Crop Protection, 2021, 145(5):105630.

[25] 韦利娜. 抗病砧木根系分泌物提高嫁接甜瓜抗枯萎病的生理机制研究[D]. 广西:广西大学,2021.

[26] 田雪. 嫁接对辣椒生长及疫病抗性的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2020.

[27] 赵文宗,郑旭阳,张映卿,等. 两种砧木对樱桃番茄青枯病抗性及其根际微生物数量的影响[J]. 广西植物,2019,39(10):1307-1316.

[28] Gasparotto F, Oliveira R R D, Penharbel M P, et al. Effect of grafting on the control of gummy stem blight in muskmelons[J]. Semina Ciências Agrárias, 2016, 37(5):2859-2866.