

砧木断根对西瓜嫁接苗生长和光合特性的影响

刘柯^{1,2}, 梁欢¹, 葛米红¹, 祝菊红¹, 李爱成¹,
王德欢¹, 张昭阳¹, 周谟兵¹, 胡江勇¹, 施先锋¹

(1. 武汉市农业科学院作物研究所 武汉 430345; 2. 华中农业大学 武汉 430070)

摘要:为探究砧木断根对西瓜嫁接苗生长和光合特性的影响,以西瓜品种早佳(8424)为接穗,南瓜品种砧壮为砧木,采用单子叶贴接法嫁接,设置砧木不断根(CK)和砧木断根(DRC)2个处理进行研究。结果表明,与CK相比,砧木断根使西瓜嫁接苗株高降低,茎叶干质量、叶柄长和叶面积均表现为先低于对照、后高于对照的趋势,在嫁接后24 d,砧木断根处理的西瓜嫁接苗的叶柄长、第1片真叶叶面积、第2片真叶叶面积和茎叶干质量分别比对照增大了11.40%、33.34%、11.46%和25.02%。与CK相比,砧木断根使西瓜嫁接苗的叶片净光合速率、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率和气孔导度显著增大;光合产物可溶性糖和淀粉含量都在嫁接后18 d显著升高。由此可见,断根嫁接苗对西瓜嫁接苗后期的生长和光合能力的提高有促进作用。

关键词:西瓜;断根嫁接;光合特性;生长

中图分类号:S651

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)11-095-06

Effects of root-pruning splice grafting on the growth and photosynthetic characteristics of watermelon grafting seedlings

LIU Ke^{1, 2}, LIANG Huan¹, GE Mihong¹, ZHU Juhong¹, LI Aicheng¹, WANG Dehuan¹, ZHANG Zhaoyang¹, ZHOU Mobing¹, HU Jiangyong¹, SHI Xianfeng¹

(1. Crop Research Institute of Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430345, Hubei, China; 2. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China)

Abstract: In order to investigate the effects of root-pruning splice grafting on the growth and photosynthetic characteristics of watermelon grafted seedlings, the watermelon variety Zaojia (8424) was used as scion and the pumpkin variety Zhenzhuang was used as rootstock. The difference between the root-pruning splice grafting (DRC) and common root intact splice grafting (CK) was studied. The results indicated that the DRC grafting method improved the growth of watermelon seedling at the late stage after grafting. Compared with CK, the length of leaf petiole, the area of first true leaf, the area of second true leaf and the shoot dry mass were increased 11.40%, 33.34%, 11.46% and 25.02% at 24 days after grafting, respectively. The net photosynthetic rate, intercellular carbon dioxide concentration, transpiration rate and stomatal conductance of leaves were significantly increased after grafting. The soluble sugar and starch content of photosynthetic products increased significantly at 18 days after grafting. It can be seen that root-pruning splice grafting can promote the growth and photosynthesis of watermelon grafted seedlings.

Key words: Watermelon; Root-pruning splice grafting; Photosynthetic characteristic; Growth

西瓜是重要的经济作物,在世界水果生产和消费中占有重要地位。我国是世界第一大西瓜生产国,产量居世界第一位^[1]。嫁接可以克服植株连作障碍、增强抗病性和抗逆性、改善果实品质等,广泛应用于西瓜生产^[2-3]。单子叶贴接法因操作简单、适合机械化操作、嫁接后萌蘖率低而越来越受到关

注^[4-6]。

双断根嫁接法是在常规嫁接的基础上去掉砧木原有根系,在嫁接接口愈合过程中砧木产生新根系的一种嫁接方式。研究表明,与传统的嫁接相比,断根嫁接具有更高的成活率,伤口愈合所需时间更短^[7]。断根嫁接还可以预防徒长,提高嫁接苗的壮

收稿日期:2024-02-28;修回日期:2024-06-04

基金项目:湖北省重点研发计划(2023BBB033);武汉市知识创新专项曙光项目(2022020801020418)

作者简介:刘柯,男,在读硕士研究生,主要从事蔬菜集约化育苗技术研究。E-mail:3361354893@qq.com

通信作者:施先锋,男,高级农艺师,主要从事蔬菜集约化育苗技术研究。E-mail:821648773@qq.com

苗指数,提高嫁接后作物的活力和产量^[8-12]。但是,断根嫁接对嫁接苗生理影响的研究报道较少。

光合作用对植物生长至关重要,与植物的能量吸收固定、物质分配转化和糖类循环等代谢过程密切相关,是植物体内物质代谢和能量代谢的基础。有研究表明,嫁接可以提高植株光合参数和光合作用水平^[13-14],通过增强光合作用和抗氧化防御能力来提高番茄耐盐性、苦瓜耐热性等抗逆性^[15-19]。笔者以西瓜嫁接苗为研究对象,分析砧木断根嫁接苗和砧木不断根嫁接苗生长及光合特性的变化,为西瓜双断根贴接苗后期的生产管理奠定基础,为机械化嫁接技术的推广提供支持。

1 材料与方法

1.1 材料

供试西瓜接穗品种为早佳(8424),购于新疆明鑫科鸿农业科技有限责任公司;供试南瓜砧木品种为砧壮,购于京研益农(寿光)种业科技有限公司。塑料穴盘购于台州隆基塑业有限公司,规格为72孔(54 cm×28 cm×4.3 cm)和98孔(54 cm×28 cm×4.4 cm)。

1.2 设计

试验于2022年8月至2023年3月在武汉市农业科学研究院作物研究所种苗研究室的人工气候室进行。采用完全随机设计,设置2个处理,以砧木断根(DRC)为处理,砧木不断根(CK)作为对照,采用单子叶贴接法进行嫁接,3次重复。

挑选籽粒饱满、大小均匀一致的接穗和砧木种子,用62.5 g·L⁻¹精甲·咯菌腈(亮盾)悬浮种衣剂包衣后分别直播于填充有混合基质的98孔和72孔穴盘中,播种深度1.5 cm。播种后覆盖一层薄膜,置于催芽室30℃催芽48~72 h,待种子拱土时移入人工气候室。混合基质为V_{草炭}:V_{珍珠岩}=3:1,加入30%恶霉灵1000倍液和58%甲霜·锰锌600倍液的混合液进行消毒处理。人工气候室环境条件为:温度28℃/18℃(昼/夜),光周期分别为12 h,光照度125 μmol·m⁻²·s⁻¹,空气相对湿度60%~80%。每隔3 d浇1次100 mg·L⁻¹的水溶肥(20-10-20 NPK水溶肥),砧木第1片真叶长至硬币大小时进行嫁接(播种后10 d)。

嫁接后,砧木断根嫁接苗再扦插到72孔穴盘中,然后将嫁接苗放置到愈合层架上,覆盖一层薄膜。愈合期管理为:温度28℃/18℃(昼/夜),光周期12 h,光照度55 μmol·m⁻²·s⁻¹,空气相对湿度

60%~80%。嫁接后4 d开始揭膜,根据嫁接苗是否萎蔫调整揭膜时间,完全揭膜后调整光照度为125 μmol·m⁻²·s⁻¹。

1.3 测定指标

嫁接后12、18和24 d,每处理取15株,3次重复。用直尺测定嫁接苗株高(子叶节到生长点)和第一叶柄长,用游标卡尺测定嫁接苗茎粗(接穗子叶节处),用叶面积扫描仪测定第一、第二叶位的叶面积,用剪刀剪取接穗子叶节以上部位,使用电子天平测定鲜质量后,将样品放入烘箱,105℃杀青30 min后,80℃烘干至恒质量,测定干质量。嫁接后12、18和24 d,每个处理取12株,3次重复。使用Li-6400XT光合仪,参考王象^[20]的方法测定嫁接苗植株叶片净光合速率、气孔导度、胞间CO₂浓度、蒸腾速率。可溶性糖和淀粉含量的测定参照DONG等^[21]的方法,每个处理取15株,3次重复。

1.4 数据分析

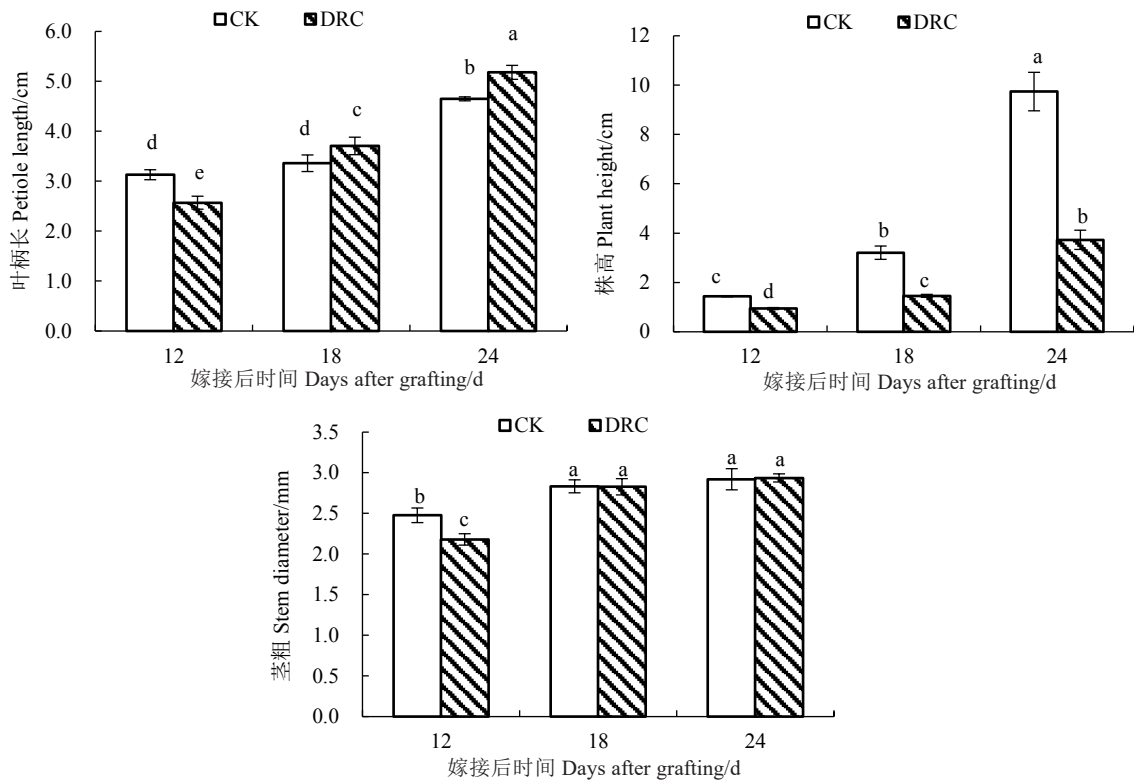
采用Excel 2019对数据进行整理并作图,采用SAS 9.4软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 砧木断根对嫁接苗生长状况的影响

由图1和表1可知,随着嫁接时间的延长,不同处理的西瓜嫁接苗的叶柄长、株高、茎粗、叶面积、茎叶干质量逐渐增加,但变化幅度不同。与不断根(CK)处理相比,断根处理的嫁接苗的株高在嫁接后12、18和24 d均显著降低,株高分别比对照降低了34.42%、54.57%和61.72%。

断根嫁接苗的茎叶干质量、叶柄长和叶面积均表现为先低于对照、后高于对照的趋势,与对照相比,断根嫁接苗的茎叶干质量在嫁接后12和18 d均显著降低,分别比对照减少30.71%和10.22%,在嫁接后24 d显著高于对照,比对照增加25.02%。与对照相比,断根嫁接苗的叶柄长和叶面积在嫁接后12 d显著降低,分别比对照减少17.89%和12.79%;断根嫁接苗的叶柄长和叶面积在嫁接后18和24 d均显著高于对照,嫁接后18 d,断根嫁接苗的叶柄长、第1片叶面积和第2片叶面积分别比对照增加了10.32%、30.89%和41.55%,嫁接后24 d,断根嫁接苗的叶柄长、第1片叶面积和第2片叶面积分别比对照增加了11.40%、33.34%和11.46%。与对照相比,断根嫁接苗的茎粗在嫁接后12 d显著降低11.99%,在嫁接后18和24 d与对照无显著差异。



注:不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

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

图 1 不同时期砧木断根(DRC)和不断根(CK)处理的嫁接苗生长状况

Fig. 1 The growth status of grafted seedling of rootstock treated with root-pruning splice grafting (DRC) and splice grafting (CK) in different periods

表 1 不同时期砧木断根和不断根嫁接苗叶面积和茎叶干质量的变化

Table 1 Changes of leaf area, stem and leaf dry mass of rootstock seedlings with root-pruning splice grafting and splice grafting in different periods

嫁接后时间 Days after grafting/d	处理 Treatment	叶面积 Leaf area/cm ²		茎叶干质量 Stem and leaf dry mass/g
		第 1 叶位 Leaf position 1	第 2 叶位 Leaf position 2	
12	DRC	372.33±10.83 b		0.034 3±0.003 2 b
	CK	426.94±7.58 a		0.049 5±0.002 7 a
18	DRC	639.67±31.19 a	1 474.51±73.90 a	0.095 8±0.001 3 b
	CK	488.72±11.09 b	1 041.72±75.80 b	0.106 7±0.002 2 a
24	DRC	744.97±51.50 a	1 621.85±64.69 a	0.172 4±0.004 7 a
	CK	558.70±45.55 b	1 455.11±12.87 b	0.137 9±0.003 5 b

注:不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

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

2.2 砧木断根对嫁接苗叶片光合参数的影响

从图 2 可以看出,与 CK 相比,DRC 处理对叶片的净光合速率、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率和气孔导度有着显著影响。随着嫁接时间的延长,嫁接苗叶片的净光合速率、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率和气孔导度呈下降趋势。相比于对照,DRC 处理的嫁接苗叶片的净光合速率、胞间二氧化碳浓

度、蒸腾速率和气孔导度均显著提高。在嫁接后 12、18 和 24 d,DRC 处理的嫁接苗叶片的净光合速率分别比 CK 提高了 6.19%、9.32%和 94.80%,蒸腾速率分别比 CK 提高了 57.54%、44.62%和 92.73%,胞间二氧化碳浓度分别比 CK 提高了 36.91%、47.30%和 35.34%,气孔导度分别比 CK 提高了 83.34%、60.57%和 106.49%。

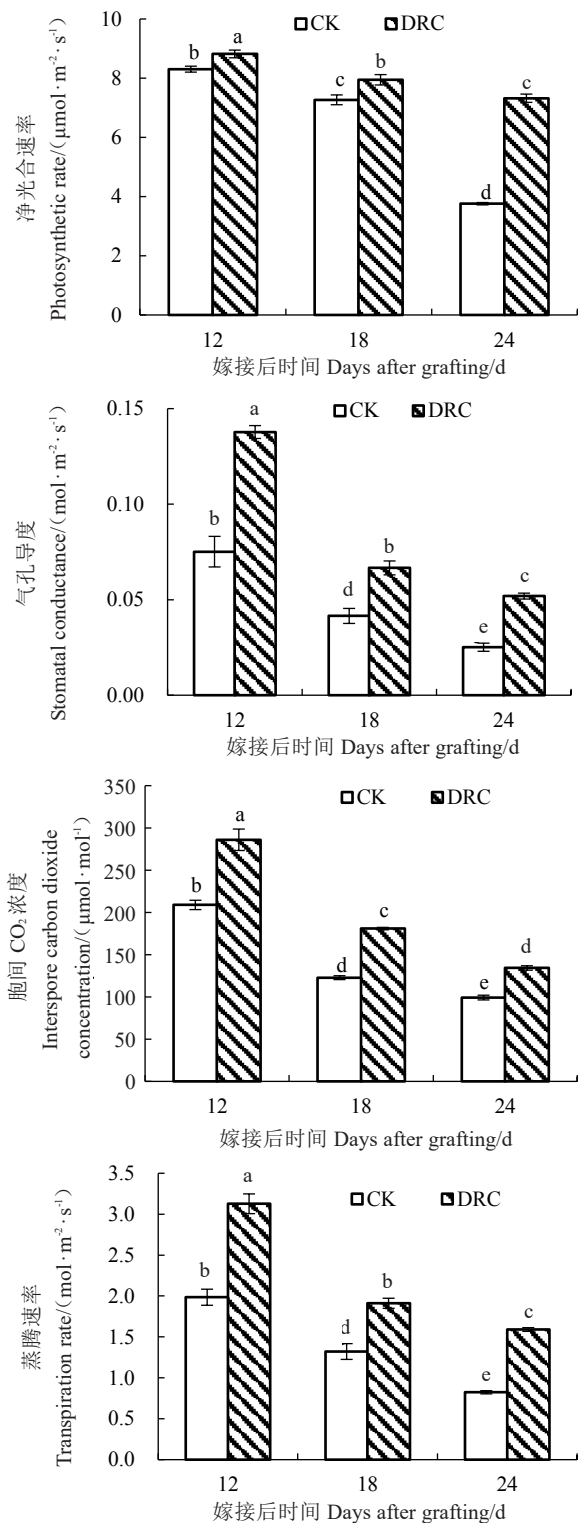


图2 不同时期砧木断根和不断根处理光合指标的变化
 Fig. 2 Changes of photosynthetic indexes of rootstocks treated with root-pruning splice grafting and splice grafting in different periods

2.3 砧木断根对叶片可溶性糖和淀粉含量的影响

可溶性糖和淀粉是植物光合作用的主要产物,砧木断根处理对嫁接苗光合产物积累的影响如图3

所示。随着时间的推移,DRC处理的嫁接苗叶片可溶性糖含量和淀粉含量呈现先升高后降低的趋势。在嫁接后18d,DRC处理叶片的可溶性糖、淀粉含量均显著高于CK,分别比CK增加了50.87%、48.09%。

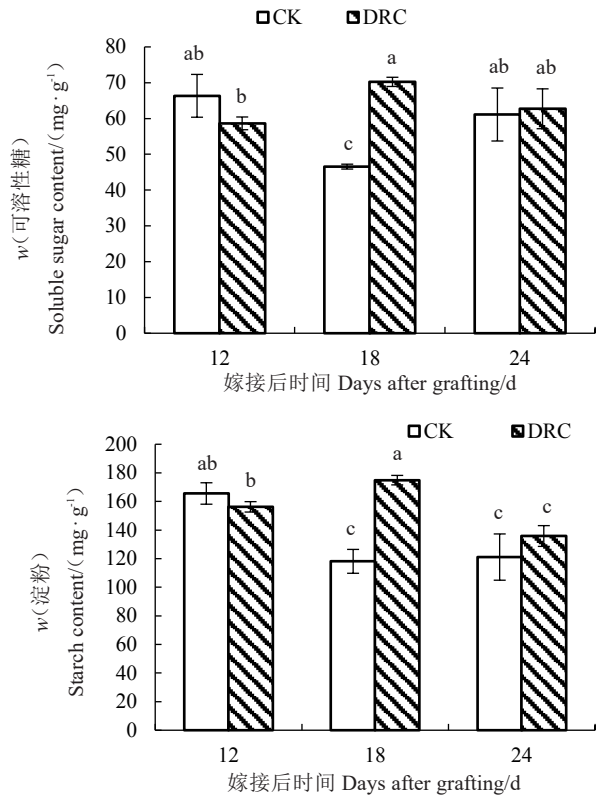


图3 不同时期砧木断根和不断根处理叶片可溶性糖和淀粉含量

Fig. 3 Contents of soluble sugar and starch in leaves of rootstock treated with root-pruning splice grafting and splice grafting in different periods

3 讨论与结论

嫁接作为防控蔬菜作物土传病害的一种实用技术已在西瓜、甜瓜、黄瓜、冬瓜等瓜类蔬菜中广泛应用^[22-25]。高品质的秧苗是嫁接苗生产企业和种植户的共同追求。秧苗品质受嫁接方法、亲和性、砧木和接穗品质、嫁接后管理等影响^[26-28]。刘叶琼等^[8]研究表明,在嫁接后28d,西瓜双断根嫁接苗的株高、茎粗和最大叶面积均高于顶插接和劈接。刘明等^[29]研究表明,在1叶1心期,插接的甜瓜嫁接苗有明显的生长优势,而在3叶1心期,断根的甜瓜嫁接苗的壮苗指数更高。汪炳良等^[30]研究表明,双断根嫁接苗综合素质优于插接苗和贴接苗。本试验结果也表明,砧木断根处理(DRC)的西瓜嫁接苗后期

叶柄长、叶面积和茎叶干质量均显著大于对照(CK)。而砧木断根处理的西瓜嫁接苗前期长势较弱,叶柄长、叶面积和茎叶干质量均显著小于对照,这可能是由于断根嫁接去掉砧木原有的根系,根量减少导致前期的养分吸收量减少、干物质积累减少^[29]。

净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间二氧化碳浓度是衡量植物光合作用能力最直观和重要的生理参数^[31],反映了植株光合作用的内在生理代谢过程和特征。净光合速率代表植物积累有机物的量;胞间二氧化碳浓度是植株进行光合作用的限制因素之一;蒸腾速率能够体现植株代谢的强弱;气孔导度限制了叶肉细胞和空气中CO₂气体的交换^[32]。根系的变化影响植物的光合作用,胡晨曦等^[33]研究表明,嫁接提高了西瓜幼苗叶片净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。时丕彪等^[34]研究表明,嫁接可以提高西瓜幼苗叶片的叶绿素含量。方发之等^[35]研究表明,断根能够提高坡垒大苗植株叶片的气孔导度、蒸腾速率和胞间二氧化碳浓度。本试验结果表明,与对照相比,砧木断根处理的西瓜嫁接苗叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间二氧化碳浓度等光合指标都显著提高。这可能与砧木断根后根系活力增强、养分吸收增加和光合色素含量升高有关。例如,氮是叶绿素的重要组成成分^[36],断根嫁接苗根系对NH₄⁺、NO₃⁻的吸收亲和力均高于顶插接^[37]。但具体砧木断根后嫁接苗叶片和根系的养分含量如何变化仍需进一步研究。可溶性糖和淀粉是植物进行光合作用的主要非结构性碳水化合物产物^[38],本研究结果表明,与对照相比,西瓜砧木断根嫁接苗嫁接后18 d可溶性糖和淀粉含量都显著提高,进一步说明断根促进了西瓜嫁接苗的光合作用。

砧木断根西瓜嫁接苗前期的长势较弱,叶柄长、叶面积和茎叶干质量均小于对照,但砧木断根促进了植物的光合作用,西瓜嫁接苗后期叶柄长、叶面积和茎叶干质量显著高于对照。

参考文献

- 王娟娟,李莉,尚怀国.我国西瓜甜瓜产业现状与对策建议[J].中国瓜菜,2020,33(5):69-73.
- GAION L A, BRAZ L T, CARVALHO R F. Grafting in vegetable crops: A great technique for agriculture[J]. International Journal of Vegetable Science, 2018, 24(1):85-102.
- DEVI P, LUKAS S, MILES C. Advances in watermelon grafting to increase efficiency and automation[J]. Horticulturae, 2020, 6(4):88.
- 焦获,柳唐镜,商纪鹏,等.一种改良的西瓜靠接育苗技术[J].中国瓜菜,2023,36(10):161-163.
- HASSELL R L, MEMMOTT F, LIERE D G. Grafting methods for watermelon production[J]. HortScience, 2008, 43(6):1677-1679.
- 张凯良,褚佳,张铁中,等.蔬菜自动嫁接技术研究现状与发展分析[J].农业机械学报,2017,48(3):1-13.
- 王芽芽,张帆,石玉,等.不同R/FR比值对双断根西瓜嫁接苗生理及光合荧光特性的影响[J].中国农业大学学报,2024,29(3):87-98.
- 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.
- 张志军,郭锋,王丽清,等.不同嫁接方法对黄瓜幼苗生长的影响[J].内蒙古科技与经济,2014(9):81-82.
- 崔青青,孟宪敏,段韞丹,等.断根与打顶对番茄嫁接愈合的抑制作用[J].中国农业科学,2022,55(2):365-377.
- 蒋欣梅,田雪,陈映彤,等.双断根嫁接对辣椒嫁接苗愈合及生长的影响[J].北方园艺,2021(2):10-16.
- 王波.双断根嫁接对冬季茄子、番茄生长发育的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- FULLANA-PERICÀS M, CONESA M À, PÉREZ-ALFOCEA F, et al. The influence of grafting on crops' photosynthetic performance[J]. Plant Science, 2020, 295:110250.
- YANG Y J, YU L, WANG L P, et al. Bottle gourd rootstock-grafting promotes photosynthesis by regulating the stomata and non-stomata performances in leaves of watermelon seedlings under NaCl stress[J]. Journal of Plant Physiology, 2015, 186:50-58.
- ZHANG G H, GUO H C. Effects of tomato and potato heterografting on photosynthesis, quality and yield of grafted parents[J]. Horticulture Environment and Biotechnology, 2019, 60(1):9-18.
- HE Y, ZHU Z J, YANG J, et al. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity[J]. Environmental and Experimental Botany, 2009, 66(2):270-278.
- TAO M Q, JAHAN M S, HOU K, et al. Bitter melon (*Momordica charantia* L.) rootstock improves the heat tolerance of cucumber by regulating photosynthetic and antioxidant defense pathways[J]. Plants-Basel, 2020, 9(6):692.
- 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.
- 黄金艳.薄皮甜瓜嫁接优势的生理机制与蛋白质组学研究[D].南宁:广西大学,2020.
- 王象.稀土元素活化根细胞胞吞对光合作用的影响及机制初探[D].南京:南京师范大学,2019.
- DONG C J, WANG X L, SHANG Q M. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129:629-636.
- 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.
- [23] 凡改恩, 范雪莲, 安家琦, 等. 不同砧木嫁接甜瓜亲和性分析及对生长和果实品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2024(2): 50-53.
- [24] 吕赢, 王越, 马艺莽, 等. 保护地黄瓜嫁接育苗技术[J]. 长江蔬菜, 2023(22): 14-16.
- [25] 袁飞, 刘子凡, 廖道龙, 等. 南瓜嫁接提高冬瓜枯萎病抗性的化感机制[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(5): 26-29.
- [26] 郭松, 于蓉, 田梅, 等. 双砧嫁接组合对西瓜亲和性及适应性的影响[J]. 中国农学通报, 2023, 39(31): 55-61.
- [27] 周磊, 刘娜. 西瓜的几种嫁接方式及关键育苗技术[J]. 长江蔬菜, 2020(7): 34-36.
- [28] 闫长伟, 张爱萍, 王建玉, 等. 温室西瓜嫁接育苗及移栽关键技术[J]. 农村科技, 2023(1): 53-55.
- [29] 刘明, 李梦竹, 孙齐宇, 等. 四种嫁接方法对甜瓜嫁接苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2021(4): 40-45.
- [30] 汪炳良, 海睿, 金炳胜, 等. 嫁接方法对甜瓜嫁接工效及嫁接苗生长和果实品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(10): 1809-1815.
- [31] 魏鸿利, 王园龙, 王天亮, 等. 不同品种杨树在干旱胁迫下的差异性分析[J]. 绿色科技, 2023, 25(17): 87-90.
- [32] 邓秀秀, 施征, 肖文发, 等. 干旱和遮阴对马尾松幼苗生长和光合特性的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(8): 2735-2742.
- [33] 胡晨曦, 张甜, 陈刚, 等. 不同嫁接方式对西瓜幼苗生长和生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 139-143.
- [34] 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.
- [35] 方发之, 吴二焕, 桂慧颖, 等. 不同断根处理对坡垒大苗生理特性的影响[J]. 热带林业, 2022, 50(4): 23-29.
- [36] 陈晨, 焦妍妍, 郑祖华, 等. 西瓜甜瓜矿质营养研究进展[J]. 中国蔬菜, 2017(1): 19-26.
- [37] 任慧转. 不同砧木对西瓜断根嫁接苗生长及根系发育的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2023.
- [38] KOCH K E. Carbohydrate- modulated gene expression in plants[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1996, 47(1): 509-540.