



Evaluation of Compatibility and Non-Compatibility of Cucurbit Rootstocks on Physiological and Biosynthesis Assay in 'Khatooni' Melon Scion

Maedeh Fereshtian¹ | Reza Salehi² | Abdolkarim Kashi³ | Mesbah Babalar⁴

1. Corresponding Author, Assistant professor, Department of Botany, Research institute of forest and rangelands, Tehran, Iran. E-mail: fereshtian@rifr-ac.ir
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: salehir@ut.ac.ir
3. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: kashia@ut.ac.ir
4. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 16 January 2024
Received in revised form
22 February 2025
Accepted 8 March 2025
Published online 27 June 2025

Keywords:

Mineral elements
Starch
Stress
Enzymes
Sugar
Yield

ABSTRACT

Objective: To investigate the physiological and biochemical effects of incompatibility between Khatooni melon (*Cucumis melo* GR. Inodorus accession Khatooni) scion on cucurbit rootstocks, a series of experiments was conducted in a randomized complete block design at the Horticultural Research Station of the University of Tehran in Mohammadshahr, Karaj, in 2021.

Methods: Seven different Cucurbit Rootstocks were applied in this research, which include: 'Rout Power', 'ES 900', 'RZ 12', 'Nongwoo 01', 'RZ6' 'Shintozwa', 'Marvel' and the seed rootstock of the melon cultivar 'Khatooni' with the scientific name (*Cucumis melo* GR. Inodorus accession Khatooni) was also used as a control plant in addition to the scion. Then the effects of incompatibility and compatibility on the yield of fruit weight, number of fruit and marketable yield were checked. Then biochemical activity of plant scion, such as sugar and starch content of scion leaves, leaf mineral elements (N, P, K, Ca, Mg, B) and the amount of stress proteins and enzymes super oxide dismutase, peroxidase and catalase (SOD, PO, CAT) were compared.

Results: Variance analysis revealed significant differences ($p < 0.01$) among treatments in yield traits, stress enzyme activities, protein, and carbohydrate content. Elements such as nitrogen, potassium, calcium, and boron showed significant variation at the 5% level. The highest fruit weight, number of fruits, and marketable yield were observed with Rout Power and Shintozwa rootstocks, indicating incompatibility compared to the Marvel rootstock. Protein accumulation at the graft junction was 1.03 mg/fresh weight in incompatible Marvel rootstocks versus 0.6 mg in Shintozwa, which was more compatible. Higher antioxidant enzyme activities were found in incompatible rootstocks. Sugar and leaf starch contents were higher in Shintozwa relative to incompatible rootstocks, while leaves of compatible plants showed significantly greater levels of N, Ca, Mg, and B.

Conclusion: Rootstock incompatibility adversely affects physiological and biochemical growth traits and scion performance. The Marvel rootstock exhibited incompatibility, whereas Shintozwa demonstrated compatibility with the Khatooni melon scion. Therefore, Shintozwa is recommended as a suitable rootstock for melon grafting to ensure optimal growth and yield.

Cite this article: Fereshtian, M., Salehi, R., Kashi, A., & Babalar, M. (2025). Evaluation of Compatibility and Non-Compatibility of Cucurbit Rootstocks on Physiological and Biosynthesis Assay in 'Khatooni' Melon Scion. *Journal of Crops Improvement*, 27 (2), 299-314. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.371199.2873>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.371199.2873>

Publisher: University of Tehran Press.



بررسی تأثیر سازگاری و ناسازگاری پایه‌های کدو بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیوندک خربزه خاتونی

مآنده فرشتیان^۱ | رضا صالحی^۲ | عبدالکریم کاشی^۳ | مصباح بابالار^۴

۱. نویسنده مسئول، گروه گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران. رایانامه: fereshatian@trif-ac.ir

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، تهران، ایران. رایانامه: salehir@ut.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، تهران، ایران. رایانامه: kashia@ut.ac.ir

۴. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، تهران، ایران. رایانامه: mbabalar@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

هدف: به منظور بررسی اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ناسازگاری پیوندک خربزه خاتونی (*Cucumis melo* Gr Inodorus accession Khatooni) بر روی پایه‌های کدو، آزمایش‌هایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی علوم باغبانی دانشگاه تهران، واقع در محمدشهر کرج در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. **روش پژوهش:** در این پژوهش از هفت رقم کدو به‌عنوان پایه استفاده شد: 'Rout Power', 'ES 900', 'RZ 12', 'Nongwoo 01', 'RZ6', 'Shintoza', 'Marvel'. با نام علمی *Cucumis melo* GR. Inodorus accession Khatooni نیز علاوه بر پیوندک به‌عنوان گیاه شاهد به‌کار برده شد. سپس اثرات ناسازگاری و سازگاری، بر عملکرد وزن میوه، تعداد میوه و بازارپسندی بررسی شد. سپس میزان فعالیت بیوشیمیایی گیاه پیوندک، از جمله محتوای قند و نشاسته موجود در برگ پیوندک، عناصر معدنی برگ (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بور) و مقدار پروتئین‌ها و آنزیم‌های تنش (سوپراکسیدسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز) مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین صفات عملکرد، آنزیم‌های تنش، پروتئین‌ها و محتوای کربوهیدرات‌ها اختلاف معنی‌دار در سطح یک در صد مشاهده شد و در صفاتی چون محتوای عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و بور اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین به‌دست آمده نشان داد، عملکرد وزن میوه، تعداد میوه و بازارپسندی محصول تحت تأثیر پایه بود و بیش‌ترین تعداد میوه در بوته، وزن میوه و عملکرد بازارپسندی متعلق به پایه‌های روت‌پاور و شینتوزا بود که در مقایسه با پایه مارول که ناسازگاری از خود نشان داده بود. مقدار پروتئین تجمع یافته در محل پیوند، در پایه ناسازگار مارول به مقدار ۱/۰۳ میلی‌گرم در وزن تر نسبت به پایه شینتوزا با مقدار ۰/۶ میلی‌گرم در وزن تر بود و ترکیبات آنزیمی ضد اکسیدکننده نیز در محل پیوند پایه‌های ناسازگار بسیار بیش‌تر از پایه سازگار مشاهده شد. مقدار ترکیبات قندی و نشاسته برگ، در شینتوزا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از پایه ناسازگار، بود. عناصر نیتروژن، کلسیم، منیزیم، بور موجود در برگ گیاهان سازگار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر سایرین بود. **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، ناسازگاری پایه بر تمام جوانب رشد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و عملکرد پیوندک اثر سو داشت. بنابراین پایه مارول به‌عنوان پایه سازگار و پایه شینتوزا پایه سازگار مطلوب برای پیوندک خربزه خاتونی پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها:

آنزیم‌های تنش

عملکرد

عناصر غذایی

قند

نشاسته

استناد: فرشتیان، مآنده؛ صالحی، رضا؛ کاشی، عبدالکریم و بابالار، مصباح (۱۴۰۴). بررسی تأثیر سازگاری و ناسازگاری پایه‌های کدو بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیوندک خربزه خاتونی. *به زراعی کشاورزی*، ۲۷ (۲)، ۳۱۴-۲۹۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.371199.2873>



۱. مقدمه

پیوند سبزی‌ها در سال ۱۳۰۸ شمسی با پیوند هندوانه روی کدو قلیانی در کره و ژاپن پایه‌گذاری گردید (بابر^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر استفاده از نشاهای پیوندی در خانواده کوکوریتاسه، بسیار معمول گشته و همین امر سبب افزایش سرانه تولید سبزی، با نشای پیوندی شد (کوروم^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). ایران جزو سه کشور بزرگ دنیا در تولید هندوانه و خربزه بوده که از میزان سه میلیون نشای پیوندی تولیدی در سال، ۹۵ درصد آن به هندوانه، ۳ درصد به خربزه و سایر جالیزی‌ها اختصاص دارد (صالحی^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). بیش از ۹۰ درصد از اراضی کشت کدو بیان در ترکیه، یونان، ژاپن و کره زیر کشت نشاهای پیوندی قرار گرفته است (فیدبیرلیک^۴، ۲۰۱۶).

تولید نشا پیوندی در کدو بیان، روشی نوین جهت تولید مطلوب همراه با کنترل تنش‌های زنده و غیرزنده شناخته شد (بالکایا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). گیاه پایه با ایجاد مقاومت نسبت به بیماری‌های خاکزاد و سایر تنش‌های غیرزنده در گیاه حساس پیوندک، سبب بهبود عملکرد می‌گردد (دوی^۶ و همکاران، ۲۰۲۰) و این موضوع گام بزرگی در راستای تولید محصول ارگانیک تلقی می‌شود (کوهن^۷ و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از هیبریدهای درون‌گونه‌ای کدو^۸ از بهترین پایه‌های شناخته شده در پیوند کدو بیان می‌باشد (سیلان^۹ و همکاران، ۲۰۱۸) و استفاده از پایه‌های مختلف کدو، اثر مستقیم بر زودرسی، مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی داشت اما ناسازگاری پایه و پیوندک، و افت کیفیت میوه، مانع کاربرد تجاری در سطح وسیع گردیده است (بالکایا^{۱۰}، ۲۰۱۴).

۲. پیشینه پژوهش

به‌کاربردن پایه کدو تا حدود زیادی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود (کوروم^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷). موفقیت پیوند، در گام نخست منوط به انجام صحیح عملیات پیوند و انتخاب درست گیاهان پایه و پیوندک است. در این مرحله، اغلب نشاها به‌دلیل نداشتن اتصالات آوندی خشک می‌شوند. سپس، مقطع برش دو گیاه با تشکیل کالوس (سلول‌های تمایز یافته پارانشیمی) فضای خالی مابین آن‌ها را پر کرده و سپس شروع به تمایزیابی نموده و پل پیوندی تکمیلی بین دو گیاه برقرار می‌شود و با تشکیل سلسله آوند چوب و آبکش بین دو گیاه پایه و پیوندک، جریان شیر خام و پرورده برقرار خواهد شد (توماس^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۳). در صورت عدم تکامل اتصالات آوندی یا نقص در آن، جریانات آوندی ایجاد نخواهد شد و در نتیجه، رشد و عملکرد گیاه دچار اختلال می‌گردد. حفظ شرایط محیطی مطلوب، جهت تولید نشای سازگار، امری بسیار ضروری است (کاراکاس و بالکایا^{۱۳}، ۲۰۱۳).

سازگاری بین دو گیاه پایه و پیوندک در پیوند کدو بیان، می‌تواند سبب افزایش کارایی ریشه شده و حجم زیادی آب و

1. Babar
2. Kurum
3. Salehi
4. Fidebirlik
5. Balkaya
6. Devi
7. Cohen
8. *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
9. Ceylan
10. Balkaya
11. Kurum
12. Thomas
13. Karaağaç & Balkaya

مواد غذایی از ریشه به بخش‌های هوایی منتقل گردد (آواتار^۱، ۲۰۲۰). ساختار قوی شبکه ریشه کدو با پیوندک خیار، سبب بهبود جریان هیدرولیکی آب و عناصر غذایی به سمت گیاه پیوندک شده که همین امر کیفیت و کمیت محصول را تضمین می‌کند (گالیناتو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). دستیابی به یک ترکیب پیوندی قابل دسترسی، تأثیر به‌سزایی در موفقیت تولید محصول دارد (سیلان^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). ناسازگاری در پیوند گیاهان خانواده سولاناسه، سه تا شش هفته پس از پیوند بروز کرده و باعث کاهش جذب آب، عناصر معدنی و قند و در نهایت مرگ گیاهچه شد (بکهوس^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). برای دستیابی به مزایای پیوند، باید نشاهای با کیفیت بالا تولید شود و این امر مستلزم ایجاد بیک ارتباط سازنده بین گیاه پایه و پیوندک است تا در دوره رشد یک پیکره واحد گردند (موسوی‌نژاد^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی مسایل فیزیولوژیک که در پیکره گیاهان ناسازگار و سازگار در طی عملیات پیوند مورد پژوهش در سطح دنیا قرار گرفته است، اما آنچه طی ناسازگاری بین دو گیاه پایه و پیوندک اتفاق می‌افتد، هنوز به‌طور کامل شناخته شده نیست و جای پژوهش و بررسی دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش، شناسایی و رفع مشکلات ناسازگاری در امر پیوند بوده تا بتوان علاوه بر کاهش خسارت تولید گیاه پیوندی، از مرحله نشا تا محصول، تولید بیش‌ترین عملکرد از لحاظ کمی و کیفی در واحد سطح را داشت.

۳. روش‌شناسی پژوهش

عملیات اجرایی این آزمایش که در دو بخش صورت گرفته است، در بهار و تابستان در گلخانه و ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج انجام شد. در این تحقیق از هفت رقم کدو به‌عنوان پایه استفاده شد که عبارتند از 'Rout Power', 'ES 900', 'RZ 12', 'Nongwoo 01', 'RZ6', 'Shintozwa', 'Marvel' و پایه بذری خریزه، توده زراعی 'خاتونی'^۶ نیز علاوه بر پیوندک به‌عنوان گیاه شاهد به‌کار برده شد (بذور از کشور کره جنوبی خریداری شد). مشخصات کامل پایه‌ها در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول ۱. شناسنامه بذرهای پایه و پیوندک

شماره	کشور تولیدکننده	شرکت تولیدکننده	نام علمی	رقم کشت‌شده
۱	Japan	SAKATA	<i>Cucurbita pepo</i>	RoutPower. (R.P)
۲	Netherlands	ERGON	<i>Cucurbita. sp</i>	ES 900. (ES)
۳	Netherlands	RIJK ZWAAN	<i>Cucurbita maxima</i> × <i>C. moschata</i>	RZ12. (RZ12)
۴	South Korea	NONGWOO BIO	<i>Lagenaria siceraria</i>	Nongwoo 01. (Nogw)
۵	Netherlands	RIJK ZWAAN	<i>Cucurbita maxima</i> × <i>C. moschata</i>	RZ6. (RZ6)
۶	South Korea	NONGWOO BIO	<i>Cucurbita maxima</i> × <i>C. moschata</i>	Shintozwa. (Sh)
۷	Japan	TAKII SEED	<i>Cucurbita pepo</i>	Marvel. (Mr)
۸	Netherlands	ROSSEN SEED	<i>Cucumis melo</i>	Melon (Control). (Kh)

در آزمون اول، جهت کاشت بذر، از بستر کشت مخلوط کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۸۰ به ۲۰ درصد حجمی در سینی‌های نشا ۵۰ حجره‌ای برای کشت گیاهان پایه و از سینی‌های ۷۲ حجره‌ای برای کشت گیاهان پیوندک استفاده شد

1. Attavar
2. Galinato
3. Ceylan
4. Backhouse
5. Moosavi-Nezhad
6. *Cucumis melo* GR. Inodorus accession Khatooni

(به دلیل این که پایه‌های کدو پررشد و درشت‌تر از پیوندک هستند) و در محیط گلخانه با کنترل شرایط محیطی (دمای ۲۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۸-۲۰ درجه سانتی‌گراد شب)، نور (میزان نور ۳۵۰ الی ۴۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) و رطوبت بالا قرار داده شدند. گیاهچه‌ها به‌طور متوسط، دو هفته بعد از کاشت آماده جهت پیوند زدن بودند. عملیات پیوند به روش نیم‌انیم بر گیاهان پایه و پیوندک انجام گردید. از گیره و قیم برای ثابت نگه داشتن دو گیاه استفاده شد. سپس نشای پیوندی به اتاقک پیوند با شرایط محیطی رطوبت کنترل‌شده: سه روز اول فرایند گیرایی، ۹۵ درصد، سه روز دوم ۸۵ درصد و سه روز سوم روی ۷۰ درصد تنظیم شد تا از اتلاف بیش از حد آب و پژمردگی پیوندک جلوگیری شود. میزان نور ۸۰ الی ۱۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بود و دمای محیط 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید (صالحی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹).

نشا‌های پیوندی در مرحله چهار برگی (یک ماه پس از پیوند) در اواسط اردیبهشت‌ماه، آماده انتقال به زمین اصلی شده و در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در ایستگاه تحقیقاتی علوم باغبانی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، واقع در محمدشهر (از توابع استان البرز، ۳۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ درجه طول شرقی) کشت شد.

قبل از کاشت، عملیات شخم‌زدن و اضافه‌نمودن کودهای دامی و پایه (اوره، سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل) به مقدار نیاز صورت گرفت. جهت کاشت، فاصله بین بوته‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۱/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد. عملیات داشت، از قبیل آبیاری تحت فشار منظم، مبارزه با علف‌های هرز به‌طور منظم انجام گرفت. طرح آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در بخش اول آزمایش، عملکرد کمی همچون تعداد میوه در بوته، عملکرد بازارپسندی و عملکرد کل اندازه‌گیری شد. در بخش دوم آزمایش نیز با انتخاب پایه‌های مطلوب و نامطلوب، در طول دوره رشد، صفات بیوشیمیایی مانند مقدار پروتئین‌های گیاهان، آنزیم‌های تنش، قند کل محلول برگ، نشاسته برگ و برخی عناصر برگ (نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، بور و منیزیم)، اواخر فصل رشد اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول (۲) ذکر گردید.

جدول ۲. تجزیه خاک مزرعه تحقیقاتی محل اجرای آزمایش

اسیدیتته کل آنسباع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	درصد کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (پی پی ام)	پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	آهن قابل جذب (پی پی ام)	مس قابل جذب (پی پی ام)	روی قابل جذب (پی پی ام)	منگنز قابل جذب (پی پی ام)	بافت خاک
۸/۱	۲/۷۱	۰/۰۸۱	۰/۷۷	۶/۱۳	۱۴۶	۵۳/۷	۱/۱۲	۸۱/۱	۲۷/۳	لومی رسی

اندازه‌گیری مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز^۲ در محل پیوند از روش عصاره‌گیری و زیست‌سنجی فعالیت آنزیم آندریو استفاده شد (آندریو^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز^۴ از بافت نمونه (یک گرم) در

1. Salehi
2. Peroxidaz (POX)
3. Andrews
4. Superoxiddismotaz (SOD)

نیتروژن مایع عصاره‌گیری شد (محل پیوند پایه و پیوندک) و با استفاده از هاونگ، با دو میلی‌لیتر پلی‌وینیل پیرولیدون یک درصد (PVP)^۱ حجمی/حجمی و پنج میلی‌لیتر پتاسیم فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار بافر pH=۷، حاوی ۰/۱ میلی‌مولار EDTA یک درصد حجمی/حجمی Triton X-100 عصاره‌گیری انجام گرفت (وسل^۲ و فولوگ^۳، ۱۹۸۴). عصاره توسط کاغذ صافی چهار مرتبه صاف شده و سپس سانتریفیوژ (PIT Universal 320R USA) ۱۵۰۰۰ دور در ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد انجام گرفت و از محلول روشن‌تر جهت اندازه‌گیری فعالیت سوپراکسید دیسموتازها به کار گرفته شد (آندریو^۴ و همکاران، ۲۰۰۲). میزان فعالیت آنزیم کاتالاز^۵ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از طیف‌سنج نوری^۶ (Spectrophotometer Lambda Ez201, UV/Vis-Germany) با طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ترکیبات به کار برده شد، شامل ۳۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات (pH=۷) ۵۰ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H₂O₂) ۳۰ درصد بود و فعالیت آنزیم به مدت دو دقیقه در فاصله زمانی ۲۰ ثانیه‌ای ثبت شد (آبی^۷، ۱۹۸۴). حداکثر جذب پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر صورت می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری میزان آسیمیلات‌ها (غلظت نشاسته و ساکارز) از دستگاه کالریمتر^۸ (PT 10, DSC, Linseis, Germany) استفاده شد و از هر پایه نیم گرم نمونه وزن تر تهیه و با ۲۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد عصاره‌گیری و پس از تبخیر، با دو میلی‌لیتر آب مقطر دوباره حل و مقدار قند تعیین شد. چون مقدار قند و نشاسته در طی آزمایش تغییر می‌کند از دی‌نیترو سالیسیلیک‌اسید استفاده و با دستگاه کالریمتر اندازه‌گیری گردید (میلیر^۹، ۱۹۵۹). برای اندازه‌گیری میزان نشاسته، به میزان دو دهم گرم ید به ۱۰۰ میلی‌گرم محلول یدور پتاسیم اضافه شد. نمونه آسیاب‌شده به مدت یک ساعت در محلول قرار گرفت. مقدار نشاسته با طیف‌سنج نوری در طول موج ۶۳۰ نانومتر قرائت و از گلوکز برای تهیه محلول استاندارد استفاده شد (وان هندل^{۱۰}، ۱۹۶۸). برای تعیین مقدار عناصر موجود در برگ، نمونه را در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، خشک گردید. سپس ۱۰ گرم از نمونه خشک‌شده توزین، آسیاب و جهت اندازه‌گیری مقدار نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کلسیم، بور و منیزیم به کار رفت (یانگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۰). آنالیز داده‌ها با برنامه سس^{۱۲} ۱۹/۴ انجام شد. ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار اکسل^{۱۳} صورت گرفت.

۴. یافته‌های پژوهشی

۴.۱. نتایج تجزیه واریانس

نتایج آزمون در بخش اول آزمایش: عملکرد بوته، عملکرد بازارپسند و عملکرد در هکتار در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳) و نشان داد پایه‌های کدو می‌توانند اثر مثبت بر عملکرد محصول خربزه خاتونی بگذارد.

1. Polyvinylpyrrolidone
2. Wessel
3. Flugge
4. Andrews
5. Catalase(CAT)
6. Spectrophotometer
7. Aebi
8. Calorimeter
9. Miller
10. Van-Handel
11. Yang
12. SAS
13. Excel

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی گیاهان سازگار و ناسازگار خربزه خاتونی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد گیاه	درجه بازاریسندی	عملکرد کل
بلوک	۲	۲/۵۸ ^{ns}	۲۲۲/۵۳ ^{ns}	۱۶۴/۶۹ ^{ns}
تیمار	۷	۲۳/۴۵ ^{**}	۹۶۵/۲۳ ^{**}	۱۵۰۰/۶۷ ^{**}
خطا	۱۴	۱/۷۹	۶۷/۴۷	۱۱۵/۱۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۹/۴۸	۲۲/۷	۱۹/۴۹

ns، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

نتایج تجزیه واریانس در بخش دوم آزمایش که اثر پایه‌های مختلف کدو بر محتوای پروتئین‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و میزان کربوهیدرات‌های گیاهان پیوندی خربزه خاتونی در شرایط مزرعه بود نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین فعالیت‌های آنزیم پراکسیداز، قند و نشاسته، بین تیمارها در سطح یک درصد ($P < 0.01$) و مقدار فعالیت پروتئین‌ها و سوپراکسیددیسموتاز در سطح پنج درصد ($P < 0.05$) وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پایه بر محتوای ترکیبات بیوشیمیایی گیاه پیوندک

منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین کل	پراکسیداز	سوپراکسیددیسموتاز	کاتالاز	نشاسته	قند
بلوک	۲	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۵۰۵ ^{ns}	۰/۶۰۵ [*]	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
تیمار	۱	۰/۲۸ [*]	۶/۴۵ ^{**}	۱۱/۲۳ [*]	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۶۴ ^{**}	۱۲/۶۵ ^{**}
خطا	۲	۰/۰۰۴۵	۰/۴۹	۰/۴۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۸/۲	۱۵/۲۵	۰/۹۵۶	۲۳/۴۳	۰/۰۳	۴/۱۲

ns، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

هم‌چنین، محتوای عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و بور، در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) نسبت به سایر عناصر معنی‌دار بود، اما عناصر فسفر و منیزیم تفاوت خاصی بین پایه‌ها نشان نداد (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پایه بر محتوای عناصر گیاه پیوندک

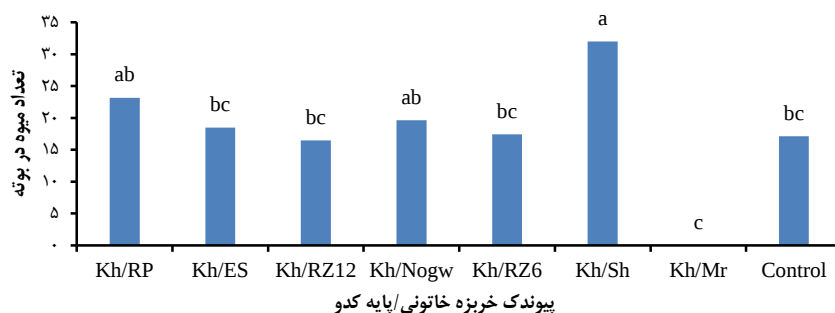
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	بور
بلوک	۲	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۲۷/۶ ^{ns}	۲۴ [*]	۰/۸۹ [*]	۰/۰۰۱۵ ^{ns}
تیمار	۱	۴/۰۷ [*]	۲/۰۸ ^{ns}	۴۱/۴۷ [*]	۲۱۶ [*]	۵۸/۶۸ ^{ns}	۰/۰۰۴۳ [*]
خطا	۲	۰/۱۳۷	۰/۲۱	۸/۴۵	۸	۷/۷۴	۰/۰۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۴۲	۲۵/۶۷	۲۵/۸۵	۸/۲۳	۲۲/۴۲	۱۷/۰۵

ns، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

۲.۴. نتایج مقایسه میانگین

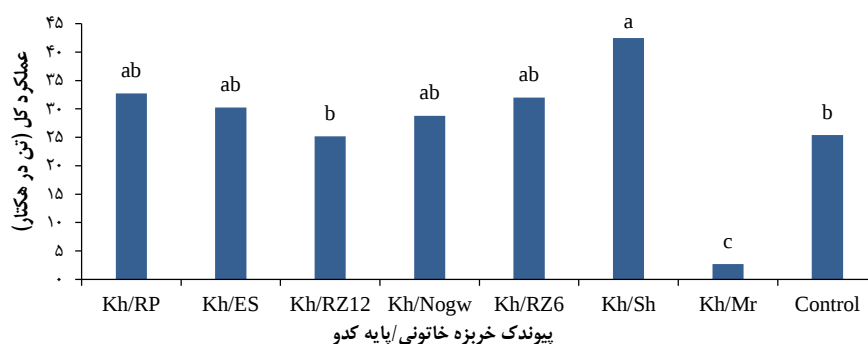
۲.۴.۱. مقایسه کمی میوه

مقایسه میانگین بین تیمارها از لحاظ تعداد میوه در هر بوته (شکل ۱) نشان داد، پایه هیبرید 'شینتوزوا'^۱ بیش‌ترین و پایه 'مارول'^۲ کم‌ترین تعداد میوه در بوته را داشتند. پایه کدو سبب افزایش عملکرد خربزه خاتونی گردید که از نظر اقتصادی بسیار قابل قبول است.



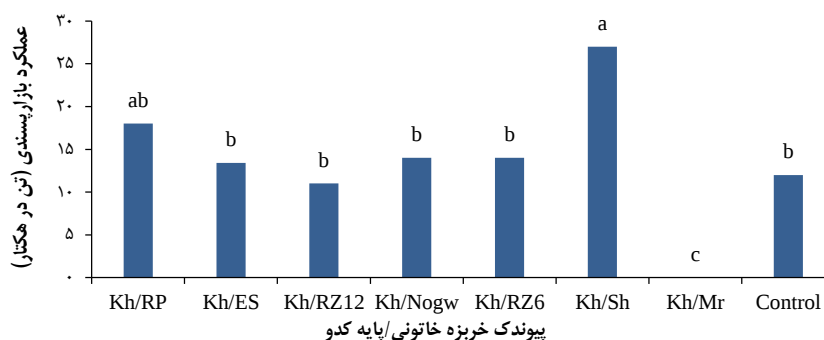
شکل ۱. اثر سازگاری پایه‌های مختلف کدو بر تعداد میوه در بوته خربزه خاتونی

عملکرد کل در هکتار به طور معنی‌داری تحت تاثیر پایه قرار گرفت و در خربزه‌های پیوندی، عملکرد بالاتر نسبت به غیرپیوندی شاهد نشان دادند (شکل ۲). پایه 'شینتوزوا' با اختلاف کمی نسبت به سایر پایه‌ها، نسبت به گیاه شاهد و پایه ناسازگار عملکرد بالایی داشتند و کم‌ترین عملکرد مربوط به پایه 'مارول' بود.



شکل ۲. اثر سازگاری پایه‌های مختلف کدو بر عملکرد کل در هکتار خربزه خاتونی

عملکرد بازارپسندی محصول، فاکتور بسیار مهم در تولید خربزه در سراسر دنیا می‌باشد. میوه‌های زیر یک کیلوگرم و میوه‌های بدشکل به منزله غیر بازارپسند تلقی می‌شود، در خربزه پیوندی با پایه 'شینتوزوا' با اثر معنی‌داری بالا، ۲۷ تن در هکتار، نسبت به سایر پایه‌های دیگر بود (شکل ۳). پایه 'مارول'، به هیچ وجه بازارپسندی نشان نداد که ناشی از ضعف در سیستم آوندی و رشد رویشی کم بوته بود.

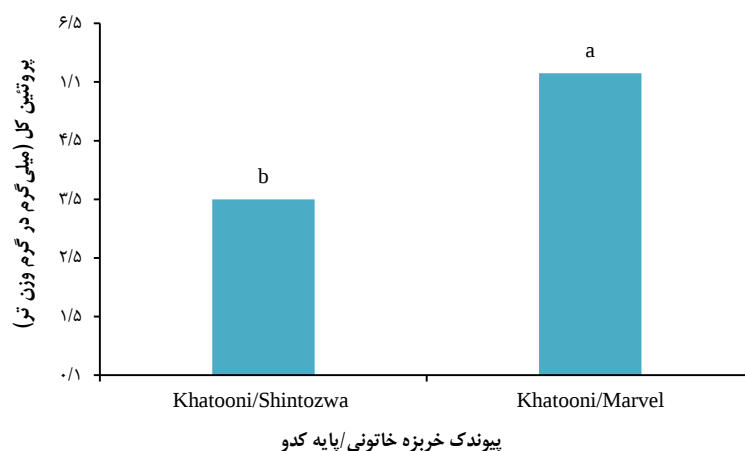


شکل ۳. اثر سازگاری پایه‌های مختلف کدو بر عملکرد میوه بازارپسند در هکتار

در اولین مرحله آزمایش‌ها، پایه 'شینتوزوا' به عنوان پایه شاخص سازگار و پایه 'مارول' به عنوان پایه شاخص ناسازگار از لحاظ عملکرد و کیفیت رشد، معرفی شدند و در مرحله بعد از نظر ترکیبات بیوشیمیایی مورد سنجش قرار گرفتند.

۲.۲.۴. محتوای پروتئین

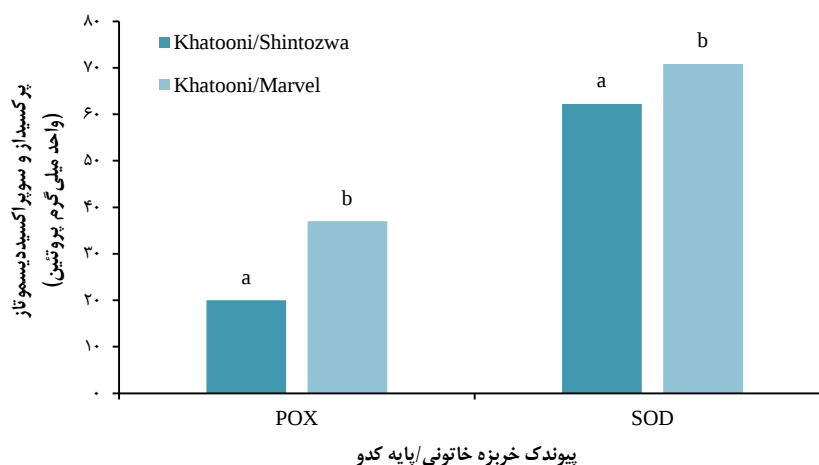
نتایج مقایسه میانگین بین محتوا و تجمع پروتئین‌ها در محل پیوند، گیاهان پیوندی پرورش یافته در شرایط مزرعه‌ای نشان داد (شکل ۴)، مقدار پروتئین تجمع یافته در پایه 'مارول' ($1/03$ میلی گرم در گرم وزن تر) بالاتر از پایه 'شینتوزوا' ($0/6$ میلی گرم در گرم وزن تر) بود، که ناشی از افزایش آنزیم‌های در شرایط نامساعد پیوند است.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر محتوای پروتئین‌ها در پیوند خربزه خاتونی

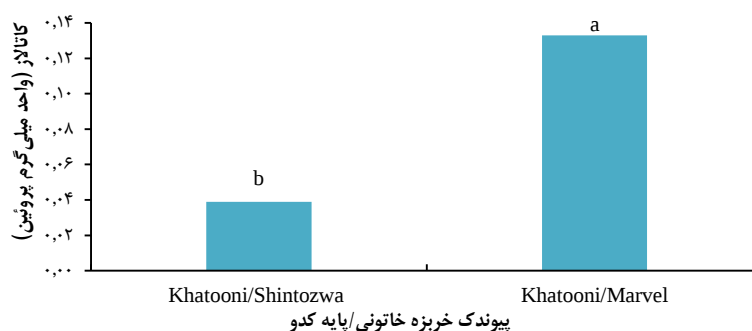
۳.۲.۴. فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز

میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز در پایه ناسازگار 'مارول' ($70/83$ واحد در میلی گرم پروتئین) در مقایسه با پایه سازگار ($62/22$ واحد در میلی گرم پروتئین) بیش تر بود (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر فعالیت پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز در محل پیوند

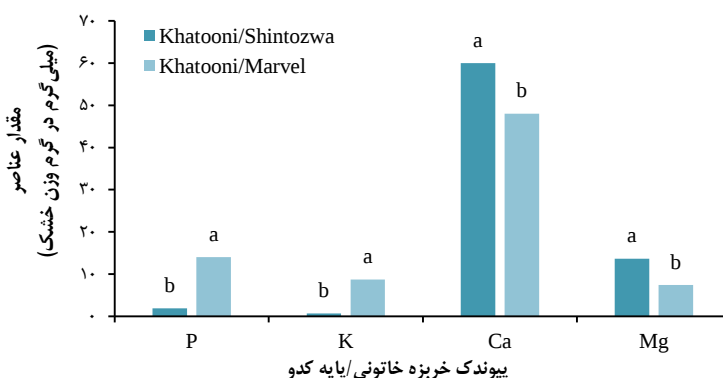
میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در پایه 'شینتوزوا' (0.04 واحد در میلی گرم پروتئین) با اختلاف معنی‌دار، پایین‌تر از پایه ناسازگار 'مارول' (0.13 واحد در میلی گرم پروتئین) است (شکل ۶). مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز ناشی از تولید مازاد رادیکال‌های آزاد و ترکیبات اکسیدکننده در پاسخ به تنش می‌باشد. آنزیم کاتالاز در غلظت‌های کمتر از سایر آنزیم‌ها، نقش بسیار مهمی در کنترل اثرات ناشی از فعالیت اکسیژن‌های فعال دارد.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر فعالیت کاتالاز در محل پیوند

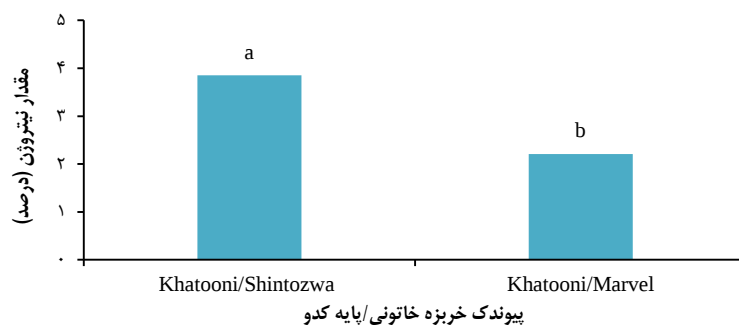
۴.۲.۴. محتوای عناصر برگ

مقایسه میانگین اثرات سازگاری پیوند بر محتوای عناصر برگ در پیوندک (پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم)، مقدار عناصر کلسیم و منیزیم در پایه 'شینتوزوا' بیش‌تر از پایه 'مارول' بود (کلسیم، $60/4$ میلی گرم در گرم وزن خشک و منیزیم برگ، $13/65$ میلی گرم در گرم وزن خشک) (شکل ۷). مقدار تجمع عناصر بسیار تحت تأثیر پایه است (سیلان^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). غلظت کم‌تر عناصر پتاسیم و فسفر در پایه سازگار، می‌تواند به دلیل ارتباط نسبی جذب فعال (فشار ریشه‌ای) و غیرفعال (تبخیر و تعرق) در طول شبانه روز باشد که باز جای پژوهش و بررسی دارد.



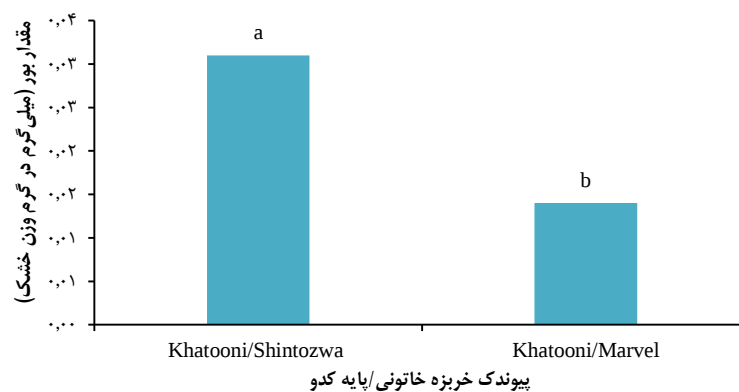
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر مقدار عناصر برگ پیوندک خربزه خاتونی

مقدار نیتروژن برگ در پایه پیوندی 'شینتوزوا' ($3/85$ درصد) با اختلاف معنی‌دار بالاتر از پایه 'مارول' ($2/21$ درصد) بود (شکل ۸). جذب بالای عنصر نیتروژن در پایه 'شینتوزوا' نسبت به پایه 'مارول'، دلیل مهمی بر سازگاری این پایه است و بسیار تحت تأثیر ژنوتیپ پایه قرار است و پیوندک نقش زیادی در آن ندارد.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر مقدار نیترژن برگ پیوندک خربزه خاتونی

میانگین عنصر بور در پایه 'شیتوزوا' (0.03 میلی گرم در گرم وزن خشک) بیش از پایه 'مارول' (0.02 میلی گرم در گرم وزن خشک) بود (شکل ۹) که مقدار بیش تر این ریزمغذی، در 'شیتوزوا'، دلیل دیگری از افزایش عملکرد این پایه می باشد.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر مقدار عنصر بور برگ پیوندک خربزه خاتونی

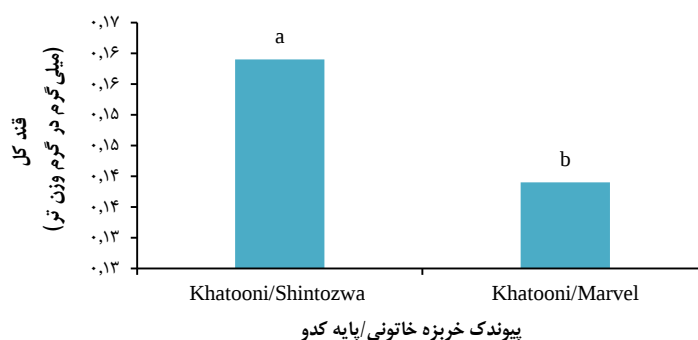
۵.۲.۴. محتوای قند و نشاسته

مقایسه مقدار نشاسته برگ پیوندک 'خربزه خاتونی' نشان می دهد، میزان آن در پایه 'شیتوزوا' (0.159 میلی گرم در گرم وزن تر) بیش تر از پایه 'مارول' (0.139 میلی گرم در گرم ماده تر) بود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر پایه بر مقدار نشاسته برگ پیوندک خربزه خاتونی

همچنین محتوای قند کل محلول پیوندک، در پایه 'شیتوزوا' (۱۴/۸۹ میلی گرم در گرم وزن تر) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از پایه 'مارول' (۱۰/۱۹ میلی گرم در گرم وزن تر) وجود داشت (شکل ۱۱). یکی از دلایل عمده بالابودن محتوای نشاسته برگ در پیوندک پیوندی با پایه 'شیتوزوا'، سیکل و تبادلات قوی (منبع تولید و محل مصرف) ترکیبات فتوسنتزی توسط شبکه آوندی پیشرفته می‌باشد. محصولات قندی فتوسنتز، در شرایط رشد ایده‌آل، به ترکیبات ساختاری و ذخیره‌ای تبدیل می‌شوند و سپس در اندام گیاه، برگ‌ها و ریشه تجمع می‌یابند. در پایه مارول، به‌دلیل نقص اتصالات آوندهای چوب و آبکش، این مسیر صورت نمی‌گیرد.



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر سازگاری پایه بر قند کل محلول برگ پیوندک خربزه خاتونی

۵. بحث

در تولید ملون‌ها، استفاده از پایه سازگار کدو، سبب تحریک رشد دو گیاه پایه و پیوندک می‌شود که سبب افزایش عملکرد پیوندک خواهد شد. پایه کدو با وجود شبکه ریشه‌ای گسترش یافته و عمیق، قدرت بالایی در جذب و انتقال آب و مواد غذایی به سمت گیاهچه پیوندک داشته و آن را نسبت به شرایط غیرپیوندی تقویت می‌کند و سبب تولید میوه‌هایی با درصد قند و ماده خشک بیش‌تر شده و میوه‌ها از نظر طعم، عملکرد کمی و کیفی بهتر خواهد شد (امینول ایسلام^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، مقاومت بالای ارقام کدو به تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مقایسه با گیاه خربزه، دلیل دیگر اثربخشی آن بر افزایش عملکرد است (کاراگاس^۲ و همکاران، ۲۰۱۳).

ناسازگاری در پیوند، محتمل است در اثر انتخاب نادرست ترکیب پیوندی، عوامل نامساعد محیطی، عوامل فیزیولوژیکی و ساختاری یا شیوه پیوند به‌وجود بیاید (محمد^۳ و همکاران، ۲۰۲۴). بسته به شرایط مختلف، ناسازگاری از لحظه آغازین پیوند تا مرحله انتهایی رشد بوته، قابل رخ‌دادن است. مطابق نتایج کوهن در این پژوهش نیز نشان داده شد، ناسازگاری، بر کل سیستم فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی هردو گیاه پایه و پیوندک اثر می‌گذارد. رشد گیاهچه‌های پیوندی در مراحل ابتدایی پیوند، مشابه بود اما با گذشت سه هفته از انتقال نشا پیوندی به زمین اصلی، شواهد ناسازگاری با تورم محل پیوند، رویت شد که به‌دلیل نقص در تکامل شبکه آوندی بین دو گیاه پایه و پیوندک، بروز پیدا خواهد کرد. گره ایجاد شده در این مقطع، مانع از انتقال شیرخام از ریشه که حاوی آب، عناصر معدنی میکرو و ماکروالمنت‌ها می‌شود و جریان شیرخام پرورده حاوی نشاسته و قند نیز از سوی اندام هدایی به سمت ریشه نیز دچار اختلال خواهد شد (کوهن^۴ و همکاران، ۲۰۱۶).

1. Aminul Islam
2. Karaagaç
3. Mohamed
4. Cohen

فنگ بیان نمود، ناسازگاری نوعی تنش فیزیولوژیکی است، سلول‌های تنش، شروع به تولید ترکیبات رادیکال آزاد کرده و سیستم دفاعی گیاه، برای مقابله با آن و حفظ و بقای خود شروع به تولید آنزیم‌های ضد اکسیدکنندگی کرده و سعی در برطرف نمودن اثرات سو آن می‌کند (فنگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). افزایش مقدار نسبی پروتئین‌های محل پیوند در پایه 'مارول' به مقدار ۱/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر، به نسبت بالاتر از پایه 'شینتوزا' به مقدار ۰/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر، نشان‌دهنده‌ی افزایش ترکیبات ضد اکسیدکننده (پروتئینی)، جهت افزایش مقاومت سلول به ترکیبات اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد تولیدشده در شرایط نامساعد محیطی و فیزیولوژیکی می‌باشد (اباس^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). در پایه مارول، سطوح آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز (۷۰/۸۳ واحد در میلی‌گرم پروتئین) بالاتر از پایه سازگار 'شینتوزا' (۶۲/۲۲ واحد در میلی‌گرم پروتئین) بود، اما غالب بودن سطوح رادیکال‌های آزاد نسبت به آنزیم‌های ضد اکسند در محل پیوند دو گیاه، علت عمده بروز ناسازگاری در این پایه می‌تواند باشد.

توماس^۳ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش‌هایی مشابه گزارش کردند، تولید مقدار بالای پروتئین‌ها، ناشی از فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیدکننده علیه رادیکال‌های آزاد شرایط تنش، در محل پیوند، زمانی مقاومت کلی ایجاد خواهد کرد که مقداری مضاعف جهت مقابله با ترکیبات رادیکالی را بروز نماید. فعالیت آنزیم پراکسیداز تا مراحل آخر رشد گیاه افزایش می‌یابد و تا زمانی که گیاهان عالی در معرض تنش قرار گیرند فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز نیز در حال افزایش خواهد بود (ساواس^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). به همین دلیل ناسازگاری تا آخرین مرحله رشد گیاه قابل تغییر می‌باشد.

افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیدکننده نشان‌دهنده فراوانی نسبی پروتئین‌ها می‌باشد و این امر ناشی از افزایش بیان ژن‌های کدکننده آنزیم پراکسیداز و یا ناشی از پایداری ملکول‌های پروتئینی این آنزیم در برابر تخریب اکسیدکننده‌های ناشی از شرایط پیری سلول است، که نتیجه قطعی آن هنوز مشخص نیست (فنگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). از طرفی، در مراحل انتهایی رشد گیاه، توانایی محافظتی سلول در مقابل تنش‌های اکسیداتیو کاهش یافته و گیاه بسوی مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده رفته و فعالیت‌های طبیعی سلول و ماکرومولکول‌ها از جمله پروتئین‌ها از بین می‌روند (امینول ایسلام^۶ و همکاران، ۲۰۲۱). محتوای آنزیم کاتالاز نیز مانند سایر آنزیم‌های مذکور در پایه ناسازگار 'مارول' بیش‌تر از پایه شینتوزا بود. آنزیم کاتالاز در غلظت‌های کم‌تر از سایر آنزیم‌ها، نقش بسیار مهمی در کنترل اثرات مخرب اکسیژن‌های فعال دارد، اما بیش‌ترین میزان بیان ژن‌های کاتالاز و آسکوربیت پراکسیداز، در جبران اثرات سوء تنش محیطی، فیزیولوژیکی و متابولیکی رخ می‌دهد (توماس^۷ و همکاران، ۲۰۲۳).

طی نتایج برگرفته از این پژوهش، ناسازگاری، اثرات عمده‌ای بر جذب عناصر معدنی در گیاه پیوندک دارد، مقدار عناصر کلسیم، منیزیم، نیتروژن و بور در گیاه سازگار با پایه 'شینتوزا' با اختلاف معنی‌داری، بسیار بالاتر از پایه ناسازگار 'مارول' بود. اختلافات جذب عناصر در دو پایه مورد آزمایش، از دلایل عمده نقص و انسداد در تشکیل پل آوندی و عدم تکامل شبکه آوندی گیاه پایه و پیوندک می‌باشد که اثر مستقیم بر کارایی جذب ریشه و برهم‌خوردن تعادل در جذب و

1. Feng
2. Abbas
3. Thomas
4. Savvas
5. Feng
6. Aminul Islam
7. Thomas

مصرف داشته و در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد پیوندک خواهد شد که این نتیجه مطابق پژوهش‌های امین^۱ و همکاران بود (۲۰۲۳). وجود ریزمغذی‌ها در فعالیت زیستی گیاهان از جمله، سوخت‌وساز اولیه و ثانویه، حفاظت از سلول، تنظیمات ژنتیکی، ساخت و نقل و انتقالات هورمونی، تولید مثل و تبادلات سیگنالی بسیار ضروری بوده و اثر مستقیم بر عملکرد نهایی محصول خربزه خاتونی داشت. پژوهش‌های کوهن نشان داد، در صورت سازگاری پیوند، محتوای عناصر پتاسیم و نیتروژن پیوندک، در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی گوجه‌فرنگی، تفاوت معنی‌دار نشان نداد (کوهن^۲ و همکاران، ۲۰۱۶).

جذب بالای عنصر نیتروژن در پایه 'شینتوزوا' (۳/۸۵ درصد) با اختلاف معنی‌دار نسبت به پایه 'مارول' (۲/۲۱ درصد)، دلیل مهمی بر سازگاری و عملکرد این پایه است که بخشی از آن نیز، تحت تأثیر ژنوتیپ پایه قرار داشت. در گزارش‌های متعددی فعالیت زیاد ریشه کدو با پیوندک هندوانه باعث افزایش غلظت یون‌های نیترات، آمونیم، فسفات در شیرخام و عملکرد آن گردید (ال-گزار^۳ و همکاران، ۲۰۱۶).

کربوهیدرات‌ها از مهم‌ترین ترکیبات بیوشیمیایی هستند که در تعیین کیفیت میوه ملون‌ها نقش اساسی دارند (ساواس^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). مقایسه محتوای قند و نشاسته بین پایه سازگار و ناسازگار نشان داد، پیرو ناسازگاری در پیوند، کاهش چشم‌گیری در مقدار نشاسته و قند پیوندک رخ خواهد داد، که این کمبود در مراحل میوه‌دهی، سبب کاهش عملکرد بازارپسندی شد و برعکس، بالاتر بودن مقدار قند محلول برگ در گیاهان سازگار 'شینتوزوا'، از دلایل کیفیت بالای میوه بود. با انسداد جریان‌ات شیرخام و پرورده در محل پیوند، اختلال در انتقال قند و نشاسته به میوه ایجاد شده و این موضوع کلیه فرایند فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه پیوندک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (امین^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). برخلاف نتایج این پژوهش، فرهادی گزارش کرد، میزان مواد جامد محلول در گیاهان پیوندی کمتر از گیاهان شاهد بود (فرهادی^۶ و همکاران، ۲۰۱۶). شناسایی به موقع و مرتفع کردن دلایل ناسازگاری و انتخاب پایه سازگار قوی، نقش مهمی در میزان تولید قطعی باکیفیت، با میزان قند کل مطلوب، تأثیر به‌سزایی دارد. گاهی پایه کدو، باعث کاهش میزان مواد جامد محلول و کاهش نسبی قند میوه می‌شود، اما از سوی دیگر باعث بهبود عملکرد کمی محصول از ۲۵ درصد تا ۵۵ درصد شد (صالحی^۷ و همکاران، ۲۰۰۹).

به‌طور کلی، انتخاب ترکیب پیوندی مناسب جهت تشکیل پل پیوندی بین شبکه آوندی دو گیاه پایه و پیوندک، ایجاد شرایط محیطی مساعد جهت گیرایی و انتخاب روش درست پیوند از عوامل تأثیرگذار بر موفقیت پیوند و تضمین محصول باکیفیت خواهد بود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، کشت نشا پیوندی 'خربزه خاتونی' با پایه کدو در صورت سازگار بودن پیوند، تأثیر زیادی بر بهبود عملکرد کیفی و کمی و بازارپسندی محصول دارد. در شرایط انتخاب برترین پایه و کنترل شرایط محیطی مخصوصاً در مراحل ابتدایی عملیات پیوند، تولیدکننده می‌تواند به این نتیجه مطلوب برسد.

1. Amin
2. Cohen
3. El-Gazzar
4. Savvas
5. Amin
6. Farhadi
7. Salehi

ناسازگاری ترکیب پیوندی، در مراحل ابتدایی قابل تشخیص بوده و با حذف به موقع آن، قبل از وارد کردن به زمین اصلی، می‌توان حدود زیادی از بروز خسارات اقتصادی به تولیدکننده جلوگیری کند. مرگ گیاهچه، کاهش تولید محصول و افت بازارپسندی از عوامل بارز ناسازگاری می‌باشد. در همین راستا، انتقال شیرخام از ریشه که حاوی آب، عناصر معدنی میکرو و ماکروالمنت‌ها از جمله منیزیم، کلسیم، نیتروژن و بور دچار بحران شده و جریان شیرخام پرورده حاوی نشاسته و قند نیز از سوی اندام هوایی به سمت ریشه نیز دچار اختلال خواهد شد. این عدم تعادل در تبادلات غذایی باعث نقص در رشد، کاهش عملکرد و در نهایت مرگ گیاه می‌گردد. افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز در سلول‌های محل پیوند، که نقش اساسی در سازگاری دارند، در شرایط تنش ایجاد می‌شوند. مقدار ترکیبات پروتئینی تولیدشده در گیاه ناسازگار به‌دلیل کنترل شرایط نامساعد سلول‌ها، بیش‌تر از گیاه سازگار بود. پاسخ گیاه به ناسازگاری پیوند، بسته به ترکیب پیوندک و پایه متفاوت است. انتخاب پایه مناسب برای تولید 'خربزه خاتونی' امری لازم‌الاجرا در تولید محصول بهینه می‌باشد که در این پژوهش، پایه 'شیتوزوا' بهترین پایه جهت تولید این محصول معرفی گردید. پیشنهاد می‌گردد با تولید بذر هیبرید این پایه ارزشمند و تولید داخلی بذره‌های کدو مقاوم به چندین بیماری جهت تولید پایه به خودکفایی در این زمینه رسیده و یکی از مشکلات در امر تولید نشای پیوندی 'خربزه خاتونی' در این عرصه، حل و فصل گردد.

۷. تشکر و قدردانی

این فعالیت علمی و مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی دوره دکتری که در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران اجرا گردیده است. بدین‌وسیله از ریاست دانشکدگان و اعضای هیأت علمی گروه علوم باغبانی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- Abbas, F., Faried, H. N., Akhtar, G., Ullah, S., Javed, T., Shehzad, M., Ziaf, K., & Razzaq, K. (2023). Cucumber grafting on indigenous cucurbit landraces confers salt tolerance and improves fruit yield by enhancing morpho-physio-biochemical and ionic attributes. *Journal of Scientific Reports*, 13, 21697.
- Aebi, H. (1984). Catalase *in vitro*. *Journal of Methods Enzymol*, 105, 121-126.
- Andrews, J., Adams, S. R., Burton, K. S., & Evered, C. E. (2002). Subcellular localization of peroxidase in tomato fruit skin and the possible implications for the regulation of fruit growth. *Journal of Experimental*, 53, 2185-2191.
- Amin, M., Wattoo, M. F., Hafeez, F., Rahimi, M., & Abeed, H. A. (2023). Cucumber grafting on indigenous cucurbit landraces confers salt tolerance and improves fruit yield by enhancing morpho-physio-biochemical and ionic attributes. *Journal of Scientific Reports*, 13, 21697-21704.
- Aminul Islam, A. K. M., Mominul Islam, K. M., Farzana Mustafa, E., & Islam, H. (2021). Vegetable grafting: a century-old technique to improve organic production. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4, 303-322.
- Attavar, A., Tymon, L., Perkins-Veazie, P., & Miles, A. (2020). Cucurbitaceae Germplasm Resistance to Verticillium Wilt and Grafting Compatibility with Watermelon. *Journal of Horticulture Science*, 55, 141-148.
- Babar, M., Afzal, N., Siddiqui, K., Azhar, A., & Galani, S. (2023). Exploring graft incompatibility markers: Intraspecific and interspecific grafts of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Sci. Hortic*, 310, 111762.

- Backhouse, D., Kawaguchi, M., Oda, M., & Taji, A. A. (2018). Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85, 3-20.
- Balkaya, A. (2014). Asili sebze uretiminde kullanılan anaclar. *Journal of Turktob Birliği Dergisi*, 6, 6-19.
- Balkaya, A., Gungor, B., Saribas, S., & Yildiz, S. (2018). Determination of the effects of Pumpkin rootstock on yield and fruit quality in mini Watermelon cultivation. *Journal of Research Article*, 28, 237-246.
- Ceylan, Ş., Alan, Ö., & Elmacı, Ö. L. (2018). Effects of grafting on nutrient element content and yield in watermelon. *Journal of Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55, 67-74.
- Cohen, R., Burger, Y., Hershenhorn, J., & Edelstien, M. (2016). Horticultural and pathological aspects of *Fusarium* wilt management using grafted melons. *Journal of HortScience*, 37, 1069-1073.
- Devi, P., Lukas, S., & Miles, C. (2020). Advances in watermelon grafting to increase efficiency and automation. *Journal of Horticulturae*, 6, 88-100.
- El-Gazzar, T. M., Dawa, K. K., Ibrahim, E. A., & El-Awady, A. M. (2016). Effect of Rootstocks and Grafting Methods on Watermelon (*Citrullus lanatus*) Production. *Journal of Plant Production*, 7, 603-609.
- Feng, M., Augstein, F., Kareem, M., & Melnyk, C. W. (2024). Plant grafting. Molecular mechanisms and applications. *Journal of Molecular Plant*, 17, 75-91.
- Fidebirlik, G. (2016). Kabak (*Cucurbita* spp.) genetik kaynaklarının hıyar (*Cucumis sativus* L.) anaç ıslah programında değerlendirilmesi ve yerli hibrit anaçlarının geliştirilmesi., *Proje Sonuç Raporu*, 311, 194-140.
- Galinato, S. P., Miles, C. A., & Wimer, J. A. (2016). Non-grafted and grafted seedless watermelon transplants: comparative economic feasibility analysis. *Journal of Acta Horticulture*, 22, 311-312.
- Karaagac, O., & Balkaya, A. (2013). Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. *Journal of Scientia Horticulturae*, 149, 9-12.
- Kurum, R., Çelik, I., & Eren, A. (2017). Effects of rootstocks on fruit yield and some quality traits of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Journal of DERİM*, 34, 91-98.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Journal of Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Mohamed, F. H., Abd, K. E., El-Hamed, M. W., Elwan, M., & Hussien, M. N. E. (2014). Evaluation of different grafting methods and rootstocks in watermelon grown in Egypt. *Journal of Scientia Horticulturae*, 168, 145-150.
- Moosavi-Nezhad, M., Salehi, R., Aliniaiefard, S., Tsaniklidis, G., Woltering, E., Fanourakis, D., Zuk-Golaszewska, K., & Kalaji, H. M. (2021). Blue Light Improves Photosynthetic Performance during Healing and Acclimatization of Grafted Watermelon Seedlings, *Journal of Molecular Science*, 22, 8043-8053.
- Salehi, R., Kashi, A., Lee, S. G., Huh, Y. C., Lee, J. M., Babalar, M., & Delshad, M. (2009). Assessing the survival and growth performance of Iranian melon to grafting onto *Cucurbita* rootstocks. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 27, 1-6.
- Salehi, R., Kashi, A., Lee, J. M. J. M., & Javanpour, R. (2014). Mineral Concentration, Sugar Content and Yield of Iranian 'Khatooni' Melon. Affected by Grafting, Pruning and Thinning. *Journal of Plant Nutrition* 37, 1255-1268.
- Savvas, G., Ntatsi, D., Papatotiropoulos, V., Katsileros, A., Zrenner, R. M., Hinch, D. K., Zuther, E., & Schwarz, D. (2017). Rootstock sub-optimal temperature tolerance determines transcriptomic responses after long-term root cooling in rootstocks and scions of grafted tomato plants. *Journal of Front Plant Science*, 8, 911-922.
- Thomas, H. R., Gevorgyan, A., & Frank, M. H. (2023). Anatomical and biophysical basis for graft incompatibility within the *Solanaceae*. *Journal of Experimental Botany*, 74, 4461-4470.
- Van-Handel, E. (1968). Direct microdetermination of sucrose. *Journal of Analytical Photochemistry*, 22, 280-283.
- Wessel, D., & Flugge, U. I. (1984). A method for the quantitative recovery of protein in dilute solution in the presence of detergents and lipids. *Journal of Analytical Biochemistry*, 138, 141-158.
- Yang, Z. M., Sivaguru, M., Horst, W. J., & Matsumoto, H. (2000). Aluminum tolerance is achieved by exudation of citric acid from roots of soybean (*Glycine max*). *Journal of Physiology Plant*, 110, 72-77.