

بهبود جذب عناصر غذایی، شاخص‌های رشد و عملکرد دو توده خیار بومی آذربایجان شرقی از طریق پایه‌های پیوندی

ادریس حاج علی^۱، صاحبعلی بلندنظر^{۲*} و جابر پناهنده^۲
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پیوند خیار روی پایه‌های تجاری کدو آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل هشت تیمار با سه تکرار به صورت مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۴ انجام شد. دو توده خیار بومی آذربایجان شرقی (به ترتیب باسمنج و گونی) و یک رقم تجاری (ماهان) روی دو پایه تجاری کدو (به ترتیب شیتوزا و روت‌پاور) پیوند شدند. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب‌های پیوندی باسمنج/ شیتوزا، باسمنج/ روت‌پاور، گونی/ شیتوزا، گونی/ روت‌پاور و ماهان/ روت‌پاور و خیارهای بدون پیوندی باسمنج، گونی و ماهان بودند. گیاهان با استفاده از روش نیمانیم تک‌په‌ای پیوند شدند. نتایج نشان داد، پایه‌ها تأثیر معنی‌دار مثبتی روی شاخص‌های رویشی شامل سطح برگ، شاخص سبزینه (کلروفیل)، طول ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی، شمار میوه و عملکرد میوه در تک بوته داشتند. بیشترین غلظت نیتروژن برگ در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و کمترین آن در خیار باسمنج مشاهده شد. بیشترین غلظت پتاسیم و فسفر اندام‌های هوایی در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و کمترین غلظت پتاسیم و فسفر اندام‌های هوایی در خیار باسمنج مشاهده شد. بیشترین غلظت نترات برگ در خیار باسمنج و کمترین در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور دیده شد. بیشترین غلظت ساکارز برگ و قند کل برگ در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور مشاهده شد. در ترکیب‌های پیوندی تأثیر پایه‌ها روی غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی و شاخص‌های عملکرد در بیشتر صفات همسان بود. پایه‌های شیتوزا و روت‌پاور به دلیل افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی موجب بهبود عملکرد و شاخص‌های رشد شدند.

واژه‌های کلیدی: پایه‌های تجاری کدو، پیوند خیار، پیوند نیمانیم تک‌په‌ای

Improvement of nutrient uptake, growth index and yield in two populations of East Azerbaijan cucumber by grafting rootstocks

Edris Hajali¹, Sahebali Bolandnazar^{2*} and Jaber Panahande²

1, 2. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, East Azarbaijan, Iran
(Received: Dec. 20, 2016 - Accepted: Feb. 17, 2017)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of grafting of cucumber on commercial cucurbits rootstocks, an experiment was carried out in a completely randomized block design including eight treatments with three replicates in the field of Agricultural Research Station, University of Tabriz in field Conditions at 2015. Two populations of Azerbaijan cucumber (Basmenj and Gouney, respectively) and a commercial cultivar of cucumber (Mahan) were grafted on two commercial cucurbits rootstocks (Shintozwa and Routpower, respectively). Treatments of experiment were including grafted combination of Basmenj/ Shintozwa, Basmenj/ Routpower, Gouney / Shintozwa, Gouney / Routpower, Mahan / Routpower, non grafted Basmenj, Gouney and Mahan cucumbers. Plants were grafted by single cotyledon splice grafting techniques. Results showed that rootstocks had a significant effect on growth and yield index including leaf area, chlorophyll index, stem length, shoot dry weight, fruits number per plant and yield per plant. The highest N concentrations in leaf was observed in grafted combination Mahan/ Routpower and the lowest in Basmenj. The highest K and P concentration in shoot were observed in grafted combination Mahan/ Routpower while the lowest K and P concentrations in shoot were observed in Basmenj. The highest nitrate concentration in leaf was observed in Basmenj and the lowest in grafted combination. Mahan/ Routpower. The highest concentration of sucrose and total soluble sugar in leaf were observed in grafted combination of Mahan/Routpower. In grafted combinations, the effect of rootstocks on N, P and K concentrations in shoot and yield index in most traits were similar and Shintozwa and Routpower improved yield and growth index, because of increasing concentrations of N, P and K in shoots.

Keywords: Commercial cucurbits rootstocks, cucumber grafting, single cotyledon splice grafting.

* Corresponding author E-mail: bolandnazar@tabrizu.ac.ir

مقدمه

بررسی‌های دیگر مشخص شده است، گیاهان پیوندی می‌توانند در این شرایط محصولی با عملکرد و کیفیت بالا تولید کنند (Hu et al., 2005). در نتایج بررسی‌های دیگری نیز گزارش شده است، پیوند گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای روی پایه داتوره در شرایط تنش بی‌کربنات سدیم موجب کاهش غلظت سدیم به‌ویژه در سطوح بالای تنش در اندام‌های هوایی شده است و بنابراین این پایه می‌تواند نقش مهمی در مقاومت گوجه‌فرنگی به شرایط قلیایی داشته باشد (Mohsenian & Roosta, 2015). عملکرد در گوجه‌فرنگی‌های پیوندی روی پایه‌های Kagemusia و Helper به ترتیب ۵۴ و ۵۱ درصد افزایش یافت (Lee et al., 2010). همچنین کاهش قابل توجهی در شمار میوه‌های بدشکل در گیاهان پیوندی روی اغلب پایه‌ها در مقایسه با گوجه‌فرنگی‌های غیر پیوندی (رقم Seokwang) مشاهده شد. در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، در شرایط تنش بی‌کربنات سدیم، محتوای قندهای محلول، رنگیزه‌های نورساختی، شاخص Fv/Fm و شاخص عملکرد در گوجه‌فرنگی‌های پیوندی روی پایه داتوره بیشتر از گیاهان غیر پیوندی و پیوندی روی پایه‌های دیگر بوده است و استفاده از پایه داتوره می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای بهبود مقاومت به قلیائیت در گوجه‌فرنگی استفاده شود (Mohsenian et al., 2012). افزایش عملکرد در گیاهانی مانند هندوانه و خربزه و طالبی‌های پیوندی به‌طور عمده در ارتباط با افزایش وزن تر میوه‌ها است (Lee et al., 2010). خیار یکی از محصولات سودآور است که در بسیاری از مناطق جهان در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای کشت و کار می‌شود. پیوند خیار به‌منظور استفاده از برتری‌هایی چون مقاومت به بیماری‌های خاک‌زاد، چیرگی بر تنش‌های غیرزیستی، کاهش کاربرد کودها و سموم شیمیایی، بهبود کارایی جذب و مصرف آب و همچنین افزایش عملکرد و کیفیت میوه به‌صورت گسترده استفاده می‌شود (Lee & Oda, 2010). در بسیاری از بررسی‌ها افزایش عملکرد خیار در نتیجه پیوند روی پایه‌های تجاری گزارش شده است (Zhou et al., 2007; Huang et al., 2009). پایه‌های مختلف کدو تأثیر متفاوتی روی رشد و عملکرد خیار دارند. در

پیوند سبزی‌ها برای نخستین بار در ژاپن با پیوند هندوانه (*Citrullus lanatus* Thunb.) روی کدو قلیانی (*Lagenaria siceraria* L.) به‌منظور مدیریت بیماری پژمردگی فوزاریومی (*Fusarium* spp.) آغاز شد و امروزه استفاده از گیاهچه‌های پیوندی در بسیاری از مناطق جهان، روشی بسیار متداول است (Lee & Oda, 2010). در سال‌های اخیر سطح زیر کشت گیاهان پیوندی در شماری از مهم‌ترین محصولات خانواده بادنجانیان (Solanaceae) شامل گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicon* L.)، بادنجان (*Solanum melongena* L.) و فلفل (*Capsicum annuum* L.) و کدوئیان (Cucurbitaceae) شامل خربزه و طالبی (*Cucumis melo* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.) و هندوانه به‌منظور مقاومت به انواع تنش‌های زیستی و غیره زیستی افزایش یافته است (Davis et al., 2008). گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان بدون پیوند به دلیل داشتن شبکه ریشه‌ای بسیار قوی و گسترده، به‌طور معمول آب و عنصرهای غذایی را با کارایی بیشتری جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Bletsos & Passam, 2010). اندازه‌گیری فعالیت ریشه در پایه‌های کدو و خربزه و طالبی‌های ایرانی نشان داد، میزان فعالیت ریشه در پایه‌های کدو بیشتر بوده و این امر می‌تواند توجیهی در جهت رشد رویشی بالای گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی باشد، چون فعالیت ریشه باعث افزایش جذب آب و عنصرهای کانی و ساخت (سنتز) هورمون‌هایی مانند سایتوکینین‌ها در ریشه و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی می‌شود (Salehi et al., 2009). گزارش‌های چندی وجود دارد که پیوند موجب افزایش جذب و نقل و انتقال عنصرهایی مانند فسفر، پتاسیم، نیتروژن، کلسیم و منیزیم شده است (Ruiz et al., 2000; Pulgar et al., 1997). بهبود جذب عنصرهای غذایی در گیاهچه‌های پیوندی موجب افزایش نورساخت (فتوسنتز) خالص به‌ویژه در شرایط نامطلوب رشد مانند نور کم و محتوای دی‌اکسید کربن پایین در طول ماه‌های سرد زمستان می‌شود. در نتایج

درخشان در بین مصرف‌کنندگان محبوبیت زیادی دارند. میزان استفاده از پیوند برای تولید هندوانه، خیار و خربزه و طالبی در دو کشور ژاپن و کره به ترتیب ۹۳ درصد، ۷۲ درصد، ۳۰ درصد و ۹۸ درصد، ۹۵ درصد، ۹۵ درصد است (Lee et al., 2010). با این حال این فن کمتر در ایران استفاده شده و بررسی‌ها محدودی درباره آن صورت گرفته است. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر دو پایه تجاری کدو بر شاخص‌های رویشی، تجمع نیترات در برگ، غلظت کربوهیدرات‌ها در برگ، عملکرد و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی در یک رقم تجاری و دو توده خیار بومی آذربایجان شرقی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. این محل با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریای آزاد، در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه شمالی قرار دارد. دو توده خیار بومی آذربایجان شرقی به ترتیب با نام‌های باسمنج و گونی و یک رقم تجاری با نام ماهان (Mahan F1 usl 3070) روی دو پایه تجاری کدو به ترتیب با نام‌های شینتوزا (*Cucurbita maxima* Duch × *Cucurbita moschata*) و روت‌پاور (*Cucurbita pepo* L) پیوند شدند و خیارهای غیرپیوندی برای مقایسه نتایج لحاظ شدند (جدول ۱). خیار باسمنج یک نوع خیار فرآوری بوده که در روستاها و زمین‌های کشاورزی اطراف شهر باسمنج به طور عمده به منظور تولید خیارشور و نیز برای مصارف تازه خوری کشت و کار می‌شود و خیار گونی مصرف تازه خوری داشته و عطروطعم بسیار دلپذیری دارد. پایه‌های تجاری کدو به دلیل سازگاری پیوندی بالای آن‌ها با خیار و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و خیارهای بومی به دلیل افت شدید در تولید کمی و کیفی آن‌ها و خیار ماهان به دلیل استفاده گسترده در کشتزارهای آذربایجان شرقی انتخاب شدند. خیار ماهان یک خیار دورگ بوده که توسط شرکت یو اس آگری سیدز (US Agriseeds)

آزمایشی چهار پایه مختلف شامل دورگ (هیبرید)‌های بین‌گونه‌ای (*Cucurbita maxima* Duch. × *C. moschata* Duch.)، کدومسمایی (*Cucurbita pepo*)، کدوتنبیل (*Cucurbita maxima*) و کدوی برگ‌انجیری برای خیار استفاده شد. پیوند خیار روی این پایه‌ها، موجب کاهش زودرسی محصول شد ولی عملکرد کل را افزایش داد (Hoyos, 2000). خیار با موفقیت روی گونه‌های کدو (*Cucurbita* spp.)، خیار، دورگ‌های بین‌گونه‌ای کدو قلیانی، خربزه زمستانی (*Benincasa hispida* (Thumb) Cogn Luffa) و لیف (*Cucurbita ficifolia* Bouche.) (*cylindrical* L. Sugiyama et al., 2006) پیوند شده است. دلیل اصلی برای پیوند خیار افزایش مقاومت به سرما و فوزاریوم بوده است. عمده‌ترین پایه مورد استفاده برای پیوند خیار، کدوی برگ‌انجیری است که مقاومت خوبی را به سرما و پژمردگی فوزاریومی القاء کرده و سازگاری بسیار خوبی با خیار دارد (Marukawa & Takatsu, 1969). دورگ‌های بین‌گونه‌ای برای کشت خیار در تابستان مناسب هستند، این پایه‌ها مقاومت خوبی به دمای بالا، فوزاریوم و تا حدی دمای پایین دارند. به‌تازگی در ژاپن تغییری روی نژادگان (ژنوتیپ) خاصی از پایه کدو حلوایی صورت گرفته که موجب تولید میوه‌های بدون بلوم (Bloomless) شده است. این میوه‌ها ظاهری بسیار شفاف و عمر قفسه‌ای بالا داشته و به‌طور عمده توسط مصرف‌کنندگان محلی استفاده می‌شوند. نخستین نسل از این پایه‌ها عیب‌هایی چون افزایش حساسیت به سفیدک سطحی، پوست ضخیم و گوشت نرم داشتند. در نتایج بررسی‌هایی گزارش شده است، این عیب‌ها در نسل سوم از این پایه‌ها که اکنون در دسترس هستند رفع شده است (Sugiyama et al., 2006). بلوم (Bloom) لایه نازکی از پودر سفیدرنگ در سطح میوه است که باعث ایجاد ظاهری زبر در سطح آن می‌شود. این لایه در درجه اول از سیلیکای (SiO_2) ترشح شده از کرک‌های غده‌ای و چندسلولی بلوم (Bloom trichomes) تشکیل شده است (Yamamoto et al., 1989; Samuels et al., 1993). خیارهای بدون بلوم به دلیل ظاهر بسیار شفاف و

ایالات‌متحده آمریکا اصلاح و تولید شده است. بذره‌های کدوهای شینتوزا و روت‌پاور توسط شرکت ساکاتای (Sakata) ژاپن اصلاح و تولید شده‌اند. کشت بذره‌های خیار به دلیل جوانه‌زنی ضعیف در دو مرحله به ترتیب در ۲۰ و ۲۶ خردادماه سال ۱۳۹۴ درون سینی‌های کاشت ۴۵ حجره‌ای و بذره‌های کدو در ۳۱ خردادماه درون گلدان‌های سلولزی ۸×۷ سانتی‌متری حاوی ۶۰ درصد کوکوپیت و ۴۰ درصد پیت در گلخانه با دمای ۳۰ و ۲۴ درجه سلسیوس در طول روز و شب کشت شدند. عملیات پیوند در ۱۴ تیرماه سال ۱۳۹۴ با روش پیوند نیم‌انیم تک‌لپه‌ای (Lee, 1994) صورت گرفت. در آغاز گیاهچه‌های پیوندک ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از برگ‌های لپه‌ای به صورت مورب با زاویه ۴۵ درجه روبه پایین قطع شدند. در ادامه برگ حقیقی، یک برگ لپه‌ای و مریستم انتهایی (نقطه رشد) پایه‌ها با یک تیغ تیز به صورت مورب با زاویه ۴۵ درجه رو به بالا حذف شد. سپس دو محل بریده‌شده روی هم قرار گرفته و از یک گیره پیوند برای ثابت نگه‌داشتن محل پیوند استفاده شد. گیاهچه‌های پیوندشده به درون اتاقک کشت با دمای ۲۹ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد منتقل شدند. پنج روز اول پیوند گیاهچه‌ها در تاریکی مطلق قرار گرفته و پس از آن به تدریج روشنایی افزایش و رطوبت کاهش یافت. روز دهم پس از پیوند رطوبت‌ساز خاموش، پوشش نایلونی حذف و در اتاقک کشت باز گذاشته شد. گیاهچه‌های پیوندی پس از ترمیم در اتاق کشت و مقاوم‌سازی (Hardening) در گلخانه و فضای باز در ۳ مردادماه به زمین اصلی منتقل و در ۱۵ مهرماه گیاهان از مزرعه گردآوری شدند. ترکیب پیوندی خیار ماهان روی کدوی شینتوزا به دلیل شمار کم گیاهچه‌ها در حین مقاوم‌سازی در گلخانه از بین رفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل هشت تیمار با سه تکرار و به ازای هر تکرار پنج گیاه طرح‌ریزی شد و گیاهان به فاصله ۱ متر از یکدیگر روی پشته‌هایی به طول ۶ متر و عرض ۱/۵ متر کشت شدند. به منظور بررسی کارایی پایه‌های کدو هیچ‌گونه سم‌پاشی و کوددهی در طول آزمایش انجام نشد و مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری در دو نوبت در دو

هفته اول انتقال به زمین و پس از آن هفته‌ای یک‌بار به صورت جوی و پشته و وجین هفته‌ای علف هرز صورت گرفت. برداشت میوه از ۲ شهریورماه آغاز و تا ۱۴ مهر ادامه یافت. در سه چین اول، در هر چین حدود ۳-۴ عدد میوه به‌تناوب از یک یا دو بوته از گیاهان پیوندی در هر تکرار برداشت می‌شد و برداشت میوه‌های خیارهای شاهد از چین سوم آغاز شد. در چین سوم (۹ شهریور) مشاهده شد، میوه‌هایی با ابعاد ۲-۴ سانتی‌متر در همه بوته‌های گیاهان پیوندی و غیرپیوندی وجود دارند. از چین پنجم (۱۵ شهریور) تا پایان آزمایش (۱۴ مهرماه) در طول هفته دو نوبت به‌تناوب از بوته‌های مختلف هر تکرار برداشت میوه صورت می‌گرفت. وزن میوه‌ها در هر نوبت از برداشت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد و در نهایت پس از پایان آزمایش مجموع وزن تر میوه‌ها برای تکرارهای هر تیمار محاسبه و از نسبت مجموع وزن تر میوه‌ها به شمار بوته‌ها عملکرد تک بوته برای تیمار مورد نظر محاسبه شد. در طول آزمایش در سه نوبت (۳، ۶، و ۹ هفته پس از انتقال نشاءها) با استفاده از دستگاه سبزینه (کلروفیل) سنج (SPAD - 502, Konica, Minolta, Osaka, Japan) شاخص SPAD از برگ‌های کامل توسعه‌یافته (برگ‌های رأسی گیاه) اندازه‌گیری شد (Colla et al., 2010b). پس از آخرین برداشت (۱۵ مهرماه) دو بوته به نمایندگی از هر واحد آزمایش برداشت و پس از جدا کردن برگ‌ها در ادامه با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Leaf area meter-Li COR, model Li-) (1300, Lincoln, NE, USA) سطح برگ محاسبه شد. طول بوته‌ها با متر نواری اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک اندام‌های هوایی، پس از تعیین وزن تر برگ‌ها و ساقه، این اندام‌ها به مدت ۷۲ ساعت درون آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و وزن خشک اندام‌های هوایی از مجموع وزن خشک این دو اندام به دست آمد. برای اندازه‌گیری غلظت عنصرهای غذایی در آغاز برگ‌ها و ساقه‌های آون خشک به‌طور کامل پودر شدند و در ادامه ۰/۵ گرم از نمونه‌ها وزن و برای تعیین غلظت عنصرهای غذایی در بافت مورد نظر استفاده شدند. غلظت نیتروژن کل

با گیاهان بدون پیوند رشد بهتری داشتند (جدول ۲). بیشترین و کمترین طول بوته به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت پاور و خیار باسمنج با ۹۶/۴۳ و ۷۲/۵۶ سانتی‌متر، بیشترین و کمترین وزن خشک برگ به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت پاور و خیار باسمنج با ۵۴/۶۴ و ۲۴/۶۱ گرم، بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت پاور و خیار باسمنج با ۲۹/۴۰ و ۱۱/۵۶ گرم و بیشترین و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت پاور و خیار باسمنج با ۸۴/۰۴ و ۳۶/۱۸ گرم مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه شبکه ریشه‌ای در پایه‌های اصلاح‌شده اغلب بسیار گسترده و قوی است، گیاهان پیوندی می‌توانند آب و مواد غذایی را با کارایی بیشتری نسبت به گیاهان بدون پیوند جذب کنند و موجب تولید گیاهان با رشد رویشی قوی‌تری شوند (Lee et al., 2010). در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، در شرایط تنش‌های شوری و بی‌کربنات سدیم در خیارهای پیوندی روی دو پایه کدوتنبل و کدوخلوایی بومی ایران، بیشترین طول و قطر ساقه، شمار گره، وزن خشک و تر ساقه، برگ و ریشه در خیارهای پیوندی روی پایه کدوخلوایی به‌دست‌آمده است (Roosra & Karimi, 2012). ترکیب سایتوکینین‌ها در شیرۀ آوند چوبی محل پیوند یا خود ریشه در کدوهای مختلف تا حد زیادی متفاوت است. افزون بر این پیوندک می‌تواند، در بازۀ زمانی به نسبت کوتاهی ترکیب سایتوکینینی را در شیرۀ آوند چوبی بالارونده تغییر دهد، بنابراین غلظت بالای سایتوکینین‌ها در شیرۀ آوندچوبی به افزایش رشد و عملکرد گیاه کمک می‌کند (Lee et al., 2010). رشد گیاه تحت تأثیر عامل‌های چندی مانند شرایط محیطی، وضعیت تغذیه‌ای گیاه و فعالیت‌های هورمونی است که با فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی مرتبط هستند (Sugiyama et al., 2006). گسترش مناسب ساختار سیستم ریشه‌ای در خربزه و طالبی‌های پیوندی روی گونه‌های کدو موجب بهبود شاخص‌های رشد در آن‌ها شد (Lee et al., 2010). در این آزمایش ممکن است افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در

برگ‌ها با روش میکرو کج‌دال طی ۳ مرحله هضم، تقطیر و عیارسنجی (تیتراسیون) اندازه‌گیری شد (Waling et al., 1989). اندازه‌گیری غلظت پتاسیم برگ و ساقه به روش نورسنجی (نشر) شعله‌ای و با دستگاه Waling et al.,) Flame Photometer 405G (1989) و اندازه‌گیری غلظت فسفر برگ و ساقه به روش رنگ‌سنجی (وانادات-مولیبدات زرد) و با دستگاه Olsen et al. Spectrophotometer uv 2100 (1982) انجام شد (Humphries et al., 1982). اندازه‌گیری نیترات به روش (1956) و با استفاده از ۰/۵ گرم نمونه خشک برگ صورت گرفت. نیترات‌ها با فنل دی‌سولفونیک‌اسید تولید رنگ زرد می‌کنند که رنگ به‌دست‌آمده از طریق رنگ سنجی با دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) در طول موج ۴۰۸ نانومتر خوانده شده و میزان نیترات برگ برحسب درصد در ماده خشک محاسبه شد. اندازه‌گیری قندهای کل و ساکارز برگ‌ها با استفاده از روش Buysse & Merckx (1993) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد استفاده شد.

جدول ۱. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب‌های پیوندی و گیاهان غیرپیوندی

Table 1. Treatments of experiment including grafted combination and non grafted plants

Grafted combination	Abbreviation signs	Control plants	Abbreviation signs
Basmenj/ Shintozwa	B/Sh	Basmenj	B
Basmenj/ Routpower	B/R	Gouney	G
Gouney / Shintozwa	G/Sh	Mahan	M
Gouney / Routpower	G/R		
Mahan / Routpower	M/R		

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، بین تیمارهای آزمایش از لحاظ طول بوته، وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت و گیاهان پیوندی در مقایسه

نتایج بررسی‌های دیگری مشاهده شده است، غلظت سایتوکینین‌ها در خیارهای پیوندی روی کدوی برگ‌انجیری افزایش یافت که خود در ساخت کلروپلاست و تشکیل سبزینه نقش دارد (Zhou *et al.*, 2007). در سال‌های اخیر گزارش شده است، افزایش سطح برگ می‌تواند در نتیجه افزایش نورساخت خالص و محتوای سبزینه برگ‌ها باشد که میزان مواد نورساختی در دسترس را برای رشد و نمو برگ فراهم می‌کند، این امر در خیارهای پیوندی روی پایه شینتوزا (Colla *et al.*, 2012) مشاهده شده است که عملکرد و شاخص‌های رویشی گیاهان پیوندی به دلیل توانایی بالای آن‌ها در حفظ دی‌اکسید کربن کل جذب‌شده، بیشتر بوده است. همچنین در نتایج دیگر بررسی‌ها گزارش شده است، برخی پایه‌های شینتوزا، نیتروژن بیشتری را نسبت به دیگر عنصرها جذب می‌کنند که می‌تواند موجب افزایش رشد رویشی در اندام‌های هوایی شود (Lee *et al.*, 2010). در این آزمایش ممکن است، محتوای سبزینه و سطح برگ بالای گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی، به کارایی بالای پایه‌ها در جذب و انتقال عنصرهای غذایی به‌ویژه نیتروژن به برگ‌ها (به‌عنوان مثال غلظت نیتروژن در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار ماهان به ترتیب ۳۹/۲۶ و ۲۹/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ بود)، تأثیر احتمالی پایه‌ها در افزایش ساخت سایتوکینین‌ها، افزایش سطح برگ در نتیجه محتوای بالای سبزینه، دسترسی بالای گیاهان پیوندی به مواد نورساختی (قندهای کل و ساکارز) نسبت داد که همه این موارد در کنار یکدیگر موجب کارایی بالای دستگاه نورساختی و درنهایت بهبود شاخص‌های رویشی در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان بدون پیوند می‌شوند.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، بین تیمارهای آزمایش از لحاظ غلظت پتاسیم و فسفر در برگ، ساقه و اندام‌های هوایی و نیز غلظت نیتروژن در برگ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت و خیارهای پیوندشده روی پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور به‌طور معنی‌داری غلظت بالایی از این عنصرها را در مقایسه با انواع غیرپیوندی در اندام‌های اندام‌های هوایی نشان دادند (جدول ۴).

گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان بدون پیوند به کارایی بالای دستگاه نورساخت (تولید مقادیر بالایی قند کل و ساکارز در برگ‌ها)، محتوای بالای سبزینه برگ‌ها و وضعیت تغذیه‌ای مناسب گیاهان پیوندی (محتوای بالای پتاسیم، فسفر و نیتروژن در برگ‌ها) مرتبط باشد که نتایج همسانی در خیارهای پیوندی روی پایه کدوی برگ‌انجیری (Zhou *et al.*, 2007) و خیارهای پیوندی روی پایه شینتوزا (Colla *et al.*, 2012) به‌دست‌آمده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، بین تیمارهای آزمایش از لحاظ شاخص سبزینه و سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین شاخص سبزینه به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار گونی با ۵۲/۴۰ و ۴۳/۷۰ درصد، بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار ماهان با ۰/۳۴۰ و ۰/۱۷۷ مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، پیوند هندوانه روی کدو قلبانی تراخت موجب بهبود جذب و انتقال آب و عنصرهای غذایی به اندام‌های هوایی و بهبود شاخص‌های رشد از جمله سطح برگ و محتوای سبزینه شد (Han *et al.*, 2009). همچنین گزارش شده است، محتوای سبزینه و سطح برگ در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی خربزه تفاوت معنی‌داری نداشته است، اما محتوای سبزینه در طالبی پیوندی روی پایه شینتوزا و سطح برگ در طالبی پیوندی روی پایه شینتوهونکتو بیشتر از دیگر گیاهان بوده است (Salehi *et al.*, 2009). در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، تیمار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش معنی‌دار در مقادیر شاخص SPAD در گوجه‌فرنگی‌های غیرپیوندی و پیوندی روی پایه‌های بادمجان، گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای، داتوره، تاجریزی‌قرمز و تنباکوی ایرانی شده است، اما گوجه‌فرنگی پیوندشده روی پایه داتوره در مقایسه با دیگر گیاهان، مقادیر بیشتری از شاخص SPAD داشته، به‌احتمال تعدیل pH اطراف ریشه توسط پایه داتوره موجب کاهش تأثیر سوء ناشی از بی‌کربنات سدیم بر گوجه‌فرنگی شده است (Mohsenian Sisakht & Roosta, 2014).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی و شاخص سبزینه، سطح برگ و طول بوته در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی

Table 2. Analysis of variance (Mean square) for leaf, stem and shoot dry weight, SPAD index, Leaf area and stem length in grafted and non grafted plants

Variation Source	df	Leaf DW	Stem DW	Shoot DW	SPAD index	Leaf area	Stem length
Block	2	15.03 ^{ns}	1.51 ^{ns}	25.95 ^{ns}	5.24 ^{ns}	157711.48 ^{ns}	6.66 ^{ns}
Treatment	7	422.90 ^{**}	162.73 ^{**}	1102.66 ^{**}	19.83 ^{**}	11297104.22 ^{**}	211.7 ^{**}
Error	14	13.95	0.529	18.91	3.73	579218.25	9.02
CV (%)		9.39	4.57	7.23	4.06	7.94	3.59

ns, **: Non significant, Significant at 5 and 1%, respectively. ns و **: به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین وزن خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی و شاخص سبزینه، سطح برگ و طول بوته در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی

Table 3. Means comparison for leaf, stem and shoot dry weight, SPAD index, Leaf area and stem length in grafted and non grafted plants

Treatment	Leaf DW (g plant ⁻¹)	Stem DW (g plant ⁻¹)	Shoot DW (g plant ⁻¹)	SPAD index	Leaf area (m ²)	Stem length (cm)
B	24.61d	11.56d	36.18c	45.16b	0.178d	72.56c
G	28.49d	12.86d	41.36c	43.7b	0.182cd	76.1c
M	26.62d	12.23d	38.86c	46.73b	0.177d	74.8c
B/Sh	43.95bc	20.50c	64.45b	47.76ab	0.338a	85.8b
B/R	39.23c	21.83c	61.06b	48.1ab	0.267b	83.83b
G/Sh	50.54ab	28.06ab	78.60a	48.56ab	0.331a	90.76ab
G/R	49.88ab	26.43b	76.31a	48ab	0.232bc	87.8b
M/R	54.64a	29.40a	84.04a	52.4a	0.340a	96.43a

اعداد با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار ($P < 0.01$) ندارند. B (باسمنج)، G (گونی)، M (ماهان)، B/Sh (باسمنج/ شینتوزا)، B/R (باسمنج/ روت‌پاور)، G/Sh (گونی/ شینتوزا)، G/R (گونی/ روت‌پاور)، M/R (ماهان/ روت‌پاور) B: Basmenj, G: Gouney, M: Mahan, B/Sh: Basmenj/ Shintozwa, B/R: Basmenj/ Routpower, G/Sh: Gouney / Shintozwa, G/R: Gouney / Routpower, M/R: Mahan / Routpower.

در همه اندام‌های خیارهای پیوندی به جز میوه افزایش یافت و تحت تأثیر نوع ترکیب پیوندی قرار گرفت. پتاسیم نقش مهمی در افزایش رشد گیاه و تشکیل میوه دارد، بنابراین کمبود آن موجب کاهش رشد و عملکرد خواهد شد (Tucker, 2004). در این آزمایش نیز غلظت پتاسیم در برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان بدون پیوند بیشتر بود که نشان از استفاده بهینه از این عنصر و تأثیر مثبت آن روی بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی است. بیشترین کمترین غلظت فسفر برگ‌ها به ترتیب در ترکیب پیوندی گونی/ شینتوزا و خیار باسمنج با ۵/۹۵ و ۳/۸۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک، بیشترین و کمترین غلظت فسفر ساقه به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار باسمنج با ۷/۱۰ و ۴/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و بیشترین و کمترین غلظت فسفر اندام‌های هوایی به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار باسمنج با ۱۲/۹۴ و ۸/۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک مشاهده شد (جدول ۵). گزارش Roupheal et al (2008) در نتایج بررسی‌های خود

بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم برگ‌ها به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار گونی با ۲۸/۶۶ و ۲۴/۳۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک، بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم ساقه به ترتیب در ترکیب پیوندی گونی/ شینتوزا و خیار باسمنج با ۳۰/۷۶ و ۲۵/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی به ترتیب در ترکیب پیوندی گونی/ شینتوزا و خیار باسمنج با ۵۹/۵۶ و ۵۰/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک مشاهده شد (جدول ۵). Ruiz et al. (1997) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، پیوند تأثیر معنی‌داری در افزایش غلظت پتاسیم در برگ‌های خربزه و طالبی‌های پیوندی داشت، گزارش‌های همسانی برای خیار وجود دارد (Zhou et al., 2010b; Colla et al., 2007). در نتایج بررسی‌های دیگری مشاهده شده است، محتوای پتاسیم، نیتروژن، کلسیم و منیزیم در برگ‌ها و ساقه‌های هندوانه‌های پیوندی به مراتب بیشتر از گیاهان بدون پیوند بود (Miguel et al., 2004). Roupheal et al (2008) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، غلظت پتاسیم

است، کاهش نیتروژن در دسترس، موجب کاهش محتوای سبزینه و سطح برگ می‌شود (Colla *et al.*, 2010b). نیتروژن نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری رنگ سبز برگ‌ها، افزایش سطح برگ و شدت نورساخت دارد (Tucker, 2004). بنابراین، جذب و توزیع آن در گیاه روی بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو تأثیرگذار است. محتوای سبزینه با غلظت نیتروژن برگ‌ها متناسب است و ارتباط نزدیکی بین محتوای سبزینه و نیتروژن در بسیاری از تحقیقات ثابت شده است (Almaliotis *et al.*, 1996). این امر قابل درک است، زیرا نیتروژن یک عنصر ساختاری در شکل‌گیری سبزینه و دیگر مولکول‌های پروتئینی است و در نتیجه تشکیل کلروپلاست و تجمع سبزینه در آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tucker, 2004). بنابراین در این آزمایش، سطح برگ و محتوای سبزینه بالا در برگ‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با بدون پیوند ممکن است در نتیجه غلظت بالای نیتروژن در برگ‌ها باشد. رابطه بین پایه و پیوندک ممکن است به شناسایی شبکه‌های ریشه‌ای کارآمد که قادر به رشد مطلوب در خاک‌هایی با عنصرهای غذایی کم‌اند، کمک کند (Ruiz *et al.*, 1997). سن گیاه، مرحله نمو، نژادگان و ساختار ریشه روی میزان عنصرهای غذایی که گیاه می‌تواند از خاک جذب کند، تأثیر می‌گذارند (Han *et al.*, 2009). تأثیر پایه‌ها روی محتوای عنصرهای کانی در اندام‌های هوایی گیاه به ویژگی‌های فیزیکی شبکه ریشه‌ای مانند گسترش ریشه‌های جانبی و عمودی نسبت داده می‌شود که منجر به افزایش جذب آب و عنصرهای غذایی می‌شوند (Salehi *et al.*, 2010). این امر یکی از انگیزه‌های مهم برای استفاده گسترده از پایه‌های تجاری است (Lee, 1994). گزارش‌های چندی وجود دارد که پیوند موجب بهبود جذب و افزایش نقل‌وانتقال عنصرهای غذایی در گیاهان پیوندی شده و در نتیجه موجب افزایش کارایی دستگاه نورساخت به‌ویژه در شرایط رشد بهینه می‌شود و درنهایت موجب افزایش رشد و عملکرد محصول می‌شود (Hu *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2005). به‌طور کلی پایه‌های تجاری مانند شینتوزا گیاهانی با رشد رویشی بسیار

پیوندی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر پیوند قرار گرفت و نسبت به گیاهان غیرپیوندی بیشتر بود. نتایج همسانی برای غلظت فسفر در برگ‌های هندوانه‌های پیوندی (Colla *et al.*, 2010a; Yetisir *et al.*, 2013) به‌دست‌آمده است، که نشان می‌دهد ترکیب پیوندی می‌تواند به‌طور مثبتی روی جذب فسفر تأثیرگذار باشد. Huang *et al.* (2009) تفاوت معنی‌داری در غلظت فسفر در برگ‌ها و میوه‌های خیارهای پیوندی روی دو پایه مختلف مشاهده نکردند. همه این نتایج متفاوت نشان می‌دهد، ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) ریشه تنها عامل مؤثر روی جذب و انتقال فسفر در گیاه نبوده و نژادگان پیوندک و گونه گیاهی نیز بایستی در نظر گرفته شود (Miguel *et al.*, 2004). فسفر نقش بسیار مثبتی در تحریک رشد ریشه گیاه دارد که می‌تواند روی جذب بهتر آب و عنصرهای غذایی تأثیرگذار باشد، همچنین فسفر موجب افزایش توان ساقه، رشد بیشتر شاخه و برگ‌ها، افزایش شمار گل‌های ماده و میوه‌بندی می‌شود و درنهایت موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Sainju *et al.*, 2003). بنابراین، در این آزمایش ممکن است، افزایش رشد رویشی در اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) و افزایش عملکرد (شمار میوه) ناشی از جذب بالای فسفر توسط گیاهان پیوندی باشد. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن برگ‌ها به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/روت‌پاور و خیار گونی با ۳۹/۲۶ و ۲۷/۵۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک ثبت شد (جدول ۵). Ruiz *et al.* (1997) در بررسی تأثیر دو پایه مختلف روی جذب و محتوای عنصرهای غذایی اصلی (ماکرو) در برگ‌های خربزه و طالبی متوجه شدند که غلظت فسفر، پتاسیم و به‌ویژه نیتروژن در برگ‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با بدون پیوند بیشتر بود، آنان نتیجه گرفتند، غلظت عنصرهای بیشتر تحت تأثیر نژادگان پایه است تا پیوندک. Colla *et al.* (2010a) در بررسی تأثیر پیوند روی بهبود مقاومت به قلیائیت در هندوانه، تفاوت معنی‌داری در وضعیت نیتروژن موجود در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی مشاهده نکردند. این نتایج می‌تواند ناشی از اثر متقابل پایه و پیوندک و نیز شرایط محیطی باشد. نتایج دیگر بررسی‌ها نشان داده

(جدول ۵). Ruiz & Romero (1999) در بررسی خربزه و طالبی‌های پیوندی مشاهده کردند، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با بدون پیوند بیشتر بود که متعاقب آن غلظت نیترات در برگ‌های گیاهان پیوندی کاهش یافت. نوع پایه و اثر متقابل پایه و پیوندک می‌تواند روی فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تجمع نیترات تأثیرگذار باشد و این امر می‌تواند دلیلی برای کاهش غلظت نیترات در برگ‌ها و میوه‌های گیاهان پیوندی باشد (Ruiz *et al.*, 1997). نتایج همسانی توسط Pulgar *et al.* (2000) در هندوانه‌های پیوندی به دست آمد، غلظت آمونیوم و نیترات در برگ‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان شاهد کمتر بود که نشان می‌دهد، برخی از پایه‌ها موجب بهبود کارایی آنزیم نیترات ردوکتاز در تبدیل نیترات به اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها می‌شوند (Ruiz & Romero, 1999; Pulgar *et al.*, 2000). بنابراین، در این آزمایش این احتمال وجود دارد، پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور موجب افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان پیوندی شده و در نتیجه موجب کاهش تجمع نیترات در برگ‌ها شده‌اند.

قوی و عملکرد بالا تولید می‌کنند (Lee & Oda, 2010). در این آزمایش ممکن است، بهبود شاخص‌های رشد و افزایش عملکرد در خیارهای پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی در ارتباط با شبکه ریشه‌ای بسیار قوی پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور باشد که با کارایی بسیار بالایی آب و عنصرهای غذایی را از خاک جذب و به دلیل داشتن اثر متقابل مناسب پایه و پیوندک و بهبود شبکه آوندی این عناصر را به خوبی در اندام‌های مختلف گیاه مانند برگ‌ها و ساقه‌ها ذخیره و مورد استفاده قرار داده و موجب بهبود رشد و نمو گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان داد، بین تیمارهای آزمایش از لحاظ غلظت نیترات برگ در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت و خیارهای پیوندشده روی پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی به طور معنی‌داری غلظت کمتری از نیترات را نشان دادند (جدول ۴). بیشترین و کمترین غلظت نیترات برگ به ترتیب در خیار باسمنج و ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور با ۷/۹۰ و ۵/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک مشاهده شد

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت نیتروژن برگ، فسفر و پتاسیم برگ، ساقه و اندام‌های هوایی، نیترات برگ در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی

Table 4. Analysis of variance (Mean square) for leaf N concentrations, leaf, stem and shoot P and K concentrations, leaf nitrate concentration in grafted and non grafted plant

Variation Source	df	N leaf	P leaf	P Stem	P Shoot	K leaf	K Stem	K Shoot	Leaf nitrate concentration
Block	2	0.102 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.103 ^{ns}	0.050 ^{ns}	0.74 ^{ns}	3.14 ^{ns}	6.63 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Treatment	7	71.35 ^{**}	2.15 ^{**}	2.29 ^{**}	7.15 ^{**}	10.16 ^{**}	11.01 ^{**}	41.44 ^{**}	3.68 ^{**}
Error	14	2.25	0.059	0.148	0.264	2.02	1.60	5.88	0.071
CV (%)		4.41	4.67	6.36	4.50	5.25	4.42	4.35	4.33

ns and **: Non significant, Significant at 5 and 1%, respectively. ns و ** به ترتیب اختلاف غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین (میانگین مربعات) غلظت نیتروژن برگ، فسفر و پتاسیم برگ، ساقه و اندام‌های هوایی، نیترات برگ در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی

Table 5. Means comparison for leaf N concentration, leaf, stem and shoot P and K concentration, leaf nitrate concentration in grafted and non grafted plant

Treatment	N leaf (mg g ⁻¹ DW)	P leaf (mg g ⁻¹ DW)	P Stem (mg g ⁻¹ DW)	P Shoot (mg g ⁻¹ DW)	K leaf (mg g ⁻¹ DW)	K Stem (mg g ⁻¹ DW)	K Shoot (mg g ⁻¹ DW)	Leaf nitrate concentration (mg g ⁻¹ Dw)
B	27.96b	3.85c	4.68c	8.81c	24.8bc	25.53c	50.33b	7.90a
G	27.50b	4.16c	4.96c	9.61bc	24.33c	26.40bc	50.73b	7.28ab
M	29.36b	4.72b	5.63bc	10.56b	25.63abc	27.63abc	53.26ab	7.17b
B/Sh	36.26a	5.85a	6.63ab	12.49a	28.3ab	29.76a	58.06a	5.73c
B/R	37.00a	5.64a	6.35ab	12.00a	28.36ab	30.06a	58.43a	5.74c
G/Sh	38.23a	5.95a	6.74a	12.70a	28.13ab	30.76a	59.56a	5.10c
G/R	36.56a	5.75a	6.36ab	12.11a	28.53ab	29.30ab	57.30a	5.37c
M/R	39.26a	5.84a	7.10a	12.94a	28.66a	29.96a	58.30a	5.08c

اعداد با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار (P<0/01) ندارند. B (باسمنج)، G (گونی)، M (ماهان)، B/Sh (باسمنج/ شینتوزا)، B/R (باسمنج/ روت‌پاور)، G/Sh (گونی/شینتوزا)، G/R (گونی/ روت‌پاور)، M/R (ماهان/ روت‌پاور) B: Basmenj, G: Gouney, M: Mahan, B/Sh: Basmenj/ Shintozwa, B/R: Basmenj/ Routpower, G/Sh: Gouney / Shintozwa, G/R: Gouney / Routpower, M/R: Mahan / Routpower.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، بین تیمارهای آزمایش از لحاظ عملکرد تک‌بوته، شمار میوه در هر بوته، قند کل و ساکارز برگ در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما اختلاف معنی‌داری در وزن میوه‌ها مشاهده نشد (جدول ۶). بیشترین و کمترین عملکرد تک‌بوته به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/روت‌پاور و خیار باسمنج با ۲۳۳۱/۳ و ۸۱۰/۲ گرم در هر بوته و بیشترین و کمترین شمار میوه به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/روت‌پاور و خیار ماهان با ۳۵/۴۱ و ۶/۳۹ عدد در هر بوته مشاهده شد (جدول ۷). گیاهان پیوندی مقاوم به تنش‌های زیستی و غیرزیستی هستند، در نتیجه با کارایی بهتری آب و عنصرهای غذایی را جذب و استفاده می‌کنند و در نتیجه مقاومت گیاه و طول دوره برداشت اقتصادی را افزایش می‌دهند و متعاقب آن موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (Yetisir *et al.*, 2013). در این آزمایش گیاهان پیوندی روی پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور به دلیل داشتن شبکه ریشه‌ای قوی و گسترده که ناشی از گسترش ریشه‌های جانبی و عمودی است (Salehi *et al.*, 2010)، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری (جدول ۵) را به اندام‌های هوایی منتقل کرده‌اند که موجب بهبود شاخص‌های رویشی (جدول ۳) و درنهایت شاخص‌های عملکرد (جدول ۷) شده است. در این آزمایش شمار بارهای برداشت در گیاهان پیوندی بیشتر از گیاهان غیرپیوندی بود که تنها ۸ مرحله برداشت محصول داشتند. در این آزمایش علت رشد ضعیف و عملکرد پایین خیارهای شاهد ممکن است ناشی از آسیب به ریشه‌ها در هنگام انتقال به زمین اصلی، زمان نامناسب انتقال نشاءها به زمین اصلی (مردادماه) و بازیابی ضعیف ریشه‌ها به دلیل گرمی هوا و آسیب به اندام‌های هوایی در اثر تابش شدید نور خورشید باشد که همه این موارد موجب رشد ضعیف گیاهان غیرپیوندی در مقایسه با گیاهان پیوندی شده است. خیار به‌طورمعمول شبکه ریشه‌ای ضعیف‌تری نسبت به کدو دارد، بنابراین نشاءها بایستی در زمان مناسب به کشتزار منتقل شوند، در غیر این صورت ریشه‌ها از ته گلدان خارج و در هنگام انتقال به زمین اصلی قطع خواهد شد و تأثیر منفی روی رشد گیاه خواهد گذاشت (Hasandokht *et al.*, 2010). Sugiyama *et al.* (2006) در نتایج بررسی‌های خود

گزارش کردند، زمان مناسب برای انتقال نشاءهای خیار در مرحله ۳ تا ۴ برگ حقیقی است و انتقال نشاءها با برگ‌های کامل توسعه‌یافته به دلیل حساسیت به شرایط محیطی موجب خشک شدن برگ‌ها و کاهش رشد گیاه می‌شود. هم‌راستا با این توضیح‌ها، در این آزمایش نشاء خیارهای شاهد هنگامی که برگ‌های توسعه‌یافته و نیمه توسعه‌یافته داشتند به زمین اصلی منتقل شدند که شرایط جوی موجب خشک شدن برگ‌های توسعه‌یافته و کاهش رشد گیاهان شد. در این آزمایش افزایش عملکرد در ترکیب‌های پیوندی به‌طور عمده در ارتباط با افزایش شمار میوه‌ها بوده است که با نتایج Roupheal *et al.* (2008) سازگار است، آنان پیشنهاد کردند، افزایش عملکرد در خیارهای پیوندی به‌واسطه افزایش شمار میوه نسبت به وزن میوه است. Roupheal *et al.* (2012) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، بهبود عملکرد خیار و خربزه و طالبی‌های پیوندی روی پایه‌های دورگ کدو می‌تواند در ارتباط با ظرفیت بالای آن‌ها در جذب، انتقال و حفظ بهتر عنصرهای غذایی در اندام‌های هوایی باشد. باین‌حال، افزایش عملکرد تنها نمی‌تواند در نتیجه کارایی بالای گیاهان پیوندی در جذب و استفاده از عنصرهای غذایی باشد، بلکه این افزایش عملکرد تا حدی به اثر متقابل همه یا اندام‌هایی از فرآیندهایی چون؛ افزایش جذب مواد غذایی به دلیل داشتن شبکه ریشه‌ای قوی (Ruiz *et al.*, 1997; Salehi *et al.*, 2010)، افزایش تولید هورمون‌های درون‌زاد (Aloni *et al.*, 2010)، افزایش قدرت پیوندک (Lee & Oda, 2010)، افزایش مقاومت به شوری (Houang *et al.*, 2009) و افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها (Miguel *et al.*, 2004) نسبت داده می‌شود. در هندوانه‌های پیوندی روی دورگ‌های بین-گونه‌ای سرعت جذب مواد کانی و ساخت سایتوکینین‌ها در مقایسه با گیاهان بدون پیوند و پیوندی روی پایه کدوقلیانی بیشتر بود و در نتیجه گیاهان رشد رویشی و عملکرد بالاتری داشته و می‌توانستند بار بیشتری از محصول را تحمل کنند (Yamasaki *et al.*, 1994). هورمون‌های گیاهی مهم‌ترین عامل‌های درونی در گیاه هستند که همه جنبه‌های رشد و نمو رویشی و زایشی گیاه را تنظیم می‌کنند، بنابراین باور بر این است که نقش مهمی در ارتباط ریشه با اندام‌های هوایی ایفا می‌کنند،

غیرپیوندی هستند و آب و یون‌های پتاسیم بیشتری را جذب و به اندام‌های هوایی منتقل می‌کنند (Rouphael *et al.*, 2008). آب قابل دسترس بالا، جریان آب و یون‌های پتاسیم را در شیره آوندچوبی افزایش می‌دهد و موجب بهبود رشد و عملکرد می‌شود. بیشترین و کمترین قند کل به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار باسمنج با ۶۸/۶۰ و ۳۲/۸۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ و بیشترین و کمترین ساکارز به ترتیب در ترکیب پیوندی ماهان/ روت‌پاور و خیار باسمنج با ۱۱/۱۳ و ۴/۷۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ مشاهده شد (جدول ۷). مسیر سوخت‌وسازی (متابولیسم) کربوهیدرات‌ها یکی از مهم‌ترین مسیرهای سوخت‌وسازی در گیاهان است که رشد و نمو گیاه کامل با آن در ارتباط است (Khelil *et al.*, 2007). کربوهیدرات‌ها در اثر فرایند نورساخت در برگ‌ها ساخت می‌شوند و در بین آن‌ها ساکارز منبع اصلی انرژی و کربن است که در سیتوپلاسم برگ‌ها (بافت منبع) ساخت شده و پس از بارگذاری به درون آوندهای آبکش به بافت‌های مصرف منتقل می‌شود (Khelil *et al.*, 2007). در این بررسی غلظت قندهای کل و ساکارز در برگ‌های گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان بدون پیوند بیشتر بود که این امر می‌تواند در ارتباط با ظرفیت جذب و انباشت بالای کربن توسط برگ‌های این گیاهان باشد (Xing *et al.*, 2015). Wang *et al.* (2012) در نتایج بررسی‌های خود پیشنهاد کردند، گیاهان پیوندی در شرایط تنش شوری با تنظیم بیان ژن زیر واحد بزرگ آنزیم روبیسکو (RuBP)، روبیسکو اکتیواز (RCA) و روبیسکو-۵ فسفات کیناز (PRK)، ظرفیت بالایی از کربن جذب‌شده را حفظ می‌کنند و موجب تولید کربوهیدرات بیشتری در برگ‌ها می‌شوند. همچنین گزارش شده است، جذب بالای دی‌اکسید کربن و تجمع بالای کربوهیدرات‌ها در خیارهای پیوندی روی کدوی برگ‌انجیری می‌تواند در نتیجه مصرف زیاد این ماده توسط ریشه‌های کدو باشد که محل مصرف قوی برای مواد نورساختی (کربوهیدرات‌ها) هستند (Zhou *et al.*, 2007).

گیاهانی با شبکه ریشه‌ای قوی، سایتوکینین بیشتری را به درون آوندچوبی بالارونده رها می‌کنند و در نتیجه عملکرد را به دلیل القاء رشد رویشی بیشتر به اندام‌های هوایی، افزایش می‌دهند (Aloni *et al.*, 2010). بنابراین در این آزمایش این احتمال وجود دارد، پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور با افزایش جذب عنصرهای غذایی و ساخت و انتقال سایتوکینین‌ها به اندام‌های هوایی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان پیوندی شده باشند. محققان بسیاری در نتایج بررسی‌های خود گزارش کرده‌اند، پیوند محتوای سبزینه، سرعت انباشت دی‌اکسید کربن خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق را بهبود می‌اندام‌هاید و در نتیجه موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Salehi *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2011). از آنجاکه کل زیست‌توده تولیدی وابسته به نورساخت است، هدف‌های روش‌های کشاورزی نوین در افزایش کارایی دستگاه نورساخت و بهبود عملکرد محصولات است (Lee & Oda, 2010). در خربزه و طالبی‌های پیوندی روی گونه‌های کدو و دورگ‌های بین‌گونه‌ای محتوای سبزینه و سطح برگ در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت و همبستگی بالایی با افزایش عملکرد داشته است (Liu *et al.*, 2011). در این آزمایش شاخص سبزینه و سطح برگ در گیاهان پیوندی در مقایسه با بدون پیوند بیشتر بود (جدول ۳) و به دنبال آن عملکرد بالایی نیز مشاهده شد. زنده‌مانی بوته‌ها نیز عاملی مهم در تعیین عملکرد نهایی محصول است، زیرا هر دو فراسنجه (پارامتر) به یکدیگر مرتبط هستند (Lee *et al.*, 2010). در این آزمایش هیچ‌یک از گیاهان پیوندی پس از انتقال به زمین اصلی از بین نرفتند و رشد رویشی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد دارند، درحالی‌که تا حدودی نیمی از گیاهان بدون پیوند (از هر ۵ بوته کاشته شده ۲ بوته) پس از انتقال به زمین اصلی از بین رفته و مابقی رشد و عملکرد ضعیفی داشتند. این نتایج با یافته‌های Miguel *et al.* (2004) که عملکرد بالای گیاهان پیوندی روی پایه شینتوزا در ارتباط با زنده‌مانی بالای گیاهچه‌های پیوندی در مقایسه با انواع بدون پیوند، همخوانی دارد. یک توضیح احتمالی دیگر برای افزایش عملکرد این است که خیارهای پیوندی بسیار قوی‌تر از انواع

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد تک بوته، وزن میوه، شمار میوه در هر بوته، ساکارز و قند کل برگ در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی

Table 6. Analysis of variance (Mean square) for yield per plant, fruit weight, fruit number per plant, leaf sucrose and Leaf total soluble sugar in grafted and non grafted plant

Variation Source	df	Yield per plant	Fruit weight	Fruit number per plant	Leaf sucrose	Leaf total soluble sugar
Block	2	97162.91 ^{ns}	14.09 ^{ns}	40.52 ^{ns}	0.005 ^{ns}	41.21 ^{ns}
Treatment	7	8494778.47 ^{**}	54.75 ^{ns}	308.48 ^{**}	21.18 ^{**}	314.23 ^{**}
Error	14	1610250.20	40.45	27.25	0.231	32.50
CV (%)		23.85	9.68	26.82	5.59	11.03

ns, **: Non significant, Significant at 5 and 1%, respectively.

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد تک بوته، وزن میوه، شمار میوه در هر بوته، ساکارز و قند کل برگ در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی

Table 7. Means comparison for yield per plant, fruit weight, fruit number per plant, leaf sucrose and leaf total soluble sugar in grafted and non grafted plant

Treatment	Yield per plant (g)	Fruit weight (g)	Fruit number per plant	Leaf sucrose (mg g ⁻¹ Dw)	Leaf total soluble sugar (mg g ⁻¹ Dw)
B	810.2d	64.84ns	10.28c	4.70d	38.26d
G	843.0d	59.98ns	9.44c	5.66cd	40.33dc
M	894.3d	63.01ns	6.40c	6.06c	44.26bcd
B/Sh	1406.2dc	62.44ns	25.00ab	10.80a	56.40ab
B/R	2159.0ab	69.5ns	26.25ab	9.33b	52.20bcd
G/Sh	1874.8abc	73.49ns	24.98ab	10.80a	54.26abc
G/R	1226.9dc	66.75ns	17.91bc	10.20ab	59.03ab
M/R	2331.3a	65.21ns	35.41a	11.13a	68.60a

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.01). اعداد با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار (P<0.01) ندارند.

B: Basmenj, G: Gouney, M: Mahan, B/Sh: Basmenj/ Shintozwa, B/R: Basmenj/ Routpower, G/Sh: Gouney / Shintozwa, G/R: Gouney / Routpower, M/R: Mahan / Routpower

ساقه ذخیره کرده و موجب بهبود شاخص‌های رویشی و عملکرد شدند، از این رو پیوند خیارهای بومی و تجاری روی این گونه پایه‌ها می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر برای بهبود عملکرد محصول استفاده شود.

نتیجه‌گیری کلی

پایه‌های شینتوزا و روت‌پاور به دلیل داشتن شبکه ریشه‌ای قوی و کارآمد نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری را جذب و در اندام‌های هوایی در اندام‌هایی مانند برگ و

REFERENCES

- Almaliotis, D., Therios, I. & Karatassiou, M. (1996, September). Effects of nitrogen fertilization on growth, leaf nutrient concentration and photosynthesis in three peach cultivars. In: II *International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops* 449 (pp. 529-534).
- Aloni, B., Karni, L., Deventurero, G., Levin, Z., Cohen, R., Katzir, N. & Joel, D. M. (2008). Physiological and biochemical changes at the rootstock-scion interface in graft combinations between Cucurbita rootstocks and a melon scion. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(6), 777-783.
- Ballesta, M. C. M., López, C. A., Muries, B., Cadenas, C. M. & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock-scion interactions: a Review. *Scientia Horticulturae*, 127, 112-118.
- Buysse, J. A. N. & Merckx, R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany*, 44(10), 1627-1629.
- Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Salerno, A. & Rea, E. (2010a). The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 283-291.
- Colla, G., Roupheal, Y., Rea, E. & Cardarelli, M. (2012). Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. *Scientia Horticulturae*, 135, 177-185.
- Colla, G., Suárez, C. M. C., Cardarelli, M. & Roupheal, Y. (2010b). Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. *HortScience*, 45(4), 559-565.
- Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R. & Zhang, X. (2008). Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, 43(6), 1670-1672.
- Han, J. S., Park, S., Shigaki, T., Hirschi, K. D. & Kim, C. K. (2009). Improved watermelon quality using bottle gourd rootstock expressing a Ca²⁺/H⁺ antiporter. *Molecular breeding*, 24(3), 201-211.
- Hasandokht, M. R. & Nosrati, S. Z. (2010). Effect of transplant age and fruit pruning on earliness and total yield of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Sultan). *Journal of Plant Ecophysiology*, 2(1), 21-25.

11. Hoyos Echebarría, P. (2000, March). Influence of different rootstocks on the yield and quality of greenhouses grown cucumbers. In: V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: *Current Trends for Sustainable Technologies*, 559 (pp. 139-144).
12. Hu, C., Zhu, Y., Yang, L., Chen, S. & Huang, Y. (2005). Comparison of photosynthetic characteristics of grafted and ownroot seedlings of cucumber under low temperature circumstances. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 26(2), 247-253.
13. Huang, Y., Li, J., Hua, B., Liu, Z., Fan, M. & Bie, Z. (2013). Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium stress. *Scientia Horticulturae*, 149, 80-85.
14. Huang, Y., Tang, R., Cao, Q. & Bie, Z. (2009). Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 26-31.
15. Humphries, E. C. (1956). Mineral components and ash analysis. In *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse/Modern Methods of Plant Analysis* (pp. 468-502). Springer Berlin Heidelberg
16. Khelil, A., Menu, T. & Ricard, B. (2007). Adaptive response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar. *Plant physiology and Biochemistry*, 45(8), 551-559.
17. Lee, J. M. (1994). Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*, 29(4), 235-239.
18. Lee, J. M. & Oda, M. (2010). Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews*, Volume 28, 61-124.
19. Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L. & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 93-105.
20. Liu, Y. F., Qi, H. Y., Bai, C. M., Qi, M. F., Xu, C. Q., Hao, J. H., ... & Li, T. L. (2011). Grafting helps improve photosynthesis and carbohydrate metabolism in leaves of muskmelon. *International journal of biological sciences*, 7(8), 1161
21. Marukawa, S. & Takatsu, I. (1969). Studies on the selection of Cucurbita spp. as cucumber stock. 1. Compatibility, ability to tolerate low-temperature conditions and yield of black prickly cucumber. *Bulletin of the Ibaraki Agricultural Experiment Station*, 3, 11-18.
22. Miguel, A., Maroto, J. V., San Bautista, A., Baixauli, C., Cebolla, V., Pascual, B., ... & Guardiola, J. L. (2004). The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium wilt. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 9-17.
23. Mohsenian Sisakht, Y. & Roosta, H. R. (2014). Effect of eggplant, field tomato, datura, orange nightshade and Iranian tobacco rootstocks on iron and chlorophyll concentrations in grafted tomato. *Journal of Science & Technology, Greenhouse Culture*, Vol. 5, No. 17, Spring 2014. (in Farsi)
24. Mohsenian, Y. & Roosta, H. R. (2015). Effects of grafting on alkali stress in tomato plants: datura rootstock improve alkalinity tolerance of tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, 38(1), 51-72.
25. Mohsenian, Y., Roosta, H. R., Karimi, H. R. & Esmaeilizade, M. (2012). Investigation of the ameliorating effects of eggplant, datura, orange nightshade, local Iranian tobacco, and field tomato as rootstocks on alkali stress in tomato plants. *Photosynthetica*, 50(3), 411-421.
26. Olsen, S. R. & Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. P 403-430, In: Page, A.L. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2nd ed. Argon. Mongr. 9. *ASA and SSSA, Madison, WI*.
27. Pulgar, G., Villora, G., Moreno, D. A. & Romero, L. (2000). Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism. *Biologia Plantarum*, 43(4), 607-609.
28. Roosta, H. R. & Karimi, H. R. (2012). Effects of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: using two types of local squash as rootstock. *Journal of plant nutrition*, 35(12), 1843-1852.
29. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E. & Colla, G. (2008). Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1), 49-58.
30. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E. & Colla, G. (2012). Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. *Photosynthetica*, 50(2), 180-188
31. Ruiz, J. M. & Romero, L. (1999). Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. *Scientia Horticulturae*, 81(2), 113-123.
32. Ruiz, J. M., Belakbir, A., López-Cantarero, I. & Romero, L. (1997). Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*, 71(3), 227-234.
33. Sainju, U. M., Dris, R. & Singh, B. (2003). Mineral nutrition of tomato. *Food, Agriculture & Environment*, 1(2), 176-183.
34. Salehi, R., Kashi, A., Lee, J. M., Babalar, M., Delshad, M., Lee, S. G. & Huh, Y. C. (2010). Leaf gas exchanges and mineral ion composition in xylem sap of Iranian melon affected by rootstocks and training methods. *HortScience*, 45(5), 766-770.

35. Salehi-Mohammadi, R., Kashi, A., Lee, S. G., Huh, Y. C., Lee, J. M., Babalar, M. & Delshad, M. (2009). Assessing survival and growth performance of Iranian melon to grafting onto Cucurbita rootstocks. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.*, 27(1), 1-6.
36. Samuels, A. L., Glass, A. D. M., Ehret, D. L. & Menzies, J. G. (1993). The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. *Annals of Botany*, 72(5), 433-440.
37. Sugiyama, M., Sakata, Y. & Ohara, T. (2006, August). The History of Melon and Cucumber Grafting in Japan. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: *International Symposium on Sustainability through Integrated and Organic*, 767 (pp. 217-228).
38. Tucker, M. (2004). Primary nutrients and plant growth. *Essential plant nutrients*, 126.
39. Waling, I., Vark, W. V., Houba, G. & Van der lee, J. J. (1989). Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Anal Proced. Wageningen Agriculture University. Netherland.
40. Wang, L. P., Guo, S. R., Sun, J., Tian, J., Yang, Y. J. & He, L. Z. (2012). Analysis of photosynthetic characteristics and key enzyme genes expression of carbon assimilation in cucumber by grafting onto salt-tolerant rootstock under iso-osmotic Ca (NO₃)₂ or NaCl stress. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 3, 007.
41. Xing, W. W., Li, L., Gao, P., Li, H., Shao, Q. S., Shu, S., ... & Guo, S. R. (2015). Effects of grafting with pumpkin rootstock on carbohydrate metabolism in cucumber seedlings under Ca (NO₃)₂ stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 87, 124-132.
42. Yamamoto, Y., Hayashi, M., Kanamaru, T., Watanabe, T., Mametsuka, S. & Tanaka, Y. (1989). Studies on bloom on the surface of cucumber fruits, 2: relation between the degree of bloom occurrence and contents of mineral elements. *Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Center*, 9, 1-6.
43. Yamasaki, A., Yamashita, M. & Furuya, S. (1994). Mineral concentrations and cytokinin activity in the xylem exudate of grafted watermelons [*Citrullus lanatus*] as affected by rootstocks and crop load. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science (Japan)*.
44. Yetisir, H., Özdemir, A. E., Aras, V., Candir, E. & Aslan, Ö. (2013). Rootstocks effect on plant nutrition concentration in different organ of grafted watermelon. *Agricultural Sciences*, 4(5), 230.
45. Zhou, Y., Huang, L., Zhang, Y., Shi, K., Yu, J. & Nogués, S. (2007). Chill-induced decrease in capacity of RuBP carboxylation and associated H₂O₂ accumulation in cucumber leaves are alleviated by grafting onto figleaf gourd. *Annals of Botany*, 100(4), 839-848.