

بررسی کشت ریشه منقسم همراه با قارچ و ایجاد شرایط هیدروپونیک در درختان هلو جهت بهبود کارایی جذب آب در اراضی کم بازده

مسعود ناظری^{۱*}، سید جلال طباطبایی^۲ و یاور شرفی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱)

چکیده

آب مهمترین عامل محدودکننده تولید محصولات باغبانی بخصوص در کشورهای مثل ایران است. کاربرد روش‌های مناسب جهت افزایش راندمان آب در درختان میوه، مهمترین فاکتور تولید مطلوب میوه می‌باشد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر هلو رقم Redtop پیوند شده روی پایه GF677 صورت گرفت. تیمارها شامل جایگذاری کیسه در کنار درخت به منظور هدایت ریشه به کیسه و ایجاد شرایط مشابه هیدروپونیک بود که در سه سطح بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه انجام گرفت. همچنین، جهت برآورد میزان کارایی سیستم ریشه منقسم در افزایش راندمان آب، سطوح مختلف آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد. جهت ارزیابی میزان افزایش راندمان آب توسط قارچ‌های موثر، تلقیح قارچ در سه سطح شامل بدون قارچ، میکوریزا و تریکودرما اعمال شد. خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی درختان ۲۴ ماه بعد از کاشت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد صفات رشدی برگ در اثر جایگذاری کیسه، تلقیح قارچ و افزایش سطح آبیاری افزایش معنی‌دار پیدا کرد. تیمار جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح قارچ تریکودرما وزن تر و خشک برگ را به ترتیب نسبت به تیمار شاهد ۶۲ و ۵۲ درصد افزایش داد. شاخص‌های عملکردی قطر و طول میوه تحت تأثیر جایگذاری دو کیسه نسبت به بدون کیسه، ۶ و ۸ درصد افزایش پیدا کردند. جایگذاری کیسه و افزایش تنش آبی هر کدام میزان قند و اسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به شاهد افزایش دادند. قارچ میکوریزا میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و تریکودرما میزان سفتی میوه را نسبت به بدون قارچ، ۹ و ۳۲ درصد افزایش دادند.

کلمات کلیدی: پومیس، تریکودرما، راندمان آب، میکوریزا

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد میوه‌کاری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

۲- استاد گروه علوم باغبانی و رئیس مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

* پست الکترونیک: masoud.nazeri@shahed.ac.ir

مقدمه

هلو (*Prunus persica*) یک گونه دیپلوئیدی است که از خانواده رزاسه^۱ و زیرخانواده پرونوئیده^۲ می‌باشد (جلنکوویک و هارینگتون^۳، ۱۹۷۲). تنش کم آبی و دمای بالای شبانه بخصوص در دوره گلدهی با اثر بر تقسیمات سلولی، باعث کاهش تشکیل میوه در هلو می‌گردد (جلیلی‌مردی، ۱۳۸۸). آبیاری درختان جوان هلو در سال‌های اول احداث باغ تجاری از اهمیت زیادی برخوردار است. در حالت ایده‌آل آب کافی برای جایگزینی آب از دست رفته از طریق تبخیر و تعرق برای جلوگیری از محدودیت رشد در نظر گرفته می‌شود (اسکات جانسون^۴ و همکاران، ۲۰۰۱). آبیاری ناکافی با کاهش رشد درخت، فرآیند رسیدن به حداکثر تولید را طولانی می‌کند و آبیاری زیاد نیز با شستشوی نیترات و سموم به آلودگی آب‌های زیرزمینی منجر می‌شود. اسیدیته ۸۳ درصد از خاک‌های ایران بین ۷/۵ تا ۸/۵ و ۹۷ درصد خاک‌ها، قلیایی هستند (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). pH بالای خاک، جذب آب و عناصر را مختل می‌کند و در نتیجه فتوسنتز، رشد و عملکرد کاهش می‌یابد (ژانگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۳).

به دلیل تغییرات آب و هوایی بویژه افزایش دما و کاهش بارش باران در سال‌های اخیر در ایران، اکثر باغات با محدودیت منابع آبی روبه‌رو هستند. روش‌های مختلفی توسط محققین و باغداران جهت غلبه بر مشکل کمبود آب در نقاط مختلف دنیا مورد آزمون قرار گرفته است.

تنش کمبود آب بیشترین تأثیر را بر مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی درختان میوه و در نهایت عملکرد آنها داشته و سبب کاهش شاخص‌های رشدی، عملکرد و کیفیت محصول و در صورت تداوم تنش، موجب مرگ می‌شود (کافی^۶، ۲۰۱۰؛ ما^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). رشد مطلوب میوه‌های هلو غالباً به تأمین آب کافی با کیفیت مناسب بستگی دارد و تنش خشکی باعث رشد غیرطبیعی جوانه‌های گل، کاهش قسمت گوشتی و اندازه میوه هلو می‌شود (نور^۸، ۲۰۰۶). گزارش شده است تنش خشکی باعث افزایش تولید سوربیتول نسبت به ساکارز و نشاسته در هلو می‌شود (ریگر

و دومل^۹، ۱۹۹۲) از طرفی میوه هلو در زمان رسیدن به عنوان یک منبع جذب کربوهیدراتی و آب عمل می‌کند (گروسمن و دجونگ^{۱۰}، ۱۹۹۵). در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش حجم سلول و مقدار مواد فتوسنتزی، وزن و حجم میوه کاهش پیدا می‌کند (تریبی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از سوپر جاذب در آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، سبب افزایش وزن و طول حبه در خرما شد (معینی‌فر و همکاران، ۱۳۹۷).

گیاهان قادر به تغییر همه شرایط اطراف خود نیستند. این بی‌ثباتی باعث شده که گیاه سعی در سازگاری با شرایط اطراف خود مانند دما، محتوای آب خاک و مواد مغذی توزیع شده ناهمگن در خاک کند.

مطالعات در مورد رشد ریشه گیاه در محیط‌های ناهمگن برای اولین بار در کشت آزمایشگاهی انجام شده است. سیستم‌های تقسیم ریشه برای مطالعه اثرات محیط‌های مختلف ریشه، مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نشان داده‌اند که قسمت‌های مختلف سیستم ریشه، توانایی تأمین عناصر قسمت‌های مختلف بخش‌های هوایی و خاکی را دارند (زکری و پارسونز^{۱۲}، ۱۹۹۰). مشخص شده است که در برخی از گونه‌های گیاهی، بخشی از ریشه می‌تواند آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کند. پاپادوپولوس^{۱۳} و همکاران (۱۹۸۵) در پژوهشی نشان دادند که در اعمال شوری در بخش‌های مختلف از ریشه، بیشترین جذب آب از بخشی صورت گرفت که کمترین EC را داشت و یک بخش از ریشه توانست آب گیاه را تأمین کند. در گوجه فرنگی تیمارهایی که تمام ریشه در شوری قرار داشتند جذب آب کاهش و میزان فعالیت نیترات ردوکتاز به دلیل افزایش جذب کلر کاهش پیدا کرد. همچنین بیشترین وزن تر ریشه و بخش هوایی در تیماری مشاهده شد که بخشی از ریشه تحت تنش شوری قرار داشت (فلورس^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج تقسیم ریشه درخت توس در دو محیط با pH پنج و نه نشان داد که در تیمارهایی که بخشی از ریشه یا تمام ریشه در pH پایین قرار گرفتند، ماده خشک و فتوسنتز و تعرق بیشتری نسبت به گیاهانی که تمام ریشه در معرض

8. Naor

9. Rieger and Duemmel

10. Grossman and Dejong

11. Treeby

12. Zekri and Parsons

13. Papadopoulos

14. Flores

1. Rosaceae

2. Prunoideae

3. Jelenkovic and Harrington

4. Scott Johnson

5. Zhang

6. Kafi

7. Ma

در اردیبهشت ۹۶ درختان رقم Redtop پیوند شده روی پایه GF677 در ردیف‌هایی به فاصله سه متر از هم کاشته شدند. فاصله درختان از یکدیگر دو متر انتخاب و در یک سمت درختان، گودال‌هایی برای گذاشتن کیسه‌ها تعبیه شد. گودال‌ها به عمق ۶۰ سانتی‌متر و به فاصله ۴۰ سانتی‌متر و ۶۰ سانتی‌متر از تنه درخت تعبیه شدند. کیسه‌های کامپوزیتی به حجم ۴۰ لیتر با پومیس پر و در گودال‌ها قرار داده شدند. در ۲۰ سانتی‌متر از بالای کیسه چند سوراخ ایجاد شد تا آب اضافی از آن قسمت خارج شده و به عنوان یک سیگنال، سبب حرکت ریشه به طرف کیسه شود. همیشه در کیسه، آب وجود داشت تا شرایطی مشابه شرایط هیدروپونیک برای درختان ایجاد شود و درختان هیچوقت در شرایط تنش آبی قرار نگیرند.

مایکوپرسیکا که مخلوطی از چند سویه خالص گلوموس قارچ مایکوریزا می‌باشد از شرکت دانش بنیان زیست فن آوران توران تهیه شد. برای هر کیسه ۲۵۰ گرم قارچ مایکوریزا با پومیس موجود در کیسه مخلوط گردید. هر گرم از قارچ مایکوریزا حاوی ۳۰۰ اسپور زنده بود. قارچ تریکودرما سویه هاریزانیوم از شرکت فناوران حیات سبز با نام تجاری تریکومیکس-اچ وی تهیه شد. برای هر گیاه تحت تیمار قارچ تریکودرما، ۴/۵ گرم با پومیس کیسه مخلوط گردید. جهت تأمین آب درختان یک مخزن ۵۰۰۰ لیتری و یک پمپ زیر آبی که انرژی خود را از سولار (انرژی خورشیدی) می‌گرفت، تعبیه شد. آب از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن دو اینچی و لوله‌های فرعی ۱۶ میلی‌متری به قطره چکان‌ها رسانده و با لوله‌های ماکارونی آب و همه مواد غذایی مورد نیاز را به درون کیسه کنار درختان انتقال داده شد. مخزنی به حجم ۲۰۰ لیتر در کنار مخزن اصلی آب برای تأمین مواد غذایی ماکرو و میکرو به صورت استوک تعبیه شد. EC و pH تانکر اصلی به صورت خودکار با دستگاه اندازه‌گیری و در صورت نیاز توسط محلول استوک مخزن کوچک تنظیم شد. سیستم فلوتر (شناور) مشابه سیستم کولر در کیسه تعبیه شد تا با پایین آمدن آن به وسیله امواج بی‌سیم، فرمان شروع کار به پمپ داده شده و آبیاری آغاز گردد. پس از بالا آمدن شناور دستور خاموش شدن پمپ صادر می‌شد که در این زمان در کیسه ۱۵ لیتر آب موجود بود. تیمارها شامل کیسه، قارچ و آبیاری هر کدام در سه سطح اعمال شد. در

pH بالا قرار گرفتند، داشتند (زو^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). قارچ‌های مایکوریزا و تریکودرما با اغلب گیاهان و محصولات زراعی، همزیستی دارند. این همزیستی منجر به افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو توسط گیاه می‌شود. تلقیح مایکوریزا، تنوع گونه مایکوریزی در رایزوسفر خاک را افزایش داده و باعث رشد، عملکرد و کیفیت محصولات باغی و زراعی می‌شود (ییلماز^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ هارمان^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). تریکودرما به صورت مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. به طور غیرمستقیم، قارچ به عنوان مانع فیزیکی در برابر پاتوژن‌ها با سه مکانیسم عمل می‌کند. مکانیسم‌ها شامل رقابت، انگل و یا ترشح آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلول عوامل بیماری‌زا می‌باشند. به طور مستقیم، قارچ با ترشح هورمون و مواد شیمیایی سبب تحریک رشد و توسعه ریشه شده که از این طریق ریشه به صورت کارآمدتری آب و مواد غذایی را جذب می‌کند (سوفو^۴ و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به مشکلات مربوط به کمبود آب در ایران ارائه راهکار مناسب که بتوان با آن هم جلوی کاهش سطح کشت را گرفت و هم سطح کشت محصولات باغی را افزایش داد، اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش بهبود کارایی مصرف آب با جایگذاری کیسه پومیس و تلقیح قارچ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در باغ تحقیقاتی ریشه منقسم دانشگاه شاهد با مختصات ۳۵ درجه شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی، اجرا شد. خصوصیات آب و هوایی منطقه مورد مطالعه طبق میانگین داده‌های ۵۵ ساله ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد تهران شامل میانگین دمای سالانه ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالانه ۲۳۲/۸ میلی‌متر و رطوبت نسبی هوا ۴۱ درصد می‌باشد. مقدار کربن آلی در باغ در محدوده خیلی کم تا متوسط بوده (۰/۱٪ تا ۰/۵٪). همچنین، درصد آهک خاک بین ۱۰-۱۳/۵ درصد بود. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در محدوده متوسط ۱۹-۲۱ meq/100gr خاک بود. از نظر شوری خاک باغ نیز در محدوده ۴-۸ dS/m بوده و pH خاک نیز در محدوده ۷/۸۳-۸ بود.

به دلیل اینکه احتمال رسیدن ریشه به کیسه در سال اول کاشت پایین بود، نمونه برداری برای صفات کیفی میوه در سال دوم (خرداد ۹۸) صورت گرفت. برای اندازه گیری طول و قطر میوه از کولیس دیجیتالی (Digital 1114-200A) و قطر میوه از کولیس دیجیتالی (Digital 1114-200A) استفاده شد. از هر تکرار و تیمار سه میوه به صورت تصادفی انتخاب و طول و قطر میوه گرفته شد. میانگین طول و قطر سه میوه به عنوان طول و قطر میوه هر تیمار در نظر گرفته شد. برای اندازه گیری سفتی بافت میوه، میوه هایی که از نظر فیزیولوژیکی رسیده بودند را انتخاب کرده و از هر تیمار، سفتی سه میوه با استفاده از دستگاه سفتی سنج^۴ دیجیتالی مدل (HP Digital Force Gauge) با پروب ۵ میلی متری و از قسمت استوایی میوه ها، گرفته شد. برای اندازه گیری قند میوه از دستگاه قندسنج (Emperor 601S) استفاده شد. آب بافت سه میوه استخراج و با هم مخلوط گردید. کیت را در دستگاه قرار داده و آبمیوه در قسمت مخصوص کیت ریخته شد. پس از گذشت ۱۰ ثانیه مقدار قند بر حسب mg/l از نمایشگر دستگاه قرائت گردید. برای اندازه گیری اسیدیته قابل تیتراسیون ۱۰ سی سی از آبمیوه را به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و با هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال در حضور چند قطره معرف فنل فتالین (۰/۵ درصد در اتانول ۸۰ درصد)، سنجش صورت گرفت. با مشاهده اولین رنگ صورتی پایدار میزان هیدروکسیدسدیم مصرفی یادداشت گردید. از رابطه زیر اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه شد (مازومدار و ماجومدر^۵، ۲۰۰۳).

$$A = \frac{N \times V \times E}{M} \times 100$$

A مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره، N نرمالیه هیدروکسیدسدیم مصرفی (۰/۱ نرمال)، V حجم سود مصرفی، M مقدار آبمیوه (میلی لیتر) و E وزن اکی والانته برای اسید غالب هلو که اسید مالیک است برابر ۰/۰۶۷ است. شاخص طعم میوه نیز از TSS/TA بدست آمد.

برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچها، ریشه های تیمار شده از کیسه جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. ابتدا ریشه ها سه بار با آب مقطر شسته شدند. هشت گرم هیدروکسیدپتاسیم در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید. سپس محتویات فالكون به دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۰

مجموع ۲۷ تیمار در سه تکرار در نظر گرفته شد. دو ردیف شرقی و غربی باغ به عنوان محافظ^۱ در نظر گرفته شد. تیمارهای کیسه بصورت B₀, B₁, B₂ در نظر گرفته شدند که در آن B مخفف Bag بود و اندیس ها به ترتیب نشان دهنده بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه بود. تیمارهای آبیاری بصورت I₅₀, I₇₅, I₁₀₀ بودند که در آن I مخفف Irrigation بوده و اندیس ها به ترتیب نشان دهنده ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت آبیاری بود. همچنین، تیمارهای قارچ بصورت F₀, F_T, F_M در نظر گرفته شدند که F مخفف Fungi بوده و اندیس ها به ترتیب نشان دهنده بدون قارچ، قارچ *Trichoderma harzianum* و قارچ *Mycorrhiza glomus* بود. اعمال تیمارها از روز نخست کاشت درختان شروع شد. نمونه برداری برای صفات فیزیولوژیکی در خرداد ۹۸ صورت گرفت. برای اندازه گیری وزن تر برگ از هر واحد آزمایشی ۱۰ برگ توسعه یافته از قسمت میانه چند شاخه اطراف درخت به صورت تصادفی انتخاب و وزن آن با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱) اندازه گیری شد. برای وزن خشک، نمونه های برگ در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و وزن خشک نیز با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱) گرفته شد. از تقسیم وزن خشک برگ بر وزن تر برگ ضرب در ۱۰۰، درصد ماده خشک برگ محاسبه شد (روکلی^۲ و همکاران، ۲۰۰۴).

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ ابتدا از هر درخت هلو یک گرم برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم توزین کرده، سپس نمونه در آب مقطر قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت وزن اشباع نمونه ها را اندازه گرفته و درون آن با دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. در نهایت وزن خشک آنها را با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شد. اعداد به دست آمده از اندازه گیری ها را در فرمول زیر گذاشته و محتوای آب نسبی برگ محاسبه شد (مایاک^۳ و همکاران، ۲۰۰۴).

$$RWC = \frac{(Fw - Dw)}{(Sw - Dw)} \times 100$$

Fw نشانگر وزن تر برگ بعد از نمونه برداری، Dw نشانگر وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آن و Sw نشانگر وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر بود.

4. Pentrometer
5. Mazumdar and Majumder

1. Gard Row
2. Rocculi
3. Mayak

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش فاکتوریل (۳×۳×۳) و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. آنالیز با نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. برای مقایسه میانگین از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و رسم نمودار با نرم افزار Excel 2016 صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) داده‌ها نشان داد هر کدام از اثرات اصلی جایگذاری کیسه، تلقیح قارچ و سطوح آبیاری و اثر متقابل سه عامل بر خصوصیات رشدی برگ هلو تأثیر معنی‌داری داشته است.

درصد کلونیزاسیون

طبق نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل سه عامل بر درصد کلونیزاسیون، تأثیر معنی‌دار داشته افزایش خشکی درصد کلونیزاسیون قارچ میکوریزا کاهش پیدا کرد.

صفات رشدی برگ

در اثرات اصلی تلقیح با قارچ تریکودرما و آبیاری کامل بیشترین وزن تر، خشک و درصد ماده خشک برگ را ایجاد کردند. بیشترین وزن تر (۳/۷۴) و خشک (۱/۷۵) برگ در جایگذاری یک کیسه و بیشترین درصد ماده خشک برگ (۵۱/۱۷) در جایگذاری دو کیسه مشاهده شد. با کاهش سطح آبیاری از میزان رطوبت نسبی برگ کاسته و بیشترین

درجه سانتی‌گراد منتقل و به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری شد. در مرحله بعد محلول هیدروکسیدپتاسیم دور ریخته شد و اسیدکلریدریک یک درصد به آن اضافه و پس از دو دقیقه دور ریخته شد. از محلول رنگی ۱-۱-۱ (آب-گلیسرین-اسید لاکتیک) جهت رنگ آمیزی استفاده گردید. برای تهیه این محلول مقادیر مساوی از سه ماده اسیدلاکتیک، گلیسرین و آب با هم مخلوط گردید. سپس ۵۰۰ میلی‌لیتر از آن به منظور رنگ‌بری جدا و در ۵۰۰ میلی‌لیتر دیگر ماده رنگی تریپان بلو ۰/۰۵ درصد اضافه شد (۰/۲۵ گرم برای ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول). فالكون‌های حاوی ماده رنگی تریپان بلو و ریشه داخل اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. پس از اتمام اتوکلاو، محلول روپی برداشته و محلول رنگ‌بر به فالكون‌ها اضافه شد. فالكون‌ها در یخچال با دمای ۴-۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. درصد کلونیزاسیون میکوریزایی با روش Grid Line Intersect Method تعیین شد. بدین منظور در روز بعد ریشه‌ها روی کاغذ شطرنجی و زیر لوپ قرار داده شدند. به‌منظور محاسبه میزان کلونیزاسیون، محل تقاطع ریشه با خطوط افقی و عمودی به‌عنوان مخرج کسر و تعداد اندام‌های میکوریزایی (هیف، وزیکول و یا اسپور) مشاهده شده در نقاط تلاقی به‌عنوان صورت کسر در نظر گرفته شد. در پایان با جمع و میانگین‌گیری کسرها، درصد کلونیزاسیون ریشه‌های میکوریزایی مشخص گردید (کورمانیک و مگرو، ۱۹۸۲؛ جیواننتی و موس، ۱۹۸۰).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات رشدی برگ هلو در سیستم ریشه منقسم همراه با تیمارهای مختلف آبیاری و قارچ

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---------------|------------|----------------|---------------------|-------------------|
| | | وزن تر برگ | وزن خشک برگ | درصد ماده خشک برگ |
| کیسه (B) | ۲ | ۲/۸۵** | ۰/۳۶۵* | ۱۱۴/۲۳** |
| قارچ (F) | ۲ | ۲/۹۴** | ۰/۵۹۸* | ۱۱/۳۳** |
| آبیاری (I) | ۲ | ۱/۲۹** | ۰/۳۰۱* | ۲/۱* |
| (B×F) | ۴ | ۰/۳۰۹** | ۰/۰۸۳ ^{ns} | ۲۱/۵۱** |
| (B×I) | ۴ | ۱/۴۹** | ۰/۱۹۴* | ۲۱/۱۹** |
| (I×F) | ۴ | ۱/۵۴** | ۰/۲۵۲* | ۱۱/۲۳** |
| (B×I×F) | ۸ | ۱/۴۲** | ۰/۲۷۱* | ۱۰/۸۱** |
| خطای آزمایشی | ۵۴ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۸۴ | ۰/۸۹ |
| CV (درصد) | - | ۶/۹ | ۱۷/۸۲ | ۱/۹۳ |

ns، * و ** به ترتیب به معنی: معنی‌دار نیست، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی جایگذاری کیسه، تلقیح قارچ و سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات رشدی برگ هلو و درصد کلونیزاسیون

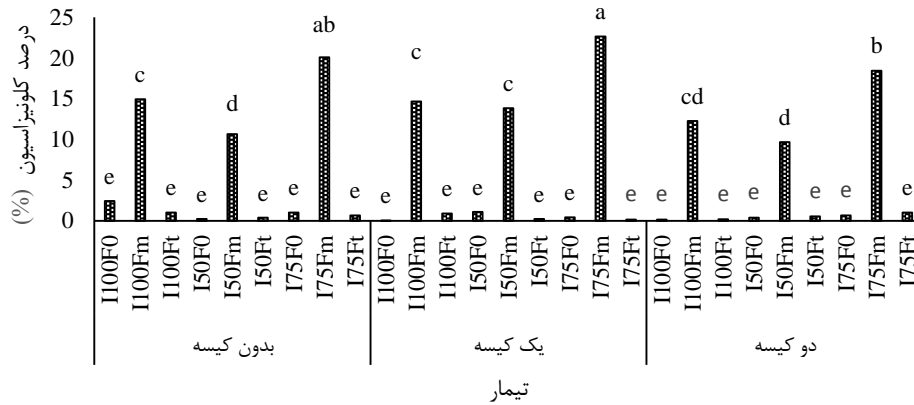
| تیمار | وزن تر برگ (g) | وزن خشک برگ (g) | درصد ماده خشک برگ (%) | رطوبت نسبی آب برگ (%) | درصد کلونیزاسیون (%) |
|--------|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| کیسه | ۰ | ۱/۵۲ ^b | ۴۸/۹۲ ^b | ۳۴/۰۷ ^b | ۵/۱۷ ^a |
| | ۱ | ۳/۷۴ ^a | ۱/۷۵ ^a | ۴۷/۱۳ ^c | ۵/۹۹ ^a |
| | ۲ | ۳/۱۳ ^b | ۱/۶ ^{ab} | ۵۱/۱۷ ^a | ۴/۸۱ ^b |
| قارچ | ۰ | ۳/۰۱ ^c | ۱/۴۶ ^b | ۴۸/۳۸ ^b | ۰/۷ ^b |
| | مایکوزیزا | ۳/۴۳ ^b | ۱/۶۸ ^a | ۴۸/۷۶ ^b | ۱۵/۲۶ ^a |
| | تریکودرما | ۳/۶۷ ^a | ۱/۷۴ ^a | ۴۹/۶۵ ^a | ۰/۵۵ ^b |
| آبیاری | ۵۰ | ۳/۵۷ ^c | ۱/۷۲ ^b | ۴۷/۷۹ ^b | ۴/۱۱ ^c |
| | ۷۵ | ۳/۴۱ ^b | ۱/۶۵ ^{ab} | ۴۸/۲۵ ^b | ۷/۲۳ ^a |
| | ۱۰۰ | ۳/۱۳ ^a | ۱/۵۱ ^a | ۴۹/۷۴ ^a | ۵/۱۷ ^b |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر فاکتور اصلی تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد (مطابق معنی‌داری در جدول تجزیه واریانس) بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

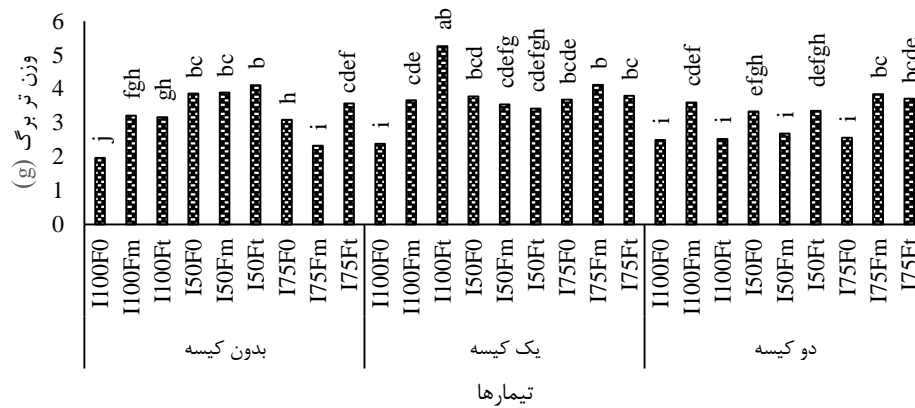
فاکتور شد (جدول ۲). در اثرات متقابل سه عامل تیمار جایگذاری یک کیسه، آبیاری کامل و تلقیح قارچ تریکودرما بیشترین وزن تر برگ را ایجاد کرد (شکل ۲). این تیمار با چند تیمار دیگر در یک سطح آماری در وزن خشک برگ قرار گرفتند (شکل ۳). اغلب تیمارهایی که دارای یک سطح معنی‌داری در وزن تر برگ بودند، در وزن خشک برگ نیز در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند که همبستگی مثبت (۰/۶۹) در سطح یک درصد این موضوع را تأیید می‌کند (جدول ۵). بیشترین درصد ماده خشک برگ در اثر جایگذاری دو کیسه، آبیاری کامل و تلقیح قارچ مایکوزیزا ایجاد شد (شکل ۳). بیشترین رطوبت نسبی برگ در تیمار جایگذاری دو کیسه، آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح با قارچ تریکودرما به وجود آمد (شکل ۴).

گیاهان در شرایط تنش خشکی یک روند عمومی را پی می‌گیرند که آن هم کاهش وزن تر و خشک گیاه است. درخت هلو نیز از این روند مستثنی نیست. در تحقیقات مشابهی که روی هلو صورت گرفت، وزن خشک کل برگ‌های موجود روی درخت در آبیاری ۱۸۰ و ۹۰ متر مکعب در هکتار به ترتیب ۴۷ درصد و ۲۷ درصد وزن خشک کل برگ‌های موجود روی درخت در آبیاری ۳۶۰ متر مکعب در هکتار بوده است (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳). مایکوزیزا و تریکودرما به دلیل همزیستی که با گیاه ایجاد

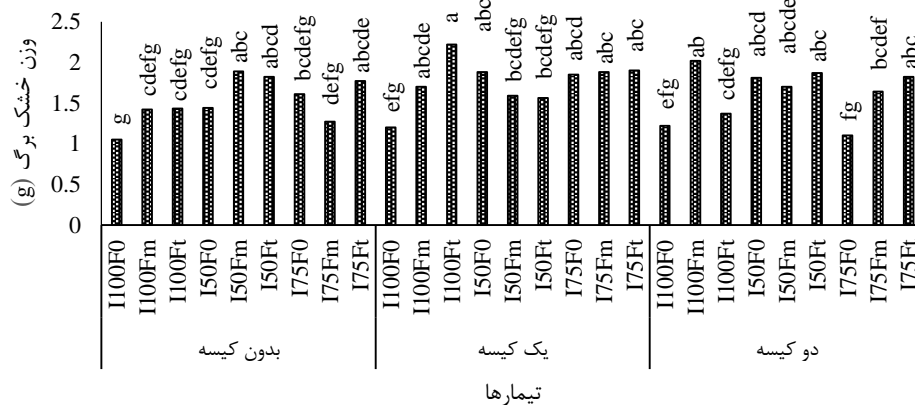
است. بیشترین سطوح کلونیزاسیون در جایگذاری بدون کیسه و یک کیسه، سطوح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، تلقیح قارچ مایکوزیزا با یک حرف معنی‌داری مشترک مشاهده شد. در هر بخش از تیمارهای جایگذاری کیسه و بدون کیسه بیشترین درصد کلونیزاسیون مایکوزیزا در آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، اندازه‌گیری شد (شکل ۱). در آزمایشی که جهت ریشه‌زایی پایه GF677 توسط قارچ تریکودرما هاریزانیوم صورت گرفت، کلونیزاسیون قارچ بر ریشه در زیر میکروسکوپ، تشخیص داده نشد (سوفو و همکاران، ۲۰۱۰). قارچ مایکوزیزا در شرایط کودی بالا به خوبی توسعه پیدا نمی‌کند (آرتاس^۱، ۲۰۱۸). در کاهو کمترین سطح کلونیزاسیون در آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد و آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با بیشترین کلونیزاسیون در یک سطح آماری قرار گرفتند (بدوی و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش به دلیل اینکه تغذیه گیاه به صورت کود آبیاری صورت گرفت، احتمال دارد در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان مواد مغذی در تیمارهای جایگذاری کیسه افزایش پیدا کرده و به همین دلیل در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به دلیل افزایش مواد مغذی و آبیاری ۵۰ درصد به دلیل رطوبت نسبی برگ در جایگذاری یک کیسه (۳۶/۲۷) مشاهده شد (جدول ۲). تلقیح قارچ نیز سبب افزایش این



شکل ۱- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر وزن تر برگ، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} ، I_{50} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.



شکل ۲- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر وزن تر برگ، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} ، I_{50} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.



شکل ۳- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر وزن خشک برگ، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.05$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} ، I_{50} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.

دوباره افزایش پیدا کرد. در اثر متقابل سه عامل کیسه، قارچ و آبیاری کمترین طول میوه در تیمار بدون جایگذاری کیسه، آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح قارچ میکوریزا (شکل ۶) به وجود آمد.

تنش خشکی در زمان رشد منجر به کاهش عملکرد و کوچک ماندن میوه می‌شود. در تنش خشکی به دلیل کاهش جذب آب اولاً فتوسنتز کاهش پیدا کرده و ماده سازی کم شده و ثانیاً با کاهش جذب آب حجم سلول‌های میوه کاهش پیدا کرده و سبب کوچک ماندن میوه می‌شود. در پرتغال واشنگتن ناول نیز با کاهش سطح آبیاری حجم میوه کاهش پیدا کرد (تربیی^۴ و همکاران، ۲۰۰۷).

سفتی میوه

سفتی میوه تحت تأثیر جای‌گذاری کیسه و تلقیح قارچ قرار گرفت، به شکلی که با جایگذاری کیسه و تلقیح قارچ میزان سفتی میوه افزایش داشت. اما سطوح مختلف آبیاری تأثیری بر این شاخص، نداشتند.

در اثرات متقابل سه عامل بیشترین سفتی میوه در اثر جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح قارچ میکوریزا ایجاد شد که با چهار تیمار دیگر در یک سطح آماری قرار گرفتند (شکل ۷). در اغلب تیمارهایی که کیسه جایگذاری نشده بود و از سطح آبیاری مناسبی برخوردار نبودند،

میزان سفتی میوه کاهش داشته است. ریشه گیاه در اثر تنش خشکی هورمون اتیلن تولید می‌کند. اتیلن در تنظیم بیان ژن و آنزیم‌هایی که در تخریب دیواره سلولی نقش دارند، موثر است. اتیلن در اثر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز افزایش یافته و سبب کاهش سفتی بافت میوه می‌شود (استلا^۵ و همکاران، ۲۰۰۴). میکوریزا و تریکودرما جذب کلسیم توسط گیاه را افزایش می‌دهند (هارمان و همکاران، ۲۰۰۴؛ ییلماز و همکاران، ۲۰۲۰). کلسیم با قرار گرفتن در دیواره سلولی سبب افزایش استحکام دیواره سلولی می‌شود. یکی دیگر از نقش‌های کلسیم کاهش تولید اتیلن است که موجب حفظ بافت میوه می‌شود (حسینی‌فرهی و همکاران، ۱۳۸۷).

می‌کنند، موجب افزایش جذب آب، مواد غذایی و رشد گیاه می‌شوند (هارمان و همکاران، ۲۰۰۴؛ ییلماز و همکاران، ۲۰۲۰). تلقیح پایه مکزیکن لایم^۱ با میکوریزا وزن خشک برگ را نسبت به گیاه شاهد افزایش داد (حقیقت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از قارچ تریکودرما هاریزانیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی در گوجه، کاهو و فلفل دلمه‌ای نسبت به گیاه شاهد شد (وینال^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). در پایه‌های مالوس تحت شرایط آبیاری مختلف با کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بیومس گیاه کاهش پیدا کرد (ما و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط تنش کم آبی به دلیل کاهش تبخیر و جذب آب در گیاه است. قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد سیستم ریشه‌ای می‌شود که محتوای نسبی آب برگ در شرایط کم آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد. حفظ محتوای رطوبت درونی یک گیاه نیاز به داشتن ریشه عمیق جهت جذب آب دارد (هیرایاما^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). وجود همبستگی مثبت (۰/۲۶) در سطح پنج درصد بین رطوبت نسبی آب برگ و درصد ماده خشک برگ نشان داد که با افزایش جذب آب توسط ریشه نه تنها رطوبت نسبی آب برگ افزایش پیدا می‌کند، بلکه جذب عناصر غذایی و فتوسنتز افزایش و ماده سازی بیشتر می‌شود.

صفات کیفی میوه

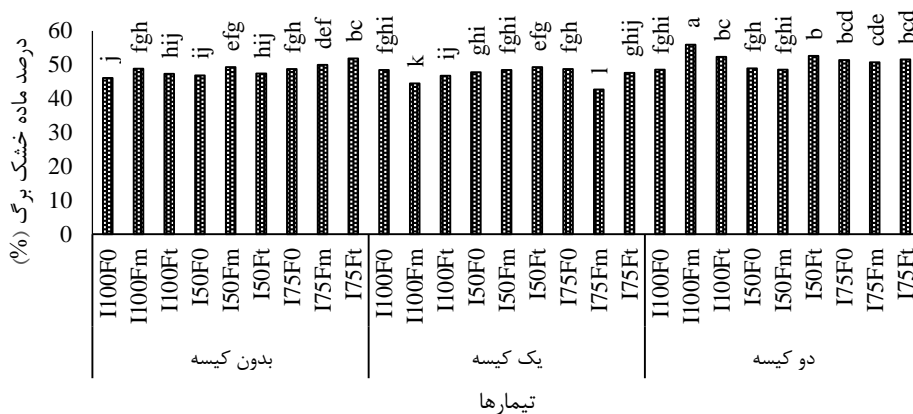
طبق نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس، صفات عملکردی و کیفی جای‌گذاری کیسه، بر تمامی صفات اندازه گیری شده تأثیر معنی‌دار داشته است. تلقیح قارچ بر قطر، طول و قند میوه و آبیاری بر سفتی میوه تأثیر معنی‌دار نداشتند. اثر متقابل سه عامل بر تمامی صفات مورد مطالعه غیر از قند تأثیر معنی‌دار داشت.

طول و قطر میوه

جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که در اثر جایگذاری کیسه طول و قطر میوه افزایش پیدا کرد. تلقیح قارچ تأثیر معنی‌داری بر طول و قطر میوه نداشت. در قطر میوه با کاهش سطح آبیاری قطر میوه روند کاهشی داشت. طول میوه با افزایش سطح آبیاری از ۵۰ درصد به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش داشت اما با آبیاری کامل طول میوه

4. Treeby
5. Stella

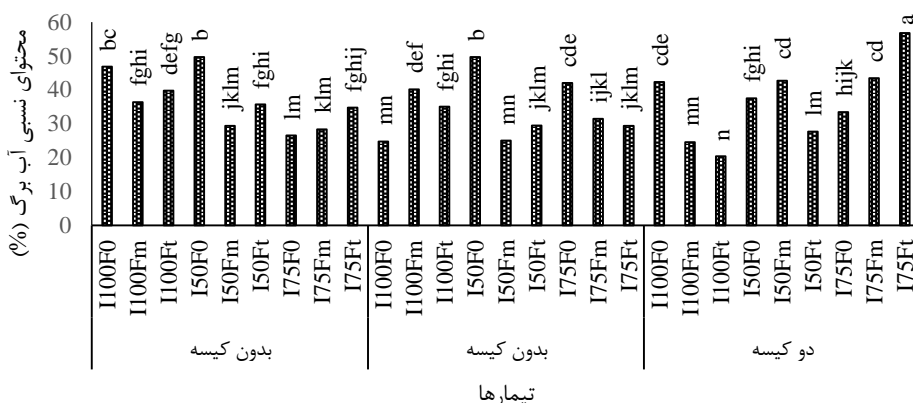
1. Mexican Lime
2. Vinale
3. Hirayama



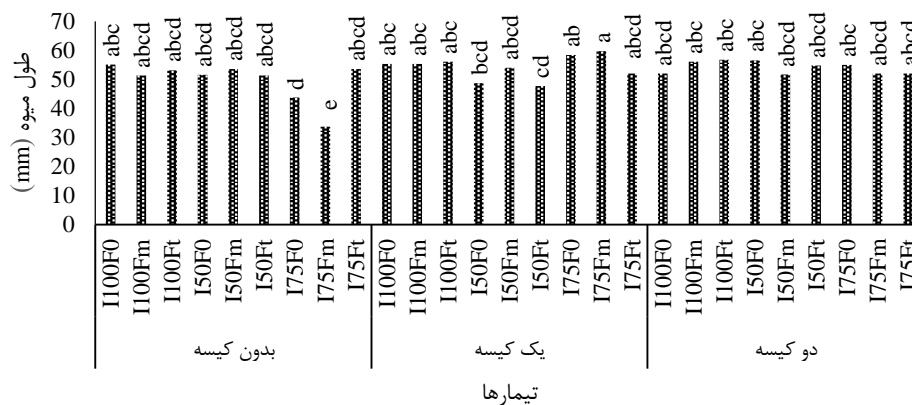
شکل ۴- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر درصد ماده خشک برگ، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.05$ است. F_0 ، F_m و F_i به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{50} ، I_{75} و I_{100} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی هلو در سیستم ریشه منقسم همراه با تیمارهای مختلف آبیاری و قارچ

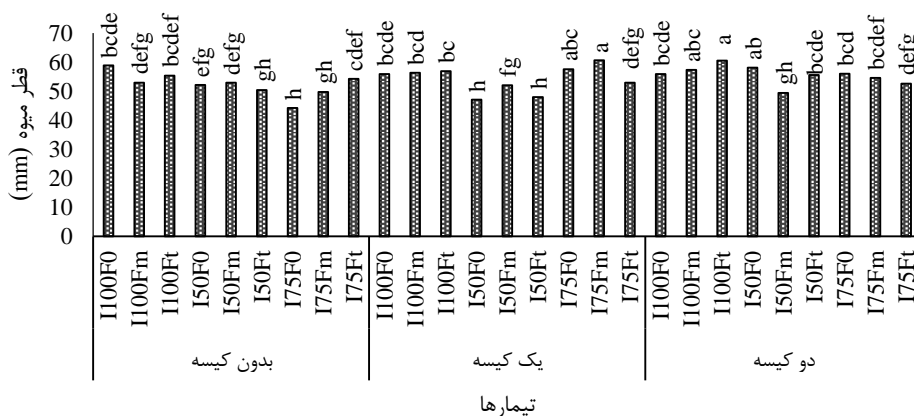
| میانگین مربعات | | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|----------------|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| TSS/TA | TA | قند | سفتی میوه | طول میوه | | |
| ۴۸۹۹۰۱۳/۹۱** | ۰/۰۰۰۰۳۳** | ۴۰۴۰* | ۱/۲۷** | ۱۶۴/۹۵** | ۸۳/۸۱** | کیسه (B) |
| ۶۷۴۶۷۱/۹۵** | ۰/۰۰۰۰۰۶۳** | ۱۳۲۸ ^{ns} | ۱/۹۷** | ۱۱/۵۷ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | قارچ (F) |
| ۸۶۵۲۹۲/۱۲** | ۰/۰۰۰۰۱۳** | ۶۷۵۸* | ۰/۰۳۴ ^{ns} | ۱۱۸/۴۵* | ۱۳۷/۱۴** | آبیاری (I) |
| ۱۰۵۸۳۶۹/۳۵** | ۰/۰۰۰۰۰۳۲** | ۹۵۷ ^{ns} | ۰/۲۸* | ۸۴/۰۲* | ۴۵/۵۳** | (B×F) |
| ۴۰۱۲۶۳۲/۳۶** | ۰/۰۰۰۰۰۱۸** | ۱۹۴۸ ^{ns} | ۱/۶۸* | ۱۱۸/۲۱** | ۴۶/۹۸** | (B×I) |
| ۲۳۶۹۷۶۹/۵۶** | ۰/۰۰۰۰۰۹۸ | ۷۲ ^{ns} | ۱/۲۴** | ۲۴/۷۸ ^{ns} | ۱۸/۳۵** | (I×F) |
| ۲۱۹۸۶۲۳/۰۴** | ۰/۰۰۰۰۰۰۸** | ۱۵۶۰ ^{ns} | ۰/۶۱** | ۷۲/۶۴* | ۳۳/۶۶** | (B×I×F) |
| ۳۲۷۶/۰۹ | ۰/۰۰۰۰۰۰۳۴ | ۱۱۸۰ | ۰/۰۵۹ | ۲۵/۴۹ | ۲/۲۳ | خطای آزمایشی |
| ۱۱/۰۱ | ۶/۵۹ | ۶/۲۱ | ۱۷/۷۲ | ۹/۶۱ | ۲/۷۷ | CV (درصد) |



شکل ۵- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_i به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{50} ، I_{75} و I_{100} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.



شکل ۶- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر طول میوه، مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار می باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوتها در سطح $p \leq 0.05$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} ، I_{50} به ترتیب نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می باشد.



شکل ۷- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر قطر میوه، مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار می باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوتها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} ، I_{50} به ترتیب نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می باشد.

قند میوه

جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) اثرات اصلی، نشان داد که با کاهش سطح آبیاری میزان قند میوه افزایش داشت. جایگذاری یک کیسه بیشترین قند میوه را ایجاد کرد و تیمار جای گذاری دو کیسه و تیمار بدون کیسه در یک سطح آماری قرار گرفتند. تجمع قند محلول در شرایط تنش خشکی به تنظیم اسمزی درون سلول کمک می کند. این عمل گیاه را قادر خواهد کرد تا ذخیره کربوهیدراتی خود را برای متابولیسم سلولی نگه دارد (سادراس و میلروی، ۱۹۹۶). با توجه به کود آبیاری گیاهان و آهکی بودن خاک منطقه که موجب تثبیت عناصر شده، عملاً جذب عناصر در

تیمارهایی که در کنار درخت کیسه جایگذاری نشده بود به شدت کاهش می یابد. از لحاظ فیزیولوژیکی پتاسیم فراوان ترین کاتیون غیر آلی موجود در گیاهان است که یکی از نقش های کلیدی آن فعال سازی آنزیم های بیوسنتز کننده قند در فرآیند فتوسنتز، انتقال قند در آوند آبکش و آنزیم هیدرولز کننده پلی ساکارید مانند نشاسته را دارد (ککماک، ۲۰۰۵؛ منگل، ۲۰۰۷).

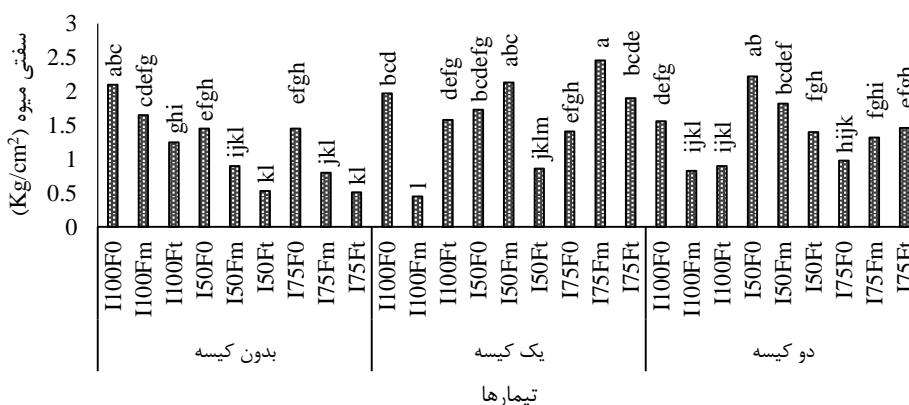
اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم

طبق نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۴) در اثر جایگذاری کیسه و تلقیح قارچ اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش و میزان TSS/TA کاهش

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح قارچ بر صفات کیفی میوه و رشدی هلو رقم Redtop روی پایه GF677

| تیمار | قطر میوه (mm) | طول میوه (mm) | سفتی میوه (kg/cm ²) | قند میوه (mg/l) | TA (%) | TSS/TA |
|----------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| ۰ | ۵۲/۱۶ ^c | ۴۹/۶۵ ^b | ۱/۱۸ ^c | ۵۵۲ ^{ab} | ۰/۰۰۷ ^c | ۲۱۳۳ ^a |
| کیسه ۱ | ۵۳/۶۸ ^b | ۵۳/۷۶ ^a | ۱/۶۱ ^a | ۵۶۵ ^a | ۰/۰۰۹ ^a | ۱۳۶۸ ^b |
| ۲ | ۵۵/۶۸ ^a | ۵۴/۰۹ ^a | ۱/۳۳ ^b | ۵۴۰ ^b | ۰/۰۰۸ ^b | ۱۴۲۷ ^b |
| ۰ | ۵۳/۷۶ ^a | ۵۲/۹۳ ^a | ۱/۱۱ ^c | ۵۵۷ ^a | ۰/۰۰۸ ^b | ۱۸۱۴ ^a |
| قارچ مایکوریزا | ۵۳/۹۱ ^a | ۵۲/۸۳ ^a | ۱/۳۶ ^b | ۵۵۵ ^a | ۰/۰۰۹ ^a | ۱۵۰۳ ^c |
| تریکودرما | ۵۳/۸۶ ^a | ۵۱/۷۵ ^a | ۱/۶۵ ^a | ۵۴۴ ^a | ۰/۰۰۹ ^a | ۱۶۱۱ ^b |
| ۵۰ | ۵۱/۷۶ ^c | ۵۲/۲۳ ^{ab} | ۱/۳۵ ^a | ۵۷۰ ^a | ۰/۰۰۹۴ ^a | ۱۶۳۲ ^b |
| ۷۵ | ۵۳/۵۲ ^b | ۵۰/۵۶ ^b | ۱/۳۵ ^a | ۵۴۸ ^b | ۰/۰۰۸ ^c | ۱۸۲۷ ^a |
| آبیاری ۱۰۰ | ۵۶/۳۵ ^a | ۵۴/۷۲ ^a | ۱/۴۱ ^a | ۵۳۹ ^b | ۰/۰۰۹ ^b | ۱۴۶۹ ^c |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر فاکتور اصلی تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد (مطابق معنی‌داری در جدول تجزیه واریانس) بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

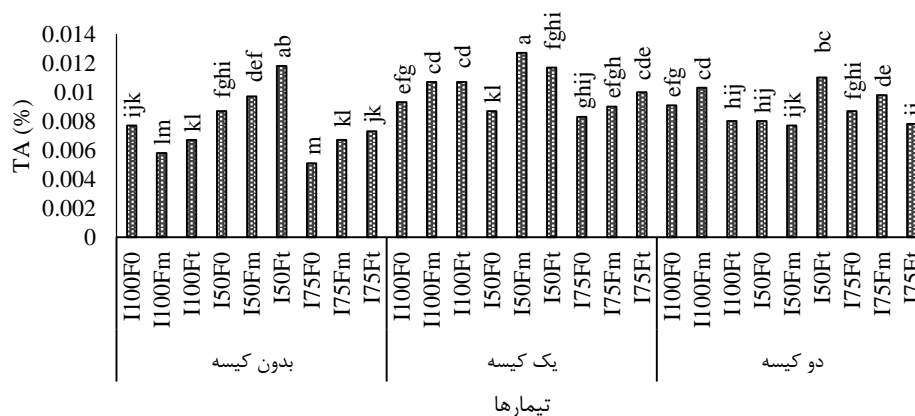


شکل ۸- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر سفتی بافت میوه، مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_t به ترتیب نشان‌دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{100} و I_{75} به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.

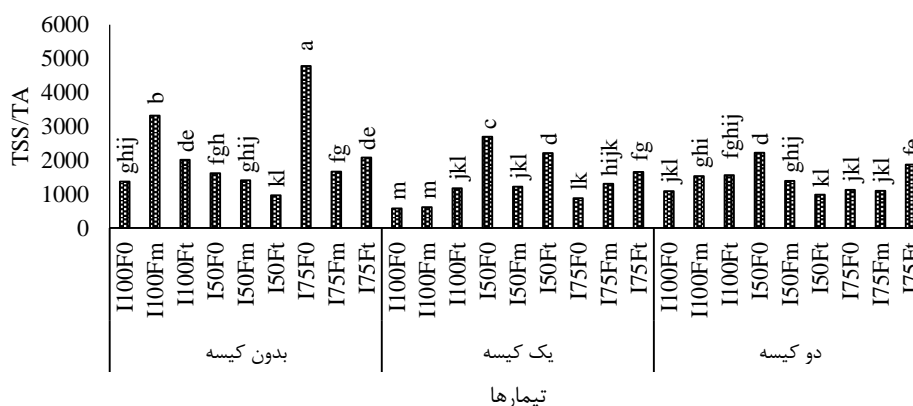
همزیستی که با گیاه دارند جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهند. افزایش اسیدیته آب میوه در اثر افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هلو نیز گزارش شده است (چتیزتئودورو^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). در تیمار جایگذاری کیسه اسیدیته قابل تیتراسیون، روند افزایشی داشته است. این افزایش می‌تواند به این دلیل باشد که میزان جذب مواد غذایی که در کود آبیاری موجود می‌باشد در تیمارهای حاوی کیسه بیشتر بوده باشد.

شاخص نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون، برای تعیین مزه میوه، استفاده می‌شود. شاخص طعم میوه با اسیدیته قابل تیتراسیون، رابطه عکس دارد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم ($r = -0.735$) مشاهده شد. اسیدیته قابل

داشت. با افزایش سطح آبیاری میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، کاهش پیدا کرد. در بین اثرات متقابل سه عامل بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمارهایی با جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح قارچ مایکوریزا و بدون جایگذاری کیسه، آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و تلقیح قارچ تریکودرما ایجاد شد (شکل ۹). بیشترین نسبت TSS/TA نیز در تیمار بدون جایگذاری کیسه، آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و بدون تلقیح قارچ مشاهده شد (شکل ۱۰). گیاه برای ایجاد تنظیم اسمزی جهت مقابله با تنش خشکی، سنتز اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش می‌دهد. میزان اسیدیته هلو با اعمال تنش خشکی در مرحله سوم رشد میوه، افزایش پیدا کرد (لوپز^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). تریکودرما و مایکوریزا به دلیل



شکل ۹- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه (مقادیر نشان دهنده میانگین ۳ تکرار می باشند) حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوتها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{50} ، I_{75} و I_{100} به ترتیب نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می باشد.



شکل ۱۰- اثر متقابل کیسه، قارچ و آبیاری بر شاخص طعم میوه، مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار می باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوتها در سطح $p \leq 0.01$ است. F_0 ، F_m و F_t به ترتیب نشان دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ میکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما و I_{50} ، I_{75} و I_{100} به ترتیب نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می باشد.

میوه شده و حتی باعث بهترین عملکرد نیز شد. بنابراین، می توان با ایجاد سیستم ریشه منقسم با جایگذاری کیسه بخصوص در زمین های کم بازده و با بارنگی کمتر، ۲۵ درصد در آب مصرفی صرفه جویی نمود. همچنین، جایگذاری کیسه همراه با قارچها مانع از ایجاد تنش خشکی شد. می توان نتیجه گرفت که در این سیستم تثبیت عناصر غذایی که در خاک های آهکی وجود دارد، کاهش یافته و جذب عناصر غذایی نیز افزایش می یابد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان برنامه و بودجه کشور به خاطر تأمین بودجه طرح و جهاد دانشگاهی، تقدیر و تشکر می گردد.

تیتراسیون و مواد جامد محلول از فاکتورهایی هستند که در اثر تنش خشکی افزایش پیدا می کنند (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰). جایگذاری یک کیسه به دلیل کاهش سطح تنش خشکی، میزان مواد جامد محلول را کاهش داده و از طرفی با افزایش جذب مواد غذایی در اثر جایگذاری کیسه، اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش پیدا می کند. کاهش مواد جامد محلول و افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون سبب کاهش شاخص طعم در تیمار جایگذاری یک و دو کیسه در میوه شد.

نتیجه گیری کلی

بطور کلی نتایج نشان داد، جایگذاری کیسه و آبیاری به میزان ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، باعث افزایش طول و قطر

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات رشدی، کمی و کیفی اندازه‌گیری شده

| صفات اندازه‌گیری شده | قطر میوه | طول میوه | سفتی | قند | اسیدیته قابل تیتراسیون | شاخص طعم | وزن تر برگ | وزن خشک برگ | درصد ماده خشک برگ | رطوبت نسبی آب برگ |
|------------------------|----------|----------|----------|--------|------------------------|----------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| قطر میوه | ۱ | | | | | | | | | |
| طول میوه | ۰/۵۷۲** | ۱ | | | | | | | | |
| سفتی | ۰/۰۳۷ | ۰/۱۶۱ | ۱ | | | | | | | |
| قند | -۰/۱۹۳ | -۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۹ | ۱ | | | | | | |
| اسیدیته قابل تیتراسیون | ۰/۲۱۶ | ۰/۳۰۵** | -۰/۰۰۳ | ۰/۰۸۶ | ۱ | | | | | |
| شاخص طعم | ۰/۴۷۲** | ۰/۳۳۳** | ۰/۰۶۹ | -۰/۰۱۶ | -۰/۷۳۵** | ۱ | | | | |
| وزن تر برگ | -۰/۰۰۸ | ۰/۱۶۸ | -۰/۰۶۸ | -۰/۰۷۲ | ۰/۲۷۸* | -۰/۰۴۹ | ۱ | | | |
| وزن خشک برگ | ۰/۰۱۹ | ۰/۱۶۷ | -۰/۰۵۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۱۴۱ | ۰/۰۱۳ | ۰/۶۹** | ۱ | | |
| درصد ماده خشک برگ | ۰/۰۱۳ | -۰/۰۷۹ | -۰/۳۷۶** | -۰/۱۷۹ | -۰/۰۰۵ | ۰/۰۵۸ | -۰/۱۴۳ | ۰/۰۲۳ | ۱ | |
| رطوبت نسبی آب برگ | -۰/۱۶۳ | -۰/۰۰۲ | ۰/۱۶۴ | -۰/۱۱۸ | -۰/۳** | -۰/۰۰۴ | ۰/۱۰۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۲۶* | ۱ |

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد است.

منابع

بدوی، ه.، عالم‌زاده انصاری، ن.، محمودی‌سروستانی، م. و اسکندری، ف. ۱۳۹۴. تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی کاهو. تولیدات گیاهی، ۳۸(۳): ۲۷-۳۹.

جلیلی‌مردی، ر. ۱۳۸۸. پرورش میوه‌های مناطق معتدله. جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی. ۸۶۳ ص

حسینی‌فرهی، م.، ابوطالبی‌جهرمی، ع. ح. و پناهی‌کردلاغری، خ. ب. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات سفتی بافت میوه سیب رد و گلدن دلشیز پس از برداشت با توجه به نوع پایه، رقم و تیمار کلرید کلسیم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۲۱(۱): ۷۴-۷۹.

حقیقت‌نیا، ح.، نادیان، ح. ب.، رجالی، ف. و توکلی، ا. م. ۱۳۹۱. اثر دو گونه قارچ میکوریزا آریسکولار بر رشد رویشی و جذب فسفر پایه مکزیکن لایم (*Citrus aurantifolia*) تحت شرایط تنش خشکی. مجله به زراعتی نهال و بذر، ۲۸(۴): ۴۰۳-۴۱۷.

رحمتی، م.، داوری‌نژاد، غ. ح. بنایان، م. و عزیزی، م. ۱۳۹۳. اثر تنش کم آبی بر رشد درخت هلو در شرایط مدیریتی باغ تجاری. آب و خاک، ۲۸(۵): ۹۴۰-۹۵۰.

شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، ۱(۱): ۱۵-۱.

معینی‌فر، ف.، آقاییاری، ف. و بابازاده، ح. ۱۳۹۷. تأثیر مواد سوپر جاذب بر خصوصیات کمی و کیفی میوه خرما رقم زاهدی در شرایط کم آبیاری. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۲(۴): ۵۱۷-۵۲۷.

Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4): 521-530.

Chatzitheodorou, I.T., Sotiropoulos, T.E. and Mouhtaridou, G.I. 2004. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilization and manure on fruit yield and fruit quality of the peach cultivars spring time and Red Haven. *Agronomy Research*, 2(2): 135-143.

Flores, P., Angeles Botella, M., Martínez, V. and Cerdá, A. 2002. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: nitrate uptake and reduction. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1): 177-187.

Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980. An evaluation of technique to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84: 489-500.

Grossman, Y. and Dejong, T.M. 1995. Maximum vegetative growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany*, 76:473-482.

Harman, G.E., Lorito, M. and Lynch, J. M. 2004. Uses of *Trichoderma* spp. to alleviate or remediate soil and water pollution. *Advances in Applied Microbiology*, 56: 313- 330.

- Hirayama, M., Wada, Y., and Nemoto, H. 2006. Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breeding Science*, 56(1): 47-54.
- Jelenkovic, G. and Harrington, E. 1972. Morphology of the pachytene chromosomes in *Prunus persica*. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 14: 317-324.
- Kafi, M., Borzoi, A., Salehi M., Kamandi Masoumi, A. and Nabatei, J. 2010. Environmental stress physiology of plants. Press Jahad Daneshgahi, 502 p.
- Kormanik, P.P. and McGraw, A.C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenk NC, (ed.) *Methods and principles of mycorrhizal research*. St Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, pp. 37-46.
- Lopez, G., Behboudian, M.H., Vallverdu, X., Mata, M., Girona, J. and Marsal, J. 2010. Mitigation of severe water stress by fruit thinning in 'O'Henry' peach: implications for fruit quality. *Scientia horticulturae*, 125(3): 294-300.
- Ma, X., Ma, F., Li, C., Mi, Y., Bai, T. and Shu, H. 2010. Biomass accumulation, allocation, and water-use efficiency in 10 *Malus* rootstocks under two watering regimes. *Agroforestry System*, 80(2): 283-294.
- Mayak, S., Tirosh, T. and Glick, B.R., 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant physiology and Biochemistry*. 42(6): 565-572.
- Mazumdar, B.C. and Majumder, K. 2003. *Methods on Physico-chemical analysis of fruits*. Daya Publishing House, Delhi, Indi, pp. 93-139
- Mengel, K. 2007. Potassium. In: A.V. Barker, and D.J. Pilbeam (Ed). *Handbook of plant nutrition*, CRC Press, pp. 91-120.
- Naor, A., 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Horticultural reviews*: 32.
- Ortas, I. 2018. Role of mycorrhizae on mineral nutrition of fruit trees. In VIII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops, 1217: 271-284.
- Papadopoulos, I., Rendig, V.V. and Broadbent, F.E. 1985. Growth, nutrition and water uptake of tomato plants with divided roots growing in differentially salinized soil. *Agronomy Journal*, 77: 21-26.
- Rieger, M. and Duemmel, M.J. 1992. Comparison of drought resistance among *Prunus* species from divergent habitats. *Tree Physiology*, 11: 369-380.
- Rocculi, P., Romani, S. and Dalla, Rosa, M. 2004. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apple packed in non-conventional modified atmosphere. *International Journal of Food Research*, 37: 329-335.
- Sadras, V.O. and Milroy, S.P. 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. *Field Crops Research*, 47(2-3): 253-266.
- Scott Johnson, R., Ayars, J. and Hsiao, T. 2001. Modeling young peach tree evapotranspiration. In VI International Symposium on Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management., 31 July, 584: 107-113.
- Sofo, A., Milella, L. and Tataranni, G., 2010. Effects of *Trichoderma harzianum* strain T-22 on the growth of two *Prunus* rootstocks during the rooting phase. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(6): 497-502.
- Stella, S., Costa, F., Bregoli, A.M., Sansavini, S. and Ziosi, V. 2004. Study on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and fruit softening in apple and nectarine. 5th International Postharvest Symposium, Verona, 6-11 Giugno 2004, *Acta Horticulture*. 682: 141-148.
- Treeby, M.T., Henriod, R.E., Bevington, K.B., Milne, D.J. and Storey, R. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) fruit quality. *Agricultural Water Management*, 91(1-3): 24-32.
- Vinale, F., D'Ambrosio, G., Abadi, K., Scala, F., Marra, R., Turra, D., Woo, S.L., Lorito, M., 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters, and their compatibility with copper oxychloride. *Journal of Zhejiang University Science*, 30: 2-8.
- Xu, F., Tan, X., Zhang, W.Q. and Zwiazek, J.J. 2019. Effects of iron and root zone pH on growth and physiological responses of paper birch (*Betula papyrifera*), trembling aspen (*Populus tremuloides*) and red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings in a split-root hydroponic system. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(8): 142.

- Yilmaz, N., Çetiner, S. and Ortas, I. 2020. The effects of the Mycorrhiza on plant growth during acclimatization of some in vitro grown sweet cherry rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*, 13(1): 10-19.
- Zekri, M. and Parsons, L.R. 1990. Response of split root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. *J. Expt. Bot*, 41: 35-40.
- Zhang, W., Calvo-Polanco, M., Chen Z.C. and Zwiazek, J.J. 2013. Growth and physiological responses of trembling aspen (*Populus tremuloides*), white spruce (*Picea glauca*) and tamarack (*Larix laricina*) seedlings to root zone pH. *Plant Soil*, 373: 775-786.
- Zhao, M and Running, S.W. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329(5994): 940-943.