مقاله پژوهشی

تأثیر کشت ریشه منقسم در مقادیر مختلف رطوبتی بر رشد و وضعیت تغذیه‌ای درختان سیب گلاب کهنز روی پایه M9

حسین صدقیان‌زاده[۱]، سیدجلال طباطبایی[۲] و یاور شرفی[۳]*

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۱- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۴)

چکیده

مهمترین عامل محدودکننده تولید محصولات باغبانی به‌خصوص در کشورهایی با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک مثل ایران، کمبود آب است. کاربرد روش‌های مناسب جهت افزایش رشد و بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه در شرایط کمبود آب، مهمترین عامل تولید مطلوب میوه می‌باشد. در پژوهش حاضر تاثیر سطوح مختلف رطوبتی (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و جایگذاری کیسه در کنار درخت (بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در درختان سیب گلاب کهنز پیوندی روی پایه M9 انجام شد. خصوصیات فیزیولوژیکی، زایشی و تغذیه‌ای درختان، ۲۴ ماه بعد از کاشت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری با فاکتور کیسه گذاری بر صفات وزن تر برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه، کلروفیل کل، نیتروژن برگ در سطح احتمال پنج درصد و بر صفاتی مانند ارتفاع گیاه، قطر تنه، غلظت عناصر پتاسیم و روی برگ و تعداد گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. ارتفاع گیاه، قطر تنه و پتاسیم برگ در تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشت. میزان نیتروژن برگ در تیمار ۷۵ درصد آبیاری با یک کیسه، ۵۲/۹۱ درصد بیشتر از تیمار ۷۵ درصد آبیاری بدون کیسه بود. بر اساس نتایج این تحقیق، بنظر می رسد جایگذار کیسه و مقدار مصرف آب در کنار درخت می تواند برای افزایش عمکلرد و جذب بعضی از عناصر غذائی مفید باشد.

کلمات کلیدی: آبیاری، پومیس، رشد، ریشه منقسم، سیب

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

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

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

* پست الکترونیکی: y.sharafi@shahed.ac.ir

مقدمه

سیب با نام علمی (*Malus domestica*) جزء میوه‌های دانه‌دار و از زیر خانواده Pomoideae، از جنس مالوس و از خانواده گلسرخیان است. از مهم‌ترین و سازگارترین گونه میوه‌ها در مناطق معتدله محسوب می‌شود. این محصول در مناطق مرتفع جهان تا جایی که دما ممکن است به ۴۰- درجه سلسیوس برسد، قادر به رشد است. کشت درختان میوه و تولیدات باغی مزیت شناخته شده در اقتصاد کشاورزی ایران محسوب می‌شود. یکی از محصولات عمده باغی استراتژیک که ایران را به یکی از کشورهای صادر کننده تبدیل کرده، تولید میوه سیب است. آبیاری ناکافی با کاهش رشد درخت، زمان رسیدن به حداکثر تولید را طولانی می‌کند و آبیاری زیاد نیز با شستشوی نیترات و سموم به آلودگی آب‌های زیرزمینی منجر می‌شود. ۸۳ درصد از خاک‌های ایران اسیدیته‌شان بین ۷/۵ تا ۸/۵ و ۹۷ درصد خاک‌های این سرزمین قلیایی هستند (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). قلیائیت و شوری بالای خاک، جذب آب و عناصر را مختل می‌کند و در نتیجه فتوسنتز، رشد و عملکرد کاهش می‌یابد (ابتدایی و شکافنده[1]، ۲۰۱۶؛ ژانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۳).

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 خشکی، موجب مرگ می‌شود (کافی[3]، ۲۰۱۰؛ ما[4] 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[5]، ۲۰۰۶). گزارش شده است تنش خشکی باعث افزایش تولید سوربیتول نسبت به ساکارز و نشاسته در هلو می‌شود (ریگر و دومل[6]، ۱۹۹۲) از طرفی میوه هلو در زمان رسیدن به عنوان یک منبع جذب کربوهیدراتی و آب عمل می‌کند (گروسمن و دجونگ[7]، ۱۹۹۵). در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش حجم سلول و مقدار مواد فتوسنتزی وزن و حجم میوه کاهش پیدا می‌کند (تریبی[8] و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از سوپر جاذب در آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش وزن و طول حبه در خرمای رقم زاهدی 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. به‌عنوان مثال، سطوح نیترات تأثیر موضعی در کشیدگی ریشه‌های جانبی جو دارد (درو[9] و همکاران، ۱۹۷۳).

به‌دلیل تغییرات آب و هوایی به‌ویژه افزایش دما و کاهش بارش باران در سال‌های اخیر در ایران، اکثر باغات با محدودیت منابع آبی روبه‌رو هستند. روش‌های مختلفی توسط پژوهشگران و باغداران جهت غلبه بر مشکل کمبود آب در نقاط مختلف دنیا مورد آزمون قرار گرفته 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[10]، ۱۹۹۰). در برخی از گونه‌های گیاهی، بخشی از ریشه می‌تواند آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کند. پاپادوپلوس[11] و همکاران (۱۹۸۵) در پژوهشی نشان دادند 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[12] 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

1. Ebtedaie and Shekafandeh
2. Zhang
3. Kafi
4. Ma
5. Naor
6. Rieger and Duemmel
7. Grossman and Dejong
8. Treeby
9. Drew
10. Zekri and Parsons
11. Papadopoulos
12. Flores

به گیاهانی که تمام ریشه در معرض pH بالا قرار گرفتند، داشتند (زو[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

در سیستم ریشه منقسم برخی از ریشه‌ها به درون بستری مشابه بدون خاک هدایت می‌شوند تا عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه را تأمین کنند و برخی ریشه‌ها درون خاک می‌مانند که جهت استقرار گیاه لازم می‌باشند. از این سیستم بیشتر در تحقیقات گلخانه‌ای روی گیاهان قابل پرورش در گلخانه تحقیقاتی انجام شده است (فلورس و همکاران، ۲۰۰۲) ولی هنوز گزارشی مبنی بر استفاده از این سیستم در پرورش درختان میوه در شرایط باغ وجود ندارد. 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 بررسی امکان بهبود کارایی مصرف آب در اراضی کم‌بازده با جایگذاری کیسه حاوی پومیس در کشت ریشه منقسم درختان سیب گلاب کهنز روی پایه M9 و ایجاد شرایط هیدروپونیک بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ تحقیقاتی 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 امام خمینی تهران شامل میانگین دمای سالیانه ۱۷/۳ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی سالیانه 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 meq/100g ۲۱-۱۹ خاک بود. از نظر شوری خاک باغ نیز در محدوده ۴dS/m بوده و pH خاک نیز در محدوده ۷/۸۳ بود.

در اردیبهشت ۹۶ درخت سیب رقم گلاب کهنز روی پایه M9 پیوند و 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.

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 قطره‌چکان‌ها رسانده و با لوله‌های ماکارونی آب و همه مواد غذایی مورد نیاز 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 که در جدول ۱ امده است (طباطبائی، ۱۳۹۲).

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 به‌وسیله 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 و سطح آبیاری هر کدام در سه سطح اعمال شد. در مجموع نُه تیمار در سه تکرار در نظر گرفته شد. دو ردیف شرقی و غربی باغ به عنوان محافظ در نظر گرفته شد. تیمارهای کیسه بصورت B_0، B_1، B_2 در نظر گرفته شدند که در آن B مخفف Bag بود و به اندیس‌ها ترتیب نشان‌دهنده بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه بود. تیمارهای آبیاری بصورت I_{50}، I_{75}، I_{100} بودند که در آن I مخفف Irrigation بوده و اندیس‌ها به‌ترتیب نشان دهنده ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. اعمال تیمارها از روز نخست کاشت درختان شروع شد.

نمونه‌برداری برای صفات فیزیولوژیکی در خرداد ۹۸ صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن تر برگ از هر واحد آزمایشی ده برگ توسعه یافته از قسمت میانه چند شاخه اطراف درخت به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن آن با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱) اندازه‌گیری شد. برای وزن خشک

1. Xu

جدول ۱- غلظت عناصر و فرم کودی مصرف شده در آب آبیاری

عناصر	N	P	K	Ca	Fe	Zn
فرم کودی	$CO(NH_2)_2$	KH_2PO_4	K_2SO_4	$CaNO_3$	Fe-EDDHA	$ZnSO_4$
غلظت عنصر (mg/L)	۲۰۰	۳۰	۳۰۰	۱۲۰	۴	۲

نمونه‌های برگی در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس 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[1] و همکاران، ۲۰۰۴).

برای اندازه‌گیری سطح برگ، برگ‌های مورد نظر توسط دستگاه سطح‌سنج (Leaf area meter مدل-WINAREA UT-11) اندازه‌گیری شد. برای این امر در نیمه اول شهریور ۹۷ از همان برگ‌هایی که وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شده بود، قبل از قرار دادن درون آون، استفاده گردید.

جهت اندازه‌گیری طول درخت و قطر تنه ابتدا در اسفند ماه سال ۹۶ طول درخت توسط متر و قطر تنه توسط کولیس دیجیتالی در فاصله ده سانتی‌متری از محل پیوندک گرفته شد. سپس، بعد از گذشت یک سال اندازه طول درخت و قطر تنه اندازه‌گیری و اعداد به‌دست آمده از اعداد سال قبل کم شده و میزان رشد طولی درخت و قطری تنه درخت بدست آمد.

به‌منظور اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در خردادماه زمانی که رشد رویش گیاه کاهش یافت برگ‌های تازه توسعه یافته در شاخه‌های رشد سال جاری از چهار طرف درخت انتخاب شد و کلروفیل حداقل ده برگ اندازه‌گیری شد. زمان اندازه‌گیری در طول روز بین ساعت ۹:۰۰ تا ۱۳:۰۰ بود. شاخص کلروفیل برگ‌ها توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll Japan)ثبت شد. پس از پایان پنج عدد قرائت شده، توسط دستگاه، میانگین اعداد بدست آمده کلروفیل کل را نشان داد. کلروفیل‌متر دارای صفحه نمایش بزرگ LCD، ضدآب و دارای حافظه داخلی با قابلیت ۳۰ داده، سطح اندازه‌گیری ۲/۳ میلی‌متر بود.

کارایی فتوسنتز با استفاده از دستگاه پرتابل کلروفیل فلورسانس‌متر (مدل Portable Fluorimeter, Hansatech, Uk Handy-Pea) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری کارائی فتوسنتزی کلیپس‌های مخصوص به مدت ۲۰ دقیقه بر روی برگ‌ها نصب شد و اتاقک کلیپس در تاریکی قرار گرفت سپس با اعمال نور فتوسیستم تحریک گردید و مقدار فلوروسنس توسط دستگاه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها بین ساعت ۸ تا ۱۲ و در شرایط تابش کامل نور خورشید در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه و به مدت چهار ثانیه به این برگ‌ها تأیید شد و پارامترهایی همچون فلورسانس حداقل (Fo)، فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم (Fv/Fm)، شاخص عملکرد فتوسنتزی (PI)، فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب به عنوان دهنده الکترون فتوسیستم (Fv/Fo)، پراکندگی گرما در گیرنده‌های فتوسیستم (Fo/Fm)، مورد مطالعه قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری تعداد گل، گل‌های مربوط به هر درخت سیب در سال دوم که گیاه وارد فاز زایشی شد بعد از شکوفا شدن، تعداد آن‌ها شمارش شد. شروع گلدهی در اوایل اردیبهشت ۹۸ همزمان با باز شدن پنج تا ده درصد گل‌های روی درخت بود و اوج گل‌دهی در اواسط اردیبهشت ۹۸ زمانی که ۸۰ تا۹۰ درصد گل‌های درخت شکوفا شده بودند یادداشت‌برداری انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر صفات رشدی سیب در (جدول ۲) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر اصلی سطوح مختلف آبیاری در سطح پنج درصد فقط بر صفت سطح برگ تأثیر داشته است و اثر اصلی کیسه در سطح پنج درصد بر صفات وزن خشک برگ و قطر تنه تأثیر معنی‌داری را نشان داد.

1. Rocculi

جدول۲- تجزیه واریانس صفات رشدی گیاه سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر برگ	وزن خشک برگ	سطح برگ	قطر گیاه	ارتفاع گیاه	تغییرات ارتفاع گیاه	تغییرات قطر گیاه
آبیاری	۲	۳/۱۶۲^{ns}	۰/۱۸۶^{ns}	۲۰۵۰/۰۲*	۳/۲۱^{ns}	۴۲۳/۰۸^{ns}	۱۱۶۸/۰۲^{ns}	۸۱/۶۷^{ns}
تعداد کیسه	۲	۱/۶۱۴^{ns}	۱/۸۳۵*	۸۷۹/۸۶^{ns}	۸/۰۸۹*	۱۵۶^{ns}	۱۰۴۱/۶۹^{ns}	۱/۰۴^{ns}
(کیسه × آبیاری)	۴	۴/۳۸۹*	۰/۲۱۸^{ns}	۱۷۹۹/۵۲^{ns}	۱۲/۵۰۶**	۱۰۳۹/۲**	۱۷۲۲/۹*	۲۵/۳۴^{ns}
بلوک	۸	۲/۳۸۸^{ns}	۰/۶۱۴^{ns}	۱۶۳۲/۲۳*	۹/۰۷۸**	۶۶۴/۳*	۱۴۱۳/۸۸^{ns}	۳۳/۳۵^{ns}
خطای آزمایشی	۲۷	۱/۸۳۸	۰/۵۶۳	۶۸۶/۰۶	۲/۵۴۶	۲۴۲/۴۷	۷۹۲/۶۳	۴۲/۷۲
٪ CV	-	۲۵/۱۲	۲۷/۱۶	۱۴/۷۸	۱۰/۲	۱۲/۷۱	۱۶/۴۲۹	۲۴/۶۴

ns ، * و ** به ترتیب به معنی: معنی‌دار نیست، معنی دار درسطح ۵٪ و ۱٪

همچنین، اثر متقابل آبیاری و کیسه بر برخی صفات وزن تر برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه در سال دوم در سطح پنج درصد و بر صفات ارتفاع درخت و قطر تنه در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

وزن تر برگ

طبق نتایج تجزیه واریانس وزن تر، اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه، تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر وزن تر برگ داشت. طبق نمودار ۱، بیش‌ترین مقدار وزن تر برگ مربوط به تیمار ۵۰ درصد آبیاری و بدون کیسه است و بعد از آن بیش‌ترین میزان وزن تر برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با دو کیسه بود و تیمار ۵۰ درصد آبیاری با یک کیسه کم‌ترین میزان وزن تر برگ را ایجاد کرد. در نتیجه تیمار ۵۰ درصد آبیاری و بدون کیسه نسبت به شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری ولی بدون بدون کیسه) به میزان ۲۰/۰۲ درصد و نسبت به تیمار ۵۰ درصد آبیاری با یک کیسه به میزان ۴۴/۷۵ درصد بیش‌تر باعث افزایش وزن تر برگ شد.

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ نشان داد که اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه تفاوت معنی‌داری نداشت در صورتی که اثر اصلی کیسه در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. بر اساس مقایسه میانگین اثر اصلی کیسه، بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار دو کیسه و کمترین آن مربوط به تیمار یک کیسه می‌باشد (نمودار ۲).

مساحت برگ

نتایج آزمایشات نشان داد اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه سبب ایجاد تفاوت معنی‌داری در میزان مساحت سطح برگ شد. به‌طوری که بیش‌ترین میزان مساحت سطح برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با دو کیسه است و سپس تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با یک کیسه در کلاس بعدی قرار گرفت و کم‌ترین میزان سطح برگ را تیمارهای ۵۰ درصد آبیاری و بدون کیسه که در یک سطح گروه آماری قرار دارند به خود اختصاص دادند (نمودار ۳). تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با ۲ کیسه ۱۹/۲۳ درصد بیش‌تر از شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری و بدون کیسه) موجب افزایش سطح برگ شد.

ارتفاع گیاه

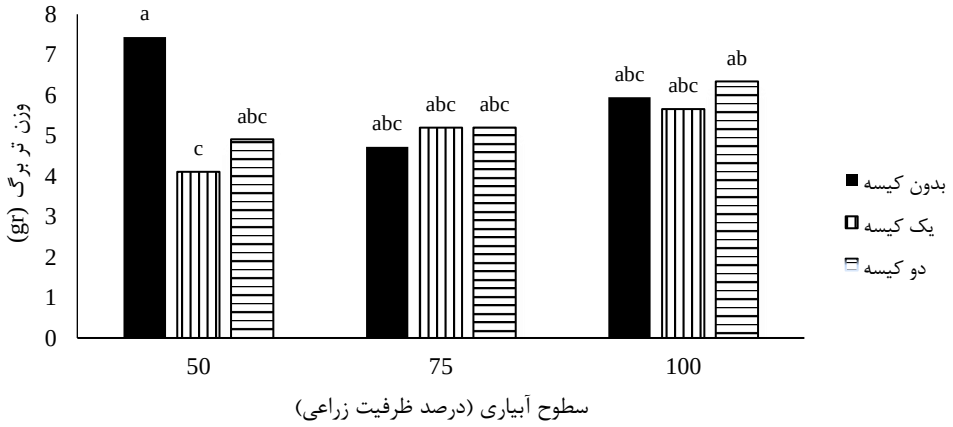
نتایج نشان داد اثر سطوح آبیاری و کیسه بر ارتفاع گیاه در تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه بیش‌ترین مقدار خود را داشت. کم‌ترین تأثیر را تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با دو کیسه ایجاد کرد (نمودار ۴). به‌طور کلی ارتفاع درخت در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با دو کیسه نسبت به شاهد ۲۳/۰۵ درصد کاهش داشت.

تغییرات قطر تنه

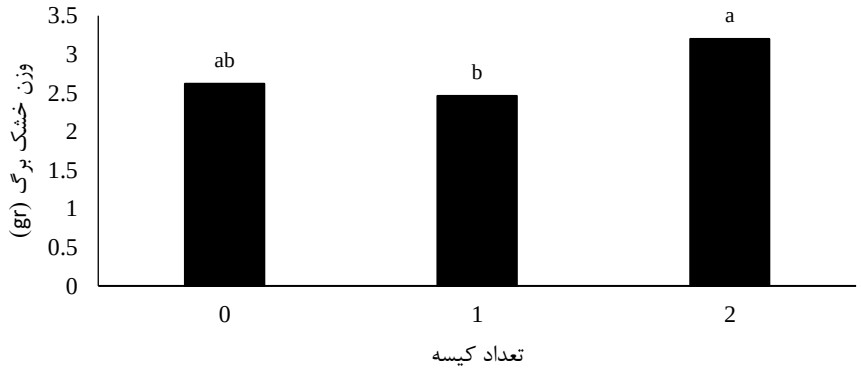
با توجه به نتایج به‌دست آمده (نمودار ۵) تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه و تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با ۱ کیسه ۲۸/۶۰ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ درصد آبیاری با دو کیسه و ۱۲/۵۱ درصد بیشتر از تیمار شاهد (۱۰۰ آبیاری و بدون کیسه) باعث افزایش مقدار قطر تنه در سال اول شد. تیمار ۵۰ درصد آبیاری با دو کیسه کم‌ترین مقدار قطر تنه سال اول را ایجاد نمود.

ارتفاع گیاه در سال دوم

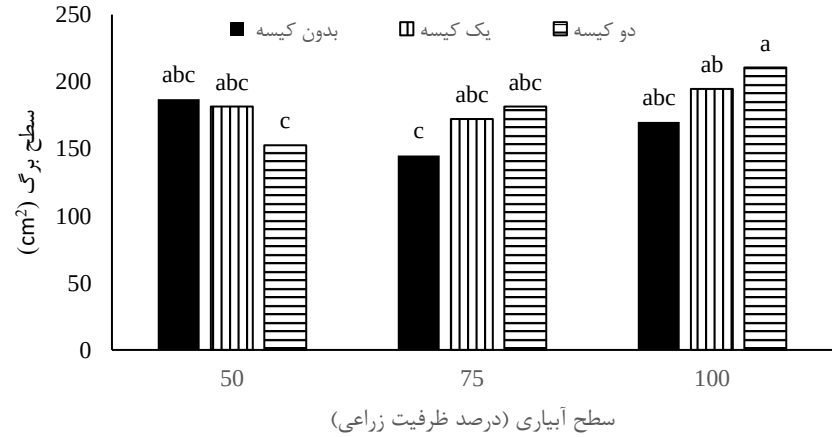
نتایج به‌دست آمده (نمودار ۶) نشان می‌دهد که تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه بیش‌ترین میزان ارتفاع گیاه در سال دوم را ایجاد نمود و کم‌ترین میزان آن در تیمارهای شاهد، ۵۰ درصد آبیاری و بدون کیسه و ۵۰ درصد آبیاری با دو کیسه مشاهده گردید. تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه ۲۵ درصد بیش‌تر از شاهد باعث افزایش میزان ارتفاع



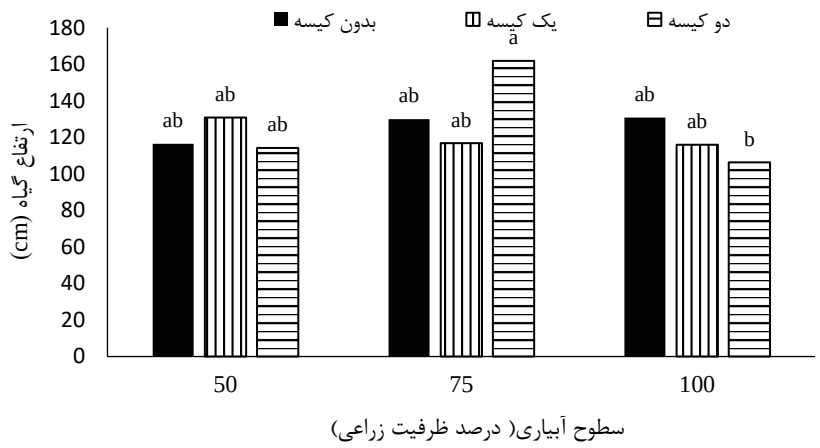
نمودار۱- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر وزن تر برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/05$ است.



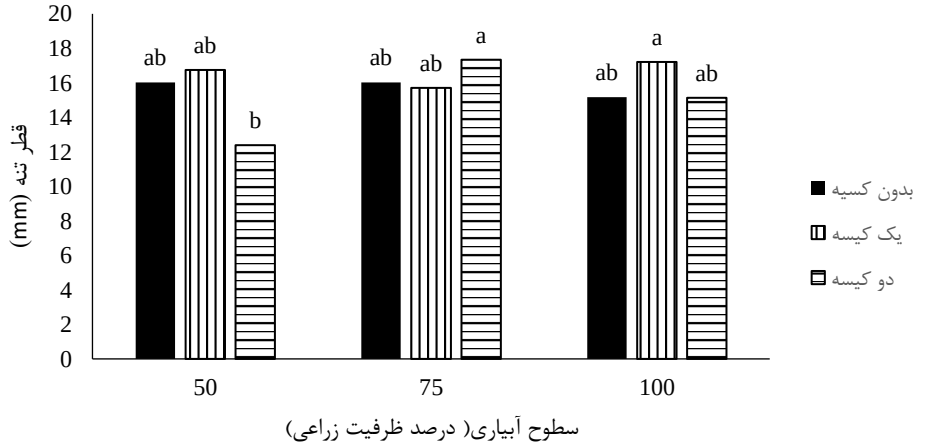
نمودار۲- اثر کیسه بر وزن خشک برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/05$ است.



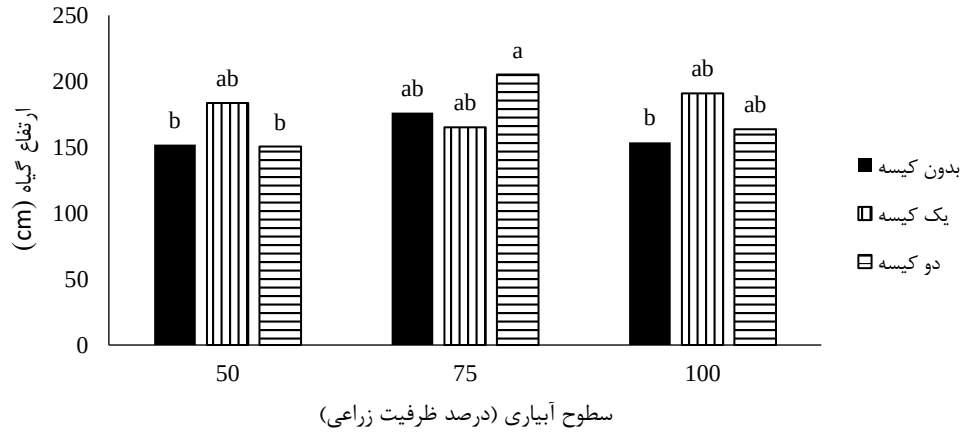
نمودار۳-اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر سطح برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/05$ است.



نمودار۴- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر ارتفاع گیاه در سال اول. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/01$ است.



نمودار۵- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر قطر تنه گیاه در سال اول. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/01$ است.



نمودار ۶- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر ارتفاع گیاه در سال دوم. مقادیر نشان دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت ها در سطح $p\leq0/05$ است.

گیاه در سال دوم شد.

تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و زایشی

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر صفات فیزیولوژیکی و عملکردی سیب در (جدول ۳) نشان داده شده‌است. اثر اصلی سطوح مختلف آبیاری بر پتاسیم برگ و تعداد گل در سطح یک درصد و کلروفیل کل در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. اثر اصلی کیسه بر صفات پتاسیم برگ و تعداد گل در سطح ۱ درصد و بر صفات کلروفیل کل و نیتروژن برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است.

شاخص کلروفیل

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه بر میزان شاخص کلروفیل بود (نمودار ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بالاترین میزان کلروفیل مربوطه به تیمار ۷۵ درصد آبیاری با ۱ کیسه است. همچنین، تیمار ۵۰ درصد آبیاری با ۱ کیسه کم‌ترین میزان شاخص کلروفیل را به خود اختصاص داد. تیمار ۷۵ درصد آبیاری با ۱ کیسه ۱۶/۲۶ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ درصد آبیاری با ۱ کیسه باعث افزایش مقدار شاخص کلروفیل شد.

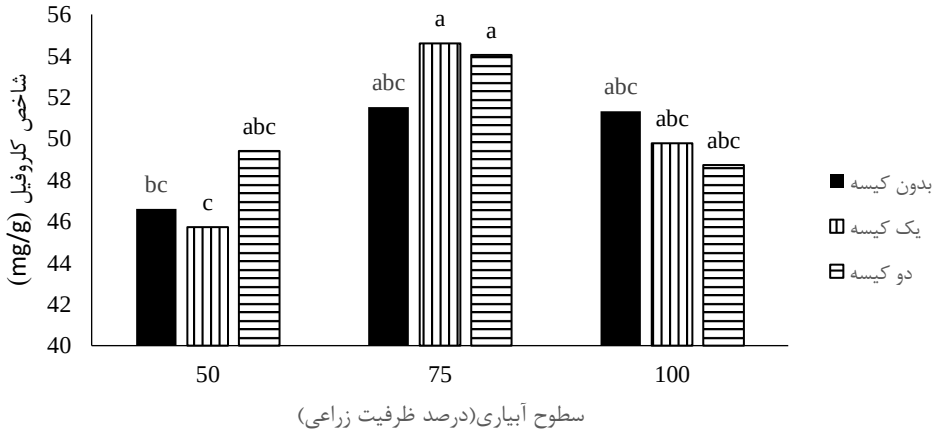
کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس کارایی فتوسنتز (Fv/Fm) نشان داد که اثر اصلی سطوح آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه تفاوت معنی‌داری را بر کارایی فتوسنتز نشان نداد ولی اثر تعداد کیسه تأثیر معنی‌داری بر Fv/Fm داشت (جدول ۲).

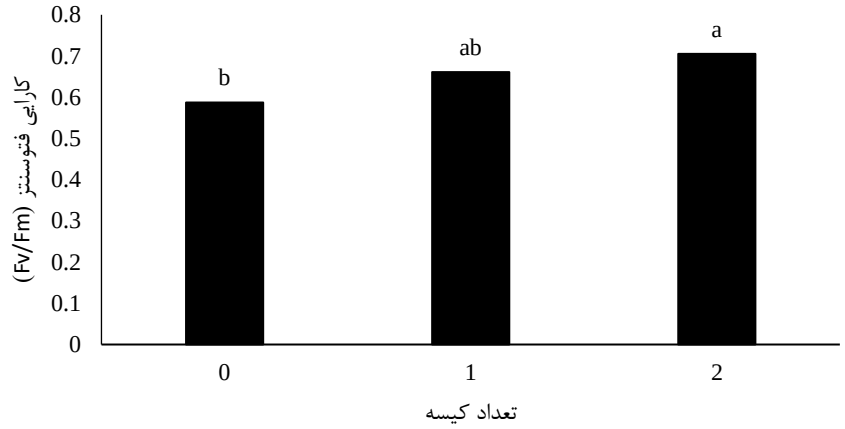
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و عملکردی گیاه سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل کل	Fv/Fm	N	P	K	Zn	تعداد گل
آبیاری	۲	۸۳/۱۳*	۰/۰۰۷ns	۸/۱۴۲ns	۰/۲۴۸ns	۴۸/۸۹**	۲/۷۶ns	۱۱۳۳/۲۳**
تعداد کیسه	۲	۱۴/۱۶ns	۰/۰۴۲*	۶/۲۷ns	۱/۴۸۸*	۲/۱۲ns	۳۶/۸۸*	۳۱/۶۱*
(کیسه × آبیاری)	۴	۸۴/۵۳*	۰/۰۰۸ns	۱۰/۹۶*	۰/۱۹ns	۳۹/۹۵**	۱۳۵/۷۵**	۲۷۴/۹۷**
بلوک	۸	۳۶/۵۹ns	۰/۰۱۶ns	۹/۰۸۵*	۰/۵۳۸ns	۳۲/۷۲**	۷۷/۷۸**	۰/۰۱۶ns
(%) CV	-	۹/۱۲	۱۵/۵۷	۸/۳۶	۲۱/۹۷	۸/۷۴	۲۸/۲۳	۱۰/۸۹

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



نمودار ۷- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر کلروفیل کل. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت ها در سطح $p\leq 0/05$ است.



نمودار ۸- اثر تعداد کیسه بر کارایی فتوسنتز . مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq 0/05$ است

در مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار کیسه مشاهده گردید که تیمار دو کیسه بیش‌ترین کارایی فتوسنتز را داشته‌است و تیمار شاهد (بدون کیسه) دارای کمترین کارایی فتوسنتز بود (نمودار ۸).

نیتروژن برگ

با توجه به نتایج به‌دست آمده طبق (نمودار ۹) اثر متقابل تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با دو کیسه بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ را داشته است. همچنین، تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با یک کیسه و تیمار ۷۵ درصد آبیاری و بدون کیسه که در یک گروه آماری قرار دارند کم‌ترین مقدار نیتروژن برگ را ایجاد نمود. تیمار ۷۵ درصد آبیاری با یک کیسه ۵۲/۹۱ درصد بیشتر از تیمار ۷۵ درصد آبیاری و بدون کیسه باعث افزایش مقدار نیتروژن برگ شد.

فسفر برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی سطوح آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه معنی دار نشده است اما اثر اصلی کیسه بر فسفر برگ معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی کیسه نشان داد که تیمار یک کیسه دارای بیش‌ترین میزان فسفر برگ بوده‌است و تیمار یک کیسه دارای کم‌ترین میزان فسفر برگ می‌باشد. تیمار یک کیسه نسبت به تیمار بدون کیسه ۱۱/۷۸ و نسبت به دو کیسه ۲۵ درصد افزایش فسفر شد.

پتاسیم برگ

طبق بررسی‌های انجام شده (نمودار ۱۱) مشخص شد که تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با دو کیسه بیش‌ترین تأثیر را بر مقدار پتاسیم برگ داشته است و این نشان داد که تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی اثر بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته است. همچنین، تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با یک کیسه کم‌ترین مقدار پتاسیم برگ را ایجاد کرده است. تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با دو کیسه ۴۹/۰۹ درصد بیشتر از از تیمار ۷۵ درصد آبیاری با یک کیسه و ۳۳/۵۴ درصد بیشتر از شاهد باعث افزایش مقدار پتاسیم برگ شد.

روی برگ

طبق بررسی‌های انجام شده (نمودار ۱۱) مشخص شد که در اثر متقابل سطوح آبیاری و کیسه بر میزان روی در برگ تأثیر داشته و عنصر روی برگ در تیمار بدون کیسه با آبیاری ۷۵ درصد و تیمار ۵۰ درصد آبیاری با یک کیسه به ترتیب بیش‌ترین میزان خود را داشته و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد آبیاری و بدون کیسه و تیمار ۷۵ درصد آبیاری با دو کیسه بود. تیمار ۷۵ درصد آبیاری و بدون کیسه ۱۳/۳۹ درصد بیشتر از شاهد و ۷۰/۰۶ درصد بیشتر از تیمار ۷۵ درصد آبیاری با ۲ کیسه باعث افزایش عنصر روی برگ شد.

گیاهان در شرایط تنش خشکی، یک روند عمومی را پی می‌گیرند که آن هم کاهش وزن تر و خشک گیاه است. درخت سیب نیز از این روند مستثنی نیست. در پژوهش‌های مشابهی که روی هلو صورت گرفت وزن خشک کل برگ‌های موجود روی درخت در آبیاری ۱۸۰ و ۹۰ مترمکعب 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). 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. شرایط مشابه هیدروپونیک ایجاد شده در این سیستم 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 (ریگر و دامل، ۱۹۹۲).

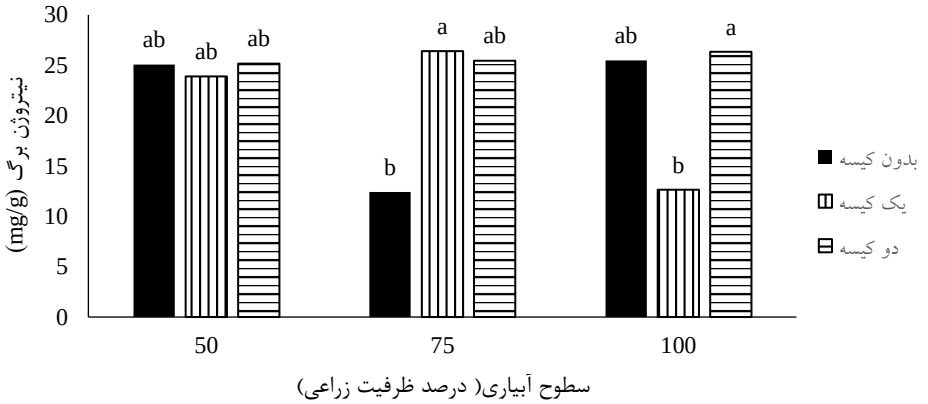
در تنش خشکی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد. با بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش خشکی و افت تبادلات گازی، در زنجیره انتقال الکترون اخلال ایجاد می‌گردد. تجمع الکترون‌ها، اکسیژن‌های فعال را ایجاد کرده که این اکسیژن‌های فعال کلروفیل و غشا تیلاکوئید را از بین می‌برند. در این آزمایش سطوح بالای آبیاری و جایگذاری کیسه کلروفیل کل بیشتری را ایجاد کردند. این موضوع نشان‌دهنده کاهش تنش در اثر جایگذاری کیسه می‌باشد. در شرایطی که کیسه کنار درخت وجود داشته و همیشه در کیسه ۱۵ لیتر آب بود، از ایجاد تنش خشکی جلوگیری کرد و نتایج مثبت به دست آمده به قدرت ممانعت از تنش آب تغذیه‌ای در کیسه‌ها مربوط می‌شود که شرایط مشابه شرایط هیدروپونیک را برای درختان ایجاد می‌کند. رشد قطر تنه برخلاف رشد شاخه از سرعت کمتری برخوردار است اما در طول فصل ادامه دارد و تنش آبی در هر زمان از طول فصل بر آن تأثیر دارد. در تحقیقاتی که درباره مقایسه کشت خاکی در مقابل هیدروپونیک گیاه شیرین بیان صورت گرفت، نشان داده شد که میزان رشد قطر تنه در محیط هیدروپونیک در تیمار کودی یکسان بیشتر بود. با جایگذاری کیسه در این روش و هدایت بخشی از ریشه به کیسه به نوعی می‌توان گفت این روشی نیمه هیدروپونیک می‌باشد (معینی‌فر و همکاران، ۱۳۹۷، تریبی و همکاران، ۲۰۰۷).

در سیب نیز مثل سایر گیاهان یکی از عواملی که باعث افت فتوسنتز و کاهش تولید ساکارز می‌شود کاهش جذب دی اکسیدکربن می‌باشد. از طرفی هم در اثر تنش خشکی میزان تولید سوربیتول نسبت به ساکارز و نشاسته افزایش پیدا می‌کند. در تنش خشکی ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی مورد سنتز قرار می‌گیرند. سنتز و تجمع متابولیت‌هایی با وزن مولکولی کم که با گیاه سازگاری داشته باشند. این ترکیبات شامل آمینواسیدها، قندها، پرولین، مواد معدنی و دیگر ترکیبات می‌شوند که دلیل اصلی آن افزایش پتانسیل اسمزی درون سلول نسبت به بیرون است در نتیجه آب ذخیره شده در درون سلول کاهش و مواد جامد انحلال‌پذیر افزایش پیدا می‌کند (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳؛ شهبازی و بشارتی ۱۳۹۲).

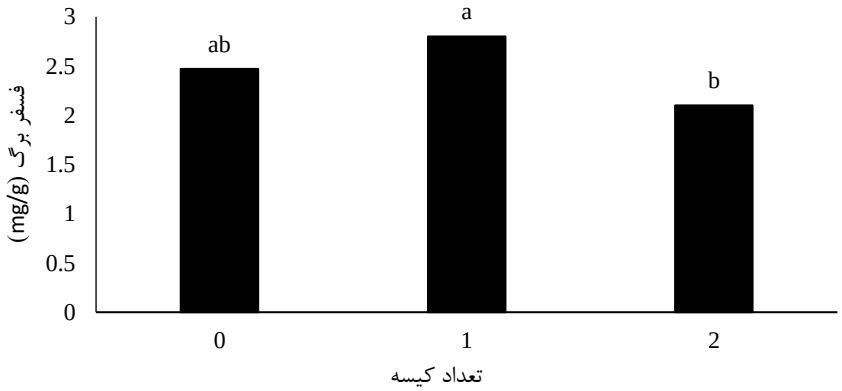
با توجه به این‌که در این سیستم همراه با آب محلول غذایی نیز به گیاه داده می‌شد، می‌توان نتیجه گرفت به‌دلیل وجود کربنات و بی‌کربنات در خاک جذب مواد غذایی در تیمارهایی که در کنار درخت کیسه جایگذاری نشده بود با مشکل رو به رو شده است و در تیمارهایی که در کنار درخت کیسه جایگذاری شده بود، مواد غذایی به سهولت توسط ریشه جذب شده و باعث افزایش صفات رشدی سیب شده است. همچنین، زمانی که ریشه دچار تنش خشکی شود هورمون آبسیزیک اسید تولید می‌کند. این هورمون پس از انتقال به قسمت هوایی گیاه سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و تبخیر آب کاهش پیدا می‌کند. در این روش بخشی از ریشه گیاه که در خاک است آبسیزیک اسید تولید کرده و تبخیر آب از طریق روزنه کاهش پیدا می‌کند و گیاه به‌طور دائم به رشد طبیعی خود ادامه می‌دهد. در این سیستم ریشه منقسم برخی ریشه‌ها به درون بستری مشابه شرایط هیدروپونیک هدایت شده و عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند. البته برخی ریشه‌ها نیز جهت استقرار گیاه لازم در کنار کیسه‌ها درون خاک می‌باشند. از این سیستم بیشتر در تحقیقات گلخانه‌ای روی گیاهان قابل پرورش در گلخانه تحقیقاتی انجام شده‌است (فلورس و همکاران، ۲۰۰۲) ولی هنوز گزارشی مبنی بر استفاده از این سیستم در پرورش درختان میوه در شرایط باغ وجود ندارد. امید است این سیستم با انجام تحقیقات بیشتر به روزتر شده و با بررسی‌های بیشتر معایب احتمالی آن برطرف شود.

نتیجه‌گیری کلی

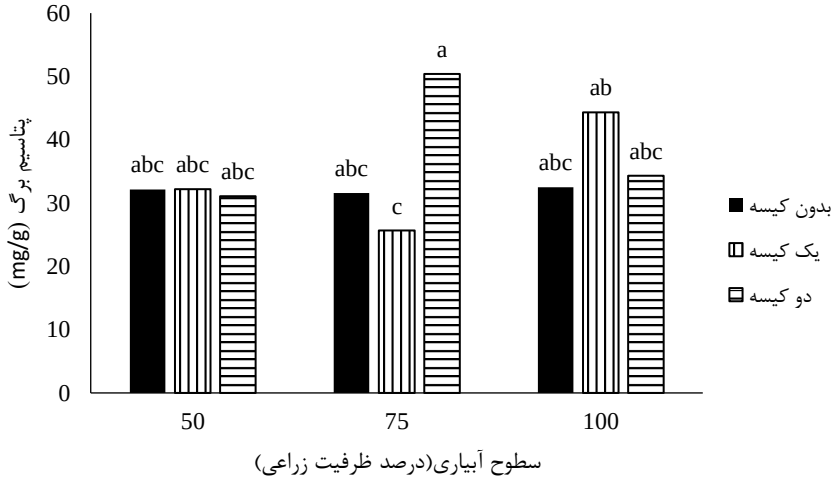
به‌طور کلی نتایج نشان داد جایگذاری کیسه و آبیاری به میزان ۷۵ درصد ظرفیت زراعی باعث افزایش صفات عملکردی سیب گلاب کهنز روی پایه M9 شد. بنابراین می‌توان با ایجاد سیستم ریشه منقسم با جاگذاری کیسه به خصوص در زمین‌های کم بازده و با بارندگی کمتر به میزان



نمودار ۹- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر نیتروژن برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/05$ است.



نمودار۱۰- اثر کیسه بر فسفر برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/05$ است.

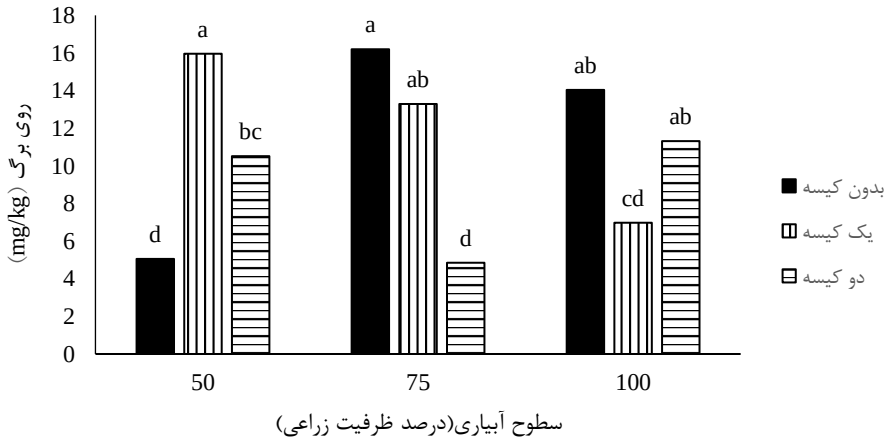


نمودار ۱۱ - اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر پتاسیم برگ. مقادیر نشان‌دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq0/01$ است.

۲۵ درصد در آب مصرفی باغات سیب پاکوتاه صرفه‌جویی نمود. همچنین، می‌توان نتیجه گرفت که در این سیستم تثبیت عناصر غذایی که در خاک‌های آهکی وجود دارد، کاهش یافته و جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از سازمان برنامه و بودجه کشور از معاونت محترم معاون توسعه امور علمی و فرهنگی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی بدلیل تأمین منابع مالی طرح و همچنین از جهاد دانشگاهی بدلیل نظارت مستمر بر اجرای طرح قدردانی می‌گردد.



نمودار ۱۲- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کیسه بر روی برگ. مقادیر نشان دهنده مقایسه چهار تکرار می‌باشند. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq 0/01$ است.

منابع

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): ۱-۱۵.

معینی‌فر، ف.، آقایاری، 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.

طباطبائی، س. ج. ۱۳۹۲. اصول تغذیه معدنی گیاهان: مفاهیم نظری و عملی، انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۶۲ ص.

کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ ص.

Drew, M.C., Saker, L.R. and Ashley, T.W. 1973. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley I. The effect of nitrate concentration on the growth of axes and laterals. Journal of Experimental Botany, 24: 1189–1202.

Ebtedaie, M. and Shekafandeh, A. 2016. Antioxidant and carbohydrate changes of two pomegranate cultivars under deficit irrigation stress. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4): 1-9.

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.

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.

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.

Mazumdar, B.C. and Majumder, K. 2003. Methods on physico-chemical analysis of fruits. Daya Publishing House, Delhi, India, pp.93-139.

Mengel, K. 2007. Potassium, In: Barker AV and Pilbeam DJ, Handbook of plant nutrition, CRC Press, pp. 93-139.

Naor, A., 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. Horticultural reviews, 32:111-165.

Papadopoulos, I., Rendig, V.V. and Broadbent, F.E. 1985. Growth, nutrition and water uptake of tomato plants with divided roots growing in differentially salinised 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 apples packed in non-conventional modified atmosphere. Food Research International, 37: 329–335.

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.

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): 1-12.

Zekri, M. and Parsons, L.R. 1990. Response of split root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. Journal Experimental Botany, 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.