مقاله پژوهشی

اثر کم آبیاری و پلیمرسوپرجاذب بر عملکرد، کیفیت و ترکیب عناصر غذایی میوه سیب رقم گرانی اسمیت

سعیده کیوانفر[۱]، محمود قاسم‌نژاد [۲]*، رضا فتوحی‌قزوینی[۳]، امیر موسوی[۴] و محمدرضا خالدیان[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۲۹)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری و مواد سوپرجاذب بر عملکرد و عناصر معدنی میوه سیب رقم گرانی‌اسمیت آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال اجرا شد. تیمارها شامل کم آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق) و سوپرجاذب در چهار سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم به ازای هر درخت) بودند. نتایج نشان داد که طی دو سال آزمایش تفاوتی بین میزان عملکرد و اندازه میوه در درختان تیمار شده و شاهد وجود نداشت. سوپرجاذب (۲۰۰ گرم به ازای هر درخت) منجر به افزایش وزن میوه‌ها در هر دو سال شد. اثر کم‌آبیاری در هر دو سال آزمایش بر میزان کلروفیل a، b و کل پوست میوه‌های سیب معنی‌دار نبود، اما سوپرجاذب‌ها (۲۰۰گرم) اثر مثبت و معنی‌داری بر میزان کلروفیل داشتند. میزان منیزیم میوه در هر دو سال تنها تحت تأثیر سوپرجاذب به طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر هر دو فاکتور در سال اول بر میزان فسفر و کلسیم معنی‌دار نبود، اما در سال دوم تیمارهای کم آبیاری بطورمعنی‌داری باعث افزایش میزان فسفر و کلسیم میوه شد. در مجموع، آبیاری ۷۵٪ بدون کاهش عملکرد و صرفه‌جویی در مصرف آب و سوپرجاذب ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت با افزایش کیفیت میوه و تعدیل اثرات تنش قابل توصیه می‌باشند.

کلمات کلیدی: سوپرجاذب، کلروفیل، منیزیم، نیتروژن، وزن میوه

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۴- دانشیار پژوهشی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران.

۵- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

* پست الکترونیک: Ghasemnezhad@guilan.ac.ir

مقدمه

خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان است که تقریباً تولید ۲۵ درصد اراضی جهان را محدود ساخته است (هاشمی‌دزفولی، ۱۳۷۳). در ایران نیز بیش از ۹۰ درصد کشور دارای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است که میانگین بارندگی آن حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال است. علاوه بر نقصان ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی به‌ویژه در دهه‌های اخیر، اغلب مناطق کشور را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین، توجه به این موضوع که کل آب مصرفی در ایران حدود ۸۶/۵ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد، حدود ۸۰ میلیارد متر مکعب (یعنی ۹۰ درصد) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و از این مقدار نیز ۶۵ درصد آن به علت شیوه‌های غلط و روش‌های ناکارآمد آبیاری سنتی هدر می‌رود. از اینرو، وقوع خشکسالی و فجایع زیست‌محیطی در آینده نزدیک، امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. بنابراین، برای مقابله با این مسائل و مشکلات به کارگیری شیوه‌های نوین آبیاری امری ضروری است. یکی از این راهکارها، کم‌آبیاری است که به‌عنوان اقدامی اساسی برای بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی فاریاب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

راهکار کم‌آبیاری یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری از آب بر مبنای فیزیولوژی گیاه است که اثرات ویژه‌ای بر صرفه‌جویی از منابع آب و نهایتا در اقتصاد کشاورزی دارد. اصطلاح کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI) در واقع اعمال تنش خشکی در دوره‌های معینی از نمو گیاه به منظور کاهش مصرف آب آبیاری است، بطوریکه سود خالص مزرعه افزایش یا در همان سطح قبلی خود حفظ شود (سامپریو[1] و همکاران، ۲۰۱۵). آبیاری صحیح می‌تواند بر روی کیفیت میوه‌های برداشت شده برای مصرف تازه‌خوری، نگهداری در سردخانه و همچنین فرآوری تأثیر مثبتی داشته باشد. به علاوه نحوه آبیاری می‌تواند در افزایش سود خالص بسیاری از محصولات باغی تأثیر زیادی داشته باشد. در تیمارهای RDI مشاهده شد که استفاده بهینه و کمتر از نیاز آبی گیاه برای آبیاری درختان اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه سیب نداشت، اما منجر به کاهش اندازه میوه شد، ولی کیفیت میوه‌ها را افزایش داد (چنافی[2] و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین، استفاده مؤثر از فن‌آوری‌های نوین برای بالا بردن کارآیی مصرف در منابع محدود آبی، امری ضروری است و می‌توان با اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فن‌آوری‌های پیشرفته از طریق حفظ رطوبت، افزایش ظرفیت نگهداری و بهبود وضعیت نفوذپذیری آب در خاک، بازده مصرف آب را بالا برد. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها، استفاده از سوپرجاذب‌ها است که بهره‌وری بهینه از منابع آب و خاک و نیل به کشاورزی پایدار را به دنبال دارد. کاربرد کریستال‌های سوپرجاذب آب (هیدروژل‌ها) یک تکنیک جدید در آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می‌توان تا ۵۰ درصد از اتلاف آب آبیاری و در نتیجه مصرف آب جلوگیری کرد (وو[3] و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین، اگر در بخش کشاورزی استفاده از سوپرجاذب‌ها بر اساس اصول صحیح و به درستی انجام شود و تداوم یابد، می‌توان در حد قابل توجهی بر محدودیت‌های زراعی ناشی از خشکسالی‌ها و کم آبی‌هایی که کشور با آن روبرو است فائق آمد در پژوهش‌هایی که بر درختان موز (کاظم[4] و همکاران، ۲۰۱۷) و قهوه (لیو[5] و همکاران، ۲۰۱۶) برای کاهش اثر تنش خشکی با استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب انجام شد، بهبود کارایی مصرف آب، افزایش سطح مؤثر برگ و تولید بیشتر در کاربرد سوپرجاذب‌ها در تیمارهای تحت تنش گزارش شد.

بنابراین با توجه به وجود خشکسالی‌های پیاپی و بحران کمبود آب و لزوم مدیریت صحیح در جهت پیداکردن راهکارهایی برای حفظ و افزایش تولید در راستای کشاورزی پایدار و بهبود بهره‌وری از آب موجود، پژوهشی با هدف بررسی تأثیر کم‌آبیاری و سوپرجاذب در دوره رشد و نمو میوه بر عملکرد، کیفیت و عمر انبارمانی میوه سیب رقم گرانی‌اسمیت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در یک باغ تجاری سیب واقع در شهرستان نظرآباد از توابع استان البرز انجام گرفت. درختان سیب رقم گرانی‌اسمیت (*Malus*

1. Samperio
2. Chenafi
3. Wu
4. Kassim
5. Liu

domestica Borkh. cv. Granny Smith) شش‌ساله و بر روی پایه بذری پیوند شده و بصورت طرح کشت مستطیلی با فاصله ۴/۵ در ۴ در جهت شمالی‌جنوبی کشت شده بودند. سیستم آبیاری درختان به صورت قطره‌ای با آرایش دولترال بود که با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از درختان به صورت موازی روی ردیف‌ها قرار داشتند و برای هر درخت چهار قطره چکان (دریپر) تعبیه شده بود. آبیاری به صورت قطره‌ای تحت فشار از اواخر فروردین تا اواسط مهرماه بر اساس نیاز آبی گیاهان انجام می‌شد. مدیریت تغذیه با توجه به نیاز کودی درختان و براساس آزمون خاک صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز باغ به صورت مکانیکی طی چندین مرحله توسط دستگاه علف‌زن موتوری انجام شد. ویژگی‌های آب و هوایی محل انجام آزمایش در جدول ۱ خلاصه شد.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های آب و هوایی طی دو سال آزمایش در منطقه نظرآباد، استان البرز

ماه	رطوبت نسبی هوا		متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)		میانگین بارندگی	
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
فروردین	۶۱/۴	۵۶/۴	۱۰/۶	۱۰/۲	۱/۱۵	۷/۱۸
اردیبهشت	۴۵/۵	۵۰/۲	۱۹/۷	۱۷/۲	۰	۰
خرداد	۲۹/۸	۲۳/۰	۲۴/۳	۲۵/۱	۰	۰
تیر	۳۲/۸	۱۴/۰	۲۸/۰	۲۶/۹	۰	۰
مرداد	۲۹/۷	۲۵/۰	۲۸/۲	۲۸/۹	۰	۰
شهریور	۲۹/۲	۲۱/۰	۲۵/۹	۲۵/۹	۰	۰

میانگین بارندگی سالیانه ۴۱۰ mm، میانگین رطوبت سالیانه ۵۳٪ و میزان تبخیر سالانه ۲۱۸۴ m. (اداره کل هواشناسی استان البرز www.alborz-met.ir).

اعمال تیمار

تیمار کم‌آبیاری در سه سطح (بعنوان فاکتور اصلی) و سوپرجاذب در چهار سطح (بعنوان فاکتور فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. سطوح کم آبیاری در تمام طول فصل رشد بر اساس Crop Evapotranspiration (ETc) (مجموع میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه) انتخاب و به صورت زیر اجرا شدند:

۱ـ شاهد: تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی درخت (100% ETc) در کل دوره رشد و نمو میوه

۲ـ کم‌آبیاری سطح اول: تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی درخت (75% ETc)

۳ـ کم‌آبیاری سطح دوم: تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی درخت (50% ETc)

درختان شاهد با آبیاری کامل در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی، در هر ساعت طی هر دور آبیاری (هر شش روز، ۱۲ ساعت) ۳۲ لیتر آب به ازای هر درخت دریافت کردند و به همین ترتیب تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، ۲۴ لیتر در ساعت و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، ۱۶ لیتر در ساعت دریافت کردند. مقدار آب مصرفی برای هر یک از تیمارها بر اساس روش به روش فائوپنمن مانتیث‌فائو (ریس، ۲۰۱۲)، طبق فرمول زیر محاسبه و برای هر دور آبیاری تأمین شد.

$ETc=Kc\times ET_0$

ETc: تبخیر و تعرق واقعی گیاه اصلی در دوره زمانی مشخص، Kc: ضریب گیاهی در دوره زمانی مشخص، ETo: تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مشخص.

تیمار سوپرجاذب شامل چهار سطح ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم برای هر درخت بود که همزمان با اعمال تیمارهای کم آبیاری در دسترس ریشه قرار گرفت. سوپرجاذب مورد استفاده هورموزب بود که پایه پتاسیمی دارد و پس از تجزیه، مشکل شوری در خاک ایجاد نمی‌کند. برای تیمار کم آبیاری ۱۰۰ درصد (شاهد)، سوپرجاذب استفاده نشد، ولی در سطوح کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد هر چهار سطح سوپرجاذب به کار برده شد. سوپرجاذب مورد نظر در زیر قطره چکان‌ها یعنی در عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک اطراف ریشه مخلوط شد. در اطراف هر درخت چهار قطره چکان وجود دارد و در زیر هر قطره چکان یک چاله ۳۰ سانتی‌متری کنده شد و سوپرجاذب‌ها با خاک مخلوط شدند.

ارزیابی صفات

میوه‌های هر درخت جداگانه برداشت و وزن آنها اندازه‌گیری و ثبت شدند. سپس عملکرد درختان به صورت کیلوگرم به ازای هر درخت بیان شدند. جهت تعیین طول و قطر میوه‌ها از کولیس دیجیتال (مدل Insize) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری قطر در تمامی میوه‌ها قطر بزرگ میوه ثبت شد.

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل موجود در پوست سیب‌های رقم گرانی‌اسمیت از پوست میوه‌ها استفاده شد. میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد (۱۴). میزان کلروفیل کل با استفاده از فرمول لیچتنتالر و بوشمن[1] (۲۰۰۱) محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شدند. در این قسمت هم ۴ میوه از هر تکرار انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند.

اندازه‌گیری نیتروژن کل با استفاده از روش والینگ[2] و همکاران (۱۹۸۹) و دستگاه کجل‌تک (مدل Kjeltec Auto System 1030 Analyzer) استفاده شد. میزان فسفر نمونه‌ها از طریق رنگ‌سنجی با استفاده از معرف مولیبدات وانادات (چاپمن و پرات[3]، ۱۹۶۲) تعیین گردید. سپس میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت و در نهایت میزان فسفر توسط منحنی استاندارد فسفر محاسبه شد. اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم نیز با استفاده از روش سوزاندن خشک و ترکیب با هیدروکلریدریک اسید انجام شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۲). از این عصاره برای اندازه‌گیری میزان جذب کلسیم (در طول‌موج ۴۲۲/۷ نانومتر) و جذب منیزیم (در طول‌موج ۲۸۵/۲ نانومتر) با دستگاه جذب اتمی استفاده شد. میزان کلسیم و منیزیم در ماده خشک گیاهی بر حسب گرم در صد گرم ماده خشک از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{Ca Mg(g/100g DW)} = \frac{(a - \text{b}) \times \text{V} \times \text{DF}}{500 \times \text{W} \times \text{DM}} \times 100$$

که در آن منظور از a: عدد جذب نمونه، b: عدد جذب شاهد، V: حجم نهایی محلول، DF: فاکتور رقت، W: وزن نمونه خشک گیاه و DM: درصد ماده خشک است.

در پایان داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. در پایان رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

اندازه میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از هر دو سال آزمایش نشان داد که تیمار کم‌آبیاری و سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر اندازه میوه درختان سیب طی دو سال آزمایش نداشتند (جدول۲). در موافقت با یافته‌های این پژوهش (جدول ۳) گزارش شد که تیمار کم‌آبیاری اثر معنی‌داری بر اندازه میوه زردآلو نداشت، هرچند اندازه میوه‌ها در تیمار کم آبیاری، کاهش بسیار کمی داشته است (چهابا[4] و همکاران، ۲۰۱۷).

وزن میوه

با توجه به جدول ۲، تنها اثر ساده فاکتور سوپرجاذب طی سال اول آزمایش معنی‌دار بود و وزن میوه تحت تأثیر فاکتور کم‌آبیاری و اثر متقابل کم‌آبیاری و سوپرجاذب قرار نگرفت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سوپرجاذب منجر به افزایش وزن میوه در هر دو سال آزمایش شد که این افزایش در سال دوم معنی‌دار بود (شکل۱). در هر دو سال آزمایش، تیمار ۲۰۰ گرم (سوپر جاذب برای هر درخت) بالاترین وزن میوه را به خود اختصاص داد که منجر به افزایش ۷ و ۱۵ درصدی وزن میوه نسبت به شاهد به‌ترتیب در سال اول و دوم شد. همچنین گزارش شد که بین وزن تر میوه‌های زیتون در تیمارهای

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمار سوپرجاذب (SAP) و کم آبیاری (DI) بر عملکرد میوه، اندازه و وزن تر میوه‌های سیب "گرانی اسمیت" در زمان برداشت درطی دو سال آزمایش (۹۶-۱۳۹۵).

تیمارهای آزمایشی	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اندازه میوه		میانگین وزن تر میوه		عملکرد میوه	
		۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵
تکرار	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۴۵^{ns}	۱۷۰۹/۶*	۱۹۰۳/۱*	۴۵۰/۸^{ns}	۴۴/۶۹^{ns}
سوپرجاذب	۳	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۱۰۲۳/۷*	۳۲۸/۱^{ns}	۲۹/۷^{ns}	۳/۲۹^{ns}
کم آبیاری	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۹۱۶/۷^{ns}	۱۴۴/۵^{ns}	۱۶/۸۶^{ns}	۱/۸۶^{ns}
سوپرجاذب× کم‌آبیاری	۶	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۲^{ns}	۱۷۰/۵^{ns}	۹۱۷/۷^{ns}	۳۰/۷۸^{ns}	۱۰/۸۲^{ns}
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۲۶	۱۸/۴	۱۵/۱	۱۶/۰۴	۲۳/۵۳	۱۷/۷۷

ns: غیر معنی‌دار. * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و۱ درصد

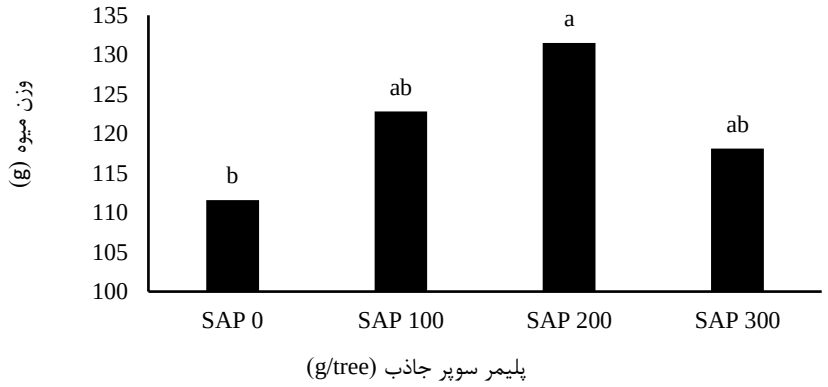
1. Lichtenthaler and Buschmann
2. Waling
3. Chapman and Pratt
4. Chehaba

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمار سوپرجاذب و کم‌آبیاری بر اندازه، وزن تر و عملکرد میوه‌های سیب "گرانی‌اسمیت" در زمان برداشت در طی دو سال آزمایش (۹۶-۱۳۹۵).

نام تیمار	سطوح تیمار	عملکرد (Kg/tree)		وزن تر میوه (g)		اندازه میوه (نسبت طول به قطر)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
	۰	۳۵/۸۸ a	۶۰/۳۳ a	۱۲۷/۵ a	۱۱۱/۶ a	۰/۸۸۷ a	۰/۹۰۶ a
سوپرجاذب	۱۰۰	۳۶/۴۴ a	۶۲/۱۱ a	۱۲۹/۶ a	۱۲۲/۸ a	۰/۸۹۸ a	۰/۹۲۳ a
(g/tree)	۲۰۰	۳۵/۵۵ a	۵۹/۳۳ a	۱۳۷/۷ a	۱۳۱/۵ a	۰/۹۱۲ a	۰/۹۲۵ a
	۳۰۰	۳۵/۰۰ a	۵۷/۷۷ a	۱۲۵/۵ a	۱۱۸/۱ a	۰/۹۰۴ a	۰/۹۲ a
	۱۰۰	۳۵/۴۱ a	۵۹/۰۸ a	۱۲۹/۸ a	۱۱۵/۵ a	۰/۹۱۶ a	۰/۹۳ a
کم آبیاری (٪)	۷۵	۳۶/۱۶ a	۶۱/۲۵ a	۱۳۲/۳ a	۱۱۶/۱ a	۰/۹۰۳ a	۰/۹۱ a
	۵۰	۳۵/۵۸ a	۵۹/۳۳a	۱۲۵/۴ a	۱۱۵/۵ a	۰/۸۸۴ a	۰/۹۰ a

در هر ستون، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

کاربرد و عدم کاربرد سوپرجاذب، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و وزن تر میوه‌ها در تیمار کاربرد سوپرجاذب بیشتر از تیمار شاهد بود (چهابا و همکاران، ۲۰۱۷). سوپرجاذب‌ها با در اختیار قرار دادن رطوبت ذخیره شده در ساختار خود به گیاه بر وزن و اندازه میوه تأثیر مثبت داشته‌اند. همچنین، سوپرجاذب‌ها می‌توانند منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، سرعت نفوذ و ظرفیت نگه‌داری آب شوند و آب قابل دسترس را افزایش دهند که همین امر منجر به آزاد شدن مواد غذایی در خاک و افزایش جذب آن به وسیله گیاه و در نهایت بهبود رشد و افزایش عملکرد می‌شود (راد و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس نتایج بدست آمده، اثر تیمارهای کم آبیاری بر وزن میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱) که با نتایج مورنو- هرناندز[1] و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر تنش آبی بر گلابی مطابقت داشت.



شکل ۱- اثر پلیمر سوپرجاذب بر وزن میوه‌های سیب "گرانی‌اسمیت" در زمان برداشت، سال دوم.
***ستون های با حروف غیریکسان اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بر اساس آزمون دانکن را نشان دادند.**

عملکرد میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول۳) که بین عملکرد کل میوه درختان شاهد و درختان تیمار شده با کم‌آبیاری و سوپر جاذب اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. گزارشات مختلفی مبنی بر عدم تأثیر منفی تیمارهای کم‌آبیاری بر عملکرد میوه درختان مختلف وجود دارد. تأثیر هرگونه استراتژی مدیریتی بر محصولات باغبانی باید بر اساس عملکرد و بویژه عملکرد قابل عرضه به بازار مورد بررسی قرار گیرد. در بررسی عملکرد و کیفیت گلابی (مورنو- هرناندز، ۲۰۱۷) و میوه‌های هلو (دلاروزا[2] و همکاران، ۲۰۱۶) تیمار شده با کم‌آبیاری گزارش شد که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد میوه درختان در تیمارهای کم‌آبیاری و شاهد مشاهده نشد. همچنین در موافقت با یافته‌های این پژوهش

1. Moreno-Hernandez

2. De la Rosa

بیان شد که کم‌آبیاری روی فیزیولوژی، عملکرد و کیفیت میوه درختان زردآلو اثرات متفاوتی داشت و عملکرد میوه زردآلو در طی سه سال آزمایش تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار نگرفت (پرز-سارمیینتو[1] و همکاران، ۲۰۱۶). اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر عملکرد میوه سیب گزارش شد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کم‌آبیاری با شاهد وجود داشت و تیمارهای کم‌آبیاری منجر به کاهش عملکرد میوه سیب شد (لئوبیانکو[2]، ۲۰۱۹). این تفاوت در نتایج بدست آمده از پژوهش‌های مختلف می‌تواند به سبب تفاوت در نوع و گونه مورد استفاده، نوع و بافت متفاوت خاک و میزان و توزیع متفاوت بارش‌ها در سال‌های مختلف باشد. در این پژوهش، عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار شاهد (آبیاری کامل) و کم‌آبیاری (۷۵ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری) روی عملکرد میوه از اثرات مثبت کم‌آبیاری است که باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به مقدار ۲۵ و ۵۰ درصد شده است.

میزان کلروفیل پوست میوه

نتایج نشان می‌دهد که کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کل در هر دو سال آزمایش نداشت، اما استفاده از سوپرجاذب‌ها نقش مثبتی در افزایش میزان کلروفیل داشت (جدول۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پلیمرسوپرجاذب (SAP) و کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI) بر کلروفیل a، b و کل پوست میوه‌های سیب "گرانی‌اسمیت" در زمان برداشت در طی دو سال آزمایش (۱۳۹۶-۱۳۹۵)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		۱۳۹۵			۱۳۹۶		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تکرار	۲	۱۸/۱*	۲۸/۳*	۹۱/۴*	۲/۲۷ns	۴/۷ns	۹/۶ns
سوپرجاذب	۳	۲۱/۳*	۷۷/۷**	۱۴۲/۹*	۱۰/۷*	۵۶/۲**	۱۱۳/۹*
کم آبیاری	۲	۶/۱ns	۷/۹ns	۱۸/۳ns	۱/۸ns	۱۳/۳ns	۱/۷ns
سوپرجاذب× کم آبیاری	۶	۲/۸ns	۸/۱ns	۱۷/۴ns	۲/۲۶ns	۸/۰۸ns	۱۳/۳ns
ضریب تغییرات ٪	-	۱۸/۹	۲۷/۶	۲۲/۶	۲۱/۶	۲۰/۴	۱۹/۵

ns: غیرمعنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میوه درختانی که با مقدار ۳۰۰ گرم سوپرجاذب در سال اول و ۲۰۰ گرم سوپرجاذب در سال دوم دریافت کردند، بالاترین میزان کلروفیل کل را نشان دادند. بالاترین میزان کلروفیل b در هر دو سال آزمایش با غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم سوپر جاذب بدست آمد. از نظر میزان کلروفیل a در سال اول درختان تیمارشده با سوپرجاذب میزان کلروفیل a بالاتری نسبت به شاهد داشتند، اما در سال دوم درختانی که با غلظت ۲۰۰ گرم سوپرجاذب تیمار شدند میزان کلروفیل a بالاتری داشتند (جدول ۵).

در موافقت با یافته‌های این پژوهش مشاهده شد که کاربرد سوپرجاذب‌ها منجر به افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل پوست میوه گردید (عابدی و مس‌فروش، ۱۳۸۸). در پژوهش دیگری که روی نارنگی انجام شد به تأثیر مثبت پلیمرهای سوپرجاذب بر کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل اشاره شد (خندانی و همکاران، ۱۳۹۵). تنش خشکی تولید کلروفیل

جدول ۵- اثر پلیمرسوپرجاذب بر میزان کلروفیل پوست ($mg\ g^{-1}\ FW$) میوه سیب گرانی‌اسمیت در طی دو سال

سوپرجاذب (mg/tree)	سال ۱۳۹۵			سال ۱۳۹۶		
	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
شاهد	۶/۲۱ b	۷/۳۴ b	۱۳/۵۵ b	۷/۷۵ b	۸/۶ c	۱۶/۳۵ b
۱۰۰	۹/۱ a	۶/۶۳ b	۱۵/۷۳ b	۷/۲۴ b	۸/۹۵ c	۱۶/۱۹ b
۲۰۰	۹/۵۵ a	۱۰/۹۷ a	۲۰/۵۲ ab	۹/۵۴ a	۱۴/۰۶ a	۲۳/۶ a
۳۰۰	۹/۱۴ a	۱۲/۸ a	۲۱/۹۴ a	۷/۲۵ b	۱۱/۳۱ a	۱۸/۵۶ b

در هر ستون، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

1. Perez-Sarmiento

2. Lo Bianco

را متوقف می‌کند، فعالیت کلروفیلاز را افزایش و تخریب کلروفیل را تسریع می‌کند و به‌دنبال آن محتوی کلروفیل را کاهش می‌دهد (جیائو[1] و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از پلیمر سوپرجاذب، با حفظ و نگه‌داری آب در خاک، شرایط بهینه‌ای را برای رشد فراهم می‌کند و منجر به کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر فعالیت‌های شیمیایی و فیزیولوژیکی می‌شود و به همین دلیل مانع از تخریب کلروفیل شده و میزان آن را افزایش می‌دهد.

میزان فسفر میوه

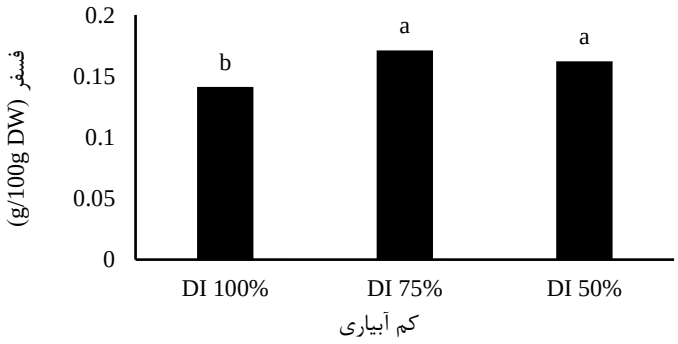
با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها، میزان فسفر میوه‌های سیب رقم گرانی‌اسمیت طی سال دوم به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر ساده کم‌آبیاری قرار گرفت (جدول ۶).

اطلاعات حاصله از مقایسه میانگین‌ها گویای اثر مثبت و معنی‌دار تیمار کم‌آبیاری بر میزان فسفر میوه‌های سیب در سال دوم آزمایش بود. بیشترین میزان فسفر در تیمار ۷۵ درصد کم‌آبیاری مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰ درصد کم‌آبیاری نداشت (شکل۲). در گزارش‌های قبلی مشخص گردید که میزان فسفر میوه در تیمارهای کم آبیاری بالاتر از شاهد بود است (ارجی و همکاران، ۱۳۹۴).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تیمار سوپرجاذب (SAP) و کم‌آبیاری تنظیم شده (DI) بر نیتروژن N، فسفر P، کلسیم Ca و منیزیم Mg میوه‌های سیب "گرانی‌اسمیت" در زمان برداشت درطی دو سال آزمایش (۹۶-۱۳۹۵).

تیمارهای آزمایشی	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		N		P		Ca		Mg	
		۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵
تکرار	۲	۰/۶۹۵^{ns}	۰/۱۷۴^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۶۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۶۰۱^{ns}
سوپرجاذب	۳	۰/۲۶۳^{ns}	۱/۳۶^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۴*	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۵*	۰/۴۷*
کم آبیاری	۲	۰/۱۱۳^{ns}	۰/۱۸۳^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۲۰۲^{ns}
سوپرجاذب× کم‌آبیاری	۶	۰/۶۴۷^{ns}	۱/۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۴۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۸۶^{ns}
ضریب تغییرات	-	۱۳/۹	۷/۷	۱۳/۹۵	۱۵/۸	۹/۳	۱۲/۸	۱۵/۸	۷/۲

ns: غیر معنی‌دار. * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۲- اثر کم آبیاری بر میزان فسفر میوه سیب "گرانی‌اسمیت" در زمان برداشت، سال دوم

***ستون‌های با حروف غیریکسان اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بر اساس آزمون دانکن را نشان دادند.**

میزان کلسیم میوه

با توجه به جدول ۶ تنها در سال دوم، اثرات اصلی پلیمر سوپرجاذب و کم آبیاری بر میزان کلسیم معنی‌دار بود. در سال دوم، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از تأثیر مثبت کاربرد سوپرجاذب بر افزایش میزان کلسیم میوه‌های سیب بود (جدول ۷). علیرغم این که اختلاف معنی‌داری بین میزان کلسیم در سطوح مختلف تیمار سوپرجاذب مشاهده نشد، اما کاربرد سوپرجاذب در هر سه سطح، منجر به افزایش معنی‌دار میزان کلسیم میوه نسبت به شاهد (عدم کاربرد) شد. بیشترین میزان کلسیم میوه در تیمار ۲۰۰ گرم

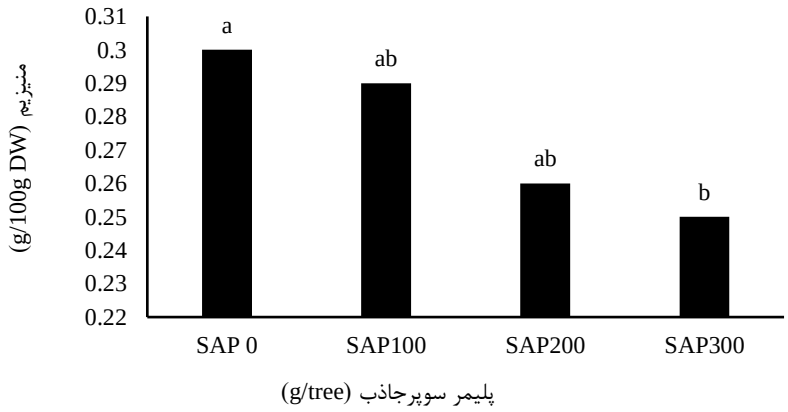
1. Jiao

سوپرجاذب بر درخت نسبت به شاهد به میزان ۲۵/۶ درصد مشاهده شد (جدول ۳). نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر با اظهارات خندانی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت داشت.

در تیمارهای کم آبیاری با افزایش تنش، میزان کلسیم به تدریج افزایش پیدا کرد و در تیمار ۵۰ درصد میزان کم آبیاری به بالاترین مقدار خود رسید که نسبت به شاهد افزایش ۱۸/۱ درصدی نشان داد (جدول ۳). خندانی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر تیمارهای کم‌آبیاری و پلیمر سوپرجاذب بر مقدار کلسیم میوه‌های آلو عنوان کردند که در تنش‌های بیشتر میزان کلسیم میوه‌ها افزایش یافت. نتایج متفاوتی در تأثیر کم‌آبیاری بر میزان کلسیم به‌دلیل زمان اعمال کم‌آبیاری و یا سیستم انتقال آن در درخت مشاهده شده است (دکاروالهو و سارایوا[1]، ۲۰۰۵). در تحقیقات قبلی در درختان گلابی مشاهده شد که میوه درختان کم‌آبیاری شده دارای میزان نیتروژن پایین و میزان کلسیم بالاتری در مقایسه با درختان شاهد دارا بودند از آنجائیکه کم‌آبیاری منجر به کاهش رشد رویشی می‌گردد، قدرت جذب میوه برای کلسیم بیشتر شده است (برون[2] و همکاران، ۱۹۸۵).

منیزیم میوه

همان طور که در جدول ۶ نشان داده شده است که اثر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر میزان منیزیم میوه در طی دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بطوری که با افزایش مقدار مصرف سوپرجاذب میزان منیزیم میوه‌های سیب به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل۳). کمترین میزان منیزیم میوه‌های سیب در تیمار ۳۰۰ گرم پلیمر سوپرجاذب مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم مصرف) ۳۴ درصد و ۱۷/۷ درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم کاهش نشان داد. در بررسی اثر سطوح مختلف کم آبیاری و پلیمرسوپرجاذب بر کیفیت میوه‌های آلو (محمدی ترکاشوند و همکاران، ۱۳۹۵) مشاهده شد که پلیمرهای سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر میزان منیزیم نداشتند، اما با افزایش سطوح پلیمرهای سوپرجاذب میزان منیزیم میوه‌های آلو به‌تدریج کاهش یافت که روند کاهشی میزان منیزیم در پژوهش آن‌ها مشابه روند مشاهده شده در نتایج این تحقیق بود.



شکل ۳- اثر پلیمر سوپرجاذب (SAP) بر میزان منیزیم میوه‌های سیب "گرانی اسمیت" در زمان برداشت، سال دوم
***ستون های با حروف غیریکسان اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بر اساس آزمون دانکن را نشان دادند.**

نسبت (N/Ca)، (Mg/Ca) و (N+P/Ca) در میوه سیب

میانگین اطلاعات آزمایشی در سال اول نشان‌دهنده عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای سوپرجاذب، کم‌آبیاری و برهمکنش بین آن‌ها بر نسبت N/Ca و Mg/Ca بود. در سال دوم، تیمارهای مذکور اثر معنی‌داری بر نسبت N/Ca و Mg/Ca داشتند (جدول۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در سال دوم، نسبت N/Ca در تیمارهای پلیمر سوپرجاذب تا تیمار ۲۰۰ گرم سوپرجاذب بر درخت افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۳).

کمترین میزان نسبت N/Ca در تیمار ۳۰۰ گرم سوپرجاذب برای هردرخت بود که به سبب کاهش بیشتر میزان نیتروژن

1. De Carvalho and Saraiva

2. Brun

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده کم‌آبیاری و پلیمرسوپرجاذب بر نسبت N/Ca و Mg/Ca میوه‌های سیب "گرانی‌اسمیت" در سال دوم.

نام تیمار	سطوح تیمار	Ca (g/100 g DW)	N/Ca	Mg/Ca
پلیمر سوپر جاذب (g/tree)	شاهد	۰/۱۴۵ b	۱۵/۲ ab	۲/۰۷ a
	۱۰۰	۰/۱۸۱ a	۱۶/۹۳ ab	۱/۶ b
	۲۰۰	۰/۱۹۵ a	۲۰/۴۶ a	۱/۳۳ b
	۳۰۰	۰/۱۸۲ a	۱۳/۰۶ a	۱/۳۷ b
کم آبیاری (٪)	۱۰۰	۰/۱۴۱ b	۱۹/۴۲ a	۱/۹۴ a
	۷۵	۰/۱۶۲ a	۱۶/۱۳ ab	۱/۷۵ a
	۵۰	۰/۱۷۱ a	۱۳/۷۵ a	۱/۳۷ b

در هر ستون، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نسبت به کلسیم در تیمار ۳۰۰ گرم سوپرجاذب بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت N/Ca با افزایش شدت کم‌آبیاری به‌تدریج کاهش یافت و به کمترین میزان خود در تیمار ۵۰ درصد کم آبیاری رسید (جدول۴). علت این کاهش از یکسو افزایش میزان کلسیم میوه‌ها با افزایش شدت تنش کم‌آبیاری و از سوی دیگر کاهش میزان نیتروژن همگام با افزایش تنش بود که در نتیجه آن منجر به کاهش نسبت N/Ca شد. نتایج مقایسه میانگین در سال دوم گویای کاهش نسبت Mg/Ca با کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب بود (جدول۴). بین سطوح مختلف سوپر جاذب‌ها در نسبت Mg/Ca اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش نشان دادند (جدول۴). مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبیاری، نسبت این دو عنصر (Mg/Ca) در میوه‌های سیب به‌تدریج کاهش پیدا کرد (جدول۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای کم‌آبیاری، پلیمرهای سوپرجاذب و برهمکنش آن‌ها بر نسبت (N+P/Ca) بود.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک ایران و کاهش میزان بارندگی و منابع آبی زیرزمینی و بحران آب پیشرو، استفاده از شیوه‌های صحیح آبیاری که منجر به کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از منابع آبی با کمترین تأثیر منفی بر عملکرد شود، می‌تواند راهکار مناسبی برای برون رفت از مشکلات موجود باشد. همانطور که در پژوهش حاضر مشاهده شد کاهش میزان آبیاری تا ۵۰ درصد آبیاری مطلوب، نه‌تنها باعث کاهش عملکرد نشده حتی با افزایش عناصر معدنی فسفر و کلسیم، منجر به بهبود کیفیت میوه‌ها نیز شده است (کیوانفر[1] و همکاران، ۲۰۱۹) و این امر می‌تواند ۵۰ درصد کم‌آبیاری را به عنوان تیمار برجسته این آزمایش معرفی کند. از سوی دیگر نقش پلیمرهای سوپرجاذب در افزایش کیفیت میوه‌های تولیدی و تعدیل اثرات تنش (به‌ویژه تیمار ۲۰۰ گرم سوپرجاذب برای هر درخت) نیز از جمله نکات مهمی بودند که در پژوهش حاضر قابل تأمل و توصیه بود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات بابت حمایت مالی این پروژه تقدیر و تشکر می‌کنند.

منابع

ارجی، ع.، حسنی، ب. و قمرنیا، ه. ۱۳۹۴. اثر تیمارهای کم آبیاری بر خصوصیات رویشی و کمیت و کیفیت سیب رقم گلدن دلیشز. نشریه علوم باغبانی، ۲۹(۴): ۶۱۰-۶۲۰.

محمدی‌ترکاشوند، ع.، پذیرا، ا و حقیقت، ن. ۱۳۹۵. تأثیر جاذب‌های طبیعی و مصنوعی رطوبت بر تأخیر در ضریب رطوبتی نقطه پژمردگی دائم. حفاظت منابع آب و خاک، ۶(۲): ۳۳-۴۱.

1. Keivanfar

خندانی، ی.، فتوحی‌قزوینی، ر.، قاسم‌نژاد، م. و خالدیان، م.ر. ۱۳۹۵. اثر همزمان کم‌آبیاری تنظیم شده بر رشد رویشی، عملکرد و کیفیت میوه آلوی ژاپنی سانتاروزا. مجله علوم و فنون باغبانی، ۱۷(۳): ۳۶۹-۳۷۸.

راد، م.ه.، اصغری، م.ح. و عصاره، ح. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه انار (*Punica granatum* L.) رقم رباب نیریز در شرایط اقلیمی خشک. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۳۱(۱): ۷۵-۹۰.

عابدی‌کوپایی، ج. و مس‌فروش، م. ۱۳۸۸. ارزیابی کاربرد پلیمرسوپرجاذب بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۳(۲): ۱۰۰-۱۱۲.

هاشمی‌دزفولی، ا. ۱۳۷۳. مفهوم کارآیی مصرف آب. مجله پژوهش و سازندگی، ۷(۲۵): ۳۴-۳۷.

Lo Bianco, R. 2019. Water-related variables for predicting yield of apple under deficit irrigation. Horticulturae, 5(1): 8-18.

Brun, C.A., Raese, J.T. and Stahly, E.A. 1985. Seasonal response of ‘Anjou’pear trees to different irrigation regimes. I. Soil moisture, water relations, tree and fruit growth. Journal of the American Society for Horticultural Science, 110(6): 830-834.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science, 93(1): 68-76.

Chehab, H., Tekaya, M., Mechri, B., Jemai, A., Guiaa, M., Mahjoub, Z., Boujnah, D., Laamari, S., Chihaoui, B., Zakhama, H. and Hammami, M. 2017. Effect of the Super Absorbent Polymer Stockosorb® on leaf turgor pressure, tree performance and oil quality of olive trees cv. Chemlali grown under field conditions in an arid region of Tunisia. Agricultural water management, 192: 221-231.

Chenafi, A., Monney, P., Arrigoni, E., Boudoukha, A. and Carlen, C., 2016. Influence of irrigation strategies on productivity, fruit quality and soil-plant water status of subsurface drip-irrigated apple trees. Fruits, 71(2): 69-78.

De Carvalho, I. and Saraiva, M.M. 2005. Effect of water stress and proximate composition of seed of two *Lupins lopinus albus* and *Lopinus metabilis*. Journal of Food Quality. 28(4): 325-332.

De la Rosa, J.M., Conesa, M.R., Domingo, R., Aguayo, E., Falagán, N. and Pérez-Pastor, A. 2016. Combined effects of deficit irrigation and crop level on early nectarine trees. Agricultural Water Management, 170:120-132.

Jiao, J.Y., Chen, K. and YIN, C. 2011. Effects of soil moisture content on growth, physiological and biochemical characteristics of Jatropha curcas L. Acta Ecological Sinica, 30:4460-6.

Kassim, F.S., El-Koly, M.F. and Hosny, S.S. 2017. Evaluation of super absorbent polymer application on yield, and water use efficiency of grand nain banana plant. Middle East Journal of Agriculture Research, 6(1): 188-198.

Keivanfar, S., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasemnezhad, M., Mousavi, A. and Khaledian, M.R. 2019. Effects of regulated deficit irrigation and superabsorbent polymer on fruit yield and quality of 'Granny Smith' apple. Agriculturae Conspectus Scientificus, 84(4): 383-389.

Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current protocols in food analytical chemistry, 1(1):4-3.

Liu, X., Li, F., Yang, Q. and Wang, X. 2016. Effects of alternate drip irrigation and superabsorbent polymers on growth and water use of young coffee tree. Journal of environmental biology, 37(4): 485-491.

Moreno-Hernández, A.C., Vélez-Sánchez, J.E. and Intrigliolo, D.S. 2017. Effect of deficit irrigation on yield and quality of pear (*Pyrus communis* cv. Triumph of Vienna). Agronomia colombiana, 35(3): 350-356.

Pérez-Sarmiento, F., Miras-Avalos, J.M., Alcobendas, R., Alarcón, J.J., Mounzer, O. and Nicolas, E. 2016. Effects of regulated deficit irrigation on physiology, yield and fruit quality in apricot trees under Mediterranean conditions. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4) :1205-1205.

Raes, D. 2012. Reference manual-ETO calculator, version 3.2. Food and Agriculture Organization of the United Nations Land and Water Division. Rome, Italy.

Samperio, A., Prieto, M.H., Blanco-Cipollone, F., Vivas, A. and Moñino, M.J. 2015. Effects of post-harvest deficit irrigation in ‘Red Beaut’Japanese plum: tree water status, vegetative growth, fruit yield, quality and economic return. Agricultural Water Management, 150: 92-102.

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. Plant Analysis Procedures Wageningen Agriculture University.

Wu, L., Liu, M. and Liang, R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. Bioresource technology, 99(3) 547-554.