

تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت میوه آلو ژاپنی^۱ رقم فرایر^۱

Effect of Regulated Deficit Irrigation on Growth Characteristics and Fruit Yield and Quality of Japanese Plum (*Prunus salicina* Lindell cv. Friar)

قاسم حاجیان، محمود قاسم نژاد^{*}، رضا فتوحی قزوینی و محمدرضا خالدیان^۲

چکیده

کم‌آبیاری یکی از شیوه‌های موثر افزایش کارایی مصرف آب در باغ‌های میوه مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. در این پژوهش، تأثیر کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق) بر آلو ژاپنی رقم فرایر در دو مرحله سخت شدن هسته و پس از برداشت میوه‌ها بر ویژگی‌های رشدی و همچنین عملکرد و کیفیت میوه در زمان برداشت و در پایان دو ماه نگهداری در سردخانه بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد کم‌آبیاری سبب کاهش معنی‌دار تعداد گره، طول میانگره و رشد طولی شاخه‌ها شد، اما تأثیر کم‌آبیاری در کاهش رشد طولی شاخه‌ها در مرحله پس از برداشت میوه به طور معنی‌داری بیشتر بود. تراکم گلدهی و تشکیل میوه درختان آلو در سال بعد زیر تأثیر تیمار کم‌آبیاری قرار نگرفتند. میزان عملکرد کل و میوه‌های بازارپسند در تیمار ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت، اما تفاوتی بین شاهد و تیمار ۷۵٪ مشاهده نشد. کم‌آبیاری تأثیری بر درصد ماده خشک میوه‌ها نداشت، اما سفتی بافت میوه‌هایی که ۷۵٪ نیاز آبی‌شان را دریافت کردند (۲/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) به طور معنی‌داری در پایان دوره انبارمانی بیشتر از تیمار ۵۰٪ و شاهد (به ترتیب ۱/۲، ۱/۸۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) بود. کمترین میزان SSC و TA در زمان برداشت و نیز در پایان دوره انبارمانی در تیمار ۵۰٪ مشاهده شد. در مجموع، آبیاری با ۷۵٪ نیاز تبخیر و تعرق بدون آنکه باعث کاهش عملکرد شود و با صرفه‌جویی در مصرف آب، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، سخت شدن هسته، پس از برداشت، رشد رویشی، سفتی بافت.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، آب مهم‌ترین عامل محدود‌کننده تولید محصولات کشاورزی است و بنابراین در این مناطق انجام آبیاری برای مقابله با خشکی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در زمان تولید محصول انجام می‌شود (۶). در ایران نیز به دلیل کاهش بارش‌های آسمانی و وجود شرایط نیمه خشک، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده توسعه کشاورزی به شمار می‌آید. از طرفی میزان آب مصرفی برای آبیاری در واحد سطح کشتزارهای کشور در مقایسه با بیشتر کشورها بسیار بالاست، بنابراین، استراتژی صحیح آبیاری می‌تواند یک راهکار اساسی برای بهینه‌سازی مصرف آب در زمین‌های فلاریاب باشد (۲). آبیاری در درختان میوه نه تنها تعیین‌کننده بازگشت سرمایه در آب و هوای خشک است، بلکه باعث افزایش محصول و تولید پایدار آن نیز می‌شود. همچنین، آبیاری صحیح می‌تواند بر کیفیت میوه‌های برداشت شده برای مصرف تازه‌خوری و همچنین فرآوری تاثیر مثبتی داشته باشد (۶).

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۷

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادان گروه علوم باغبانی و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Ghasemnezhad@guilan.ac.ir)

تکنیک کمآبیاری یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری از آب بهشمار می‌آید که اثرهای ویژه‌ای بر مدیریت منابع آب، برداشت آب، انتقال و مصرف آب و در نهایت بر اقتصاد کشاورزی دارد. اصطلاح کمآبیاری تنظیم شده (RDI)^۱ در واقع اعمال تنش خشکی در دوره‌های معینی از نمو گیاه بهمنظور کاهش مصرف آب آبیاری است، بهطوری که سود خالص مزرعه افزایش یا در همان سطح قبلی خود حفظ شود (۲۲). به عبارت دیگر کمآبیاری تنظیم شده، کاهش میزان آب آبیاری یک محصول در دوره‌های فنولوژیکی معینی است که درخت نسبت به خشکی در آن مراحل تحمل بیشتری دارد، در صورتی که در مراحل حساس به خشکی، باید آبیاری کامل انجام شود (۱۵). گزارش‌های قبلی نشان داد که کمآبیاری تنظیم شده در طی نمو میوه‌های انار باعث بهبود کیفیت میوه در زمان برداشت شده، چنین میوه‌هایی در مرحله پس از برداشت نابسامانی‌های فیزیولوژیکی و کاهش وزن میوه کمتری را نشان دادند (۱۳). برخی از گزارش‌ها نشان داده است که کمآبیاری در طی دوره رشد و نمو میوه با افزایش ماده‌های جامد محلول و طعم میوه (۱۶) و رنگ میوه (۱۸) همراه بوده است.

اعمال تیمار کمآبیاری پس از برداشت میوه‌ها نیز روشنی کارآمد برای کاهش رشد رویشی درختان و صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری است، بدون آنکه اثر نامطلوبی بر رشد میوه‌ها داشته باشد (۲). در این مرحله نیز باید در زمان اعمال تیمار احتیاط کرد، زیرا تنش خشکی در این مرحله باعث ایجاد اثرهای نامطلوبی بر عملکرد و قوی نابسامانی‌های فیزیولوژیکی در میوه‌های هلو (۱۰)، زردآلو (۲۴) و بادام (۱۳) در سال بعد شده است. تنش آبی شدید پس از برداشت میوه ممکن است به دلیل کاهش قدرت زنده‌مانی دانه گرده (۲۱) یا به دلیل کاهش ذخیره نشاسته در فصل زمستان (۱۰) سبب کاهش تشکیل میوه و کاهش عملکرد در سال آتی شود. در مقابل، تنش ملایم پس از برداشت بر اندازه میوه، تعداد میوه یا عملکرد هلو در سال آتی (۷) اثری نداشته است. کمآبیاری تنظیم شده در مرحله پس از برداشت سبب کاهش ۳۰ درصدی وزن هرس نسبت به شاهد در سال آتی شده، بدون آنکه تاثیر منفی بر میزان تولید درختان آلو ژاپنی داشته باشد. افزون بر این، کمآبیاری در این مرحله روش مناسبی برای کنترل رشد رویشی، حفظ عملکرد و کیفیت میوه و افزایش بازگشت سرمایه است (۲۲). کمآبیاری تنظیم شده در درختان آلو رقم‌های ژاپنی میان سوی روی طرفیت میوه‌دهی درختان اثرگذار بوده، اما روی عملکرد آن‌ها تاثیری نداشته است، زیرا رقمی که در این مطالعه استفاده شده است پریار بوده و به تنک شدید نیاز داشته است (۹). در مطالعه‌ای دیگر تاثیر سه رژیم مختلف آبیاری، آبیاری کامل، کمآبیاری تنظیم شده و کمآبیاری ثابت روی هلو نشان داد که در سال اول تولید میوه در آبیاری کامل به طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری‌های تنظیم شده بود، ولی در سال‌های بعد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (۱۹).

با توجه به مشکل کمبود آب در منطقه نظرآباد استان البرز، استفاده از کمآبیاری می‌تواند مدنظر قرار گیرد؛ اما گزارشی علمی از پاسخ گیاه به کمآبیاری مشاهده نشده است. بنابراین، پژوهش حاضر طراحی شد تا شیوه درست اعمال کمآبیاری تعیین شود. در این پژوهش اثر کمآبیاری تنظیم شده در طی مرحله سخت شدن هسته (مرحله دوم رشد میوه) و در مرحله پس از برداشت بر ویژگی‌های رشدی کیفیت و عمر پس از برداشت میوه آلوژنی رقم فرایر در شهرستان نظرآباد (استان البرز) بررسی شد.

مواد و روش‌ها

ماده‌های گیاهی

این پژوهش در یک باغ تجاری آلو ژاپنی دیررس رقم فرایر (*Prunus salicina* Lindell cv. Friar) واقع در شهرستان نظرآباد، از توابع استان البرز طی سال‌های ۱۳۹۴-۹۵ انجام شد. درختان آلو ژاپنی هشت ساله و روی پایه آلوجه وحشی پیوند و بهصورت طرح کشت مستطیلی با فاصله ۴/۵ در ۳/۵ در جهت شمالی-جنوبی کشت شده بودند. مدیریت تغذیه با توجه به نیاز کودی درختان و بر اساس آزمون خاک صورت گرفت. کنترل علفهای هرز باغ بهصورت شیمیایی و مکانیکی طی چندین مرحله انجام شد. ابتدا در دو نوبت قبل از شکوفا شدن درخت و بعد از تشکیل میوه با سم پاراکوات سمپاشی شدند و در ادامه فصل توسط دستگاه علفزن موتوری هوندا کنترل انجام گرفت. سیستم آبیاری درختان بهصورت قطره‌ای با آرایش دو ردیفه بود که با فاصله ۴۰ سانتی‌متر از تنہ درختان بهصورت موازی روی ردیف‌ها قرار داشتند و

برای هر درخت چهار قطره چکان تعبیه شده بود. آبیاری به صورت قطره ای زیر فشار، از میانه فروردین تا میانه مهر ماه بر اساس نیاز آبی گیاه انجام شد. میانگین ۳۰ ساله داده های هواشناسی و برخی عامل های اقلیمی منطقه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- میانگین ماهانه عامل های اقلیمی طی ۳۰ سال در منطقه نظرآباد- استان البرز.

Table 1. The monthly average of climatic factors during 30 years in Nazar Abad, Alborz.

ماه Month	سرعت باد Wind speed (m/s)	روط نسبی Relative humidity (%)	مجموع ساعات آفتابی The sum of sunshine hours	میانگین بارندگی Mean rainfall (mm)	میانگین دما Mean temperature (°C)
فروردین April	2.5	55	389	39.1	14.2
اردیبهشت May	3.3	49	493	19.5	19.2
خرداد June	3.0	35	642	2.7	24.6
تیر July	3.5	22	680	3	27.1
مرداد August	3.9	19	674	1.2	26.8
شهریور September	3.4	24	603	1.6	22.9
مهر October	3.2	30	340	15.1	17.1
آبان November	3.1	42	160	27.7	9.9
آذر December	3.8	54	158	33.5	4.6
دی January	3.6	68	125	30.8	1.8
بهمن February	2.7	61	132	32.1	4.1
اسفند March	2.6	58	240	45.4	8.7

اعمال تیمار کم آبیاری

این پژوهش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا شد، به این صورت که در هر بلوک پنج درخت انتخاب شد که درخت اول و پنجم از هر بلوک به عنوان ردیف محافظ (گارد رو) برای کنترل اثر متقابل تیمارهای آبیاری و سه درخت باقی مانده به عنوان درختان مورد آزمایش در نظر گرفته شدند. در واقع هر بلوک شامل سه درخت بود و در سه تکرار که در مجموع ۴۵ درخت برای این منظور انتخاب شدند.

تیمارهای آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق واقعی گیاه انتخاب و به صورت زیر اجرا شدند:

- شاهد: تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی درخت (ETc) در کل دوره رشد و نمو.
- کم آبیاری تنظیم شده نوع اول (RDI₁): تامین ۷۵٪ نیاز آبی درخت (75% ETc) در مرحله سخت شدن هسته (مرحله دوم رشد میوه).

- کم آبیاری تنظیم شده نوع دوم (RDI₂): تامین ۷۵٪ نیاز آبی (75% ETc) درخت در مرحله سخت شدن هسته و نیز تامین ۷۵٪ نیاز آبی درخت پس از برداشت میوه.

- کم آبیاری تنظیم شده نوع سوم (RDI₃): تامین ۵۰٪ نیاز آبی درخت (50% ETc) در مرحله سخت شدن هسته.

- کم آبیاری تنظیم شده نوع چهارم (RDI₄): تامین ۵۰٪ نیاز آبی درخت (50% ETc) در مرحله سخت شدن هسته و نیز تامین ۵۰٪ نیاز آبی درخت پس از برداشت میوه.

درختان شاهد با آبیاری در سطح ۱۰۰٪ نیاز آبی، در هر ساعت ۳۲ لیتر آب به ازای هر درخت دریافت کردند و به همین ترتیب تیمار ۷۵٪ نیاز آبی، ۲۴ لیتر در ساعت و تیمار ۵۰٪ نیاز آبی، ۱۶ لیتر در ساعت دریافت کردند. مقدار نیاز آبی در هر یک از تیمارها محاسبه و برای هر دور آبیاری تامین شد. دور آبیاری ثابت و هر چهار روز یکبار انجام شد ولی ساعت آبیاری در هر دور متغیر بود و با توجه به نیاز آبی خالص درخت های آلو طی ماه های آزمایش از رابطه زیر محاسبه شد:

$$ETc = Kc \times ET_0$$

ETC تبخیر و تعرق واقعی گیاه اصلی در دوره زمانی مشخص.

Kc: ضریب گیاهی در دوره زمانی مشخص.

ET_c: تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مشخص.

شایان ذکر است تبخیر و تعرق گیاهی با توجه به سطح سایه‌انداز درخت تصحیح شد تا نیاز آبی برای آبیاری قطره‌ای با دقیقت بیشتری محاسبه شود.

ارزیابی ویژگی‌ها

ویژگی‌های رشدی و گلدهی

در فصل پاییز و بعد از خزان برگ‌ها شاخه‌های فصل جاری انتخاب و علامت‌گذاری شدند و پس از خزان برگ‌ها رشد طولی شاخه‌ها فاصله و تعداد میانگردها ثبت و بر حسب سانتی متر بیان شدند. در بهار تعداد گل شکوفا شده شمرده و نسبت آن‌ها بر واحد طول شاخه ثبت شدند. بدین منظور تعداد گل‌های شکوفا شده شاخه‌های علامت‌گذاری شده سال قبل شمارش شده و پس از ۳۰ روز از تمام گل تعداد میوه‌چه‌های تشکیل شده در واحد طول شاخه (یک متر) نیز شمارش و ثبت شدند و به صورت تعداد میوه در واحد طول شاخه (یک متر) گزارش شدند (۸).

جدول ۲- میانگین تبخیر و تعرق گیاه اصلی، ضریب گیاهی در دوره زمانی مشخص، مجموع بارندگی مؤثر و آبیاری مورد نیاز در طول دوره رشد میوه آلو.

Table 2. The average of evapotranspiration (ET_c) of the main plant, the crop coefficient (K_c) in a specified period, the total effective rainfall and the required irrigation during the growing season of plum fruit.

Growth period	دوره رشد	تبخیر و تعرق محصول Crop evapotranspiration (mm/dec)	ضریب محصول Crop coefficient (Coeff)	مقدار بارندگی موثر Total effective rainfall (mm/dec)	نیاز آبی Irrigation requirement (mm/dec)
اولیه Primary	28.15	0.8	25.2	29.8	
توسعه Development	60.59	1	34.5	389.6	
اواسط Middle	66.67	1.2	10.7	522.7	
اواخر Terminal	22.65	1.04	55.2	42.8	

برداشت میوه‌ها و شرایط نگهداری

میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری (SSC=15-18°Brix) برداشت شدند که این زمان به تقریب با اوایل شهریور همزمان بود. در هر درخت، میوه‌ها از چهار شاخه از چهار جهت مختلف درخت به طور تصادفی برداشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در واقع از هر تکرار تعداد ۲۰ میوه سالم برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. تعداد ۱۰ میوه از هر تکرار بالا فاصله پس از برداشت مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند و ۱۰ میوه باقی مانده از هر تکرار در داخل سبد‌های پلاستیکی و بدون پوشش ریخته و به سردخانه مهرشهر کرج منتقل و در دمای 1 ± 0 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $80\%-90\%$ و به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند.

عملکرد درختان و عملکرد میوه‌های درجه یک، دو و غیرقابل عرضه به بازار

میوه‌های هر درخت برداشت و وزن آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شدند. سپس عملکرد درختان به صورت کیلوگرم بر درخت بیان شدند. به منظور تعیین عملکرد میوه‌های درجه یک، دو و غیر قابل عرضه، پس از برداشت میوه‌ها محصول تولیدی بر اساس قطر میوه به سه درجه تقسیم شدند. میوه‌هایی با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر درجه یک و میوه‌هایی با قطر ۳۵ تا ۵۰ میلی‌متر درجه دو و میوه‌هایی با قطر کمتر از ۳۵ میلی‌متر درجه سه و غیر قابل عرضه به بازار توصیف شدند. قطر میوه‌ها توسط کولیس اندازه‌گیری شدند.

ویژگی های کیفی میوه

در این بررسی برخی ویژگی های کیفی میوه شامل درصد ماده خشک، سفتی بافت، میزان ماده های جامد محلول (SSC) و اسیدیته قابل تیتر (TA)، در زمان برداشت و نیز بعد از دو ماه انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه گیری درصد ماده خشک نمونه ها از ترازوی دیجیتال استفاده شد. بدین منظور برش های نازک از نمونه ها تهیه و وزن شد و سپس نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس از خشک شدن دوباره وزن شدند و درصد ماده خشک بر حسب درصد بیان شد.

softti بافت میوه با کمک دستگاه سفتی سنج (Effegi)، مدل FTO11 ساخت کشور تایلند) با قطر پر پوپ هشت میلی متر از بخش مرکزی میوه سنجیده شد و بر حسب کیلو گرم بر سانتی متر مربع بیان شد. میزان ماده های جامد محلول (SSC) میوه ها به وسیله دستگاه رفراتومتر دیجیتالی (Euromex RD 635, Holland) در دمای ۲۲ درجه سلسیوس اندازه گیری شد. میزان SSC به صورت درجه بریکس بیان شد. برای اندازه گیری اسیدیته قابل تیتر (TA) از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. در نهایت میزان TA بر حسب درصد اسید غالب (مالیک اسید) بیان شد.

واکاوی داده ها

واکاوی داده ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. در پایان رسم نمودار با نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

رشد طولی شاخه ها

مقایسه میانگین داده ها نشان داد (شکل ۱) کم آبیاری تنظیم شده در هر یک از دو مرحله مورد مطالعه (سخت شدن هسته و پس از برداشت) سبب کاهش معنی دار رشد شاخه ها شد. درختان زیر آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز تبخیر و تعرق گیاه) بیشترین طول شاخه را داشتند و درختانی که در مرحله پس از برداشت ۵۰٪ نیاز آبی شان آب دریافت کرده بودند کمترین میزان آن را نشان دادند. اگرچه تیمار کم آبیاری در مرحله سخت شدن هسته باعث کاهش طول شاخه ها شد، اما تاثیر کم آبیاری در کاهش طول شاخه در مرحله پس از برداشت میوه به طور معنی داری بیشتر از مرحله سخت شدن هسته بوده است.

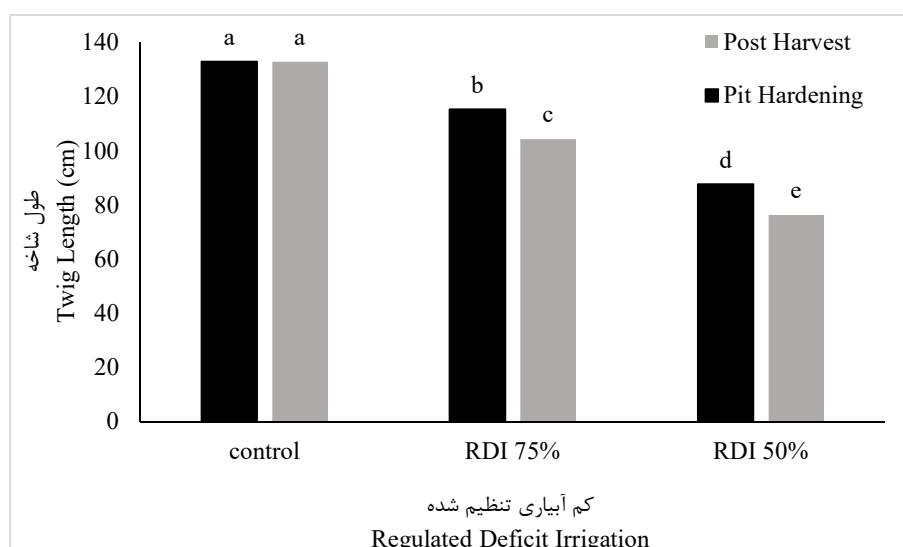


Fig 1. The effect of RDI during pit hardening and after fruit harvesting on twig length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۱- اثر کم آبیاری تنظیم شده در مرحله سخت شدن هسته و پس از برداشت بر طول شاخه های آلو رقم فرایر. در هر ستون میانگین های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تقاضوت معنی داری ندارند.

در درختان میوه دوره رشد رویشی به عنوان دوره حساس به کم آبی شناخته می‌شود. در پاسخ به کم آبیاری طویل شدن شاخساره و قطر تنہ کاهش می‌یابد و منجر به کاهش اندازه درخت و کوچکتر شدن سایه‌ساز درخت می‌شود (۱۸، ۱۳). نتیجه‌های پژوهش‌های قبلی نشان داده است که کم آبیاری در هر دو مرحله سخت شدن هسته و پس از برداشت سبب کاهش رشد شاخه درخت هلو شده است (۲۳). خندانی و همکاران (۱) با مطالعه کم آبیاری در مرحله سخت شدن هسته درختان آلو بیان کردند که با کاهش ۲۵ و ۵۰ درصدی مقدار آب آبیاری، رشد شاخه‌های سال جاری به صورت معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت. این کاهش رشد شاخه‌ها در درختان انگور هم گزارش شد (۲۰). افزون بر این، کنترل رشد رویشی در شرایط کم آبیاری اغلب، مقدار هرس زمستانه را در هلو، گلابی و سیب دیررس کاهش می‌دهد. صرف نظر از ارزش اقتصادی کاهش هزینه‌های هرس، کاهش رشد رویشی می‌تواند رقابت برای ماده‌های فتوسننتزی را بین میوه‌ها و اندام‌های رویشی کاهش داده و بنابراین اندازه میوه‌ها را نیز بزرگ‌تر می‌کند. رشد رویشی کمتر، نفوذ بهتر نور به سایه‌ساز درخت را نیز امکان‌پذیر می‌سازد. این امر موجب رنگ‌گیری بهتر میوه‌ها شده و راندمان محلول‌پاشی روی سایه‌ساز درخت را نیز افزایش می‌دهد (۲).

تعداد گره و طول میانگرها

با توجه به شکل ۲، کم آبیاری سبب کاهش تعداد گره روی شاخه شد. اعمال تیمار ۵۰٪ RDI در مرحله پس از برداشت، کمترین تعداد گره را نسبت به سایر تیمارها داشتند. کمترین تعداد گره در هر شاخه اعمال تیمار ۵۰ و ۷۵ درصد کم آبیاری آن هم در مرحله پس از برداشت مشاهده شد. با توجه به داده‌های به دست آمده (شکل ۳)، درختانی که ۷۵٪ نیاز آبی شان را دریافت کرده بودند نسبت به درختان شاهد و تیمار ۵۰٪ طول میانگره بیشتری داشتند. همین‌طور تاثیر منفی کم آبیاری بر کاهش رشد میانگره زمانی که در مرحله سخت شدن هسته اعمال شد، بیشتر بود (شکل ۴).

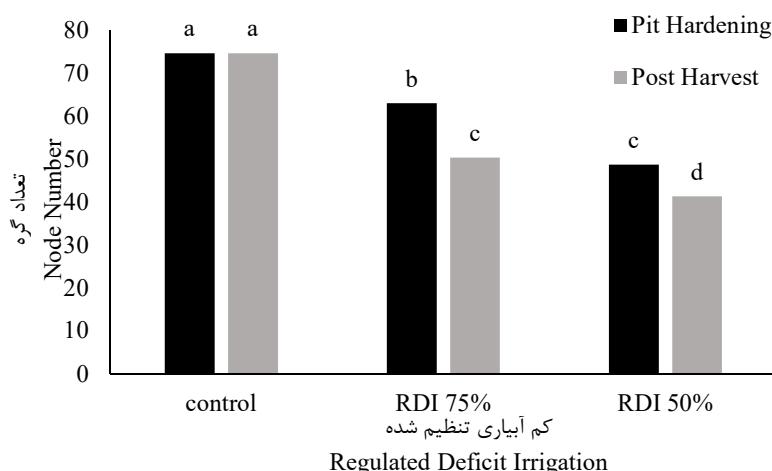
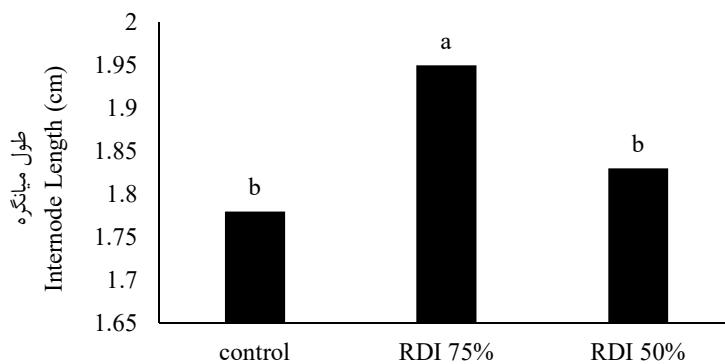


Fig. 2. The effect of RDI during pit hardening and after fruit harvesting on number of nodes of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۲- اثر کم آبیاری تنظیم شده در مرحله سخت شدن هسته و پس از برداشت بر تعداد گره آلو رقم فرایر. در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۰.۵ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.



کم آبیاری تنظیم شده

Regulated Deficit Irrigation

Fig. 3. The main effect of RDI on internode length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۳- اثر ساده کم آبیاری تنظیم شده بر طول میانگره درخت آلو فرایر. در هر ستون میانگین های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

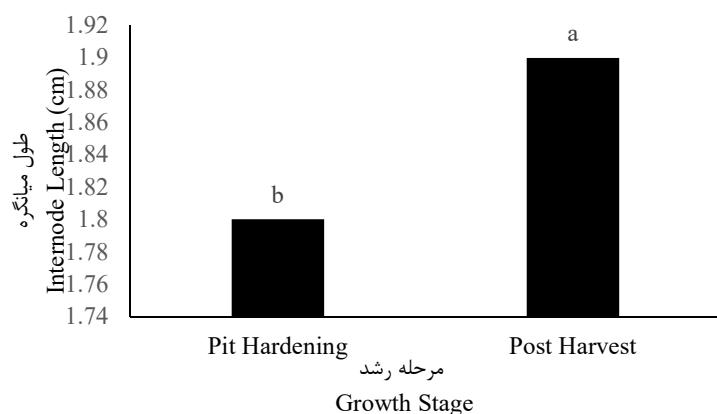


Fig. 4. The main effect of growth stage on internode length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۴- اثر ساده مرحله رشد بر طول میانگره درخت آلو فرایر. در هر ستون میانگین های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

برخلاف نتیجه های به دست آمده از این پژوهش، در گزارشی بیان شد کم آبیاری در مرحله سخت شدن هسته و یا پس از برداشت تفاوتی در طول میانگره درختان هلو ایجاد نکرد (۸). میوه های هسته دار در مرحله دوم رشدی برای جذب ماده های غذایی با شاخه ها و برگ ها رقابت نمی کنند. در این زمان شاخه ها بسیار رشد می کنند و گسترش سایه سار به بیشینه خود می رسد. این مرحله فرصتی را فراهم می کند که بتوان قدرت رشد درخت را با مدیریت آبیاری محدود کرد. در نتیجه سایه سار درخت کوچک تر می شود و نفوذ نور و تعداد جوانه های میوه ده برای سال بعد بیشتر می شود (۲).

گلدهی و تشکیل میوه

نتیجه ها نشان داد که تراکم گلدهی و میوه دهی درختان آلو در سال آتی زیر تأثیر تیمار کم آبیاری قرار نگرفتند. در موافقت با یافته های این پژوهش، تحقیقات قبلی نیز نشان دادند تراکم گلدهی تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار نگرفت (۹).

عملکرد درختان

عملکرد درختان مورد مطالعه به طور معنی‌داری زیر تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار گرفت. میزان عملکرد کل میوه‌ها در تیمار RDI 50% نسبت به میوه‌های شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری بین درختانی که ۷۵٪ نیاز آبی شان آب دریافت کرده بودند و درختان شاهد از نظر میزان عملکرد مشاهده نشد (شکل ۵). خندانی و همکاران (۱) نشان دادند که تیمار ۵۰٪ کم آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد درختان آلو در مقایسه با شاهد شد. به طورکلی، به خاطر کاهش منابع آب و همچنین میزان بارندگی کاهش مصرف آب در تولید محصول‌های با غبانی با حفظ عملکرد و کیفیت بالا در بحث آبیاری مورد توجه واقع شده است. با توجه به نتیجه‌های بدستآمده، کاهش میزان آبیاری به ۵۰٪ نیاز آبی در مورد آلو رقم فرایر توصیه نمی‌شود. مطالعه قبلی در ارتباط با تأثیر تیمارهای کم آبیاری تنظیم شده در مراحل مختلف رشد میوه آلو طی یک دوره سه ساله نشان داد که تنها در سال سوم بین عملکرد درختان زیر تیمار RDI طی مرحله دوم رشد میوه و درختان شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و درختان زیر تیمار RDI حتی عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشتند (۸).

عملکرد میوه‌های درجه یک، درجه دو و غیر قابل عرضه به بازار

تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر میزان میوه‌های درجه یک (در سطح احتمال یک درصد)، میوه‌های درجه دو (در سطح احتمال پنج درصد) و میوه‌های غیر قابل عرضه به بازار (در سطح احتمال پنج درصد) وجود داشت. با توجه به نتیجه‌های بدستآمده از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵)، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های پرورش یافته زیر ۷۵٪ RDI و شاهد از نظر میزان تولید میوه‌های درجه یک و دو وجود نداشت، در حالی که در تیمار ۵۰٪ RDI به طور معنی‌داری بین شاهد و RDI ۷۵٪ کمتر بود. برخلاف نتیجه‌های بدستآمده از این پژوهش، خندانی و همکاران (۱) بیان کردند که تیمار ۷۵٪ نیاز آبی سبب افزایش معنی‌دار مقدار میوه‌های بازارپسند درختان آلو رقم سانتارزا در مقایسه با شاهد شد و تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار ۵۰٪ نیاز آبی مشاهده نشد. مقدار میوه‌های غیر قابل عرضه به بازار در تیمار ۵۰٪ RDI نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار ۷۵٪ RDI مشاهده نشد (شکل ۵).

درصد ماده خشک

نتیجه‌ها نشان داد که در زمان برداشت و بعد از انبارمانی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر درصد ماده خشک وجود نداشت. هم‌سو با نتیجه‌های بدستآمده، موسوی و همکاران (۲) نیز بیان کردند که وزن خشک میوه‌های بادام زیر تأثیر کم آبیاری قرار نگرفت. در حالی که در بررسی‌های دیگر افزایش ماده خشک در نتیجه تیمارهای کم آبیاری گزارش شد (۱۳). آن‌ها بیان کردند تنش آبی با ایجاد محدودیت‌هایی بین منابع و بافت‌های مصرف‌کننده، مانع افزایش ماده خشک در میوه می‌شود. این محدودیت‌ها در مورد بافت مصرف‌کننده رخ می‌دهد، اگر مرحله بزرگ شدن یاخته‌ای و فرآیندهای انباشت کربوهیدرات‌ها به کمبود آب حساس باشند و در مورد بافت‌های منبع و تولیدکننده، زمانی رخ می‌دهد که تنش آبی فتوسنتر را کاهش دهد و در نتیجه میزان تأمین فرآوردهای محدود شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که تیمارهای RDI در این مطالعه به اندازه کافی قوی نبودند که قدرت مصرف‌کنندگی میوه‌ها را زیر تأثیر قرار دهد، در نتیجه تفاوت معنی‌داری نسبت به میوه‌های شاهد نداشتند (۴).

سفتی بافت میوه

با توجه به نتیجه‌های بدستآمده از تجزیه واریانس داده‌ها، میزان سفتی بافت میوه‌ها در زمان برداشت، زیر تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار نگرفت، اما اثر رژیم‌های آبیاری از نظر میزان سفتی بافت میوه‌ها در پایان انبارداری در سطح احتمال بک درصد معنی‌دار شد. به طوری که میوه‌های شاهد دارای کمترین میزان سفتی بافت بودند و میوه‌هایی که ۷۵٪ نیاز تبخیر و تعرق را دریافت کردند، بیشترین میزان سفتی بافت میوه را نشان دادند (شکل ۶).

سفتی بافت میوه یکی از ویژگی‌های کیفی مهم میوه آلو است که هنگام خرید مورد توجه مصرف‌کننده‌ها قرار می‌گیرد. افزون بر این، سفتی یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده عمر انباری میوه‌ها است. در موافقت با یافته‌های پژوهش حاضر، پژوهش‌های قبلی نیز تأثیر مثبت تیمار کم آبیاری در زمان سخت شدن هسته‌های آلو بر سفتی بافت میوه‌ها را نشان دادند (۱۱). افزایش سفتی بافت میوه‌های آلو با تیمار کم آبیاری می‌تواند به دلیل افزایش تراکم یاخته‌ها و در نتیجه کاهش اندازه

یاخته ها باشد. افزون بر تاثیر تراکم یاخته و اندازه یاخته کاهش آب یاخته در نتیجه کم آبیاری ممکن است سبب افزایش درصد ماده خشک شود (۱۲).

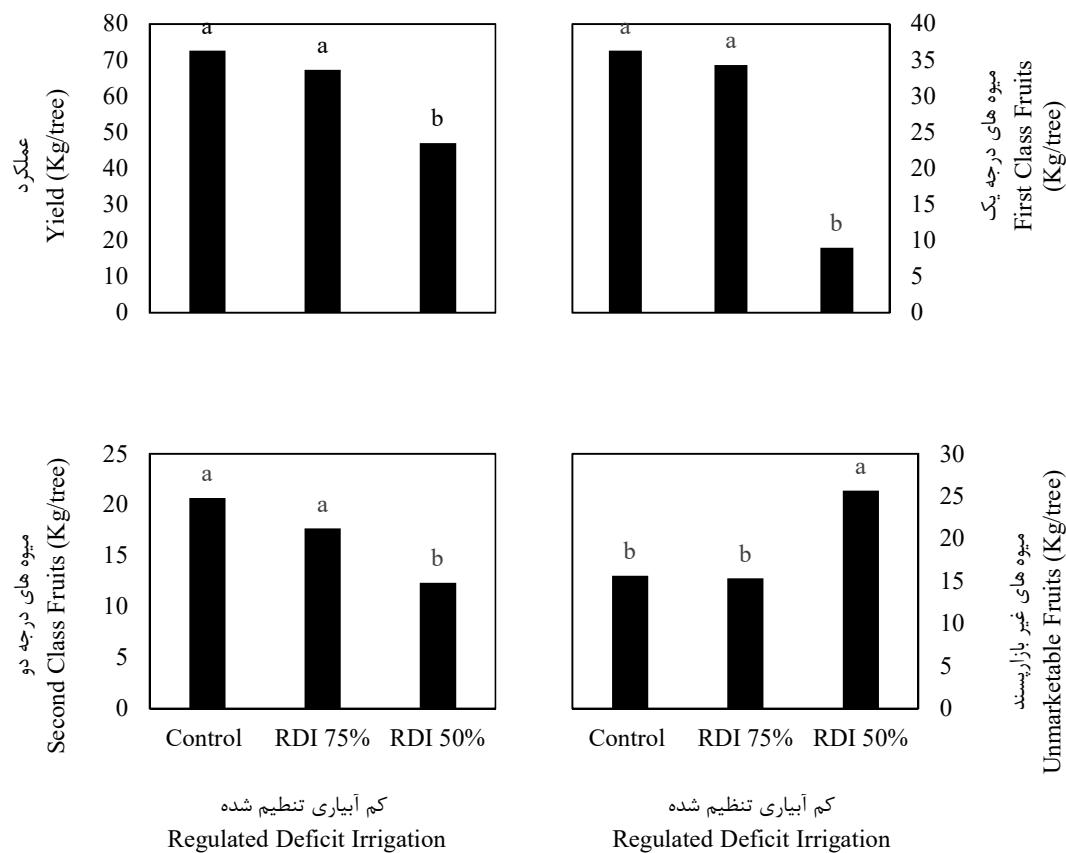


Fig. 5. The effect of RDI during pit hardening on fruit yield, first and second class fruits, and unmarketable fruits of Japanese plum trees cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۵- اثر کم آبیاری تنظیم شده در مرحله سخت شدن هسته بر عملکرد میوه های درجه یک و دو و میوه های غیر بازار پسند درختان آلو رقم فرایر. در هر ستون میانگین های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

میزان ماده های جامد محلول (SSC)

میزان SSC میوه های آلو رقم فرایر در زمان برداشت زیر تأثیر تیمار های کم آبیاری تنظیم شده قرار گرفت، اما تأثیری بر میزان SSC میوه ها در پایان دو ماه انبار مانی نداشت. میوه های مربوط به درختانی که نیاز آبی شان آبیاری شده بودند، بیشترین میزان SSC را در زمان برداشت داشتند که با میوه های شاهد تفاوت معنی داری نداشتند و کمترین میزان SSC مربوط به تیمار ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق (ETc) بود (شکل ۶).

در مورد تأثیر RDI بر میزان ماده های جامد محلول (SSC) میوه ها نتیجه های متفاوتی وجود دارد. در هل و انگور تفاوت معنی داری بین میوه ها در شرایط کم آبیاری و شاهد از نظر میزان SSC وجود نداشت (۵). اما در موافقت با یافته های پژوهش حاضر، گزارش هایی هم وجود دارد که نشان می دهد که کم آبیاری سبب افزایش میزان SSC میوه های هل شد (۲۳). در واقع، یکی از فواید RDI بهبود کیفیت و طعم میوه با افزایش میزان SSC است (۱۴، ۱۲). در مطالعه ای دیگر نشان داد که کم آبیاری سبب افزایش میزان SSC میوه آلو شد و دلیل این افزایش را به افزایش نفوذ نور به قسمت سایه سار درختان و در نتیجه افزایش

میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌های بیشتر نسبت دادند (۱۲). همچنین، گزارش شد که تیمار کم آبیاری سبب افزایش میزان SSC میوه‌های آلو هم در زمان برداشت و هم طی انبارداری شد (۹). هر چند در پژوهش حاضر میزان SSC میوه‌ها در پایان انبارمانی تحت تاثیر تیمار کم آبیاری قرار نگرفت.

میزان اسید قابل تیتر (TA)

نتیجه‌ها نشان داد کم آبیاری میزان TA میوه‌ها را در زمان برداشت افزایش داد. تیمار کم آبیاری در زمان سخت شدن هسته باعث کاهش معنی‌دار میزان TA شد، هر چند اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمار ۷۵% (RDI 75%) وجود نداشت، اما تیمار ۵۰% (RDI 50%) به طور معنی‌داری میزان TA را در زمان برداشت کاهش داد (شکل ۶). در پایان انبارداری نیز میوه‌هایی که با ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق (ETc) آبیاری شدند، میزان TA کمتری داشتند (شکل ۶).

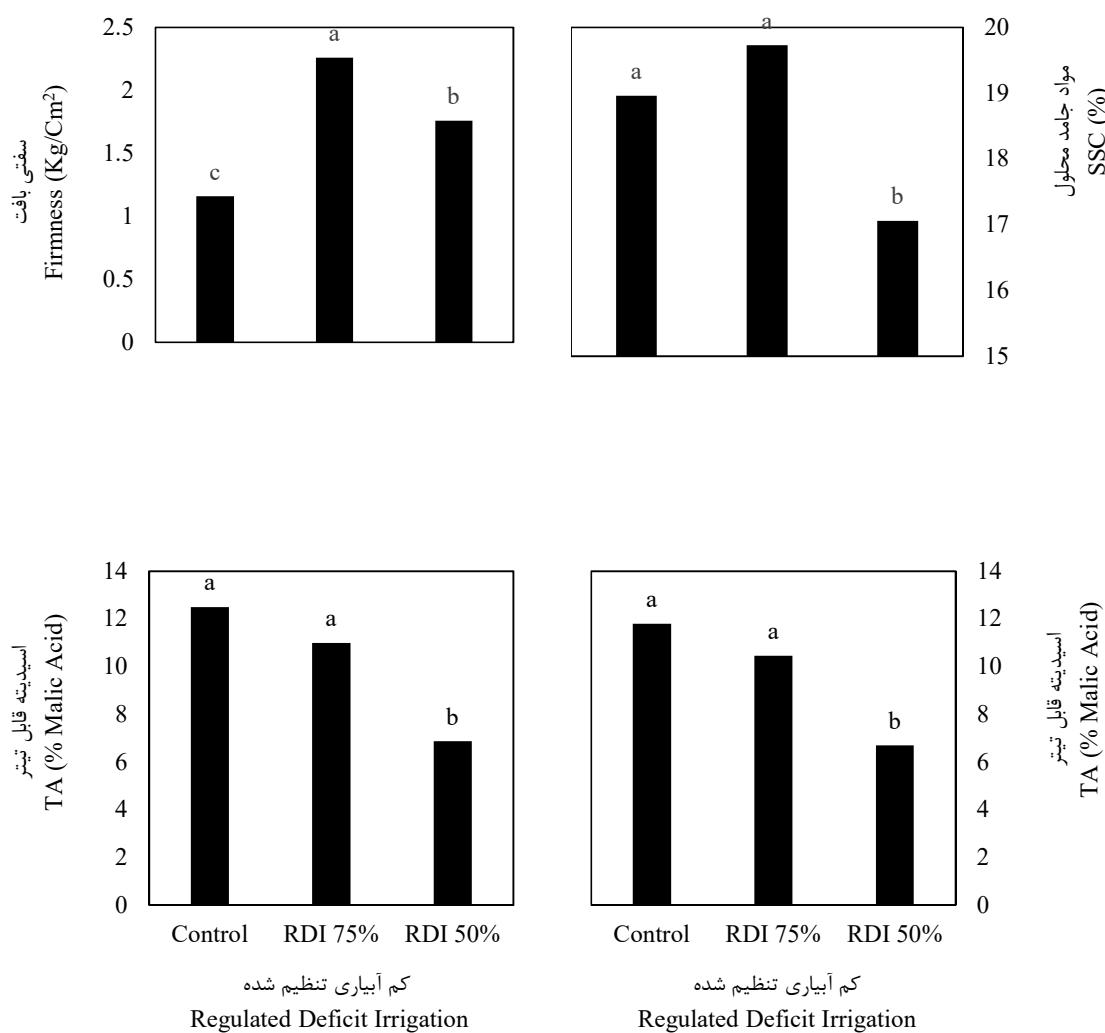


Fig. 6. The effect of RDI during pit hardening on fruit firmness, SSC and TA content both at harvest and at the end of storage time of plum fruit cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۶- اثر کم آبیاری تنظیم شده در زمان سخت شدن هسته بر سفتی بافت، مواد جامد محلول، میزان TA میوه آلو رقم فرایر در زمان برداشت و پایان دوره نگهداری. در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

در مورد تأثیر RDI بر میزان TA میوه‌ها نتیجه‌های مختلفی گزارش شد. برخی پژوهش‌ها نشان دادند که RDI تأثیری بر بر میزان TA میوه‌های آلو (۱۷)، سیب (۱۶) نداشتند است، اما در درختان هلو تیمار کم آبیاری ۵۰ روز قبل از برداشت میوه باعث افزایش میزان TA گردید (۱۱). هر چند نتیجه‌های این گزارش با یافته‌های پژوهش حاضر در مورد کاهش میزان TA با تیمار کم آبیاری هم راست نیست.

References

منابع

۱. خندانی، ی.، ر. فتوحی قزوینی، م. قاسم نژاد و م. ر. خالدیان. ۱۳۹۵. اثر توام کم آبیاری تنظیم شده و سوپر جاذب بر افزایش کیفیت انبارمانی میوه ی آلوی ژاپنی رقم سانتاروزا. مجله علوم و فنون باستانی ایران. ۳: ۳۶۹-۳۷۸.
۲. موسوی، س. ا. و م. تاتاری. ۱۳۹۶. مدیریت کم آبیاری درختان میوه. موسسه تحقیقات باستانی، مرکز تحقیقات میوه‌های معتمله. صفحه ۶۷.
۳. علی محمدی، ر.، م. تاتاری و س. ا. موسوی. ۱۳۸۸. اثر کم آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی رشد و نمو میوه بر عملکرد بادام رقم مامایی. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲: ۲۰۷-۲۲۷.
4. Berman, M. E. and T. M. Dejong. 1996. Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree. Physiol.* 16: 859-864.
5. Faci, J. M., E. T Medina, A. Martinez-Coband and J. M. Alonso. 2014. Fruit yield and quality response of a late season peach orchard to different irrigation regimes in a semi-arid environment. *Agr. Water Manag.* 143:102-112.
6. Fereres, E. and R. G. Evans. 2006. Irrigation of fruit trees and vines: an introduction. *Irrig. Sci.* 24: 55–57.
7. Girona, J., M. Mata and J. Marsal. 2005. Regulated deficit irrigation during the kernel filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agr. Water Manag.* 75: 152-167.
8. Girona, J., M. Mata, A. Arbones, S. Alegre, J. Rufar and J. Marsal. 2003. Peach tree responses to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow soils. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128(3): 432-440.
9. Intrigliolo, D. S. and J. R. Castel. 2010. Response of plum trees to deficit irrigation under two crop levels: tree growth, yield and fruit quality. *Irrig. Sci.* 28: 525-534.
10. Lopez, G., A. Arbones, J. Del Campo, M. Mata., X. Vallverdú, J. Girona and J. Marsal. 2008. Response of peach trees to regulated deficit irrigation during stage II of fruit development and summer pruning. *Span. J. Agric. Res.* 6: 479-491.
11. López, G., M. H. Behboudian, G. Echeverria, J. Girona and J. Marsal. 2011. Instrumental and sensory evaluation of fruit quality for 'Ryan's Sun' peach grown under deficit irrigation. *HortTechnology*, 21(6): 712-719.
12. Maatallah, S., M. Guizani, H. Hjlaoui, N. E. H. Boughattas, F. Lopez-Lauri and M. Ennajeh. 2015. Improvement of fruit quality by moderate water deficit in three plum cultivars (*Prunus salicina* L.) cultivated in a semi-arid region. *Fruits*, 70(6): 325-332.
13. Marsal, J., G. Lopez, and J. Girona. 2008. Recent advances in regulated deficit irrigation (RDI) in woody perennials and future perspectives. *Acta Hort.* 792: 429-439.

14. Mirás-Avalos, J. M., R. Alcobendas, J. J Alarcón, P. Valsesia, M. Génard, and E. Nicolás. 2013. Assessment of the water stress effects on peach fruit quality and size using a fruit tree model, Quality Tree. *Agr. Water Manag.* 128: 1-12.
15. Mitchell, P. D., B. Van den Ende, P. H. Jerie and D. J. Chalmers. 1989. Response of "Bartlett" pear to withholding irrigation, regulated deficit irrigation, and tree spacing. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 15-19.
16. Mpelasoka, B. S., M. H. Behboudian, J. Dixon, S. M. Neal, and H. W. Caspari. 2000. Improvement of fruit quality and storage potential of "Braeburn" apple through deficit irrigation. *J. Hort. Sci. Biotech.* 75: 615-621.
17. Naor, A. 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Hort. Rev.* 32: 111-166.
18. Perez-Pastor, A., R. Domingo, A. Torrecillas, and M. C. Ruiz-Sanchez. 2009. Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrig. Sci.* 27: 231-242.
19. Qassim, A., I. Goodwin, and R. Bruce. 2013. Postharvest deficit irrigation in 'Tatura 204' peach: Subsequent productivity and water saving. *Agr. Water Manag.* 117: 145–152.
20. Romero, P., R. Gil-Munoz, F. M. D Amor, E. Valdes, J. I. Fernandezand and A. Martinez-Cutillas. 2013. Regulated deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agr. Water Manag.* 121: 85-101.
21. Ruiz-Sanchez, M. C., J. Egea, R. Galego and A. Torrecillas. 1999. Floral biology of Búlida apricot trees subjected to postharvest drought stress. *Ann. Appl. Biol.* 135: 523-528.
22. Samperio, A., M. H. Prieto, F. Blanco-Cipollone, A. Vivas, and M. J. Moñino, 2015. Effects of post-harvest deficit irrigation in Red Beau Japanese plum: tree water status, vegetative growth, fruit yield, quality and economic return. *Agr. Water Manag.* 150: 92–102.
23. Sortiopoulos, T., D. Kalfountzos, I. Aleksious, S. Kotsopoulos, and N. Koutinas. 2010. Response of a clingstone peach cultivar to regulated deficit irrigation. *Sci. Agric.* 67(2): 164-169.
24. Torrecillas, A., M. C. Ruiz-Sánchez, A. Pérez-Pastor and R. Domingo. 2000. Regulated deficit irrigation in apricot trees. *Acta Hort.* 537: 759-766.

Effect of Regulated Deficit Irrigation on Growth Characteristics, Fruit Yield and Quality of Japanese Plum (*Prunus salicina* Lindell cv. Friar)

Gh. Hajian, M. Ghasemnezhad*, R. Fotouhi Ghazvini and M.R. Khaledian¹

Deficit irrigation is one of the effective methods for increasing water use efficiency in fruit orchards under arid and semiarid climates. In this study, the effects of deficit irrigation (50 and 75% ETc) during pit hardening and after harvest on growth characteristics and fruits yield and quality of Japanese plum trees cv. Friar were studied during two consecutive years. The results showed deficit irrigation reduced the number of nodes as well as the length of nodes and shoots. However, the effect of deficit irrigation on reducing shoot length was significantly high, when applied after fruits harvest. Flowering density and fruit set percentage in the following year were not affected by RDI. Total fruit yield and acceptable fruits of 50 ETc was significantly lower than control, but no significant difference was found for control and 75% ETc. Deficit irrigation have no significant impact on fruit dry matter but fruit firmness of 75% ETc (2.3 kg/cm²) at the end of the storage was significantly higher than 50% and control (1.2 and 1.85 kg/cm²). The lowest SSC and TA were found in fruits at the end of the storage when irrigated with 50% ETc. Overall, irrigation with 75 ETc is recommended because of saving water and without negative effect on fruit yield.

Keywords: Firmness, Irrigation, Pit Hardening, Postharvest, Vegetative Growth.

1. Ph.D. Student and Professors, Department of Horticultural Science, University of Guilan and Associate Professor, Department of Irrigation Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (Ghasemnezhad@gilan.ac.ir).