مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۳ صفحه‌های ۲۶۳ تا ۲۷۴ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

تاثیر کم‌آبیاری تنظیم‌شده بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت میوه آلو ژاپنی رقم فرایر[1]

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[2]

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 تاثیر 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 تاثیری بر درصد ماده خشک میوه‌ها نداشت، اما سفتی بافت میوه‌هایی که ۷۵٪ نیاز آبی‌شان را دریافت کردند (۲/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) به‌طور معنی‌داری در پایان دوره انبارمانی بیشتر از تیمار۵۰٪ و شاهد (به ترتیب۱/۲، 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 نیمه‌خشک 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 نیمه‌خشک، 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 فاریاب 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 تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۳

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری ، استادان گروه علوم باغبانی و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Ghasemnezhad@guilan.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

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)[1]در واقع اعمال تنش خشکی در دوره‌های معینی از نمو گیاه به‌منظور کاهش مصرف آب آبیاری است، به‌طوری‌که 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 صورتی‌که در مراحل حساس به خشکی، باید آبیاری کامل انجام شود (۱۵). گزارش‌های قبلی نشان داد که کم آبیاری 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 روشی 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 وقوع 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. کم آبیاری 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 آلوی 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). کم آبیاری تنظیم شده در درختان آلو رقم‌های ژاپنی میان‌رس روی ظرفیت میوه‌دهی درختان اثرگذار بوده، اما روی عملکرد آن‌ها تاثیری نداشته است، زیرا رقمی که در این مطالعه استفاده شده است پربار 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 آلوژاپنی رقم فرایر در شهرستان نظرآباد (استان البرز) بررسی شد.

مواد و روش‌ها

ماده‌های گیاهی

این پژوهش در یک باغ تجاری آلوی ژاپنی دیررس رقم فرایر (*Prunus salicina* Lindell cv. Friar) واقع در شهرستان نظرآباد، از توابع استان البرز طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. درختان آلوی ژاپنی هشت ساله و روی پایه آلوچه 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 تنه درختان به‌صورت موازی روی ردیف‌ها قرار داشتند و

۱- Regulated Deficit Irrigation

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

برای هر درخت چهار قطره‌چکان تعبیه شده بود. آبیاری به‌صورت قطره‌ای زیر فشار، از میانه فروردین تا میانه مهر ماه بر اساس نیاز آبی گیاه انجام شد. میانگین ۳۰ ساله داده‌های هواشناسی و برخی عامل‌های اقلیمی منطقه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- میانگین ماهانه عامل‌های 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)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	مجموع ساعات آفتابی The sum of sunshine hours	میانگین بارندگی Mean rainfall (mm)	میانگین دما Mean temperature (°C)
April فروردین	2.5	55	389	39.1	14.2
May اردیبهشت	3.3	49	493	19.5	19.2
June خرداد	3.0	35	642	2.7	24.6
July تیر	3.5	22	680	3	27.1
August مرداد	3.9	19	674	1.2	26.8
Septemberشهریور	3.4	24	603	1.6	22.9
October مهر	3.2	30	340	15.1	17.1
November آبان	3.1	42	160	27.7	9.9
December آذر	3.8	54	158	33.5	4.6
January دی	3.6	68	125	30.8	1.8
February بهمن	2.7	61	132	32.1	4.1
March اسفند	2.6	58	240	45.4	8.7

اعمال تیمار کم آبیاری

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های 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 به‌عنوان 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:

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

۲ـ کم‌آبیاری تنظیم شده نوع اول (RDI_1): تامین ۷۵٪ نیاز آبی درخت (75% ETc) در مرحله سخت‌شدن هسته (مرحله دوم رشد میوه).

۳ـ کم‌آبیاری تنظیم شده نوع دوم (RDI_2): تامین ۷۵٪ نیاز آبی (75% ETc) درخت در مرحله سخت شدن هسته و نیز تامین ٪۷۵ نیاز آبی درخت پس از برداشت میوه.

۴ـ کم‌آبیاری تنظیم شده نوع سوم (RDI_3): تامین ۵۰٪ نیاز آبی درخت (50% ETc) در مرحله سخت‌شدن هسته.

۵ـ کم‌آبیاری تنظیم شده نوع چهارم (RDI_4): تامین ۵۰٪ نیاز آبی درخت (50% ETc) در مرحله سخت‌شدن 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 درخت‌های آلو طی ماه‌های آزمایش از رابطه زیر محاسبه شد:

$$ETc=Kc\times ET_0$$

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

Kc: ضریب گیاهی در دوره زمانی مشخص.

ETo: 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 دقت 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 میانگره‌ها 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 به‌صورت 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 (ETc) of the main plant, the crop coefficient (Kc) in a specified period, the total effective rainfall and the required irrigation during the growing season of plum fruit.

دوره رشد Growth period	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 به‌طور 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 بلافاصله 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 ۱±۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۰٪ 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 میوه‌های با قطر کمتر از ۳۵ میلی‌متر درجه سه و غیر قابل عرضه به بازار توصیف شدند. قطر میوه‌ها توسط کولیس اندازه‌گیری شدند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

ویژگی‌های کیفی میوه

در این بررسی برخی ویژگی‌های کیفی میوه شامل درصد ماده خشک، سفتی بافت، میزان ماده‌های جامد محلول (SSC) و اسیدیته قابل تیتر (TA)، در زمان برداشت و نیز بعد از دو ماه انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری درصد ماده خشک نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال استفاده شد. بدین منظور برش‌های نازک از نمونه‌ها تهیه و وزن شد و سپس نمونه‌ها 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.

سفتی بافت میوه با کمک دستگاه سفتی‌سنج (Effegi، مدلFTO11 ساخت کشور تایلند) با قطر پروب هشت میلی‌متر از بخش مرکزی میوه سنجیده شد و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد. میزان ماده‌های جامد محلول (SSC) میوه‌ها به‌وسیله دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (Euromex RD 635, Holland) در دمای ۲۲ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. میزان SSC به صورت درجه بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری 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 داده‌ها

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

نتایج و بحث

رشد طولی شاخه‌ها

مقایسه میانگین داده‌ها 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 معنی‌دار رشد شاخه‌ها 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 آبی‌شان آب دریافت کرده بودند کمترین میزان آن را نشان دادند. اگرچه تیمار کم آبیاری در مرحله سخت شدن هسته باعث کاهش طول شاخه‌ها شد، اما تاثیر کم آبیاری در کاهش طول شاخه در مرحله پس از برداشت میوه به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرحله سخت شدن هسته بوده است.

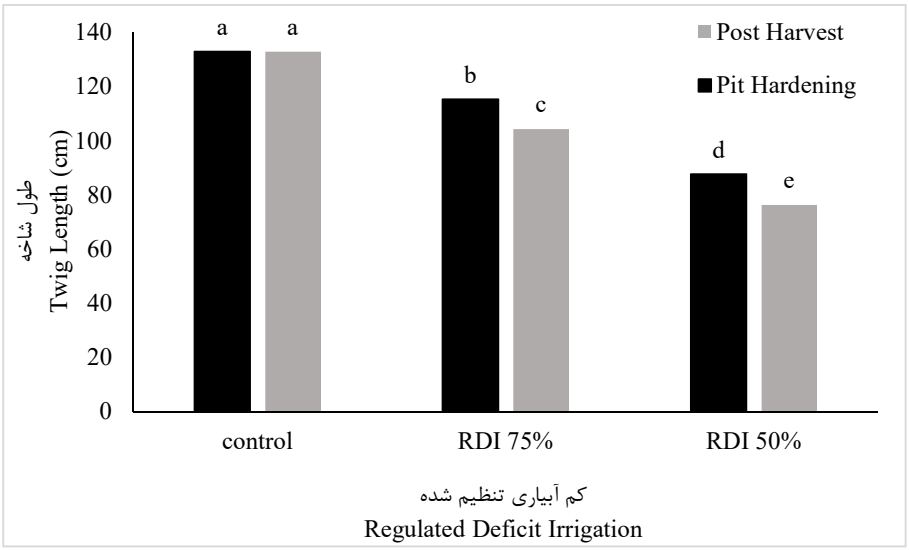

Fig 1. The effect of RDI during pit hardening and after fruit harvesting on twig length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

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 تنه کاهش می‌یابد و منجر به کاهش اندازه درخت و کوچک‌تر شدن سایه‌سار درخت می‌شود (۱۳، ۱۸). 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 فتوسنتزی را بین میوه‌ها و اندام‌های رویشی کاهش داده و بنابراین اندازه میوه‌ها را نیز بزرگ‌تر می‌کند. رشد رویشی کمتر، نفوذ بهتر نور به سایه‌سار درخت را نیز امکان‌پذیر می‌سازد. این امر موجب رنگ‌گیری بهتر میوه‌ها شده و راندمان محلول‌پاشی روی سایه‌سار درخت را نیز افزایش می‌دهد (۲).

تعداد گره و طول میانگره‌ها

با توجه به شکل ۲، کم‌آبیاری سبب کاهش تعداد گره روی شاخه شد. اعمال تیمار۵۰٪ 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 به‌دست‌آمده (شکل۳)، درختانی که ۷۵٪ نیاز آبی‌شان را دریافت کرده بودند نسبت به درختان شاهد و تیمار۵۰٪ طول میانگره بیشتری داشتند. همین‌طور تاثیر منفی کم آبیاری بر کاهش رشد میانگره زمانی که در مرحله سخت شدن هسته اعمال شد، بیشتر بود (شکل۴).

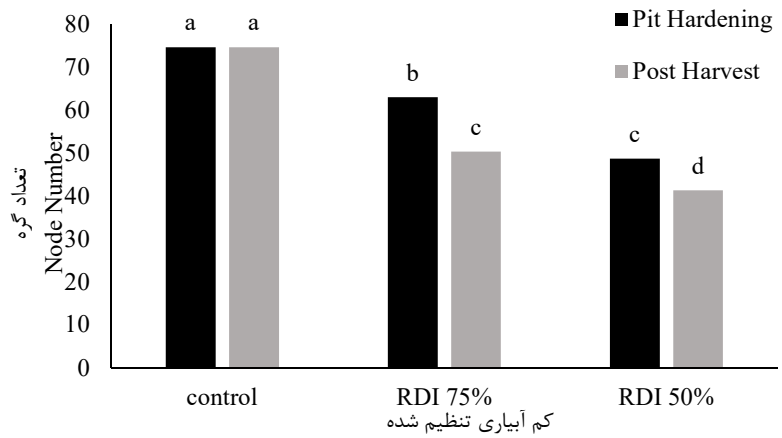

Fig. 2. The effect of RDI during pit hardening and after fruit harvesting on number of nodes of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۲- اثر کم آبیاری تنظیم شده در مرحله سخت شدن هسته و پس از برداشت بر تعداد گره آلو رقم فریار. در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

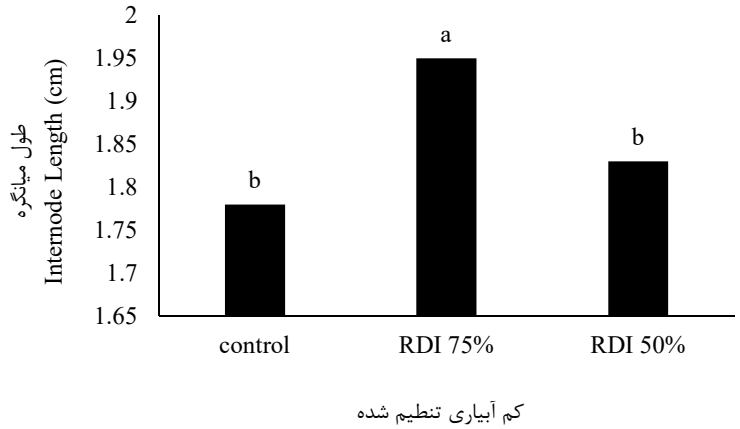

Fig. 3. The main effect of RDI on internode length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

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

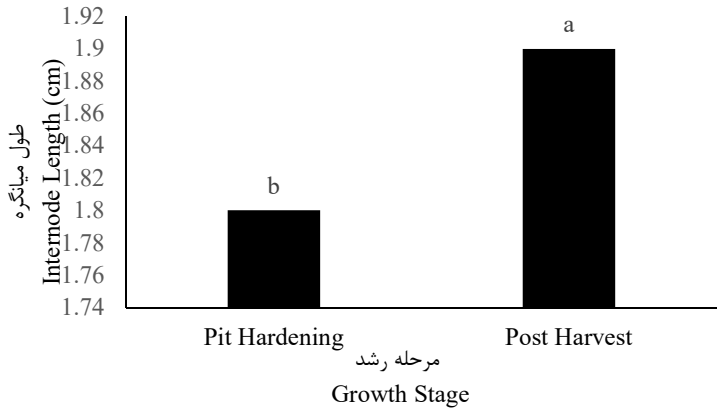

Fig. 4. The main effect of growth stage on internode length of Japanese plum cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

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

برخلاف نتیجه‌های به‌دست‌آمده 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). میوه‌های هسته‌دار در مرحله دوم رشدی برای جذب ماده‌های غذایی با شاخه‌ها و برگ‌ها رقابت نمی‌کنند. در این زمان شاخه‌ها بسیار رشد می‌کنند و گسترش سایه‌سار به بیشینه خود می‌رسد. این مرحله فرصتی را فراهم می‌کند که بتوان قدرت رشد درخت را با مدیریت آبیاری محدود کرد. در نتیجه سایه‌سار درخت کوچک‌تر می‌شود و نفوذ نور و تعداد جوانه‌های میوه‌ده برای سال بعد بیشتر می‌شود (۲).

گلدهی و تشکیل میوه

نتیجه‌ها نشان داد که تراکم گلدهی و میوه‌دهی درختان آلو در سال آتی زیر تأثیر تیمار کم آبیاری قرار نگرفتند. در موافقت با یافته‌های این پژوهش، تحقیقات قبلی نیز نشان دادند تراکم گلدهی تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار نگرفت (۹).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

عملکرد درختان

عملکرد درختان مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری زیر تأثیر تیمارهای کم آبیاری قرار گرفت. میزان عملکرد کل میوه‌ها در تیمار RDI 50% نسبت به میوه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری بین درختانی که ۷۵٪ نیاز آبی‌شان 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 باغبانی با حفظ عملکرد و کیفیت بالا در بحث آبیاری مورد توجه واقع شده است. با توجه به نتیجه‌های به‌دست‌آمده، 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 به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵)، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های پرورش یافته زیر RDI 75% و شاهد از نظر میزان تولید میوه‌های درجه یک و دو وجود نداشت، در حالی که در تیمار RDI 50% به طور معنی‌داری نسبت به شاهد و RDI 75% کمتر بود. برخلاف نتیجه‌های به‌دست آمده 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 RDI 50% نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار RDI 75% 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 به‌دست‌آمده، 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 فتوسنتز را کاهش دهد و در نتیجه میزان تأمین فرآورده‌های 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 به‌دست‌آمده 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 یک درصد معنی‌دار شد. به طوری‌که 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 تاثیر مثبت تیمار کم آبیاری در زمان سخت شدن هسته‌های آلو بر سفتی بافت میوه‌ها را نشان دادند (۱، ۱۶). افزایش سفتی بافت میوه‌های آلو با تیمار کم آبیاری می‌تواند به دلیل افزایش تراکم یاخته‌ها و در نتیجه کاهش اندازه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

یاخته‌ها 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).

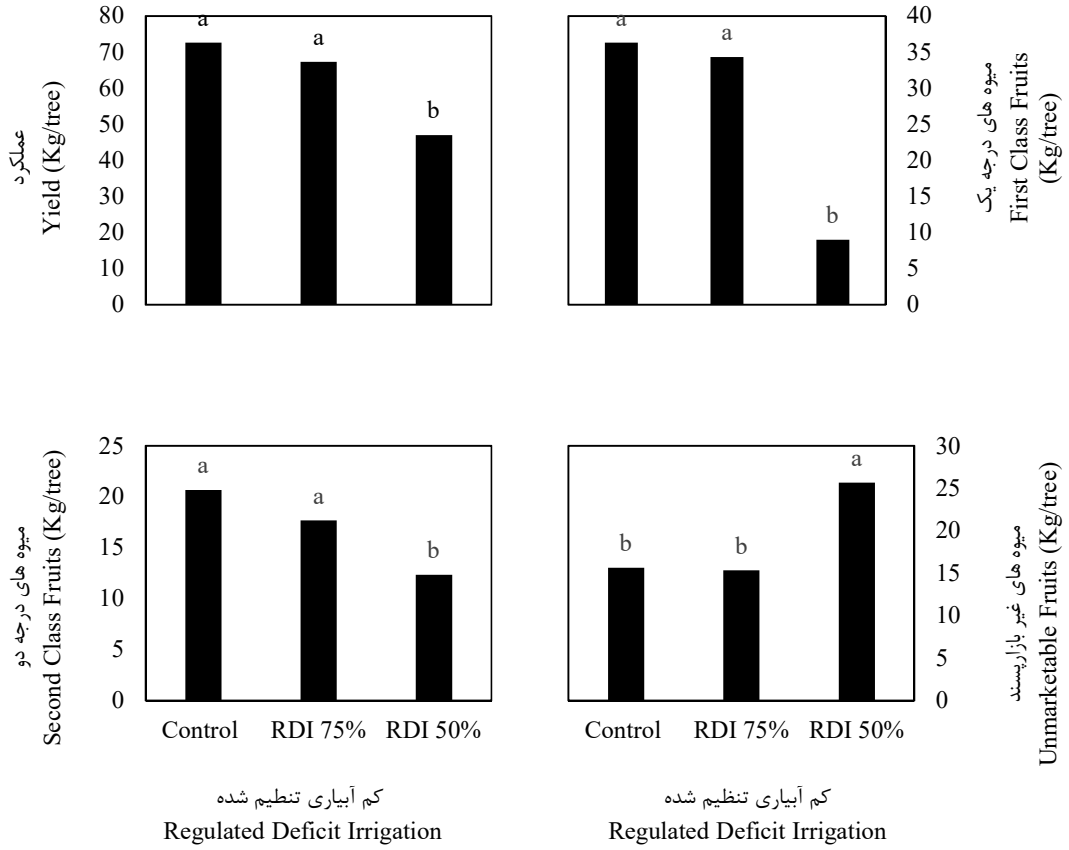

Fig. 5. The effect of RDI during pit hardening on fruit yield, first and second class fruits, and unmarketable fruits of Japanese plum trees cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۵- اثر کم آبیاری تنظیم شده در مرحله سخت شدن هسته بر عملکرد کل، عملکرد میوه‌های درجه یک و دو و میوه‌های غیربازارپسند درختان آلو رقم فرایر. در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

میزان ماده‌های جامد محلول (SSC)

میزان SSC میوه‌های آلو رقم فرایر در زمان برداشت زیر تأثیر تیمارهای کم آبیاری تنظیم شده قرار گرفت، اما تأثیری بر میزان SSC میوه‌ها در پایان دو ماه انبارمانی نداشت. میوه‌های مربوط به درختانی که ۷۵٪ نیاز آبی‌شان آبیاری شده بودند، بیشترین میزان SSC را در زمان برداشت داشتند که با میوه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند و کمترین میزان SSC مربوط به تیمار ۵۰٪ نیاز تبخیر و تعرق (ETc) بود (شکل ۶).

در مورد تأثیر RDI بر میزان ماده‌های جامد محلول (SSC) میوه‌ها نتیجه‌های متفاوتی وجود دارد. در هلو و انگور تفاوت معنی‌داری بین میوه‌ها در شرایط کم آبیاری و شاهد از نظر میزان SSC وجود نداشت (۵). اما در موافقت با یافته‌های پژوهش حاضر، گزارش‌هایی هم وجود دارد که نشان می‌دهد که کم آبیاری سبب افزایش میزان SSC میوه‌های هلو شد (۲۳). در واقع، یکی از فواید RDI بهبود کیفیت و طعم میوه با افزایش میزان SSC است (۱۲، ۱۴). در مطالعه‌ای دیگر نشان داد که کم آبیاری سبب افزایش میزان SSC میوه آلو شد و دلیل این افزایش را به افزایش نفوذ نور به قسمت سایه‌سار درختان و در نتیجه افزایش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

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).

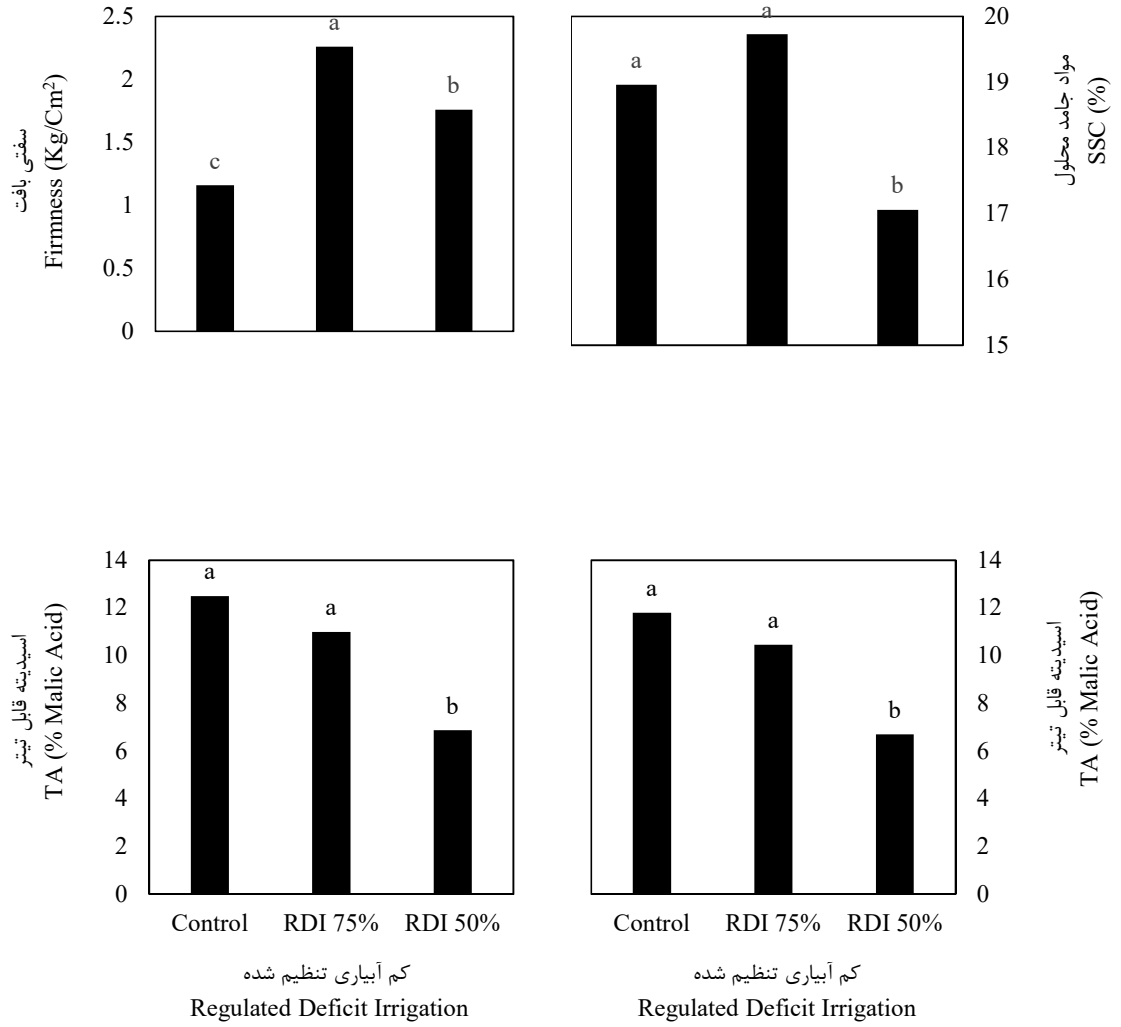

Fig. 6. The effect of RDI during pit hardening on fruit firmness, SSC and TA content both at harvest and at the end of storage time of plum fruit cv. Friar. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

در مورد تأثیر RDI بر میزان TA میوه‌ها نتیجه‌های مختلفی گزارش شد. برخی پژوهش‌ها نشان دادند که RDI تاثیری بر بر میزان TA میوه‌های آلو (۱۷)، سیب (۱۶) نداشته است، اما در درختان هلو تیمار کم آبیاری۵۰ 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 هم‌راستا نیست.

References منابع

۱. خندانی، ی.، ر. فتوحی قزوینی، م. قاسم نژاد و م. ر. خالدیان. ۱۳۹۵. اثر توام کم آبیاری تنظیم شده و سوپرجاذب بر افزایش کیفیت انبارمانی میوه ی آلوی ژاپنی رقم سانتاروزا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۳۶۹-۳۷۸ :۳.

۲. موسوی، س. ا. و م. تاتاری.۱۳۹۶. مدیریت کم آبیاری درختان میوه. موسسه تحقیقات باغبانی، مرکز تحقیقات میوه های معتدله. 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. ۲۰۷-۲۲۷: ۲.

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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

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 Beaut Japanese plum: tree water status, vegetative growth, fruit yield, quality and economic return. Agr. Water Manag. 150: 92–102.

23. Sortiropoulos, 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (3): 263 - 274 (2019)
Research article

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. Khaledian[1]

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/cm^2) at the end of the storage was significantly higher than 50% and control (1.2 and 1.85 kg/cm^2). 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@guilan.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.6.7]