نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۷۲۲-۷۱۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 714-722
ISSN: 2008 - 4730

تعیین آستانه تحمل به تنش خشکی درختچه زرشک زینتی (*Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea) در شرایط آب و هوایی مشهد

ریحانه ستایش[۱]- محمد کافی[۲]- جعفر نباتی*[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۵

چکیده

کاهش شدید منابع آبی، استفاده از گونه‌های متحمل به خشکی در فضای سبز شهری را ضروری می‌سازد. این مطالعه در ایستگاه تولیدات گیاهی شهرداری مشهد با هدف بررسی آستانه تحمل به خشکی زرشک زینتی با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه بود که از هشتم اردیبهشت تا انتهای فصل رشد اعمال و نمونه برداری‌ها در ۱۵ مرداد، اول شهریور، ۱۵شهریور و ۱۵مهر انجام گردید. نتایج نشان داد با افزایش شدت خشکی ارتفاع بوته کاهش یافت اما بین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک و ارتفاع بلندترین شاخه در ۶۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت. بیشترین شاخص مصرف آب آبیاری در ۱۰۰ درصد نیاز آبی بدست آمد، اما اختلاف معنی‌داری با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نداشت. کمترین شاخص طراوت در ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد، اما اختلاف بین شاخص طراوت در ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود. بطور کلی نتایج نشان داد زرشک زینتی گیاهی نسبتاً متحمل به خشکی است و می‌توان با حفظ شاخص‌های مهم فضای سبز مقدار مصرف آب را در این گیاه به ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش داد که در این آزمایش مقدار صرفه جویی آب در فاصله زمانی هشتم اردیبهشت تا ۱۵مهر ۴۴۰۰ متر مکعب در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص طراوت، شاخص مصرف آب، فضای سبز، نیاز آبی

مقدمه

درمنطقه خاورمیانه پنج درصد از جمعیت دنیا جای گرفته است. این در حالی است که این منطقه تنها یک درصد از بارندگی جهان را به خود اختصاص داده است. بر اساس گزارش بانک جهانی، میزان آب در دسترس در خاورمیانه و شمال آفریقا تا سال ۲۰۵۰ به نصف کاهش خواهد یافت (۵). از سوی دیگر، جمعیت ساکن در این منطقه به سرعت در حال افزایش است. به گونه‌ای که از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ از ۱۲۷ میلیون به ۳۰۵ میلیون نفر افزایش یافته است (۵). در کنار رشد سریع جمعیت و متناسب با آن افزایش مصارف آبی شامل شرب، صنعت، کشاورزی و توسعه شهری، فشار زیادی بر منابع آب وارد شده است.

نگاهی به اطلاعات و آمار موجود نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی در فضای سبز شهری سهم قابل توجهی از مصارف عمومی را به خود اختصاص داده است. توجه به الگوی مصرف آب در آبیاری فضای سبز نشان می‌دهد که راندمان مصرف آب در این بخش کمتر از ۴۰ درصد است (۱). تخصیص منابع جدید آب برای فضای سبز، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، با مشکلاتی جدی روبرو است. بنابراین آب تخصیص یافته به آبیاری فضای سبز دارای ارزش زیادی بوده و باید به صورت بهینه و با راندمان بالا استفاده شود (۸). در این راستا اصطلاح خشک منظر سازی[۴] برای فضای سبز شهرها توسط برنامه‌ریزان به دلیل کمبود منابع آب مطرح شده است. این برنامه مشتمل بر چند اصل بوده که به گزینش گیاهان مناسب و سازگار گیاهان با مناطق خشک، استفاده از آبیاری قطره‌ای و دیگر فنون در مرتبط با روش آبیاری، استفاده از مالچ یا خاکپوش، اصلاح

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه زراعت و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
(* نویسنده مسئول: Email:Jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.52183

4- Xeriscaping

خاک بستر در فضای سبز و غیره اشاره دارد (۱). در فضای سبز شهری ترویج استفاده از گونه‌های متحمل به خشکی از یک طرف و همچنین تعیین نیاز آبی گیاهان موجود می‌تواند در کاهش مصرف آب موثر باشد. گونه‌های متحمل به خشکی از نظر ریخت شناسی و فیزیولوژی دارای خصوصیاتی هستند که آنها را برای این مناطق مناسب می‌سازد.

برخی از گونه‌های گیاهی بصورت ذاتی متحمل به تنش خشکی هستند زیرا آنها در مناطق خشک، اقلیم‌هایی با خشکی‌های متوالی یا مناطقی با خاک‌های که ظرفیت پایین نگهداری آب دارند تکامل پیدا کرده‌اند. برخی گونه‌ها دارای خصوصیات ریخت شناسی یا فیزیولوژیکی هستند که به آنها اجازه تحمل خشکی یا سازگار شدن با آن را می‌دهد (۱۰). تمامی گیاهانی که پوشش واکسی در سطح برگ خود دارند کوتیکولی نامیده می‌شوند، اما برخی گونه‌ها لایه نازک پوششی استثنایی دارند که مقدار از دست رفتن آب بواسطه تبخیر و تعرق برگ را کاهش می‌دهد. کرک‌های برگ، حرکت هوا در سطح برگ را کاهش داده و موجب کاهش میزان تبخیر و تعرق از سطح برگ می‌گردند، از آنجایی که سطح برگ در معرض اتمسفر بر میزان تبخیر و تعرق تاثیر گذار است، اندازه و ضخامت برگ از دیگر عوامل موثر در سازگاری در برابر تنش خشکی هستند، برگ‌های ضخیم و کوچک‌تر مقاومت بیشتری در برابر از دست دادن آب دارند (۴).

برخی گونه‌ها دارای سطح وسیعی از ریشه هستند که سریعاً بارندگی را جذب می‌کنند، در حالی که برخی دیگر از گونه‌ها سیستم ریشه‌ای عمیقی دارند که از آب‌های زیر زمینی استفاده می‌کنند. تعدادی از گونه‌های گیاهی با ریزش برگ‌های خود در طی دوره خشکی از تنش اجتناب می‌کنند و به محض مساعد شدن شرایط محیطی برگ‌های جدید تولید می‌کنند. گیاهان متحمل به خشکی در پنج گروه درختان، نخل‌ها، درختچه‌ها، گیاهان پوششی و تاک‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند. در میان این گروه‌ها، گونه‌های زینتی بسیاری یافت می‌شوند که مساعد برای مناطق خشک هستند (۶).

جنس زرشک با نام علمی *Berberis* spp به تیره Berberidaceae تعلق دارد. در میان گونه‌های مختلف این جنس برخی مانند *B.vulgaris* var.Asperma و *B. thunbergii* به عنوان گیاهانی خوراکی و یا زینتی بخصوص رنگ زیبای برگسارش بیش از دیگر گونه‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند (۹، ۱۵ و ۱۷). زرشک زینتی یا زرشک ژاپنی به عنوان یکی از گیاهان زینتی در بسیاری از نقاط دنیا برای تزئین فضای سبز استفاده می‌شود. زرشک از جمله درختچه‌های مقاومی است که قابلیت رشد و تولید در زمین‌های کم بازده با آب شور را داراست (۹ و ۱۴). هر چند زرشک زینتی در فضای سبز شهری در جوار گیاهان دارای نیاز آبی بالا کشت می‌شود ولی با توجه به اینکه گیاهان جنس زرشک نیاز آبی بالایی ندارند از این گونه نیز انتظار می‌رود که تحمل به کم آبی خوبی داشته باشد (۱۵). لذا در این پروژه آستانه تحمل به تنش خشکی این درختچه زینتی متداول در شرایط فضای سبز شهری مشهد مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مجموعه تولیدات گیاهی شهرداری مشهد واقع در بلوار فرودگاه با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و۳۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۰۳۰ متر بالاتر از سطح دریا در سال ۹۴-۱۳۹۳ به اجرا درآمد. پیش از اجرای آزمایش و قبل از کشت از خاک محل انجام طرح نمونه برداری شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱) و کود حیوانی مورد نیاز برای کشت تعیین گردید، سپس آماده سازی زمین جهت کشت زرشک انجام شد.

جدول ۱- مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Chemical properties of the soil

عمق	pH	EC	SP	T.N.V	N	P	K	کربن آلی OC	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
Deep (cm)		($dS.m^{-1}$)	(%)	(%)	(%)	($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	(%)	(%)	(%)	(%)
0-30	7.33	2.76	43.25	16.06	00.4	2.8	265	0.48	31	47	22

جهت انجام آزمایش ابتدا درختچه‌های مستقر شده در گلدان‌هایی که از نظر مرحله رشدی و اندازه، شرایط یکسانی داشتند انتخاب و در تاریخ ۲۴ اسفند ماه سال ۱۳۹۳ در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۴ متر کشت شدند. کشت به صورت ردیفی بوده و در هر کرت چهار ردیف کشت به طول چهار متر قرار گرفتند. فاصله گیاهان کشت شده ۵۰ سانتی متر روی ردیف و یک متر بین ردیف بود. با این روش کاشت در هر کرت ۳۲ بوته کشت گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و سپس تا زمان استقرار گیاه آبیاری مطابق نیاز آبی گیاه انجام شد و در تاریخ ۱۰ فروردین سال ۱۳۹۴ پس از استقرار کامل گیاه، هرس درختچه‌ها انجام گردید و تا تاریخ هشتم اردیبهشت ماه

آبیاری مطابق نیاز آبی گیاه همچنان انجام شد. وجین علف‌های هرز در دو مرحله (نیمه اول اردیبهشت و نیمه اول تیر ماه) به روش دستی انجام شد.

روش آبیاری مورد استفاده در این طرح سیستم آبیاری قطره‌ای بود و در تمام مراحل آبیاری، آب از مسیر کنتور عبور داده شد و حجم آب مصرف شده اندازه‌گیری شد (جدول ۲). میزان نیاز آبی با استفاده از داده‌های ثبت شده روزانه طشتک تبخیر ایستگاه هواشناسی انجام شد. داده‌های تبخیر از تشتک در ضریب تشت (۰/۷) ضرب شده و به عنوان تبخیر و تعرق مرجع مورد استفاده قرار گرفت. میزان نیاز آبی به دست آمده با استفاده از داده‌های تشتک را معادل نیاز آبی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد و به عنوان شاهد استفاده گردید. تیمارهای تنش خشکی (کم آبیاری) شامل ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی در نظر گرفته شدند. این تیمارها پس از استقرار کامل گیاه در زمین اصلی از تاریخ هشتم اردیبهشت اعمال گردیدند.

جدول ۲- مقدار آب مصرفی از هشتم اردیبهشت تا ۱۵ مهر ماه

Table 2- The amount of water use from 28 April to 7 October

نیاز آبی Water requirement (%)	20	40	60	80	100
مقدار آب مصرفی Water use ($L.m^{-2}$)	22002	440	660	880	1100

نمونه‌برداری‌ها در زمان اعمال تنش در تاریخ ۱۵ مرداد، اول شهریور، ۱۵ شهریور و آخرین مرحله نمونه‌برداری در ۱۵ مهر ماه قبل از توقف کامل رشد انجام گردید. جهت نمونه برداری دو بوته به صورت تصادفی در هر کرت تعیین گردید و تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته و ارتفاع بلندترین شاخه اندازه‌گیری شد سپس بوته‌ها برداشت و به آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل و صفات وزن تر و خشک بوته و میزان رطوبت آنها اندازه‌گیری شدند.

در این آزمایش از شاخص مصرف آب استفاده شدکه نشان دهنده‌ی نسبت میزان زیست توده تولید شده به حجم آب مصرف شده است (رابطه شماره ۱) (۱۱).

رابطه (۱) شاخص مصرف آب =کل زیست توده (کیلوگرم در متر مربع)/ میزان کاربرد آب آبیاری (متر مکعب در متر مربع)

در راستای اهمیت خصوصیات کیفی درختچه زرشک زینتی و با توجه به کاربرد آن در فضای سبز، شاخص طراوت نیز با توجه به رنگ و طراوت این درختچه مورد ارزیابی قرار گرفت، بر اساس این شاخص به هر تیمار بین ۱ تا ۱۰ امتیاز اختصاص یافت که عدد بالاتر نشانه طراوت بیشتر بود نحوه امتیاز دهی شاخص طراوت مشاهده چشمی بوده.

نتایج آزمایش با استفاده از بسته نرم افزار Minitab ۱۶ تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته گیاه زرشک زینتی با افزایش سطح تنش خشکی کاهش معنی‌داری ($P\leq۰/۰۱$) پیدا کرد (جدول ۳). میزان کاهش ارتفاع از سطح تنش ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۴، ۳۴، ۲۶ و ۱۰ درصد بود. بین تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی از نظر متوسط ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) مشاهده نشد (جدول ۴).

میانگین ارتفاع بوته با افزایش سن بوته‌های زرشک افزایش پیدا کرد. افزایش ارتفاع بوته تا تاریخ اول شهریور معنی‌دار ($P\leq۰/۰۱$) بود، اما با افزایش سن بوته‌ها از این تاریخ به بعد تغییر معنی‌داری در ارتفاع بوته مشاهده نشد (جدول ۴). تغییرات ارتفاع بوته در برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و زمان نمونه‌برداری نشان داد که تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی همواره دارای بوته‌های کوتاه‌تری نسبت به سایر تیمارها در تمامی تاریخ‌های نمونه‌برداری بودند. بین تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نیز از این نظر اختلاف زیادی مشاهده نشد. بنابراین می‌توان عنوان کرد با ۸۰ درصد نیاز آبی می‌توان بوته‌های با ارتفاعی نظیر تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی تولید کرد (جدول ۴).

بررسی ارتفاع بلندترین شاخه زرشک زینتی نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی این ویژگی نیز کاهش می‌یابد، با این وجود بین تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) مشاهده نشد (جدول ۴). بررسی ارتفاع بلندترین شاخه در تاریخ‌های مختلف نشان داد که این صفت تا اول شهریور ماه افزایش نشان داد و از این تاریخ به بعد اختلاف معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) بین زمان‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد (جدول ۴). برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری بر ارتفاع بلندترین شاخه در زرشک زینتی نشان داد که از تاریخ اول شهریور ماه به بعد در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی، ارتفاع بلندترین شاخه کمتر از سایر تیمارهای آبیاری بود. از طرف دیگر در تمام تاریخ‌های مورد مطالعه بین تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز

آبی اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) از نظر ارتفاع بلندترین شاخه مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات رویشی زرشک زینتی رقم Atropurpurea تحت تاثیر تیمارهای مختلف نیاز آبی و زمان‌های نمونه‌برداری

Table 3- ANOVA of some traits of *Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea under different water requirements and sampling dates

منابع تغییرات S.O.V	بلوک Block	نیازآبی Water requirement	زمان نمونه برداری Sampling date	نیازآبی× زمان نمونه برداری Water requirement × Sampling date	خطا Error
درجه آزادی DF	2	4	3	12	38
ارتفاع بوته Plant height	0.051*	0.001**	0.001**	0.021*	
ارتفاع بلندترین شاخه The highest branch length	0.016*	0.001**	0.001**	0.080ns	
تعداد شاخه جانبی Number of axillary branches	0.001**	0.001**	0.002**	0.098ns	
وزن تر بوته Plant fresh weight	0.001**	0.001**	0.004**	0.041*	
وزن خشک بوته Plant dry weight	0.001**	0.001**	0.001**	0.032*	
درصد ماده خشک Dry matter percentage	0.320ns	0.019*	0.001**	0.127ns	
شاخص مصرف آب آبیاری Irrigation water use index	0.104ns	0.008**	0.978ns	0.906ns	

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns معنی‌دار نمی باشد

* and ** significant at levels of 5% and 1% and ns not significant

جدول ٤- اثر متقابل تیمارهای مختلف نیازآبی × زمان‌های نمونه‌برداری بر ارتفاع بوته، ارتفاع بلندترین شاخه و تعداد شاخه جانبی در زرشک زینتی رقم Atropurpurea

Table 4- The interaction effects of different water requirements ×sampling dates on plant height, the highest branch length and the numbers of axillary branches in *Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea.

صفات Traits	زمان نمونه برداری Sampling date	نیازآبی Water requirement (%)					میانگین Mean
		20	40	60	80	100	
ارتفاع بوته Plant height (cm)	6 August	33.0^{c-e}	26.4^{de}	31.7^{c-e}	35.8^{b-e}	43.4^{a-e}	34.1^{B}
	23 August	26.1^{e}	33.2^{c-e}	35.8^{b-e}	46.3^{a-c}	59.0^{a}	40.1^{A}
	6 September	35.8^{b-e}	38.0^{b-e}	45.1^{a-c}	49.9^{a-c}	44.9^{a-d}	42.7^{A}
	7 October	37.3^{b-e}	33.8^{c-e}	35.0^{c-e}	46.5^{a-c}	54.2^{ab}	41.4^{A}
	میانگین Mean	33.0^{B}	32.9^{B}	36.9^{B}	44.6^{A}	50.4^{A}	
ارتفاع بلندترین شاخه The highest branch length (cm)	6 August	67.0^{b-d}	60.0^{d}	76.8^{b-d}	65.5^{b-d}	83.7^{a-d}	70.6^{B}
	23 August	70.8^{b-d}	75.5^{b-d}	89.7^{a-d}	87.3^{a-d}	104.3^{a-c}	85.5^{A}
	6 September	68.2^{b-d}	64.8^{c-d}	104.0^{a-c}	123.4^{a}	108.8^{ab}	93.8^{A}
	7 October	79.5^{b-d}	67.6^{b-d}	99.1^{a-d}	89.7^{a-d}	104.5^{a-c}	88.1^{A}
	میانگین Mean	71.4^{B}	67.0^{B}	92.4^{A}	91.5^{A}	100.3^{A}	
تعداد شاخه جانبی در بوته Number of axillary branches per plant	6 August	11.3^{b}	10.5^{b}	16.0^{b}	16.5^{b}	13.7^{b}	13.6^{B}
	23 August	12.4^{b}	16.3^{b}	33.1^{a}	13.7^{b}	22.5^{ab}	19.6^{A}
	6 September	16.5^{b}	15.5^{b}	24.0^{ab}	20.5^{ab}	22.5^{ab}	19.8^{A}
	7 October	11.7^{b}	11.7^{b}	20.3^{ab}	18.2^{ab}	20.3^{ab}	16.4^{AB}
	میانگین Mean	13.0^{C}	13.5^{C}	23.4^{A}	17.2^{BC}	19.7^{AB}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده اثرات ساده و اثرات متقابل می باشند.

Means with similar letters in each treatment are not significantly different (P≤0.05) according to Duncan's multiple range test. Capital and small letters indicate simple and interaction effects, recpectively.

علت کاهش ارتفاع در تنش اسمزی شدید بدین دلیل است که تنش موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها گشته و فرآیند طویل شدن و تقسیم آنها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آنها به کندی صورت می‌گیرد (۱۲).

تعداد شاخه جانبی به عنوان یکی از شاخص‌های زیبایی در درختچه‌های زینتی مورد توجه قرار می‌گیرد. بررسی اثر تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های جانبی نشان داد که در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی بیشترین تعداد شاخه جانبی در زرشک زینتی تولید شد (جدول ۴). با این وجود بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۶۰ درصد نیاز آبی از نظر تعداد شاخه جانبی اختلاف معنی‌دار آماری ($P>0/05$) مشاهده نشد (جدول ۴). اختلاف بین تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی از نظر تعداد شاخه جانبی تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی ۲۶ درصد بیشتر از ۸۰ درصد نیاز آبی بود. بنابراین تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با ۲۳ شاخه در بوته پرشاخه‌ترین تیمار در این مطالعه بود (جدول ۴). تعداد شاخه جانبی در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که تا ۱۵ شهریور ماه تعداد شاخه‌های جانبی در زرشک زینتی رو به افزایش است. مقایسه بین زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که ۱۵ مرداد ماه با کمترین تعداد شاخه جانبی اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/01$) با سایر زمان‌های نمونه‌برداری داشت (جدول ۴). بنابراین می‌توان عنوان کرد که بین یک تا ۱۵ شهریور ماه بیشترین تعداد شاخه جانبی در زرشک زینتی قابل مشاهده می‌باشد البته این واقعیت را نیز باید در نظر داشت که در ابتدای فصل رشد بوته‌های زرشک تحت تاثیر انتقال از گلدان به زمین اصلی قرار گرفت.

برهمکنش تیمارهای آبیاری و زمان نمونه برداری نشان داد که تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و زمان اول شهریور ماه بیشترین تعداد شاخه جانبی در زرشک زینتی را تولید کرد. تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی در تمام طول دوره رشد کمترین تعداد شاخه جانبی را تولید کردند. نمونه برداری در ۱۵ مرداد ماه نشان داد که بین هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) از نظرتعداد شاخه جانبی مشاهده نشد (جدول ۴). با این وجود تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در این تاریخ بیشترین تعداد شاخه جانبی را تولید کردند. در تاریخ ۱۵ شهریور ماه تعداد شاخه جانبی در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی به مقدار نسبتا ثابتی رسید و اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) بین آنها مشاهده نشد. در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی تعداد شاخه‌های جانبی در تاریخ اول شهریور ماه به حداکثر مقدار خود رسید و تا انتهای زمان مطالعه یعنی ۱۵ مهرماه تعداد شاخه افزایش معنی‌داری ($P>0/05$) پیدا نکرد (جدول ۴).

تنش اسمزی باعث کاهش رشد ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی و پنجه‌ها می‌شود. جمع ماده خشک در اثر تنش متغیر شده و نسبت برگ به ساقه در ماده خشک افزایش می‌یابد (۱۶). تعداد شاخه در گیاهان معمولا تابعی از ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه می‌باشد، بنابراین با توجه به کاهش ارتفاع بوته در اثر افزایش تنش کاهش تعداد شاخه دور از انتظار نیست. با توجه به اینکه تعداد شاخه جانبی در زرشک زینتی از اجزای مهم در زیبایی این گیاه به شمار می‌رود، گزینش بوته‌هایی که شاخه خود را در شرایط تنش حفظ می‌کنند، می‌تواند در بهبود زیبایی در این شرایط موثر باشد. بطور کلی در این مطالعه مشخص شد که کاهش نیاز آبی تا ۶۰ درصد روی تعداد شاخه فرعی در گیاه زرشک زینتی تاثیر منفی ندارد و می‌توان با کاهش مقدار آب مصرفی به تعداد شاخه مناسب در این گیاه رسید که ضمن کاهش مصرف آب زیبایی گیاه نیز کاهش پیدا نکند.

وزن تر بوته به عنوان یک معیار در شادابی گیاهان مطرح است با کاهش وزن تر معمولا سایر خصوصیات ظاهری نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. کاهش مقدار آب آبیاری تا ۴۰ درصد نیاز آبی موجب کاهش معنی‌داری ($P\leq0/01$) وزن تر بوته در زرشک زینتی گردید (جدول ۵). بیشترین وزن تر بوته در تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن در ۲۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. بین تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی از نظر وزن تر بوته اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) مشاهده نشد (جدول ۵). بنابراین می‌توان عنوان کرد که در حدود ۶۰ درصد نیاز آبی، زرشک زینتی قادر است زیست توده‌ی قابل رقابت با ۱۰۰ درصد نیاز آبی تولید کند.

با افزایش سن بوته‌های زرشک زینتی وزن تر بوته افزایش یافت. بیشترین وزن تر بوته در ۱۵ مهر ماه بدست آمد با این وجود از ابتدای شهریور ماه میزان وزن تر بوته به مقدار ثابتی رسید (جدول ۵).بررسی برهمکنش تیمارهای آبیاری و زمان‌های نمونه‌برداری بر وزن تر بوته نشان داد که در تاریخ ۱۵ مرداد وزن تر بوته در تمام تیمارهای آبیاری بجز ۱۰۰ درصد نیاز آبی در یک سطح بودند و بعد از این تاریخ وزن تر بوته در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی افزایش چندانی پیدا نکرد ولی در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی روند رو به رشد وزن تر بوته تا انتهای فصل ادامه پیدا کرد (جدول ۵). نکته قابل توجه افزایش وزن تر بوته در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی بود که بیشتر از تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در تاریخ‌های اول و ۱۵ شهریور و بیشتر از تیمار ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در ۱۵ مهر ماه بود (جدول ۵). با توجه به اینکه حداکثر آب مورد نیاز گیاهان در فصل بهار و تابستان است و همچنین با عنایت به اینکه تا تاریخ ۱۵ مرداد ماه بین تیمارهای ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی از نظر وزن تر تولید شده اختلاف قابل توجهی مشاهده نشد می‌توان بوته‌های زرشک را تا تاریخ ۱۵ مرداد ماه با حداقل آب مورد نیاز آبیاری کرد و پس از آن با افزایش مقدار آب آبیاری بوته‌هایی با شادابی مناسب داشت.

جدول ۵- اثر متقابل تیمارهای مختلف نیازآبی × زمان‌های نمونه‌برداری بر بر وزن تر و خشک بوته و درصد ماده خشک در زرشک زینتی رقم Atropurpurea.

Table 5- The interaction effects of different water requirements ×sampling dates on fresh and dry weight and dry mater precentage in *Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea.

صفات Traits	زمان نمونه برداری Sampling date	نیازآبی % Water requirement 20	40	60	80	100	میانگین Mean
وزن تر بوته Fresh weight (g)	6 August	54.7^{bc}	72.2^{bc}	55.4^{bc}	57.7^{bc}	100.2^{a-c}	68.0^{B}
	23 August	74.1^{bc}	49.0^{c}	103.3^{a-c}	82.7^{a-c}	132.4^{a-c}	88.3^{AB}
	6 September	52.0^{bc}	59.1^{bc}	136.6^{a-c}	131.1^{a-c}	159.5^{ab}	107.7^{A}
	7 October	47.1^{c}	52.5^{bc}	184.7^{a}	117.8^{a-c}	146.9^{a-c}	109.8^{A}
	میانگین Mean	57.0^{B}	58.2^{B}	120.0^{A}	97.3^{AB}	134.7^{A}	
وزن خشک بوته Dry weight (g)	6 August	22.9^{bc}	27.9^{bc}	19.4^{c}	20.9^{c}	34.9^{a-c}	25.2^{B}
	23 August	30.7^{bc}	20.6^{c}	48.1^{a-c}	32.4^{a-c}	57.2^{a-c}	37.8^{AB}
	6 September	22.9^{bc}	24.8^{bc}	53.7^{a-c}	50.2^{a-c}	64.6^{ab}	43.2^{A}
	7 October	21.6^{bc}	21.0^{c}	74.1^{a}	48.7^{a-c}	60.2^{a-c}	45.1^{A}
	میانگین Mean	24.5^{C}	23.6^{C}	48.8^{AB}	$38.1B^{C}$	54.2^{A}	
درصد ماده خشک Dry mater precentage	6 August	41.6^{ab}	41.7^{ab}	34.7^{b}	37.5^{ab}	34.6^{b}	38.0^{A}
	23 August	42.1^{ab}	43.0^{ab}	45.9^{a}	40.3^{ab}	44.0^{ab}	43.1^{B}
	6 September	44.2^{ab}	41.8^{ab}	38.8^{ab}	38.3^{ab}	40.6^{ab}	40.7^{AB}
	7 October	45.5^{a}	41.3^{ab}	40.0ab	41.9^{ab}	40.9^{ab}	41.9^{A}
	میانگین Mean	43.4^{A}	42.0^{AB}	39.9^{AB}	39.5^{B}	40.0^{AB}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.
حروف بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده اثرات ساده و اثرات متقابل می‌باشند.

Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P\leq0.05$) according to Duncan's multiple range test.
Capital and small letters indicate simple and interaction effects, recpectively.

وزن خشک زیست توده به عنوان صفت پایدار در اندازه‌گیری میزان رشد گیاهان می‌تواند در ارزیابی میزان تولید در شرایط تنش خشکی موثر باشد. مطالعه اثر تیمارهای تنش خشکی بر میزان زیست توده‌ی تولیدی نشان داد که تیمارهای ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی بیشترین میزان زیست توده در بوته را تولید کردند و اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) با هم نداشتند (جدول ۵).

با افزایش سن گیاهان روند تجمع ماده خشک در بوته‌های زرشک زینتی افزایش یافت. شیب تولید ماده خشک از اول شهریور ماه کاهش پیدا کرد و از ۱۵ شهریور ماه به بعد تقریبا ثابت شد. بین زمان‌های نمونه‌برداری در اول شهریور ماه، ۱۵ شهریور ماه و ۱۵ مهر ماه اختلاف معنی‌دار آماری ($P>0/05$) از نظر میزان ماده خشک تولیدی مشاهده نشد (جدول ۵).

وزن خشک بوته همانند وزن تر بوته تا تاریخ ۱۵ مرداد ماه در تیمارهای ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی مشابه هم بود و پس از این تاریخ نیازهای آبی ۶۰ و ۸۰ درصد روند رو به رشد خود را ادامه داند ولی در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی وزن خشک بوته تغییر چندانی پیدا نکرد. وزن خشک بوته در ۶۰ درصد نیاز آبی در تاریخ ۱۵ مهر ماه بیشترین مقدار ماده خشک را تولید کرد ولی اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) بین تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی در این تاریخ مشاهده نشد (جدول ۵).

در راستای تحقیقات روی انواع گیاهان در ارتباط با تولید زیست توده اندام‌های هوایی روند نزولی آن در محتوای رطوبتی منفی‌تر خاک گزارش شده است (۷ و ۱۳) شاید گیاهان با تولید ماده خشک بالا را بتوان بعنوان گیاهان متحمل به شرایط تنش خشکی معرفی کرد. کمبود ملایم آب باعث توسعه ریشه به بخش‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک می‌شود و فرآیند توسعه برگ را سریعاً تحت تاثیر قرار می‌دهد اما فعالیت فتوسنتزی به مقدار کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. جلوگیری از توسعه برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد کربوهیدراته گیاه در ریشه توزیع می‌گردد که در آنجا ریشه توانایی جذب آب و مواد

معدنی بیشتری را می‌یابد و در نتیجه افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی حاصل می‌شود (۳). البته تنش آب باعث از بین رفتن ریشه‌های کم عمق و افزایش ریشه‌های عمیق می‌گردد (۳). متوسط درصد ماده خشک در این مطالعه ۴۱ درصد بود و با کاهش میزان مصرف آب در بوته‌های زرشک افزایش یافت. با وجود اینکه بین تیمارهای مختلف تفاوت بارزی مشاهده نشد ولی تیمارهایی که آب کمتری دریافت کرده بودند میزان ماده خشک بالاتری تولید کردند (جدول ۵). نمونه‌های برداشت شده در ۱۵ مرداد ماه و ۱۵ مهر ماه به ترتیب کمترین و بیشترین درصد ماده خشک را دارا بودند (جدول ۵). برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و زمان نمونه برداری از نظر درصد ماده خشک معنی‌دار (P>۰/۰۵) نبود (جدول ۵).

با وجود اینکه درصد ماده خشک به عنوان یک معیار با ثبات در تولید زیست توده در گیاهان مد نظر می‌باشد در گیاهان زینتی شادابی گیاهان نیز دارای اهمیت است. شادابی بوته‌های موجود در فضای سبز به میزان آب موجود در اندام‌های هوایی مخصوصا برگ‌ها ارتباط دارد. میزان آب بافت‌های هوایی زرشک با افزایش سطح تنش خشکی کاهش پیدا کرد. میزان آب موجود در بافت در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی کمتر از سایر تیمارها بود اما اختلاف بین تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار (P>۰/۰۵) نبود (جدول ۵).

شاخص مصرف آب آبیاری نشان داد که بین تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار آماری (P>۰/۰۵) وجود ندارد (جدول ۶). بیشترین شاخص مصرف آب در تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری (P≤۰/۰۱) با سایر تیمارها داشت. پس از تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی، تیمار ۶۰ درصد بیشترین کارایی مصرف آب را نشان داد با این وجود بین تیمارهای ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با ۶۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) وجود نداشت. بین تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری و همچنین برهمکنش تیمارهای آبیاری و زمان نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) مشاهده نشد (جدول ۶).

جدول ۶- اثر متقابل تیمارهای مختلف نیازآبی × زمان‌های نمونه‌برداری بر شاخص مصرف آب آبیاری در زرشک زینتی رقم Atropurpurea.

Table 6- The interaction effects of different water requirements ×sampling dates on irrigation water use index in *Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea.

صفات Treats	زمان نمونه برداری Sampling date	نیازآبی % Water requirement 20	40	60	80	100	میانگین Mean
شاخص مصرف آب آبیاری Irrigation water use index ($kg.m^{-3}$)	6 August	0.213^{a}	0.130^{a}	0.060^{a}	0.049^{a}	0.065^{a}	0.103^{A}
	23 August	0.220^{a}	0.074^{a}	0.115^{a}	0.058^{a}	0.082^{a}	0.110^{A}
	6 September	0.151^{a}	0.081^{a}	0.118^{a}	0.082^{a}	0.085^{a}	0.103^{A}
	7 October	0.130^{a}	0.064^{a}	0.149^{a}	0.074^{a}	0.073^{a}	0.098^{A}
	میانگین Mean	0.179^{A}	0.087^{B}	0.111^{B}	0.066^{B}	0.076^{B}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند. حروف بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده اثرات ساده و اثرات متقابل می‌باشند.

Means with similar letters in each treatment are not significantly different (P≤0.05) according to Duncan's multiple range test. Capital and small letters indicate simple and interaction effects, recpectively.

در محیط‌های خشک، نیاز اتمسفری تبخیر و تعرق بیشتر بوده و برای تولید یک واحد ماده خشک، گیاه نیازمند از دست دادن آب بیشتری است. حدود ۲۵ درصد از مواد فتوسنتزی در فرآیند تنفس مصرف شده و حدود ۳۰ درصد ماده خشک خالص به عنوان محصول تولید می‌شود (۷). البته کارآیی مصرف آب بالا، لزوما به معنای مقاومت به خشکی یا تحمل بیشتر در برابر خشکی نیست. عواملی که بر کارآیی مصرف آب تاثیر دارند شامل آب، دی اکسیدکربن، دمای هوا، گونه گیاهی، مسیر فتوسنتزی گیاه، رفتار روزنه‌ای گیاه، اندازه، ساختمان و آرایش برگ‌ها و خصوصیات خاک است (۸). با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی از نظر شاخص مصرف آب آبیاری می‌توان بیان کرد که با محدودیت‌های روزنه‌ای که در شرایط کمبود آب در زرشک زینتی به وجود آمده این گیاه توانایی جذب و تثبیت دی اکسید کربن نسبت به شرایط بدون تنش خشکی را دارا می‌باشد.

با توجه به اینکه کارایی مصرف آب، یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیولوژیکی در سازگاری گیاهان به شرایط خشک است، هر عاملی که میزان تولید را افزایش دهد، بر کارایی مصرف آب نیز تاثیر گذار می‌باشد، به همین ترتیب هر عاملی که تبخیر و تعرق را کاهش دهد و تاثیر نامطلوب زیادی بر عملکرد نداشته باشد کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد (۱۱). بنابراین می‌توان عنوان کرد با اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی ضمن صرفه جویی در مصرف آب آبیاری می‌توان زیست توده‌ای نزدیک به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در زرشک زینتی بدست

آورد که نشان دهنده افزایش کارایی مصرف آب در این گیاه است.

در گیاهان زینتی علاوه بر خصوصیات کمی مانند میزان تولید زیست توده و ارتفاع بوته، زیبایی و شادابی گیاهان نیز مد نظر می‌باشد. در این مطالعه میزان طراوت بر اساس شادابی و رنگ بررسی شد. شاخص طراوت در ۱۵ شهریور ماه و ۱۵ مهر ماه پس ازگذشت ۱۳۱ و ۱۶۲ روز پس از اعمال تنش خشکی اندازه‌گیری شد. شاخص طراوت با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافت. در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی کمترین شاخص طراوت مشاهده شد، با وجود کاهش شاخص طراوت با افزایش سطح تنش در تمامی تیمارها، نکته قابل توجه معنی‌دار نبودن (P>۰/۰۵) اختلاف بین شاخص طراوت در تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۷). شاخص طراوت در دو تاریخ مورد بررسی یعنی ۱۵ شهریور ماه و ۱۵ مهر ماه اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) نشان نداد (جدول ۷). احتمالا تعدیل شدن دمای محیط از ۱۵ شهریور ماه به بعد موجب شده است که بین دو زمان مختلف ارزیابی شاخص طراوت اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) مشاهده نشود. شاخص طراوت زرشک زینتی در برهمکنش بین تیمارهای تنش خشکی و زمان نمونه برداری نشان داد که در تاریخ ۱۵ شهریور ماه گیاهان در سه گروه مجزا شامل تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی با کمترین شاخص طراوت، تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با شاخص طراوت متوسط و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین شاخص طراوت قرار گرفتند تشکیل شد (جدول ۵). در تاریخ ۱۵ مهر ماه این شاخص همانند تاریخ ۱۵ شهریورماه در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی کمترین مقدار را دارا بود و تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیازآبی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) نداشتند (جدول ۷). بین تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نیز از این نظر اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) مشاهده نشد (جدول ۷).

جدول ۷- اثر متقابل تیمارهای مختلف نیازآبی × زمان‌های نمونه‌برداری بر شاخص طراوت در زرشک زینتی رقم Atropurpurea.

Table 7- The interaction effects of different water requirements ×sampling dates on freshness index in *Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea.

صفت	زمان نمونه برداری	نیازآبی % Water requrment					میانگین
Treat	Sampling date	20	40	60	80	100	Mean
شاخص طراوت Freshness index	6 September	3.67^{c}	4.00^{bc}	7.00^{a-c}	7.00^{a-c}	8.67^{a}	6.07^{A}
	7 October	3.67^{c}	3.67^{c}	7.33^{a-c}	7.67^{a}	9.33^{a}	6.33^{A}
	میانگین Mean	3.67^{B}	3.83^{B}	7.17^{A}	7.33^{A}	9.00^{A}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.
حروف بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده اثرات ساده و اثرات متقابل می باشند.

Means with similar letters in each treatment are not significantly different (P≤0.05) according to Duncan's multiple range test.
Capital and small letters indicate simple and interaction effects, recpectively.

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که زرشک زینتی گیاهی متحمل به شرایط تنش خشکی و کم آبیاری است. این گیاه قادر است با دریافت ۲۰ درصد نیاز آبی به حیات خود ادامه دهد بنابراین در شرایطی که محدودیت آب بوجود آید تنش خشکی باعث از بین رفتن کامل این گیاه نخواهد شد و می توان با آبیاری مجدد آن را به حالت طبیعی برگرداند. در این مطالعه، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و وزن خشک و ارتفاع بلندترین شاخه در تیمار تنش خشکی ۶۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت. بیشترین شاخص مصرف آب آبیاری در تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی داشت. شاخص مصرف آب آبیاری در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی کمترین اختلاف را با تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی نشان داد. شاخص طراوت به عنوان یک معیار مهم در فضای سبز، تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در یک گروه قرار گرفتند. در این مطالعه میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری شد که بررسی میزان آب مصرفی نشان داد که تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در فاصله زمانی هشتم اردیبهشت تا ۱۵ مهرماه ۰/۴۴ متر مکعب آب در متر مربع یا به عبارتی ۴۴۰۰ متر مکعب در هکتار در مصرف آب صرفه جویی شده است.

منابع

1- Abedi-Koupai J., Sohrab F., and Swarbrick G.W. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition, 31:317-331.

2- Anonymous. 2007. A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California. University of California Cooperative, Extension California Department of Water Resources.
3- Banwarie L., Kaushik S.K., and Gautam R.C. 1994. Effect of soil moisture regime, kaolin spray and phosphorus fertilizer on nodulation, P uptake and water use of lentil (*Lense culinaris*). Indian Journal of Agronomy, 39:241-245.
4- Bartels O.T., and Sunkar R.j. 2005. Drouyht and salt tolerance in Plants, Critical Reviews. Plant Sciences, 24:23-58.
5- Blanche E. 2008. Climate Conflicts. Middle East. Academic Research Library, 386:8-12. 4-
6- Burger D.W., Hartin J.S., Hodel D.R., Lukaszewski T.A., Tjosvold S.A., and Wagner S.A. 1987. Water use in California's ornamental nurs- eries. California Agriculture, 41:7-8.
7- Centritto M., Lucas E.M., and Jarvis G.P. 2002. Gas exchange, biomass, whole-plant water-use efficiency and water uptake of peach (*Prunus persica*) seedlings in response to elevated carbon dioxide concentration and water availability. Tree Physiology, 22:699–706.
8- Ghasemi Ghehsareh M., Khosh-Khui M., and Abedi-Koupai J. 2010. Effects of superabsorbent polymer on water requirement and growth indices of Ficus benjamina L. 'Starlight'. Journal of Plant Nutrition, 33:785-795.
9- Kafi M., and Balandari A. 2002. Berberis, production and processing. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (in Persian).
10- Knox G. 2005. Drought-Tolerant Plants for North and Central Florida. University of Florida Cooperative Extension Service. http://disaster.ifas.ufl.edu.
11- Molden D., and Oweis T. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity p. 279-310 In Molden D. (ed.). Water for Food Water for Life. International Water Management Institute.
12- Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annuls of Review Plant Physiology, 59:651-681.
13- Serraj R., Krishnamurthy L., Kashiwagi J., Kumar J., Chandra S., and Crouch J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Research, 88:115-127.
14- Silander J.A., and Klepeis D.M. 1999. The invasion ecology of Japanese barberry (*Berberis thunbergii*) in the New England landscape. Biological Invasions, 1:189–201.
15- Steffey J. 1985. Strange relatives: The barberry family. American Horticulturist, 64:4–9.
16- Upadhyaya H., Sahoo L., and Kumar Panda S. 2013. Molecular Physiology of Osmotic Stress in Plants. p.179-192. In G.R. Rout and A.B. Das (ed.) Molecular stress Physiology of plants. Springer India.
17- Xu C.Y., Griffin K.L., and Schuster W.S.F. 2007. Leaf phenology and seasonal variation of photosynthesis of invasive *Berberis thunbergii* (*Japanese barberry*) and two co-occurring native understory shrubs in a northeastern United States deciduous forest. Oecologia, 154:11–21.