فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۵، شماره ۲، صفحه ۲۴۴-۲۲۹، (۱۳۹۸)

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های رشدی نهال‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill) در فضای سبز شهر تهران

نجم‌الدین دلفان آذری*[۱]، تیمور رستمی شاهراجی[۲]، وحید غلامی[۳] و سید ابراهیم هاشمی گرم‌دره[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (delfan.na1352@gmail.com)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (trostami@guilan.ac.ir)
۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (gholami.vahid@gmail.com)
٤- استادیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (sehashemi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹٦/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲٦

چکیده

بهبود بازده آب آبیاری از طریق مدیریت کم‌آبیاری یکی از راه‌های مؤثر برای صرفه‌جویی مصرف آب در کشاورزی است. برای بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر تعدادی از شاخص‌های رشد نهال زبان-گنجشک، پژوهشی در دو سال آبی ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در شهر تهران انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل اصلی و زمان به‌عنوان عامل فرعی بود که به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از روش پیشنهادی فائو در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش WUCOLSIII محاسبه شد. نتایج نشان داد که در هر دو سال، آبیاری با سطح ۵۰ درصد نیاز آبی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع، طول شاخه، قطر تاج، فراوانی برگ، شادابی و سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد. نیاز آبی با توجه به فصل رشد (بر اساس زمان و مرحله رشد نهال) و دمای هوا از ۵۰ درصد نیاز آبی اولیه تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی اولیه متغیر بود. در مجموع، با بررسی شاخص‌های رشد و شادابی نهال‌های تحت آبیاری و با در نظر داشتن باران مؤثر و بازده آبیاری، آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه زبان‌گنجشک در عرصه مورد بررسی با روش آبیاری قطره‌ای قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: برنامه آبیاری، تبخیر و تعرق، فضای سبز، نیاز آبی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۲۱۸۸٤۹٦۸٦۰

مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت جهان و نیاز بیش‌تر به تولیدات کشاورزی و عرصه‌های منابع طبیعی از مسائل مهم پیش روی بشر است. در این ارتباط، محدودیت منابع آب و خاک به‌عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی نیز مطرح است (Sepaskhah and Tavakoli, 2005). اهمیت پوشش‌های گیاهی در محیط‌های درون و برون‌شهری به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی جوامع مطرح است؛ به طوری که شهر بدون وجود پوشش‌گیاهی، قابل تصور نیست (Bahmanpour, 2004). در این راستا، از یک طرف به‌منظور جلوگیری از آلودگی هوا و ایجاد محیط زیست مناسب، نیاز مبرم به توسعه فضای سبز در داخل و حومه شهرها احساس می‌شود (Zehtabian and Farshi, 1999) و از طرف دیگر، به‌دلیل محدویت منابع آبی و همچنین وجود رقابت شدید بین مصرف آب در بخش کشاورزی با دو بخش صنعت و مصرف خانگی، اختصاص آب برای ایجاد پوشش گیاهی به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی با مشکلاتی روبه‌رو شده است؛ بنابراین، آب تخصیص‌یافته به عرصه مورد نظر به‌منظور ایجاد پوشش گیاهی دارای ارزش زیادی بوده و باید به‌صورت بهینه و با بازده بالا مورد مصرف قرار گیرد (Zehtabian and Farshi, 1999). برای مصرف بهینه آب در آبیاری، تعیین نیاز آبی گیاهان به‌عنوان اولین و اساسی‌ترین گام مطرح است. به‌طوری که عدم اطلاع از نیاز آبی گیاهان مورد کشت و کار منجر به اعمال آبیاری بیشتر یا کمتر از حد مورد نیاز گیاهان می‌شود. آبیاری بیش از حد موجب هدررفت آب آبیاری، شستشوی عناصر مفید خاک و کاهش تهویه خاک می‌شود. از سوی دیگر، تنش کم‌آبی یا محدودیت آبیاری سبب اختلال در فرآیند فتوسنتز در گیاه و به‌تبع آن تحت تأثیر قرار گرفتن رشد و نمو گیاه می‌شود (Zehtabian and Farshi, 1999).

پژوهش‌های مختلفی در زمینه تعیین نیازآبی گیاهان در فضای سبز شهری انجام شده است. در این مورد Monnazam Esmailpoor و همکاران (2013) با بررسی تعیین نیاز آبی گونه‌های گیاهی غالب شهرستان تربت حیدریه، مجموع نیاز آبیاری درختان زبان گنجشک، اقاقیای معمولی، چنار و کاج را به‌ترتیب ۵۸۳/٤، ٦٤٣، ١٦١ و ٣٤٨/١ میلی‌متر گزارش کردند. در پژوهشی دیگر با برآورد نیاز آبی برخی گیاهان فضای سبز در مناطق خشک، زبان گنجشک، نارون و سرو شیراز را به‌عنوان گونه‌های به‌نسبت متحمل به خشکی و گونه‌های عرعر، بنه، کاج تهران، سرو نقره‌ای و سرو خمره‌ای متحمل به خشکی معرفی شده‌اند (Zehtabian and Farshi, 1999).

تنش خشکی تقریباً روی همه فرآیندهای رشد گیاه تأثیرگذار است (Siddique *et al*., 1999)، با این وجود، پاسخ گیاهان مختلف به شرایط کمبود آب به گونه و رقم گیاهی، سن و مرحله رشد گیاه، شدت و مدت تنش خشکی وابسته است (Levitt, 1980، Lisar *et al*., 2002، Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 2007). کمبود آب در شاخه‌های زبان‌گنجشک منجر به مرگ سرشاخه‌ها، زرد شدن رنگ برگ‌ها، ریزش زودهنگام برگ‌ها و عدم توانایی جوانه انتهایی برای باز شدن در بهار بعدی می‌شود (Wardle, 1961). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده که تنش خشکی رشد طولی، طول ریشه و وزن خشک اندام هوایی نهال‌های کاج سیاه را تحت تأثیر قرار داده است (Dehghan *et al*., 2016). Ugolini و همکاران (2015) با بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی دو گونه درختچه‌ای زینتی بداغ تحت سطوح مختلف آبیاری گزارش کردند که تنش شدید آبی موجب کاهش

پتانسیل آب و کاهش سطح برگ در هر دو گونه شده است. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ منجر به پیری زودهنگام برگ، ریزش قبل از بلوغ برگ، کوچک‌تر شدن سطح برگ، کاهش ماده خشک برگ و افزایش ضخامت بافت اسفنجی برگ بداغ شد. بررسی روابط آبی برگ، نمو گیاه و مقدار واکس کوتیکولی هفت گونه نگهداری شده در شرایط آبیاری مختلف نشان داد که گونه‌های زبان گنجشک آریزونا و درخت باران طلایی تحت تنش خشکی دارای پتانسیل آب کمتر از گیاهان شاهد بودند. همچنین تنش خشکی موجب کاهش پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای، کاهش نسبت‌های سطح برگ به وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ به وزن خشک ریشه شد (Balok and Hilaire, 2002).

از یک طرف قرارگیری کشور ایران در زمره مناطق خشک جهان و لزوم توجه به خشکی به‌عنوان یک واقعیت اقلیمی در کشور و از طرف دیگر عواملی از قبیل پایین بودن میانگین بارش در ایران در مقایسه با میانگین بارش جهانی، توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی و همچنین پایین بودن بهره وری و کارآیی استفاده از منابع آبی در کشور، لزوم پژوهش‌های گسترده در زمینهٔ افزایش کارآیی مصرف آب در کشاورزی را به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب می‌رساند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر تعدادی از شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی نهال‌های زبان‌گنجشک در طی دو سال و در طول هفت ماه سال (فروردین تا مهرماه)، به‌منظور تعیین مناسب‌ترین سطح آبیاری برای رشد و شادابی گیاه در راستای استفاده بهینه از منابع آب با رویکرد صرفه‌جویی اقتصادی و توسعه فضای سبز شهری برنامه‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

روش پژوهش

این پژوهش در سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در عرصه‌ای واقع در جنوب شرقی شهر تهران با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و ۱۲۰۳ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبیاری به‌عنوان عامل اصلی و زمان به‌عنوان عامل فرعی بود که به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این پژوهش از روش کاشت مستطیلی به‌منظور نورگیری بهتر نهال‌ها استفاده شد. فاصله نهال‌ها در هر ردیف چهار متر و فاصله ردیف‌ها سه متر درنظر گرفته شد. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی لومی و pH ۷/٤٥ بود. گودال‌های کاشت، به ابعاد یک متر در یک متر و به عمق ۵۰ سانتی‌متر حفر شد. در این پژوهش از گونه پایا و دیرزی زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill) که جزء گونه‌های مناسب و سازگار با آب و هوای شهر تهران است، استفاده شد. مبدأ بذر نهال‌ها از نهالستان‌های اطراف کرج بوده و تمام نهال‌ها چهارساله و دارای ارتفاع ۱/۸ الی دو متر بودند. وجین علف‌های هرز در مواقع لزوم به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری به‌روش قطره‌ای با آرایش مستقیم و یک ردیفه قطره چکان‌ها نسبت به درختان و با استفاده از آب چاه انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری، پس از گذشت یکسال از زمان کاشت نهال‌ها در عرصه مورد نظر انجام شد. به‌منظور تعیین مقدار آبیاری برای تیمارهای مختلف، ابتدا مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از معادله استاندارد جهانی فائو-پنمن-مانتیث توسط نرم‌افزار کراپ وات و براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی

دوشان تپه به‌صورت روزانه محاسبه و سپس نیاز آبی روزانه گیاه مطابق رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطهٔ (۱) $Td = [ps + 0.15 (1-ps)] \times ETc$

که در آن Td نیاز آبی روزانه گیاه (میلی‌متر درروز)، ps حداکثر درصد سطح سایه‌انداز و ETc حداکثر تبخیر و تعرق روزانه گیاه (میلی‌متر در روز) را نشان می‌دهد. حداکثر تبخیر و تعرق روزانه گیاهان فضای سبز با توجه به‌روش وکولس تری (WUCOLSIII)، طبق رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطهٔ (۲) $ETc = ETo \times Ks \times Kmc$

که در آن ETo تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (میلی‌متر در روز)، Ks ضریب گونه و Kmc ضریب میکروکلیما هستند.

باتوجه به شرایط عرصه کاشت و بررسی‌های انجام گرفته، ضرایب گونه و میکروکلیما با استفاده از روش وکولس تری (WUCOLSIII) (Costello *et al.*, 2000)، به‌ترتیب ۰/٤ و ۱/۱ برآورد شد. بدین‌ترتیب، بعد از محاسبه عمق آبیاری، دور آبیاری، نیاز آب‌شویی، باران مؤثر، بازده آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری، حجم آب مورد نیاز برای هر دور به‌صورت جداگانه محاسبه و مقدار آبیاری گیاه بر مبنای تیمارهای اعمال‌شده تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- حجم آب برآورد شده برای هر دور (لیتر)

Table 1. Water volume estimated for each round (Liter)

سال Year	ماه Month						
	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October
۱۳۹۵ 2016	8.40	66.75	73.50	71.25	68.25	66.60	71.55
۱۳۹٦ 2017	9.45	18.00	79.20	90.00	87.75	88.20	87.75

برای سنجش اثر عامل آبیاری روی نهال‌ها، شاخص‌های رشدی مانند رشد شاخه، ارتفاع، رشد قطر تاج، شادابی، شاخص سطح برگ، فراوانی برگ، تعداد برگ خشک‌شده و مقدار پرولین در هر ماه اندازه‌گیری و ثبت شد. مقدار رشد شاخه و ارتفاع نهال با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار رشد شاخه، سه شاخه در جهت‌های مختلف بر روی هر نهال مشخص شد و میانگین رشد آن‌ها درنظر گرفته شد. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (مدل CI202) انجام شد. شاخص فراوانی برگ بر اساس مشاهده چشمی مورد ارزیابی و امتیازدهی (امتیاز یک تا چهار) قرار گرفت، بدین‌منظور امتیاز یک برای کم‌ترین فراوانی برگ (بدترین حالت) و امتیاز چهار برای بیش‌ترین فراوانی برگ (بهترین حالت) در نظر گرفته شد. شادابی نهال‌ها با توجه به رنگ برگ‌ها و طراوت نهال مورد ارزیابی قرار گرفت و به براساس مشاهده چشمی امتیاز یک تا سه اختصاص داده شد که عدد بالاتر نشانه شادابی بیشتر بود. برای اندازه‌گیری پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌لیتر

اسید سولفوریک سه‌درصد به‌وسیله هاون، هموژن شده و عصاره حاصل صاف شد. دو میلی‌لیتر اسید استیک، دو میلی‌لیتر ناین هیدرین به دو میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده مذکور اضافه شد. محلول حاصل، به‌مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس، لوله‌های آزمایش در داخل یک بستر یخی قرار گرفته، چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. درنهایت، غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر، با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al*., 1973).

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، زمان و اثر متقابل آبیاری× زمان بیشتر صفات مورد بررسی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول‌های ۲ و ۵). به‌دلیل معنی‌داری اثر متقابل آبیاری × زمان، مقدار آبیاری در هر ماه از سال با درنظر گرفتن صفات مختلف، متفاوت خواهد بود و نمی‌توان یک سطح از نیاز آبی را برای تمام ماه‌های سال در نظر گرفت. به‌همین دلیل، به‌منظور جلوگیری از به‌دست آوردن نتایج گمراه کننده، از تفسیر اثرهای اصلی تیمار و زمان اجتناب شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر رشد شاخه، ارتفاع، قطر تاج و شاخص شادابی

Table 2. Analysis of variance the effect of different levels of irrigation on shoot growth, height, crown diameter and succulence index

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square							
		رشد شاخه Shoot growth		ارتفاع Height		قطر تاج Crown diameter		شاخص شادابی Succulence index	
		۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016
بلوک Block	3	0.17 ns	0.82ns	0.72 ns	1.42 ns	0.72 ns	1.15 ns	0.08 ns	0.01ns
آبیاری Irrigation	3	32.77**	26.13**	55.22**	126.50**	130.15**	126.60**	2.31**	8.82**
اشتباه a Error a	9	0.88	0.98	0.59	0.84	3.03	1.69	0.04	0.16
زمان Time	6	582.41**	413.12**	1110.66**	971.10**	23.11.01**	1704.72**	0.87**	1.12**
آبیاری × زمان Time× Irrigation	18	7.71**	6.43**	12.38**	56.04**	20.47**	27.38**	0.47**	0.77**

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square							
		رشد شاخه Shoot growth		ارتفاع Height		قطر تاج Crown diameter		شاخص شادابی Succulence index	
		۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016
بلوک × زمان Time× Block	18	0.42	0.43	0.29	0.60	1.21	1.79	0.07	0.07
اشتباهb Error b	54	0.62	0.89	0.45	0.98	1.97	2.79	0.04	0.05
ضریب تغییرات CV (%)		16.50	25.61	12.10	23.13	14.65	21.79	25.7	9.09

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- اثر آبیاری و زمان نمونه‌برداری بر رشد شاخه و ارتفاع در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 3. Effect of irrigation and sampling time on shoot growth and height in 2016 and 2017.

صفت Trait	ماه Month	سطوح مختلف آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه) Different level of irrigation (percentage of plant water requirement)							
		۱۳۹۶ 2017				۱۳۹۵ 2016			
		125%	100%	75%	50%	125%	100%	75%	50%
رشد شاخه (سانتی متر) Shoot growth (cm)	فروردین April	15.00^{ab}	15.75^{a}	14.50 ^{b}	14.00^{b}	14.00^{a}	13.75^{ab}	13.75 ^{ab}	12.50 ^{b}
	اردیبهشت May	12.75^{c}	14.75 ^{ab}	11.50 ^{d}	6.25 ^{ef}	8.75^{c}	8.75^{c}	9.50 ^{c}	2.50^{ef}
	خرداد June	7.00^{e}	6.25^{ef}	5.75^{f}	2.25^{g}	5.00^{d}	5.00^{d}	3.50^{e}	0.75^{gh}
	تیر July	1.50^{gh}	2.25^{g}	2.50^{g}	0.00 ^{i}	2.00^{fg}	1.75^{fg}	0.75^{gh}	0.00^{h}
	مرداد August	0.25 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.25^{h}	0.00^{h}
	شهریور September	0.50 ^{hi}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.25^{h}	0.00^{h}
	مهر October	1.00 ^{hi}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.75^{gh}	0.00^{h}

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

Means with at least one similar letters in each column are not significantly different (P≤ 0.05) using Duncan's multiple range test.

ادامهٔ جدول ۳.

Continued table 3.

سطوح مختلف آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه) Different level of irrigation (percentage of plant water requirement)								ماه Month	صفت Trait
۱۳۹۵ 2016				۱۳۹۶ 2017					
125%	100%	75%	50%	125%	100%	75%	50%		
25.75^{b}	28.75^{a}	24.50^{b}	6.25^{d}	23.00^{b}	24.50^{a}	21.50^{c}	17.00^{d}	فروردین April	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)
9.50^{c}	6.50^{d}	5.50^{d}	2.25^{ef}	14.50^{e}	13.75^{e}	12.00^{f}	7.50^{g}	اردیبهشت May	
3.00^{e}	2.50^{ef}	1.25^{fgh}	0.00^{h}	7.00^{g}	7.00^{g}	6.75^{g}	0.00^{h}	خرداد June	
1.75^{efg}	0.25^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.50^{h}	0.25^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	تیر July	
0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	مرداد August	
0.05^{gh}	0.00^{h}	0.50^{gh}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	شهریور September	
0.75^{gh}	0.50^{gh}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	0.00^{h}	مهر October	

نتایج برای دو صفت ارتفاع و قطر تاج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی (کاهش مقدار آبیاری) کاهش معنی‌داری در مقدار رشد هر دو شاخص در همه ماه‌های سال مشاهده شد. به‌طوری که در سال‌های اول و دوم اعمال تنش شدید خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) منجر به کاهش ۷۸ و ٤٦ درصدی در ارتفاع و کاهش ٤۹ و ۳۸ درصدی در قطر تاج نهال زبان گنجشک نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) شد. بیش‌ترین مقدار ارتفاع و قطر تاج برای همه تیمارهای آبیاری در دو ماه اول فصل رشد (فروردین و اردیبهشت) بوده و با رسیدن به اواسط و پایان فصل رشد مقدار رشد این شاخص‌ها کاهش یافت. در حالی‌که مقدار رشد ارتفاع و قطر تاج در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی با سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار نداشت. این نتایج بیانگر این است که با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود آب و همچنین اهمیت مقدار آب مصرفی به‌نظر می‌رسد که در عرصه مورد نظر می‌توان با اعمال ۷۵ درصد نیاز آبی، به مقدار رشد ارتفاع و قطر تاج مطلوب در درخت زبان‌گنجشک دست یافت (جدول‌های ۳ و ٤).

جدول ٤- اثر آبیاری و زمان نمونه‌برداری بر قطر تاج و شاخص شادابی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦

Table 4. Effect of irrigation and sampling time on crown diameter and succulence index in 2016 and 2017.

صفت Trait	ماه Month	سطوح مختلف آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه) Different level of irrigation (percentage of plant water requirement)							
		۱۳۹۵ 2016				۱۳۹٦ 2017			
		125%	100%	75%	50%	125%	100%	75%	50%
قطر تاج (سانتی متر) Crown diameter (cm)	فروردین April	29.25^{a}	28.75^{a}	27.00 ^{a}	24.25^{b}	32.25^{a}	31.25^{ab}	30.25^{b}	27.75^{c}
	اردیبهشت May	20.00^{c}	19.00^{cd}	17.50^{d}	5.50^{g}	25.50^{d}	23.75^{d}	20.75^{e}	14.50^{f}
	خرداد June	8.00^{f}	11.00^{e}	10.00^{ef}	1.75^{ij}	15.50^{f}	15.00^{f}	11.50^{g}	3.75^{hi}
	تیر July	1.75^{ij}	3.25^{ghi}	4.25^{gh}	0.00^{j}	3.25^{hi}	4.75^{h}	4.75^{h}	0.00^{k}
	مرداد August	0.50^{j}	0.00^{j}	0.00^{j}	0.00^{j}	0.50^{jk}	0.00^{k}	0.00^{k}	0.00^{k}
	شهریور September	0.75^{j}	0.00^{j}	0.00^{j}	0.00^{j}	1.25^{jk}	0.00^{k}	0.00^{k}	0.00^{k}
	مهر October	2.25^{jhi}	0.00^{j}	0.00^{j}	0.00^{j}	2.25^{ij}	0.00^{k}	0.00^{k}	0.00^{k}
شادابی Succulence	فروردین April	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}
	اردیبهشت May	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}
	خرداد June	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	2.00^{c}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}
	تیر July	3.00^{a}	2.75^{ab}	3.00^{a}	1.75^{c}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	2.75^{a}
	مرداد August	3.00^{a}	2.75^{ab}	3.00^{a}	1.00^{d}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	2.00^{b}
	شهریور September	3.00^{a}	3.00^{a}	2.75^{ab}	1.00^{d}	3.00^{a}	3.00^{a}	2.75^{a}	1.50^{c}
	مهر October	3.00^{a}	3.00^{a}	2.50^{b}	1.00^{d}	3.00^{a}	3.00^{a}	2.25^{b}	1.50^{c}

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

Means with at least one similar letters in each column are not significantly different (P> 0.05) using Duncan's multiple range test.

نتایج برای صفت شادابی نشان داد که روند کاهشی در مقدار شادابی گیاه در طی فصل رشد در هر دو سال وجود داشت (جدول ٤). در سال اول کاهش معنی‌دار شادابی نهال از خرداد ماه و در سال دوم از مرداد ماه شروع شده و در مهر ماه به حداقل مقدار خود رسیده است. نگاهی دقیق به اثر تیمارهای آبیاری

بر شاخص شادابی نهال زبان گنجشک نشان می‌دهد که آبیاری در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب منجر به کاهش ۳۷ و ۲۰ درصدی این شاخص نسبت به شاهد شده است، این در حالی است که تیمار ۷۵ درصد آبیاری در سال اول اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان نداد و در سال دوم تنها سبب کاهش ۵ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. براساس این نتایج، با آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه زبان گنجشک در عرصه مورد بررسی می‌توان در کنار مصرف بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب، به شادابی مورد نظر در گیاه زبان گنجشک دست یافت (جدول ٤).

نتایج نشان داد که آبیاری در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه سبب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد شد. رابطه مستقیمی بین کاهش سطح آبیاری و کاهش سطح برگ نهال زبان گنجشک مشاهده شده؛ به‌عبارت دیگر با افزایش شدت کم‌آبیاری، کاهش شدیدتری در شاخص سطح برگ مشاهده شد. به‌طوری که در سال‌های اول و دوم در اثر تنش شدید خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) به‌ترتیب کاهش ۳۰ و ۳۲ درصدی در شاخص سطح برگ زبان گنجشک نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) مشاهده شد. در هر دو سال بیش‌ترین شاخص سطح برگ در ماه فروردین و کم‌ترین مقدار این شاخص مربوط به ماه‌های شهریور و مهر بود. به‌نظر می‌رسد که نهال زبان گنجشک برای داشتن سطح برگ مطلوب نیازمند آبیاری در سطح کامل مورد نیاز گیاه است (جدول ٦).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص سطح برگ، فراوانی برگ، تعداد برگ خشک شده و پرولین

Table 5. Analysis of variance the effect of different levels of irrigation on leaf area index, leaf abundance, number of leaf dried and proline

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square							
		شاخص سطح برگ Leaf area index		فراوانی برگ Leaf abundance		تعداد برگ خشک شده No. of leaf dried		پرولین Proline	
		۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016
بلوک Block	3	5815.9 ns	3949.1 ns	0.08 ns	0.07 ns	0.20ns	0.09 ns	0.003ns	0.0006 ns
آبیاری Irrigation	3	1367480.1**	896397.1**	0.98**	1.02**	121.25**	95.92**	0.14**	0.13**
اشتباه a Error a	9	10153.7	3377.7	0.12	0.09	0.11	0.40	0.008	0.005
زمان Time	6	138217.4**	108333.2**	0.50**	0.43**	123.03**	12.92**	0.01**	0.01**
آبیاری × زمان Time × Irrigation	18	15450.4*	13448.8 ns	0.31**	0.33**	21.80**	16.53**	0.004*	0.003 ns

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

ادامهٔ جدول ۵.

Continued table 5.

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square							
		شاخص سطح برگ Leaf area index		فراوانی برگ Leaf abundance		تعداد برگ خشک شده No. of leaf dried		پرولین Proline	
		۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016
بلوک × زمان Time × Block	18	10575.8	10785.3	0.02	0.02	0.31	0.14	0.002	0.001
اشتباه b Error b	54	8154.8	7924.1	0.02	0.03	0.11	0.22	0.002	0.001
ضریب تغییرات CV (%)		7.60	8.21	4.30	4.84	17.11	24.42	14.59	13.75

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

نتایج مقایسه میانگین برای صفت فراوانی برگ بیانگر این بود که هر چند اعمال تیمارهای کم‌آبیاری سبب کاهش فراوانی برگ هر نهال شده است، با این وجود تنها آبیاری با سطح ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص نسبت به تیمار شاهد شده است و بین سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی روند تغییرات فراوانی تعداد برگ در هر نهال در طی مدت ۷ ماه مورد بررسی نشان داد که در ۵ ماه اول این شاخص تغییر معنی‌داری نکرده و تنها در دو ماه شهریور و مهر کاهش معنی‌داری در این شاخص مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که در گیاه زبان گنجشک از فروردین تا مرداد سطح ۵۰ درصد نیاز آبی و برای دو ماه شهریور و مهر سطح ۷۵ درصد نیاز آبی قابل توصیه است و ضمن کاهش مصرف آب می‌توان به تعداد مطلوب برگ در هر نهال دست یافت (جدول ٦).

نتایج برای تعداد برگ خشک گیاه نشان می‌دهد که اعمال تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌های خشک‌شده شاخه شده است. تیمارهای دارای تنش کم‌آبی (۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی) سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌های خشک‌شده شاخه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیش‌ترین تعداد برگ‌های خشک‌شده در اثر تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهده شده درحالی‌که کم‌ترین تعداد برگ‌های خشک‌شده در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آبیاری مشاهده شد؛ هر چند در هر دو سال بین دو سطح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آبیاری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین تعداد برگ‌های خشک‌شده شاخه بیانگر شروع خشک شدن برگ از تیر ماه بوده و روند افزایش معنی‌دار این شاخص در طی ٤ ماه پایانی (تیر تا مهر) است.

جدول ٦- اثر آبیاری و زمان نمونه‌برداری بر شاخص سطح برگ و فراوانی برگ در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵٦

Table 6. Effect of irrigation and sampling time on leaf area index and leaf abundance in 2016 and 2017 years

صفت Trait	ماه Month	سطوح مختلف آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه) Different level of irrigation (percentage of plant water requirement)							
		۱۳۹۵ 2016				۱۳۹٦ 2017			
		125%	100%	75%	50%	125%	100%	75%	50%
شاخص سطح برگ Leaf area index	فروردین April	1305.1^{a}	1250.2^{a}	1149.4^{a}	1061.3^{a}	1502.5^{a}	1403.1^{abcd}	1197.5^{ghi}	1142.4^{hij}
	اردیبهشت May	1252.9^{a}	1305.0^{a}	1056.8^{a}	1046.4^{a}	1417.5^{abc}	1475.2^{ab}	1101.3^{ijkl}	1128.9^{hijk}
	خرداد June	1234.0^{a}	1292.9^{a}	1049.3^{a}	919.5^{a}	1369.4^{bcdef}	1434.8^{abc}	1132.2^{hijk}	1016.9^{jklmn}
	تیر July	1289.4^{a}	1272.8^{a}	1010.9^{a}	801.9^{a}	1407.8^{abcd}	1390.1^{abcde}	1052.8^{jklm}	889.2^{nop}
	مرداد August	1165.8^{a}	1259.6^{a}	915.3^{a}	797.3^{a}	1256.7^{fgh}	1402.2^{abcd}	969.0^{mno}	877.6^{op}
	شهریور September	1104.7^{a}	1152.8^{a}	936.8^{a}	704.2^{a}	1286.1^{defg}	1282.6^{defg}	994.7^{lmn}o	742.4^{q}
	مهر October	1167.8^{a}	1162.5^{a}	963.8^{a}	722.9^{a}	1323.8^{cdefg}	1272.2^{efg}	1004.3^{klmno}	766.0^{pq}
فراوانی برگ Leaf abundance	فروردین April	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}
	اردیبهشت May	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}
	خرداد June	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}
	تیر July	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}
	مرداد August	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	3.7^{b}	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	3.7^{a}
	شهریور September	4.0^{a}	4.0^{a}	4.0^{a}	2.7^{c}	4.0^{a}	4.0^{a}	3.7^{a}	2.7^{b}
	مهر October	4.0^{a}	4.0^{a}	3.7^{b}	2.7^{c}	4.0^{a}	4.0^{a}	3.7^{a}	2.7^{b}

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

Means with at least one similar letters in each column are not significantly different (P≤ 0.05) using Duncan's multiple range test.

نتایج برهم‌کنش آبیاری و زمان نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مختلف، در هر دو سال مورد بررسی بیش‌ترین مقادیر تعداد برگ خشک شده در ماه‌های شهریور (۹/۵ و ۱۰/۵ عدد) و مهر (۱۳/۷۵ و ۱۵/۵ عدد) در اثر تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهد شد (جدول ۷). براساس نتایج مقایسه میانگین، در بین سطوح مختلف آبیاری، بالاترین مقدار پرولین برگ در نمونه‌های تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی اندازه‌گیری شد که

نشان‌دهنده ارتباط مستقیم شدت تنش خشکی و مقدار پرولین است، به‌طوری که با افزایش شدت تنش خشکی مقدار پرولین به‌صورت خطی افزایش پیدا کرده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که مقدار پرولین برگ از فروردین تا مرداد ماه افزایش یافته و در مرداد ماه به حداکثر مقدار خود رسید و سپس روند کاهشی را تا پایان مهر ماه نشان داد (جدول ۷).

جدول ۷- اثر آبیاری و زمان نمونه‌برداری بر تعداد برگ خشک شده و پرولین در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵٦

Table 7. Effect of irrigation and sampling time on number of leaf dried and proline in 2016 and 2017 years

صفت Trait	ماه Month	سطوح مختلف آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه) Different level of irrigation (percentage of plant water requirement)							
		۱۳۹۵ 2016				۱۳۹٦ 2017			
		125%	100%	75%	50%	125%	100%	75%	50%
تعداد برگ خشک شده (عدد) Number of leaf dried (number)	فروردین April	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}
	اردیبهشت May	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}
	خرداد June	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}
	تیر July	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	3.25^{e}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}	3.50^{f}
	مرداد August	0.00^{g}	0.00^{g}	0.00^{g}	5.75^{d}	0.00^{i}	0.00^{i}	0.00^{i}	6.00^{d}
	شهریور September	1.25^{f}	0.00^{g}	3.75^{e}	9.50^{b}	0.75^{h}	1.75^{g}	4.25^{e}	10.25^{b}
	مهر October	5.25^{d}	3.50^{e}	8.00^{c}	13.75^{a}	3.50^{f}	3.25^{f}	6.75^{c}	15.50^{a}
پرولین (میلی‌گرم در گرم بر تازه) (mg/g WL) Proline	فروردین April	0.23^{a}	0.20^{a}	0.35^{a}	0.32^{a}	0.24^{ij}	0.23^{ij}	0.36^{bcdef}	0.36^{bcdef}
	اردیبهشت May	0.23^{a}	0.21^{a}	0.31^{a}	0.35^{a}	0.23^{ij}	0.27^{hij}	0.33^{defgh}	0.39^{bcd}
	خرداد June	0.23^{a}	0.25^{a}	0.32^{a}	0.38^{a}	0.24^{ij}	0.26^{ij}	0.36^{bcdef}	0.40^{bc}
	تیر July	0.22^{a}	0.26^{a}	0.34^{a}	0.44^{a}	0.22^{j}	0.25^{ij}	0.35^{cdef}	0.47^{a}
	مرداد August	0.31^{da}	0.35^{a}	0.36^{a}	0.43^{a}	0.37^{bcde}	0.39^{bcd}	0.35^{cdef}	0.47^{a}
	شهریور September	0.28^{a}	0.29^{a}	0.32^{a}	0.45^{a}	0.29^{fghi}	0.30^{efghi}	0.34^{cdefgh}	0.47^{a}
	مهر October	0.272^{a}	0.277^{a}	0.32^{a}	0.43^{a}	0.28^{ghij}	0.27^{hij}	0.36^{bcdef}	0.42^{ab}

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

Means with at least one similar letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

بحث

اولـین واکنش گیاهان در زمان مواجه‌شدن با تنش خشکی، کاهش رشد رویشی است. به‌طوری که گزارش شده است که خصوصیات رویشی درختان مانند ارتفـاع، وزن‌تر و خشک اندام‌ها، تعداد و سطح برگ به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته است (Higgs and Jones, 1990). مطابق نتایج، بیش‌ترین رشد گیاه زبان گنجشک از نظر شاخص‌های رشد شاخه، ارتفاع گیاه و قطر تاج در دو ماه فروردین و اردیبهشت ماه رخ داد. همچنین در شرایط تنش خشکی و در ماه‌های گرم سال مقدار رشد گیاه کاهش یافت. Bayat (2014) نیز رشد طولی ساقه در گیاه زیتون را در سه ماهه اول سال دو برابر سه ماهه دوم در شرایط بدون تنش آبی گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. از طرف دیگر با اعمال تنش کم آبی نیز، رشد گیاه کاهش یافت. از جمله اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی، کاهش رشد رویشی است که دلیل این امر را می‌توان به کاهش رشد اندام‌های هوایی برای کاهش سطوح تعرق گیاه به‌عنوان یکی از راهکارهای مقابله با تنش کم‌آبی در گیاهان، نسبت داد. کاهش شاخص‌های رشدی در گیاهان زراعی و جنگلی مانند صنوبر (Bagheri *et al.,* 2012; 2016)، سروخمره‌ای (Soofizadeh *et al.,* 2010) و زیتون (Bayat, 2014) همراه با تنش کم‌آبی در پژوهش‌های متعددی نشان داده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که در اثر اعمال تنش خشکی مقدار شادابی کاهش پیدا کرد که این نتایج با یافته‌های به‌دست‌آمده روی زرشک مطابقت دارد (Setayesh *et al.,* 2016). با بررسی مقدار آستانه تحمل به خشکی زرشک زینتی و اعمال سطوح مختلف آبیاری گزارش‌شده که شـاخص طراوت براساس شادابی و رنگ با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافت. کم‌ترین شاخص طراوت در اثر اعمال تیمارهـای ۲۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده شـده است (Setayesh *et al.,* 2016). در گیاهان مرتبط با فضای سبز علاوه بر خصوصیات کمـی مانند مقدار تولیـد زیست توده و ارتفـاع بوتـه، زیبـایی و شـادابی گیاهـان نیـز مـد-نظـر است و شادابی این گونه‌های گیاهی به‌عنوان یک صفت بسیار مهم در فضای سبز شهری تلقی می‌شود. به‌دلیل اینکه از یک سو مقدار شادابی گیاهان مورد کشت و کار در فضای سبز به میزان آب موجود در اندام‌های هوایی به‌ویژه برگ‌ها ارتباط دارد (Setayesh *et al.,* 2016) و از سوی دیگر تنش کم آبی سبب کاهش مقدار آب در برگ‌ها و بخش هوایی گیاه می‌شود کاهش شادابی و طراوات گیاهان تحت تنش خشکی به‌عنوان یکی از پیامدهای منفی تنش خشکی قابل انتظار و نیز قابل توجیه است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اعمال کم‌آبیاری از یک طرف از طریق زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌ها و از سوی دیگر از طریق کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید موجب کاهش شاخص سطح برگ در گونه زبان گنجشک شد. Yin و همکاران (2005) با بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری (آبیاری کامل ۱۰۰ درصد و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) بر مقدار رشد اولیه، تخصیص ماده خشک و بهره‌وری مصرف آب دو گونه پوپولوس بیان کردند که تحت تیمار تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) تعداد برگ و سطح برگ کل کاهش پیدا کرده است. همچنین Rahmati و همکاران (2014) اظهار کردند که سطح ویژه برگ درخت هلو در شرایط تنش کـم‌آبـی متوسـط و شـدید بـه‌ترتیب ۱۰ و ۳۰ درصد نسبت به شرایط تنش ملایم کـاهش پیدا کرد. اعمال تیمارهای کم‌آبیاری (۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی) در این پژوهش منجر به افزایش مقدار پرولین در برگ گونه زبان گنجشک شد که با نتایج

گزارش‌شده در گیاهان پوششی مانند چمن‌ها (Ahmadi, 2010; Tatari *et al.,* 2013) هم‌خوانی دارد. همچنین افزایش سطح تنش خشکی موجب افزایش پرولین در چهار گونه اکالیپتوس شده است (Shariat and Assareh, 2008). بررسی‌های انجام‌گرفته در پژوهش‌های مختلف بیانگر این مطلب است که با توجه به فواصل کوتاه زمانی اندازه‌گیری‌ها (ماهیانه)، معیارهای مانند شادابی درخت و فراوانی برگ‌های خشکیده، نسبت به دیگر معیارها مناسب‌تر هستند، چرا که تغییرپذیری آن‌ها نسبت به معیارهایی مانند رشد شاخه یا رشد ارتفاع بیشتر است. همچنین در شرایط کمبود شدید آب، عموماً آبیاری با هدف شادابی گیاه صورت می‌گیرد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که برای دست‌یابی به صفت شادابی گیاهان، تنها در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد می‌توان گیاه را با ۵۰ درصد نیاز آبی، آبیاری کرد. برای بقیه ماه‌های سال نیاز است که آبیاری را به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی درنظر گرفت. از آنجایی که مقدار نیاز آبی بسته به شرایط دمای محیط متغییر است؛ بنابراین با افزایش درجه حرارت و مقدار تبخیر و تعرق، مقدار نیاز آبی گیاهان افزایش می‌یابد. از طرفی، در شرایط دمایی مناسب نسبت به هوای سرد، در صورت تأمین آب مورد نیاز، رشد نهال بیشتر و درنتیجه مصرف آب آن نیز افزایش خواهد یافت (Sharghi *et al.,* 2010). نتایج این پژوهش می‌تواند به‌صورت گراف یا حل ترسیمی برای تعیین نیاز آبی در شرایط دمایی مختلف در فصول رشد مورد استفاده قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود با تداوم پژوهش‌ها از طریق انتخاب گونه‌های متعدد و مقادیر آبیاری مختلف، عملکرد گونه‌های متعدد ارزیابی و انتخاب بهترین گونه‌ها با در نظر گرفتن معیارهای مناسب در دستور کار محققین قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از زحمات و همکاری پرسنل محترم شهرداری تهران و مدیریت محترم شهرک شهید بهشتی قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء به‌دلیل در اختیار قراردادن فضای مناسب برای انجام این پژوهش تشکر نماییم. همچنین از سازمان هواشناسی کشور برای ارائه اطلاعات اقلیمی قدردانی می‌کنیم.

References

- Ahmadi, S., 2010. Comparison and evaluation of drought resistance in five species, cultivars and population of turf grass for using in landscape. M.Sc thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran (In Persian)
- Bagheri, R., R. Ghasemi, M. Calagari & F. Merrikh, 2012. Effect of different irrigation intervals on superior poplar clones yield, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3): 357-369. (In Persian)
- Bagheri, R., R. Ghasemi, M. Kalagari & F. Merrikh, 2016. Comparative study of poplar yield of different cultivars as influenced by irrigation interval in Karaj, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(4): 732-742. (In Persian)
- Bahmanpour, H., 2004. The effects of urban development on green space in Tehran and management solutions. M.Sc. thesis. Faculty of Environment. Islamic Azad University. Tehran, Iran, 331 p (In Persian)
- Balok, C. A. & R. S. Hilaire, 2002. Drought responses among seven southwestern landscape tree taxa, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(2): 211-218.
- Bates, L. S., R. P. Waldran & I. D. Teare, 1973. Rapid determination of free proline for water studies, *Plant and Soil*, 39(1): 205–207.
- Bayat, J., 2014. The effect of different levels of water application on yield and vegetation characteristics of mature olive tree via subsurface drip irrigation. Ph.D. thesis.

Faculty of Water Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, 83 p. (In Persian)
- Costello, L. R., N. P. Matheny & J. R. Clark, 2000. A guide to Estimating irrigation water needs landscape plantings in California, University of California Cooperative Extension, California, USA. 160 p.
- Dehghan, S., M. Tabari Kochak Saraei & Gh. Jalali, 2016. Effect of SiO2 NPS nanoparticles on morphophysiological characteristics of Pinus nigra under drought stress, *Forest Research and Development*, 2(3):289-299. (In Persian).
- Higgs, K. H. & H. G. Jones, 1990. Response of apple rootstocks to irrigation in south–east England, *Journal of Horticultural Science*, 65(2): 129-141.
- Levitt, J., 1980. Stress terminology. In: Tuner P. J. Kramer (Eds.), Adaptation of plants to water stress. *Willy Press*, 36: 437-439.
- Lisar, S. Y. S., R. Motafakkerazad, M. M. Hossain & I. M. M. Rahman, 2002. Water stress in plants: causes, effects and responses, InTech Open.
- Monnazam Esmailpoor, A., S. A. M. Alavizadeh & M. Hosseinzadeh kermani, 2013. Dominant the water needs tree species planted in of urban (case study: province Torbat Heydariyeh). The first national conference on urban services and environment, 9 & 10 Octber 2013, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Rahmati, M., Gh. Davarynejad, M. Bannayan Awal & M. Azizi, 2014. Effect of water deficit stress on peach growth under commercial orchard management conditions, *Journal of Water and Soil*, 28(5): 940-950. (In Persian)
- Sepaskhah, A. & A. Tavakoli, 2005. Principles and application of deficit irrigation, National Committee on Irrigation and Drainage, 210 p. (In Persian)
- Setayesh, R., M. Kafi & J. Nabati, 2016. Evaluation of drought stress thresholds in ornamental barberry (Berberis thunbergii cv. Atropurpurea) shrub in Mashhad condition, *Journal of Horticultural Science*, 30(3): 714-722. (In Persian)
- Sharghi, T., A. H. Bari, M. A. Asadi & M. R. Kousari, 2010. Estimation of reference evapotranspiration by FAO-Penman-Monteith method and its zonation in Yazd province, *Arid Biom Scientific and Research Journal*, 1(1): 25-33. (In Persian)
- Shariat, A. & M. H. Assareh, 2008. Effects of drought stress on pigments, prolin, soluble sugar and growth parameters on four Eucalyptus species, *Pajouhesh va Sazandegi*, 78: 139-148. (In Persian)
- Shinozaki, K. & K. Yamaguchi-Shinozaki, 2007. Gene networks involved in drought stress response and tolerance, *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 221-227.
- Siddique, M. R. B., A. Hamid & M. S. Islam, 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat, *Botanical Bulletin- Academia Sinica Taipei*, 40: 141-145.
- Soofizadeh N., S. M. Hosseini & M. Tabari, 2010. Effect of seed sowing date, irrigation and weed control on some quantitative and qualitative characteristics of Pinus brutia seedlings in nursery, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(1): 77-89. (In Persian)
- Tatari, M., R. Fotouhi Ghazvini, N. Etemadi, A. M. Ahadi & A. Mousavi, 2013. Study of some physiological responses in three species of turfgrass in drought stress conditions, *Journal of Plant Production*, 20(1): 63-87. (In Persian)
- Ugolini, F., F. Bussotti, A. Raschi, R. Tognetti & A. R. Ennos, 2015. Physiological performance and biomass production of two ornamental shrub species under deficit irrigation, *Trees*, 29(2): 407-422.
- Wardle, P., 1961. *Fraxinus excelsior* L., *Journal of Ecology*, 49(3): 739-751.
- Yin, C., X. Wang, B. Duan, J. Luo & Ch. Li, 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric Populus species as affected by water stress, *Environmental and Experimental Botany*, 53(3):315-322.
- Zehtabian, G. & A. A. Farshi, 1999. An estimate of water requirement of green areas plants in arid zones (case study: Kashan), *Iranian Journal of Natural Research*, 52(2): 63-75. (In Persian)

The effect of different irrigation levels on growth parameters of ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill) seedlings in green space of Tehran city

N. Delfan Azari[*1], T. Rostami Shahraji[2], V. Gholami[3] and S. E. Hashemi Garmdareh[4]

1- Ph.D. Student, Department of Forestry, University Campus 2, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran. (delfan.na1352@gmail.com)
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran. (trostami@guilan.ac.ir)
3-Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran. (gholami.vahid@gmail.com)
4-Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran. (sehashemi@ut.ac.ir)

Received: 29.12.2017 Accepted: 15.04.2018

Abstract

Improvement of the irrigation water efficiency through irrigation management is one of the most effective ways to save water use in the agriculture. The experiment was conducted to evaluation of different irrigation levels on various indicators of growth in ash in 2016 and 2017. The experiment treatments were included irrigation (50, 75, 100 and 125% water requirements) as main factor and time as sub factor that was accomplished in a split plot replicated in time at randomized complete block design with four replications. Irrigation was done with estimated value of irrigation water requirements using FAO equation and WUCOILSIII method. The results showed that in both years irrigation with 50% of plant water requirements resulted in significant decrease in height, shoot length, crown diameter, leaf abundance, succulence and leaf area index in comparison with the control treatment. Results indicated that water demand varied from 50% to 100% basic water requirement due to the growing season (based on time and growth stage of the seedling) and air temperature. Generally, by examining the growth index and succulence of plants under irrigation and considering effective rainfall and irrigation efficiency, irrigation at 75% of basic water requirement in studied field was recommendable as optimal irrigation.

Keywords: Evaporation and transpiration, Green space, Irrigation schedule, Water requirements.

[*] Corresponding author Tel: +982188496860