فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

۱۱۷-۱۳۴

مقاله پژوهشی

ویژگی‌های موروفولوژیک نهال‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill)، توت نرک (*Morus alba*) و افرای سیاه (*Acer negundo*) در گلخانه و عرصه تحت تنش‌های آبی در رباط‌کریم

محمد عسگری[۱]، محسن جوانمیری‌پور[۱]، وحید اعتماد*[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲] و اعظم اسکندری‌راد[۳]

[۱] گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۳] گروه مدیریت دولتی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه، فیروزکوه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

عسگری، م.، م. جوانمیری‌پور، و. اعتماد، ع. لیاقت و ا. اسکندری‌راد. ۱۴۰۱. ویژگی‌های موروفولوژیک نهال‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill)، توت نرک (*Morus alba*) و افرای سیاه (*Acer negundo*) در گلخانه و عرصه تحت تنش‌های آبی در رباط‌کریم. فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۲): ۱۱۷-۱۳۴.

سابقه و هدف: یکی از محدودیت‌های اصلی در منطقه‌های خشک و نیمه خشک، تخصیص منابع آبی برای توسعه فضای سبز است. از آنجایی که تنش‌های آبی و خشکی در کنار انتخاب نادرست گونه از عامل‌های اصلی کاهش دهنده بقای نهال‌ها در مرحله استقرار در جنگلکاری‌ها در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آیند، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های ظاهری نهال‌های گونه‌های زبان گنجشک، توت نرک و افرای سیاه در گلخانه و عرصه تحت تنش‌های آبی در شهر رباط‌کریم است.

مواد و روش‌ها: شهر رباط‌کریم یکی از شهرستان‌های استان تهران، با وسعتی معادل ۲۷۵ کیلومتر مربع است. به‌منظور مطالعه اثر تنش آبی بر ویژگی‌های ظاهری نهال‌های مورد مطالعه از هر گونه (سه نوع گونه) در هر محیط (گلخانه و عرصه)، تعداد ۲۰ اصله نهال (مجموع ۱۲۰ اصله نهال) در دو محیط گلخانه و عرصه کاشته شد و در سه سطح تنش آبی (دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه حد مجاز تخلیه رطوبتی[1](MAD) در قالب طرح بلوک‌های به‌طور کامل تصادفی در پنج تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. بدین صورت که نهال‌هایی که به نقطه MAD می‌رسیدند، بلافاصله آبیاری نمی‌شدند و تحت سه سطح از تنش آبی دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD قرار گرفتند. سپس ویژگی‌های کمی ظاهری نهال‌ها که شامل پارامترهای تعداد برگ‌ها، ابعاد برگ‌ها، ارتفاع نهال‌ها، قطر بن، وزن برگ خشک، وزن خشک ساقه به‌همراه ویژگی‌های کیفی نهال‌ها که عبارت‌اند از شادابی برگ‌ها و سلامت نهال‌ها، اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD در گلخانه برای گونه‌های زبان‌گنجشک ۲۹، افرای سیاه ۲۸ و

* Corresponding Author: *Email Address*. vetemad@ut.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs. 2022.1053
http://dorl.net/dor/ 20.1001.1.17351324.1401.20.2.10.1

توت نرک ۳۲ و در عرصه برای گونه‌های زبان‌گنجشک ۲۰، افرای سیاه ۲۰ و توت نرک ۱۷ دوره بوده است. به‌طور کلی در هر سه گونه مورد مطالعه، در اردیبهشت ماه (زمان شروع پژوهش)، نهال‌ها در وضعیت بسیار مناسبی قرار داشت. در سایر ماه‌ها، پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن (دو، چهار و شش روزه) همواره با گذشت زمان از تعداد برگ و ابعاد برگ کاسته شده است. به‌طوریکه در گونه افرای سیاه تعداد برگ‌ها در محیط گلخانه در ماه مرداد به عدد صفر (بی برگی نهال) رسید.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی با افزایش تنش آبی از تعداد برگ، ابعاد برگ، وزن برگ خشک، وزن خشک ساقه، شادابی برگ‌ها و سلامت نهال کاسته شد. به‌نظر می‌رسد که شش روز پس از MAD زمان مناسب آبیاری نهال‌ها با توجه به ویژگی‌های ظاهری آنان است. توجه به ویژگی‌های ظاهری نهال‌ها در هنگام آبیاری همواره به استفاده بهینه در مصرف آب، جلوگیری از زیاد آبیاری و کم آبیاری نهال‌ها و صرفه جویی در هزینه‌های مربوطه کمک شایانی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، جنگلکاری، ویژگی‌های ظاهری، منطقه‌های خشک، نهال.

مقدمه

در ایران به‌دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Babadaei Samani and Ghetali, 2015). به‌طوریکه ۸۵ درصد از زمین‌های کشور تحت اقلیم‌های خشک (۳۰٪)، نیمه‌خشک (۲۰٪) و فراخشک (۳۵٪) می‌باشد (Amiri and Eslamian, 2010). امروزه یکی از مهمترین چالش‌های حال و آینده در ایران مسئله کم آبی و در مواردی بحران کم آبی است (Karami and Ghaffarian Bahraman, 2017). هم اکنون بیش از ۸۵٪ مصرف آب در دنیا مربوط به بخش کشاورزی است. با افزایش روزافزون تقاضا برای مصرف‌های شرب و صنعت، سهم تخصیص یافته آب به این بخش به سرعت رو به کاهش نهاده است، بنابراین استفاده بهینه از منابع آب در اولویت فعالیت‌های بیشتر کشورها قرار گرفته است (Ahmadauli, 2013). یکی از محدودیت‌های اساسی در منطقه‌های خشک و نیمه خشک، تخصیص منابع آبی برای توسعه فضای سبز (فضای سبز عمومی و غیر عمومی، پارک‌ها و بوستان‌های جنگلی و غیر جنگلی، جنگلکاری‌ها و کمربندهای سبز) است (Bamanian and Motevasseli, 2008). در این منطقه‌ها منابع آب محدود بوده و تخصیص آب به فضای سبز در رقابت شدیدی با مواردی نظیر کشاورزی، صنعت و حتی آب شرب می‌باشد. بنابراین، آب تخصیص یافته به عرصه مورد نظر جهت ایجاد پوشش گیاهی دارای ارزش زیادی بوده و باید به‌صورت بهینه مورد مصرف قرار گیرد (Zehtabian and Farshi, 2000).

ارتباط میان تنوع زیستی و کارکرد بوم‌سازگان‌ها در دهۀ گذشته، به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی جدید، جامعه و بوم‌شناسی بوم‌سازگان‌ها (نظیر بوم‌سازگان‌های جنگلی) را به هم پیوند می‌دهد. تنوع زیستی و ساختار یک جامعه (گیاهی یا جانوری)، می‌تواند به شدت بر عملکرد بوم‌سازگان‌ها تأثیرگذار باشد (Palik *et al.*, 2020). در یک بوم‌سازگان هر چه تنوع گونه‌ای بیشتر باشد، زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر و شبکه‌های حیاتی پیچیده‌تر گردیده و در نتیجه محیط پایدارتر و از شرایط خودتنظیمی بیشتری برخوردار می‌گردد. بنابراین اهمیت روزافزون تنوع‌زیستی به‌دلیل نقش آن در حفظ ثبات بوم‌سازگان‌ها است (Ardakani, 2012). به همین دلیل با تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک می‌توان افزون بر تضمین پایداری تنوع زیستی بوم‌سازگان، اقدام به تنظیم برنامه آبیاری نمود و از مشکل‌های ناشی از آبیاری نامناسب جلوگیری نمود (Shao *et al.*, 1998؛ Alihouri *et al.*, 2015) بعلاوه اینکه امکان طراحی دقیق شبکه‌های آبیاری فضای سبز

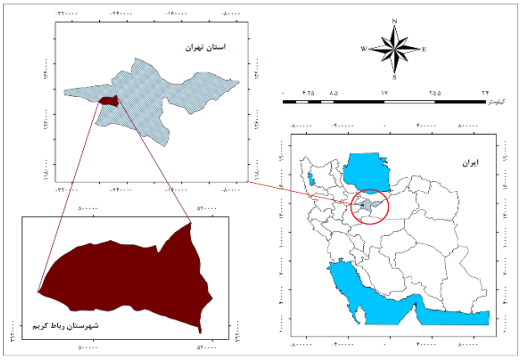
فراهم می‌گردد و از صرف هزینه‌های گزاف بهره‌برداری و نگهداری ناشی از طراحی نادرست این سیستم‌ها جلوگیری خواهد شد. یکی از اقدام‌های بسیار مهم در توسعه فضای سبز (فضای سبز عمومی و غیر عمومی، پارک‌ها و بوستان‌ها، جنگلکاری‌ها و کمربندهای سبز) در وهله اول تعیین دقیق نیاز آبی و ضریب گیاهی گونه-های فضای سبز و در وهله دوم بررسی دقیق توان مقاومتی گونه‌های درختی در برابر تنش‌های محیطی از قبیل بردباری در برابر کمبود آب می‌باشد (Boustani and Ansari, 2011). به‌طور کلی در فیزیولوژی گیاهی تنش عبارت از مقدار فشار وارد شده برگیاه یا میزان انحراف گیاه از شرایط مطلوب است (Djazirehi, 2010). در واقع اگر آب برای ریشه گیاه محدود شده و یا سرعت تعرق بسیار زیاد شود، گیاه تنش آبی را تجربه می‌کند (Reddy *et al.*, 2004). گیاهان در مقابله با تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند که شامل تغییر در آناتومی، فیزیولوژی، مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه می‌باشد (Sarmad Nia and Kouchaki, 1993). تنش آبی طولانی مدت موجب کاهش اندازه اندام‌های گیاهی می‌شود (Asgari *et al.*, 2021; Asgharpour *et al.*, 2017; Delfan Azari *et al.*, 2020).

بررسی‌ها نشان دادند تنش آبی سبب کاهش رشد اندام هوایی نهال می‌شود (Nagakura *et al.*, 2004). همچنین، مطالعات نشان داد که تنش خشکی در گونه‌های بنه، خنجوک، کیکم و افرای سه سره (*Acer buergerianum* Miq) موجب کاهش رشد ارتفاعی و قطر یقه گردید (Yang *et al.*, 2011). Delfan Azari *et al.* (2020) نیز نشان دادند که اعمال کم آبیاری 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 سنجه سطح برگ در زبان‌گنجشک شد. Asri *et al.* (2006) طی تحقیق‌هایی روی نهال‌های بلند مازو در سواحل نوشهر دریافتند که هر چه تنش آبی بیشتر باشد، قطر نهال‌ها کمتر می‌شود (Asri *et al.*, 2006). درختان در مکان‌هایی که با تنش خشکی رو به رو هستند با کاهش رویش قطری و ارتفاعی و همچنین با تغییر در مورفولوژی برگ و کاهش تاج پوشش خود با محیط سازگار می‌شوند (Hoff and Rambal, 2003). رشد برگ‌ها تا حدی نسبت به تنش آبی حساس است که می‌توان از آن به‌عنوان سنجه نیاز آبی گیاه برای آبیاری استفاده کرد (Asgharpour *et al.*, 2017). در پژوهشی Asri *et al.* (2006) سطح برگ زیتون در دوره‌های کوتاه مدت خشکی کاهش یافت و با طولانی شدن این دوره از تعداد برگ‌ها نیز کاسته شد. تحقیق‌های زیادی نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش طول، عرض، مساحت و سطح برگ می‌شود (Asgharpour *et al.*, Delfan Azari *et al.*, 2020; 2017). از آنجایی که تنش‌های آبی و خشکی عامل‌های اصلی کاهش دهنده بقای نهال‌ها در مرحله استقرار در جنگلکاری‌ها به‌شمار می‌آیند، هدف از مطالعه حاضر بررسی ویژگی‌های ظاهری نهال‌های گونه‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill)، توت نرک (*Morus alba*) و افرای سیاه (*Acer negundo*) در گلخانه و عرصه تحت تنش‌های آبی در شهر رباط‌کریم است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهرستان رباط‌کریم یکی از شهرستان‌های استان تهران، با وسعتی معادل ۲۷۵ کیلومتر مربع و با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر ۱۰۵۰ متر است. منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) براساس اقلیم‌نمای دومارتن دارای اقلیم خشک با میانگین بارش سالیانه ۱۴۷/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد است (Asgari *et al.*, 2021)



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

Fig. 1- The map of the study area

روش پژوهش

به‌منظور مطالعه اثر تنش آبی بر ویژگی‌های ظاهری نهال‌های زبان گنجشک، توت نرک و افرای سیاه، از هر گونه تعداد ۲۰ اصله نهال در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو محیط گلخانه و عرصه کاشته شد. مبدأ بذر نهال‌های تهیه شده مربوط به نهالستان بزرگ کرج بوده و تلاش گردید تا قطر و ارتفاع نهال‌های انتخاب شده یکسان باشد. ابعاد چاله‌های کاشت بنابر آنچه که به‌عنوان استاندارد کاشت توسط شهرداری‌ها صورت می‌گیرد، ۷۵×۵۰×۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله کاشت ۳×۳ متر لحاظ گردید. خاک حاصل از چاله‌کنی از منطقه خارج شده و از خاکی که در گلخانه شهرداری رباط‌کریم با کود حیوانی ترکیب شده بود و همواره در جنگلکاری‌ها از آن استفاده می‌شود، و دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی می‌باشد، جایگزین گردید. سپس از هر گونه در هر محیط به تعداد ۲۰ اصله نهال کاشته شد (چهار تکرار پنج تایی). در این پژوهش هر نهال به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شده و با توجه به ریسک خشک شدن نهال‌ها و یا هر اتفاق دیگری، تعداد هر واحد آزمایش به پنج اصله نهال افزایش داده شد. (در واقع تعداد پنج اصله نهال به ازای هر سطح تنش (مجموع ۱۵ اصله) و پنج عدد به‌صورت مازاد کاشته شد).

در این مطالعه از طرح آزمایشی بلوک‌های کاملا تصادفی استفاده گردید. در آزمایش‌هایی که ممکن است محیط آزمایش یکنواخت نباشد، برای نمونه عامل‌هایی نظیر سایه‌اندازی، حاصلخیزی و غیره در محیط آزمایش تغییر کند و یا در آزمایش‌هایی که واحد آزمایشی موجود زنده (نهال) است، هر اندازه هم که در انتخاب موجودات مشابه دقت شود، باز هم به لحاظ ژنتیکی و برخی ویژگی‌های دیگر تفاوتی وجود خواهد داشت. در این طرح‌های آزمایشی از بلوک‌های کامل تصادفی[۲] استفاده می‌شود (Zare Chahouki and Bihamta, 2015). برای انجام تیمارهای تنش آبی تعداد پنج اصله نهال به ازای هر سطحی از تنش از هر گونه انتخاب شد. رویهمرفته تعداد ۱۲۰ نهال شامل سه گونه، دو محیط (گلخانه و عرصه) و تعداد ۲۰ اصله از هر نهال که شامل پنج تکرار و سه سطح تنش آبی (دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD) برای گونه‌های بالا در نظر گرفته شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. و بدین صورت که نهال‌هایی که به نقطه MAD می‌رسیدند، بلافاصله آبیاری نمی‌شدند و تحت سه سطح تنش آبی دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD قرار گرفتند. در عمل هدف از این مرحله آگاهی نسبت به مقاومت و سازگاری نهال‌ها با کم آبی (تنش آبی) می‌باشد. به‌منظور اینکه آیا بلافاصله بعد از فرا رسیدن نقطه MAD باید نهال‌ها آبیاری شوند یا اینکه اگر چند روز بعد از تنش آبیاری شوند چه اتفاقی روی ظاهر نهال رخ می‌دهد، به همین منظور ابعاد و اندازه نهال‌ها، ابعاد چاله کاشت و نوع خاک مورد استفاده به‌منظور به حداقل رسیدن خطا برای انجام کار پژوهش یکسان در نظر گرفته شد. البته تعداد نهال‌های کاشته شده بخاطر تلفات احتمالی، دو برابر مقدار بیان شده در

نظر گرفته شد. اثر تنش آبی با افزایش دور آبیاری در عرصه به‌صورت هم زمان در هنگام محاسبه MAD در عرصه مورد بررسی قرار گرفت.

محاسبه حد مجاز تقلیل رطوبت در عرصه از تاریخ هشتم اردیبهشت لغایت ۳۰ آبان ماه سال ۱۳۹۷ انجام شده است. اما به‌دلیل تعدد و شدت بارندگی‌ها در ماه اردیبهشت، در عمل نهال‌ها با وجود عدم آبیاری در این ماه، به نقطه MAD نرسیدند و به همین دلیل محاسبه حد مجاز تقلیل رطوبت در عرصه از تاریخ اول خرداد برای سه گونه بالا به شرح زیر محاسبه شده است. افزون بر آن با توجه به نبود امکان توزین نهال‌ها به‌دلیل حضور در عرصه، درصد رطوبت حجمی نهال‌ها در ۲۴ ساعت بعد از آبیاری سنگین و در هنگام رسیدن به نقطه MAD توسط دستگاه Soil Moisture Meter محاسبه شده است. پس از رسیدن به نقطه MAD تعدادی از نهال‌های موجود در عرصه آبیاری شدند تا به شرایط اولیه بازگردند و تعدادی از آنان تا دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD آبیاری نشدند تا استقامت و مقاومت نهال‌ها بر حسب گونه به تنش آبی مشخص گردد. MAD در عرصه، از بازه زمانی اول خرداد تا پایان آبان ماه مورد بررسی قرار گرفت که این بازه زمانی به چندین دوره زمانی بر حسب فرا رسیدن نقطه MAD و بر حسب گونه گیاه تقسیم شده است (مطابق با جدول‌های ۶ و ۷). گفتنی است که ابعاد و اندازه نهال‌ها، ابعاد چاله کاشت، نوع خاک مورد استفاده به‌منظور به حداقل رسیدن خطا برای انجام کار پژوهش یکسان در نظر گرفته شد و محاسبات انجام شده با دستگاهSoil Moisture Meter تنها مبین ۱۰ سانتی‌متر نخست با لحاظ ابعاد ۵۰*۵۰ سانتی‌متری می‌باشند، بطوریکه در موقع آماربرداری نقاط انتخابی در چاله طوری انتخاب شدند که مساحت ۵۰*۵۰ سانتی‌متر مربعی را پوشش دهند (از یک تا ۱۰ سانتی‌متری عمق خاک).

گلدان‌هایی که به‌منظور انجام تنش در نظر گرفته شدند تا اول خرداد به‌طور معمول آبیاری گردیده و از این تاریخ به بعد تحت تنش آبی در سه سطح (دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD) قرار داده شدند. در هر ماه وضعیت نهال‌های هر یک از سطح‌های مختلف تنش مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت. پارامترهای قابل اندازه‌گیری به‌صورت کمی و کیفی شامل تعداد برگ، ابعاد برگ (میلی‌متر)، ارتفاع نهال (سانتی‌متر)، قطر بن نهال با کولیس(میلی‌متر)، وزن برگ خشک (با ترازوی دیجیتال CD Series به گرم با چه دقتی)، وزن خشک شاخه و ساقه (با ترازوی دیجیتالCD Series به گرم)، شادابی برگ‌ها (مطلوب، متوسط و رنگ پریده) و سلامت نهال(سالم، نیمه سالم، آفت زده) بودند.

اندازه‌گیری برگ: برگ نهال‌ها پس از شست‌وشو و خشک شدن، به همراه یک مقیاس مورد تصویر برداری با دوربین قرار گرفته و سپس در نرم‌افزار Corel Draw 2017 به‌صورت دو - دویی سیاه و سفید تبدیل شد. در مرحله بعد تصویرهای باینوری وارد نرم‌افزار Image J شده و پارامترهای برگ از جمله مساحت و محیط برگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اطلاعات جمع آوری شده که حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام شده است، در نرم افزار Excel ذخیره و با استفاده از نرم‌افزار SPSS پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگرف – اسمیرنوف)، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر تنش آبی با افزایش دور آبیاری در گلخانه

نقطه MAD در گلخانه از بازه زمانی هفتم اردیبهشت ماه تا ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت که این بازه زمانی به چندین دوره زمانی بر حسب فرا رسیدن نقطه MAD و بر حسب گونه گیاه تقسیم شده است (جدول ۱). تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD در گلخانه برای گونه‌های زبان‌گنجشک ۲۹ دوره، افرای سیاه ۲۸ دوره و توت نرک ۳۲ دوره بوده است.

جدول۱- تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD بر حسب گونه گیاه در گلخانه از هفتم اردیبهشت ماه الی ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۷

Table 1. Number of arrival times of MAD point according to the plant species in the greenhouse from 7 May to 30 November 2018

گونه Plant species	تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD Number of arrival times of MAD point
زبان گنجشک (Ash)	29
افرا سیاه (Ash leaved maple)	28
توت نرک (Mulberry)	32

برای گونه زبان‌گنجشک، از میان ۲۹ دوره، دوره‌های یک (هشتم اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۷) و ۲۸ (۱۳ آبان الی ۲۳ بان ماه ۱۳۹۷) به مدت زمانی ۱۱ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره هشت (ششم تیر الی نه تیر ۱۳۹۷) به مدت چهار روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن گلدان در نقطه MAD، ۲/۴۳ کیلوگرم مربوط به دوره زمانی ۲۱ (۱۵ الی ۲۱ شهریور ۱۳۹۷) و ۱/۳۳ کیلوگرم مربوط به دوره زمانی چهارم (ششم الی ۱۴ خرداد ۱۳۹۷) است (جدول ۲). برای گونه افرای سیاه، از میان ۲۸ دوره، دوره ۲۸ (۱۷ الی ۲۸ آبان ۱۳۹۷) به مدت زمانی ۱۲ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره هشتم (۱۵ تیر الی ۲۰ تیر ۱۳۹۷) به‌مدت چهار روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به‌ترتیب بیشترین وزن گلدان در نقطه MAD، ۵/۹۷ کیلوگرم مربوط به دوره‌های زمانی ۱۵ و ۱۶ با وزن ۳/۴۲ کیلوگرم و کمترین مربوط به دوره زمانی دوم (۱۹ الی ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۷) است (جدول ۲). برای گونه توت نرک، از میان ۳۲ دوره، دوره یک (۸ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۷) به‌مدت زمانی ۱۱ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره‌های هشت (۶ الی ۹ تیر)، نه (۱۰ الی ۱۳ تیر) و ۱۳ (۲۹ تیر الی اول مرداد) به‌مدت چهار روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به‌ترتیب بیشترین وزن گلدان در نقطه MAD، ۶/۷۷ کیلوگرم مربوط به دوره‌های زمانی ۱۳ و ۱۴ (دوم الی ششم مرداد) و کمترین با وزن ۵/۳۷ کیلوگرم مربوط به دوره زمانی چهارم (ششم الی ۱۴ خرداد ۱۳۹۷) است (جدول ۲).

جدول۲- وزن گلدان‌های زبان گنجشک، افرای سیاه و توت نرک در نقطه MAD (کیلوگرم) و در دو، چهار و شش روز بعد از نقطه MAD در گلخانه

Table 2. The weight of ash, ash leaved maple and mulberr pots at the MAD point (kg) and at two, four and six days after the MAD point in the greenhouse

ترتیب بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD Number of times to reach the MAD point			وزن گلدان در نقطه MAD(کیلوگرم) Pot weight at MAD point (kg)			وزن گلدان دو روز بعد از نقطهMAD (کیلوگرم) Pot weight two days after MAD point (kg)			وزن گلدان چهار روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight four days after MAD point (kg)			وزن گلدان شش روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight six days after MAD point (kg)		
توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک
Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash
1	1	1	6.62	6.35	1.97	6.37	6.35	1.85	6.07	6.3	1.8	5.82	6.01	1.8
2	2	2	5.37	3.42	1.63	5.07	3.25	1.53	4.9	3.1	1.4	4.67	2.92	1.43
3	3	3	5.62	4.92	1.67	5.4	4.72	1.43	5.15	4.5	1.33	4.87	4.3	1.3
4	4	4	5.3	4.52	1.33	5.07	4.32	1.2	4.8	4.15	1.1	4.57	3.87	1.1
5	5	5	5.92	4.45	1.76	5.7	4.32	1.6	5.47	4.2	1.46	5.25	4.05	1.46
6	6	6	5.97	5.5	2.26	5.5	5.25	1.7	5.27	4.97	1.56	5.07	4.72	1.53
7	7	7	5.8	5.77	2	5.52	5.52	1.8	5.1	5.3	1.6	4.77	5.12	1.6
8	8	8	5.8	5.97	1.93	5.48	5.75	1.7	5.44	5.5	1.56	5.3	5.3	1.53

ادامه جدول۲- وزن گلدان‌های زبان گنجشک، افرای سیاه و توت نرک در نقطه MAD (کیلوگرم) و در دو، چهار و شش روز بعد از نقطه MAD در گلخانه

Table 2. Cont. The weight of ash, ash leaved maple and mulberr pots at the MAD point (kg) and at two, four and six days after the MAD point in the greenhouse

ترتیب بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD Number of times to reach the MAD point			وزن گلدان در نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight at MAD point (kg)			وزن گلدان دو روز بعد از نقطهMAD (کیلوگرم) Pot weight two days after MAD point (kg)			وزن گلدان چهار روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight four days after MAD point (kg)			وزن گلدان شش روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight six days after MAD point (kg)		
افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک
Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash
9	9	9	6.7	6.57	2.23	6.4	6.32	2	6.05	6.07	1.9	5.7	5.82	1.83
10	10	10	6.62	6.07	1.96	6.37	5.82	1.8	6.07	5.52	1.66	5.7	5.27	1.63
11	11	11	6	6.35	2.03	5.82	6.35	1.8	5.62	6.05	1.66	5.4	5.72	1.66
12	12	12	6.42	6.55	2.06	6.15	5.75	1.9	5.87	5.47	1.76	5.55	5.17	1.76
13	13	13	6.77	6	2.03	6.5	5.48	1.8	6.17	5.1	1.66	5.87	5.1	1.66
14	14	14	6.77	5.47	2.03	5.52	5.26	1.9	6.17	5.1	1.74	5.87	4.88	1.74
15	15	15	6.6	5.97	2.23	6.32	5.6	2.09	6.04	5.34	2	5.86	5.16	2
16	16	16	6.5	5.97	2.13	6	5.6	1.87	5.54	5.45	1.66	5.21	5.2	1.66
17	17	17	6.47	5.27	2.16	6.23	5	2	5.94	4.77	1.87	5.7	4.77	1.87
18	18	18	6.6	6.27	2.3	5.52	5.96	2.13	5.97	5.5	2	5.41	5.32	2
19	19	19	6.42	6.15	2.23	6.03	6	2.12	5.71	5.8	2	5.43	5.7	2
20	20	20	6.55	5.2	2.03	6.3	5	1.9	6	4.8	1.76	5.8	4.6	1.76
21	21	21	6.55	5.27	2.43	6.45	5	2.2	6.3	4.8	2	6	4.5	2
22	22	22	6.55	5.5	2.13	6.45	5.3	2	6.3	5	1.75	6	4.8	1.75
23	23	23	6.55	4.52	2.32	6	4.35	2.15	5.8	4.15	2	5.6	4	1.8
24	24	24	6.15	4.6	2.03	5.8	4.2	1.9	5.5	4	1.7	5.3	3.8	1.5
25	25	25	6.1	4.5	2.23	5.8	4.3	2	5.5	4	1.8	5.3	3.9	1.5
26	26	26	6.65	4.92	2.23	6.4	4.75	2	6	4.5	1.8	5.8	4.35	1.6
27	27	27	5.75	4.7	2.03	5.6	4.5	1.6	5.3	4.35	1.5	5.1	4.15	1.5
28	28	28	5.92	4.37	2.16	5.7	4	2	5.5	3.8	1.8	5.4	3.6	1.6
29	-	29	5.82	-	2.3	5.7	-	2.1	5.5	-	2	5.3	-	1.8
30	-	-	5.47	-	-	5.3	-	-	5	-	-	4.8	-	-
31	-	-	5.52	-	-	5.4	-	-	5.1	-	-	4.9	-	-
32	-	-	5.52	-	-	5.3	-	-	5	-	-	4.8	-	-

اثر تنش آبی با افزایش دور آبیاری در عرصه

اثر تنش آبی با افزایش دور آبیاری در گلخانه به‌صورت هم‌زمان در هنگام محاسبه MAD در عرصه مورد بررسی قرار گرفت. نقطه MAD در عرصه از بازه زمانی اول خرداد ماه الی ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت که این بازه زمانی به چندین دوره زمانی بر حسب فرا رسیدن نقطه MAD و بر حسب گونه گیاه تقسیم شده است. (جدول ۳). تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD در عرصه برای گونه‌های زبان‌گنجشک ۲۰ دوره، افرای سیاه ۲۰ دوره و توت نرک ۱۷ دوره بوده است.

جدول ۳- تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD بر حسب گونه گیاه در عرصه از اول خرداد الی ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۷

Table 3. Number of arrival times of MAD point according to the plant species during May 22 to November 20, 2018

گونه Plant species	تعداد بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD Number of arrival times of MAD point
زبان گنجشک (Ash)	20
افرا سیاه (Ash leaved maple)	20
توت نرک (Mulberry)	17

برای گونه زبان‌گنجشک، از میان ۲۰ دوره، دوره‌های ۱۸ (۲۳ مهر الی پنجم آبان ۱۳۹۷) و ۲۰ (۱۸ الی ۳۰ آبان ۱۳۹۷) به‌مدت زمانی ۱۳ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره‌های پنجم (نه الی ۱۵ تیر ۱۳۹۷) و نهم (نه الی ۱۵ مرداد) به مدت هفت روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد رطوبت حجمی در نقطه MAD، ۸/۸ درصد مربوط به دوره زمانی ششم (۱۶ الی ۲۳ تیر ۱۳۹۷) و دو درصد مربوط به دوره زمانی پنج (نه الی ۱۵ تیر ۱۳۹۷) است (جدول ۴). برای گونه افرای سیاه، از میان ۲۰ دوره، دوره ۲۰ (۱۷ الی ۳۰ آبان ۱۳۹۷) و به مدت زمانی ۱۴ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره‌ی پنجم (نه الی ۱۴ تیر ۱۳۹۷) به مدت شش روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به ترتیب بیشترین و کمترین درصد رطوبت حجمی در نقطه MAD، هشت درصد مربوط به دوره زمانی پنجم و ۳/۹ درصد مربوط به دوره زمانی نه (هشتم الی ۱۵ مرداد ۱۳۹۷) است (جدول ۴).

برای گونه توت نرک، از میان ۱۷ دوره، دوره ۱۷ (۱۸ الی ۳۰ آبان ۱۳۹۷) و به‌مدت زمانی ۱۳ روز به‌عنوان طولانی‌ترین دوره زمانی و دوره‌های چهارم (اول الی نه تیر)، ۱۰ (دوم الی ۱۰ شهریور) به مدت نه روز به‌عنوان کوتاه‌ترین دوره زمانی هستند. به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد رطوبت حجمی در نقطه MAD، ۱۳/۵ درصد مربوط به دوره زمانی چهار و دو درصد مربوط به دوره زمانی پنجم (۱۰ الی ۲۰ تیر ۱۳۹۷) است (جدول ۴).

جدول۴- تنش آبی گونه‌های زبان‌گنجشک، افرای سیاه و توت نرک در بازه زمانی معین (اول خرداد ماه تا ۳۰ آبان ماه) در سه سطح تنش آبی دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD در عرصه

Table 4. Water stress in ash, ash leaved maple and mullberry in a certain period of time (May 22 to November 20) in three drought levels; two, four and six days after reaching the MAD point in the field

ترتیب بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD			وزن گلدان در نقطه MAD(کیلوگرم)			وزن گلدان دو روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم)			وزن گلدان چهار روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم)			وزن گلدان شش روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم)		
Number of times to reach the MAD point			Pot weight at MAD point (kg)			Pot weight two days after MAD point (kg)			Pot weight four days after MAD point (kg)			Pot weight six days after MAD point (kg)		
توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک
Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash
1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	4	4	13.5	6.7	4.6	12.3	6.2	4	11.7	5.8	3.8	11.1	5.4	3.5
5	5	5	2	8	2	1	7.7	1.8	0	7.3	1.5	0	6.9	1.1
6	6	6	5.4	7.1	8.8	5	6.7	8	4.5	6	7.8	3.8	5.5	7.5
7	7	7	8	7.6	3.3	7	7	3	6.4	6.4	2.7	5.7	5.6	2.5
8	8	8	6.5	7	4.3	6	6.7	4	5.4	6.4	3.8	4.7	6	3.5
9	9	9	4.6	7.3	5.1	4.32	7	4.9	4.15	6.6	4.6	4	6.2	4.3
10	10	10	4.3	6.5	3.6	4.1	6.27	3.44	4	6	3.3	3.9	5.91	3.07
11	11	11	4.2	4.3	4.4	4	4.13	4.3	3.9	3.9	4.05	3.8	3.77	3.88
12	12	12	4.9	4.2	3.7	4.7	4	3.5	4.6	3.8	3.35	4.5	3.6	3.15
13	13	13	4.5	4.1	3.9	4.3	4	3.6	4.2	3.8	3.5	4	3.6	3.4

ادامه جدول۴- تنش آبی گونه‌های زبان‌گنجشک، افرای سیاه و توت نرک در بازه زمانی معین (اول خرداد ماه تا ۳۰ آبان ماه) در سه سطح تنش آبی دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD در عرصه

Table 4. Cont. Water stress in ash, ash leaved maple and mullberry in a certain period of time (May 22 to November 20) in three drought levels; two, four and six days after reaching the MAD point in the field

ترتیب بازه زمانی فرا رسیدن نقطه MAD Number of times to reach the MAD point			وزن گلدان در نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight at MAD point (kg)			وزن گلدان دو روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight two days after MAD point (kg)			وزن گلدان چهار روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight four days after MAD point (kg)			وزن گلدان شش روز بعد از نقطه MAD (کیلوگرم) Pot weight six days after MAD point (kg)		
افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک	افرای سیاه	زبان گنجشک	توت نرک	افرای سیاه	زبان گنجشک
Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash	Maple	Ash	Berry	Maple	Ash
14	14	14	4.6	4.3	4	4.5	4.1	3.7	4.4	4	3.6	4.2	3.8	3.5
15	15	15	4.4	5.1	3.6	4.2	5	3.5	4.1	4.8	3.4	4	4.6	3.2
16	16	16	4.1	5.3	3.9	4	5.1	3.6	3.9	5	3.4	3.7	4.8	3.3
17	17	17	4.2	4.9	3.5	4.1	4.7	3.3	4	4.5	3	3.7	4.3	2.8
-	18	18	-	4.7	3.7	-	4.5	3.5	-	4.3	3.3	-	4.1	3
-	19	19	-	4.4	3.8	-	4.2	3.5	-	4	3.4	-	3.8	3.1
-	20	20	-	4.1	4.2	-	4	4	-	3.8	3.8	-	3.6	3.6

جدول ۵ ویژگی‌های ظاهری قابل اندازه‌گیری گونه زبان گنجشک را پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در دو محیط گلخانه و عرصه به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد. همواره در اردیبهشت ماه به‌عنوان ماه آغازین پژوهش، نهال‌ها در وضعیت بسیار مناسبی قرار داشته‌اند. پس از تحت تنش قرار گرفتن (دو، چهار، شش روزه) همواره با گذشت زمان از تعداد برگ و ابعاد برگ کاسته شده است. وزن برگ خشک و وزن خشک ساقه در ماه‌های مرداد و شهریور به‌ترتیب ۱۷ و ۳۰ گرم است. همچنین با ادامه یافتن تنش، از شادابی برگ ها و سلامت نهال (به‌عنوان پارامترهای کیفی) در طول مطالعه کاسته شده است.

جدول۵- بررسی مقادیر پارامترهای قابل اندازه‌گیری ماهانه گونه زبان‌گنجشک پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در گلخانه و عرصه

Table 5. Evaluation of monthly measurable morphological characteristics of ash after water stress in greenhouse and field

سلامت نهال Seedling health	شادابی برگ‌ها Freshness of the leaves	وزن خشک ساقه۳ (گرم) Stem leaf weight (gr)	وزن برگ خشک (گرم) Dry leaf weight (gr)	قطر بن (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	ارتفاع نهال (سانتی‌متر) Seedling height (cm)	ابعاد برگ‌ها (سانتی‌متر مربع) Leaves size (cm^2)	تعداد برگ‌ها Number of leaves	محیط Environment	ماه Month
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	0.84	87365	8661.6	120	Greenhouse	اردیبهشت May
-	-	-	-	-	-	-	-	Field	
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	37.6	0.98	96	7001	97	Greenhouse	خرداد June
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	0.75	77.1	433.8	60	Field	
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	-	50	1.12	104.3	2670.6	37	Greenhouse	تیر July
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	14.5	1.24	91	4042	56	Field	

ادامه جدول۵- بررسی مقادیر پارامترهای قابل اندازه‌گیری ماهانه گونه زبان‌گنجشک پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در گلخانه و عرصه

Table 5. Cont. Evaluation of monthly measurable morphological characteristics of ash after water stress in greenhouse and field

سلامت نهال Seedling health	شادابی برگ‌ها Freshness of the leaves	وزن خشک ساقه۳ (گرم) Stem leaf weight (gr)	وزن برگ خشک (گرم) Dry leaf weight (gr)	قطر بن (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	ارتفاع نهال (سانتی‌متر) Seedling height (cm)	ابعاد برگ‌ها (سانتی‌متر مربع) Leaves size (cm^2)	تعداد برگ‌ها Number of leaves	محیط Environment	ماه Month
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	17	87	1.18	106	2240	29	Greenhouse	مرداد August
آفت زده Blight	متوسط Middle	-	34.6	1.36	98.6	3103.7	43	Field	
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	30	100	1.25	11	1850	20	Greenhouse	شهریور September
آفت زده Blight	متوسط Middle		29	1.4	100	2358	36	Field	
نیمه سالم Semi-healthy	-	-	30	1.27	115	245	6	Greenhouse	مهر October
متوسط Middle	مطلوب Favorable	-	-	1.45	102.5	1700	24	Field	
سالم Healthy	-	-	-	1.3	116	۰	۰	Greenhouse	آبان November
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	1.5	104.3	۰	۰	Field	

جدول ۶ ویژگی‌های ظاهری قابل اندازه‌گیری گونه افرای سیاه را پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در دو محیط گلخانه و عرصه به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد. همواره در اردیبهشت ماه به‌عنوان ماه آغازین پژوهش، نهال‌ها در وضعیت بسیار مناسبی قرار داشته‌اند. پس از تحت تنش قرار گرفتن (دو، چهار، شش روزه) همواره با گذشت زمان از تعداد برگ و ابعاد برگ کاسته شده است، بطوریکه تعداد برگ‌ها در محیط گلخانه در ماه مرداد به عدد صفر (بی برگی نهال) رسیده است. دلیل بی‌برگی در ماه آبان خزان نهال‌های افرای سیاه به‌عنوان گونه‌ای خزان کننده می‌باشد. بیشترین میزان وزن برگ خشک در ماه خرداد و در محیط گلخانه برابر با ۴۴۱ گرم است. در فصل تابستان از شادابی برگ‌ها و سلامت نهال‌ها کاسته شده است (جدول ۶).

جدول۶- بررسی مقادیر پارامترهای قابل اندازه‌گیری ماهانه گونه افرای سیاه پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در گلخانه و عرصه

Table 6. Evaluation of monthly measurable morphological characteristics of ash leaved maple after water stress in greenhouse and field

سلامت نهال Seedling health	شادابی برگ‌ها Freshness of the leaves	وزن خشک ساقه۳ (گرم) Stem leaf weight (gr)	وزن برگ خشک (گرم) Dry leaf weight (gr)	قطر بن (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	ارتفاع نهال(سانتی‌متر) Seedling height (cm)	ابعاد برگ‌ها (سانتی‌متر مربع) Leaves size (cm^2)	تعداد برگ‌ها Number of leaves	محیط Environment	ماه Month
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	0.9	79.6	12133	38	Greenhouse	اردیبهشت (May)
-	-	-	-	-	-	-	-	Field	

ادامه جدول۶- بررسی مقادیر پارامترهای قابل اندازه‌گیری ماهانه گونه افرای سیاه پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در گلخانه و عرصه

Table 6. Cont. Evaluation of monthly measurable morphological characteristics of ash leaved maple after water stress in greenhouse and field

سلامت نهال Seedling health	شادابی برگ‌ها Freshness of the leaves	وزن خشک ساقه۳ (گرم) Stem leaf weight (gr)	وزن برگ خشک (گرم) Dry leaf weight (gr)	قطر بن (سانتی‌متر) Collar diameter (cm)	ارتفاع نهال(سانتی‌متر) Seedling height (cm)	ابعاد برگ‌ها (سانتی‌متر مربع) Leaves size (cm^2)	تعداد برگ‌ها Number of leaves	محیط Environment	ماه Month
سالم Healthy	متوسط Middle	-	440.4	1.1	91.9	9260	29	Greenhouse	خرداد (June)
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	0.77	90.5	13410	42	Field	
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	-	132.6	1.3	104.1	5747.4	18	Greenhouse	تیر (July)
سالم Healthy	متوسط Middle	-	15.7	1.25	107.27	12133	38	Field	
-	-	-	-	1.4	105	-	-	Greenhouse	مرداد (August)
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	-	37.8	1.37	115.6	9898.3	31	Field	
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	-	98	1.6	108.1	3200	5	Greenhouse	شهریور (September)
نیمه سالم Semi-healthy	رنگ پریده Pale	-	28	1.4	116	786	27	Field	
سالم Healthy	متوسط Middle	-	-	1.7	109	3456	8	Greenhouse	مهر (October)
نیمه سالم Semi-healthy	متوسط Middle	-	-	1.44	118	657.6	21	Field	
سالم Healthy	متوسط Middle	-	-	1.8	110	-	-	Greenhouse	آبان (November)
سالم Healthy	مطلوب Favorable	-	-	1.5	121	0	0	Field	

جدول ۷ ویژگی‌های ظاهری قابل اندازه‌گیری گونه توت نرک را پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در دو محیط گلخانه و عرصه به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد. در اردیبهشت ماه به‌عنوان ماه آغازین پژوهش، نهال‌ها در وضعیت بسیار مناسبی قرار داشته‌اند. پس از تحت تنش قرار گرفتن (دو، چهار، شش روزه) همواره با گذشت زمان از تعداد برگ و ابعاد برگ کاسته شده است، بطوریکه تعداد برگ‌ها در محیط گلخانه در ماه مرداد به عدد صفر (بی برگی نهال) رسیده است. با گذر زمان از شروع مطالعه، از شادابی برگ‌ها و سلامت نهال‌ها کاسته شد (جدول ۷).

جدول ۷- بررسی مقادیر پارامترهای قابل اندازه‌گیری ماهانه گونه توت نرک پس از تحت تنش آبی قرار گرفتن در گلخانه و عرصه

Table 7. Evaluation of monthly measurable morphological characteristics of mullberry after water stress in greenhouse and field

ماه	محیط	تعداد برگ‌ها	ابعاد برگ‌ها (سانتی‌متر مربع)	ارتفاع نهال(سانتی‌متر)	قطر بن (سانتی‌متر)	وزن برگ خشک (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	شادابی برگ‌ها	سلامت نهال
Month	Environment	Number of leaves	Leaves size (cm^2)	Seedling height (cm)	Collar diameter (cm)	Dry leaf weight (gr)	Stem leaf weight (gr)	Freshness of the leaves	Seedling health
اردیبهشت (May)	Greenhouse	144	8081	79.1	0.76	–	–	مطلوب Favorable	سالم Healthy
	Field	–	–	–	–	–	–	–	–
خرداد (June)	Greenhouse	87	4882.5	93.5	0.9	30.6	–	مطلوب Favorable	سالم Healthy
	Field	130	6123	79.8	0.77	–	–	مطلوب Favorable	سالم Healthy
تیر (July)	Greenhouse	37	2076.5	108	1	90.7	3.03	رنگ پریده Pale	سالم Healthy
	Field	115	5416.5	90.9	1.32	6.8	–	متوسط Middle	سالم Healthy
مرداد (August)	Greenhouse	22	1980	113.2	1.1	129	10	رنگ پریده Pale	سالم Healthy
	Field	100	4710	102	1.43	18.9	2.8	رنگ پریده Pale	نیمه سالم Semi-healthy
شهریور (September)	Greenhouse	15	1500	115	1.15	145	–	رنگ پریده Pale	نیمه سالم Semi-healthy
	Field	87	4100	105	1.5	11.5	–	رنگ پریده Pale	نیمه سالم Semi-healthy
مهر (October)	Greenhouse	8	852	117	1.21	–	–	نیمه مطلوب Semi-favorable	سالم Healthy
	Field	54	2800	107	1.6	0	–	متوسط Middle	سالم Healthy
آبان (November)	Greenhouse	0	–	120	1.3	–	–	مطلوب Favorable	سالم Healthy
	Field	36	2000	111	1.7	۰	–	مطلوب Favorable	سالم Healthy

نسبت به دو محیط عرصه و گلخانه، همواره اثر تنش آبی بر ویژگی‌های ظاهری نهال‌های گونه‌های گونه‌ها در گلخانه به‌دلیل حضور نهال‌ها در گلدان (فضای محدود) شدیدتر مشاهده شد. برای نمونه، با عنایت به اینکه قطر نهال، ارتفاع نهال، بافت خاک و سن نهال‌های مورد استفاده در بدو کاشت در دو محیط گلخانه و عرصه یکسان در نظر گرفته شد، اما اثر تنش آبی بر ویژگی‌های ظاهری نهال‌ها در گلخانه همواره شدیدتر مشاهده گردید که می‌توان افزایش رقابت غذایی به همراه محدودیت منابع غذایی و فضایی را دلیل دانست. همچنین وزن برگ خشک و وزن خشک ساقه در فصل تابستان (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور) افزایش یافت.

در گونه زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill) اولین نشانه ظهور کم آبی در این گونه، خمیدگی برگ‌ها و لول شدن برگ‌های مرکب شانه‌ای فرد است. در گونه‌ی افرای سیاه (*Acer negundo*) که گونه‌ای خزان کننده است، برگ‌ها مرکب شانه‌ای فرد، با برگچه‌هایی سه تا پنج تایی و به ندرت هفت تا نه تایی که اولین نشانه‌ی ظهور

کم آبی در این گونه تغییر زاویه برگ‌ها از محور افق بوده است. در گونه توت نرک (*Morus alba*) که گونه‌ای خزان کننده است، برگ‌ها تخم مرغی پهن به طول پنج تا ۱۵ سانتی‌متر (Mozaffarian, 2015)، اولین نشانه ظهور کم آبی در این گونه، جمع شدن و چروکیدگی برگ‌ها است. با افزایش تنش آبی و افزایش دما بویژه در فصل تابستان، از تعداد برگ‌ها و مساحت برگ کاسته شد. رویش قطری و ارتفاعی در حداقل مقدار افزوده گردید. همچنین در طول پژوهش با قرار گرفتن در فصل تابستان همواره از شادابی برگ‌ها و سلامت نهال‌ها کاسته شد. در پژوهشی Delfan Azari *et al.* (2020) نیز نشان دادند که اعمال کم آبیاری 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 سنجه سطح برگ در گونه زبان‌گنجشک شد. در پژوهش حاضر اثر آبیاری بر طول و عرض برگ معنی‌دار بوده به‌طوریکه زمانی که نهال‌ها در تنش آبی قرار گرفته بودند (دو، چهار و شش روز پس از فرا رسیدن حد مجاز تقلیل رطوبت) طول و عرض برگ‌ها کوچکتر شد که این امر با مطالعه Asgharpour *et al.* (2017) هم راستا است. نتایج پژوهش Delfan Azari *et al.* (2020) نشان داد که در اثر اعمال تنش آبی بر نهال‌های گونه زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill) در فضای سبز شهر تهران از مقدار شادابی برگ‌ها و نهال‌ها کاسته شد که با نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر هم راستا است. در پژوهشی دیگری Setayesh *et al.* (2017) نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی بر گونه زرشک (*Berberis thunbergii*) از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد اما اثر تنش آبی بر تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک و ارتفاع بلندترین شاخه معنادار نبود. Barshan *et al.* (2016) در مطالعه‌ای به بررسی رویش و زنده‌مانی نهال بید سفید (*Salix alba* L.) تحت تنش کم آبی در شهرستان نور پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی از رویش طولی و قطری، زی‌تودهٔ اندام هوایی و زمینی، تعداد برگ و حجم ریشه کاسته شد اما تغییری در اندازهٔ سطح برگ ایجاد نشد که نتایج حاصل از پژوهش با نتایج مطالعه حاضر به‌طور کامل همسو است. Norouzi Haroni and Tabari Koochksaraee (2015) در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی پاسخ‌های مورفو - فیزیولوژی نهال‌های اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) تحت تنش آبی (دوره آبیاری در سطوح چهار، هشت، ۱۲، ۱۶ روزه) به این نتیجه رسیدند که نهال‌ها با دوره آبیاری چهار روزه بهترین پاسخ‌های مورفو - فیزیولوژی را به تنش آبی نشان دادند؛ البته به لحاظ صفات مطالعه شده (قطر یقه، مساحت سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع نهال)، نهال‌ها به تیمار آبیاری هشت روزه (با اختلاف کمی نسبت به دوره آبیاری چهار روزه) پاسخ به نسبت خوبی به تنش آبی نشان دادند. یافته‌های Huang *et al.* (2013) گویای آن است که با افزایش تنش آبی از وزن برگ، مساحت برگ و شادابی برگ نهال‌های تحت تنش کاسته می‌شود. به‌طور کلی توجه به ویژگی‌های ظاهری نهال‌ها می‌تواند سنجه‌ای مناسب جهت آبیاری بهینه، جلوگیری از کم آبیاری و پر آبیاری و کاهش هزینه‌های اقتصادی باشد.

نتیجه‌گیری

تنش آبی از عامل‌های اصلی کاهش دهنده بقای نهال‌ها در مرحله استقرار جنگلکاری‌ها در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آیند و بر هر یک از جنبه‌های رشد مؤثر بوده و موجب تغییرات آناتومی، مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی می‌گردد. بررسی و شناخت واکنش نهال‌ها از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی به تنش خشکی می‌تواند به اصلاح و موفقیت جنگلکاری‌ها کمک شایانی کند. با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد زمان مناسب آبیاری نهال‌های زبان گنجشک، افرای سیاه و توت نرک در عرصه و گلخانه در شهر رباط‌کریم، شش روز پس از فرا رسیدن نقطه MAD باشد. همواره آگاهی از پاسخ مورفولوژیک

نهال‌ها به تنش آبی می‌تواند نسبت به کاهش هزینه‌های آبیاری و پرورش نهال کمک شایانی نماید.

سپاسگزاری

به این وسیله، نویسندگان پژوهش حاضر از همکاری سازمان فضای سبز شهرداری رباط‌کریم، و آقایان غلامحسین عسگری و رضا سعادتمندی نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Management Allowed Depletion
در واقع؛ بیشترین مقدار آب در دسترس گیاه است که مجاز است قبل از آبیاری بعدی از دسترس گیاه خارج گردد. لوله شدن برگ‌ها یکی از علامت‌هایی است که رسیدن به نقطه MAD را نشان می‌دهد.
[2] Randomized Complete Block Design (RCBD)
[۳] در تمام گونه‌ها، وزن خشک ساقه بیانگر حاصل جمع وزن خشک ساقه، شاخه‌های بزرگ و شاخه‌های کوچک است.

منابع

Ahmadauli, KH., 2013. Development of virtual water transfer model to improve the cultivation pattern and optimal use of agricultural water in Iran. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Karaj, Iran.

Alihouri, M., Naseri, A., Boroomand-Nasab, S. and Kiani, A., 2015. Effect of deficit irrigation and water salinity on soil salinity distribution and date plants vegetative growth. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 4(3), 329-340. (In Persian with English Abstract)

Amiri, M.J. and Eslamian, S.S., 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal of Environmental Science and Technology. 3 (4), 208-216.

Ardakani, M., 2012. Ecology. University of Tehran Press, Tehran, Iran.

Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V. and Liaghat, A., 2021. Evaluation of water requirement of *Fraxinus rotundifolia* Mill and *Morus alba* under different water stresses in arid region (Case Studty: RobatKarim City). Journal of Echohydrology. 2(3), 289-299. (In Persian with English Abstract)

Asgharpour, E., Azadfar, D. and Saeedi, Z., 2017. Evaluation of *Acer cappadocicum* Gled seedlings to drought stress. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 30(1), 1-11. (In Persian with English Abstract)

Asri, M., Tabari, M., Alavi Panah., S. and Mahdavi, R., 2006. Investigation of growth and development of (*Quercus castaneifolia* C. A.Mey) seedlings at different levels of irrigation. Journal of Research and Construction. 78 (3), 167- 177. (In Persian with English Abstract)

Babadaei Samani, R. and Ghetali, A., 2015. Effect of irrigation and different Mulch on some vegetative and reproductive characteristics of starch (*Zinnia elegans*). Journal of Plant Ecophysiology. 7(23), 204-215. (In Persian with English Abstract).

Bamanian, M.R., Motevasseli, M.M. and Habib Pour, A.A., 2008. Investigating the necessities and creating water supply and irrigation systems for green space, a city with raw water. In Proceedings 3rd National Green Space and Urban Landscape Congress, 23th February, Kish Island, Iran. pp. 329-334.

Barshan, M., Tabari Kouchaksaraei, M., Sadati, S. E. and Shahhosseini, R., 2016. Growth and survival of willow seedling (*Salix alba* L.) under water deficit stress. Journal of Forest and Wood Product. 69(2), 249-257. (In Persian with English Abstract).

Boustani, A. and Ansari, H., 2011. Investigating the consumption approach in managing urban water demand. Quarterly Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources. 9(33), 48-52. (In Persian with English Abstract).

Delfan Azari, N., Rostami shahraji, T., Gholami, V. and Hashemi Garmdareh, S.E., 2020. The effect of different irrigation levels on growth parameters of ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill) seedlings in green space of Tehran city. Journal of Forest Research and Development. 5(2), 229-244. (In Persian with English Abstract).

Djazirehi, M.H., 2010. To afforest an arid environment. University of Tehran Press, Tehran, Iran.

Huang, W., Zhang, J.L., Zhang, S. B., Hu, H. and Cao, K.F., 2013. Differences in the responses of photosystem I and photosystem II of three tree species *Cleistanthus sumatranus*, *Celtis philippensis* and *Pistacia weinmannifolia* exposed to a prolonged drought in a tropical limestone forest. Journal of Tree Physiology. 33(2), 211-220.

Heydari, N., 2006. Sustainable water management and productivity in irrigation networks of watersheds under water stress (Case study: Zayandehrud irrigation network in Isfahan). In Proceedings 1st Technical Workshop on Management, Operation and Maintenance of Irrigation and Drainage Networks, 14th January, Tehran, Iran. p. 162.

Hoff, C. and Rambal, S., 2003. An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a *Quercus ilex* ecosystem. Journal of Forest Science. 60(2), 153-161.

Karami, T. and Ghaffarian Bahraman, M., 2017. Study of water crisis and its security challenges (Case study: Rafsanjan town), Scientific-Specialized. Journal of Law Enforcement Knowledge. 8(21), 49-79. (In Persian with English Abstract).

Mossadegh, A., 2011. Water Consumption in Iran and the World. Iranian Agricultural Science Press, Tehran, Iran.

Mozaffarian, V., 2015. Trees and Shrubs of Iran. Farhang Moaser Press, Tehran, Iran.

Nagakura, J., Shigenaga, H.A. and Takahashi, M., 2004. Effect of simulated drought stress on the fine roots of Cedar Japanese in a plantation forest on the Kanto plain, Eastern Japan. Journal of Forest research. 12, 143-151.

Norouzi Haroni, N. and Tabari Koochksaraee, M., 2015. Morpho-physiological responses of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings to drought stress. Journal of Forest and Wood Product. 68(3), 715-727. (In Persian with English Abstract)

Palik, B., D`amato, A., Franklin, J. and Johnson, K., 2020. Ecological Silviculture; Foundations and applications. In: Lal, R. (Eds.), An Overview of Silviculture. Waveland press, FL, pp. 21-34.

Reddy, A.R., Claitanya, K.V. and Vivekanadan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism I higher plants. Journal of Plant Physiology. 161, 1189-1202.

Sarmad Nia, GH. and Kouchaki, A., 1993. Physiological aspects of rainfed agriculture. University of Mashhad Press, Mashhad, Iran.

Setayesh, R., Kafi, M. and Nabati, J., 2017. Evaluation of drought stress thresholds in ornamental barberry (*Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea) shrub in Mashhad. Journal of

Horticultural Science. 30(4), 714-722. (In Persian with English Abstract).

Shao, G., Young, D.R., Porter, J.H. and Hayden, B.P., 1998. An integration of remote sensing and GIS to examine the responses of shrub thicket distributions to shoreline changes on Virginia barrier islands. Journal of Coastal Research. 14, 299-307.

Yang, Y., Liu, Q. and Wang, G.X., 2011. Physiological behaviors of *Acer mono* under drought and low light. Russian Journal of Plant Physiology. 58(3), 531-537.

Zare Chahouki, M.A. and Bihamta, M.R., 2015. Experimental designs in natural resources sciece. University of Tehran press, Tehran, Iran.

Zehtabian, Gh. and Farshi, A., 2000. Estimation of water requirement of green space plants in arid areas (Case study: Kashan town). Journal of Iranian Natural Resources. 52(2), 63-75. (In Persian with English Abstract).

Environmental Sciences Vol.20 / No.2 / Summer 2022

117-134

Original Article

Morphological characteristics of *Fraxinus rotundifolia* Mill, *Morus alba* and *Acer negundo* saplings under water stress in greenhouse and field in Robat Karim

Mohammad Asgari,[1] Mohsen Javanmiri Pour,[1] Vahid Etemad,[1*] Abdolmajid Liaghat[2] and Azam Eskandari Rad[3]

[1] Department of Forestry and Forest Economics Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran
[3] Department of Public Administration, Faculty of Human Science, Islamic Azad University, Firooz Kooh Branch, Firooz Kooh, Iran

Received: 2021.05.30 Accepted: 2022.01.19

Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V., Liaghat, A. and Eskandari Rad, A., 2022. Morphological characteristics of *Fraxinus rotundifolia* Mill, *Morus alba* and *Acer negundo* saplings under water stress in greenhouse and field in Robat Karim. Environmental Sciences. 20(2): 117-134.

Introduction: One of the main limitations in arid and semi-arid regions is the allocation of water resources for green space development. Since water and drought stresses along with an incorrect selection of species are the main factors that reduce seedling survival in the afforestation stages in arid and semi-arid regions, the aim of the current study is to investigate the morphological characteristics of ash, mullberry and ash leaved maple seedlings in the greenhouse and the field under different water stress in Robat Karim town.

Material and methods: Robat Karim is one of the towns in Tehran Province with an area of 275 square kilometers. To study the effect of water stress on morphological characteristics of seedlings species (three species) in two environment (greenhouse and field), 20 seedlings (120 seedlings in total) were planted in greenhouses and fields and in three water stress levels (two, four and six days after reaching MAD point) which were tested in randomized complete block design with five replications. The saplings that reached the MAD point were not irrigated immediately and were subjected to three drought stresses two, four and six days after reaching the MAD point. Then the quantitative appearance characteristics of seedlings include parameters of

[*] Corresponding Author: *Email Address*. vetemad@ut.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs. 2022.1053
http://dorl.net/dor/ 20.1001.1.17351324.1401.20.2.10.1

leaf numbers, leaf size, seedlings height, collar diameter, dry leaf weight, and stem dry weight as well as two qualitative characteristics of seedlings, which are leaf freshness and seedling health, were measured.

Results and discussion: The results showed that the number of MAD period times in the greenhouse for *Fraxinus rotundifolia* Mill species was 29, *Acer negundo* 28 and *Morus alba* 32 and in the field for *Fraxinus rotundifolia* Mill. species was 20, *Acer negundo* 20, and *Morus alba* 17 period times. Generally, in all three studied species, in May, as the first month of the research, the seedlings were in very good condition. In other months, after being under different water stress (two, four and six days), the number of leaves and leaf size always decreased over time. In the case of ash leaved maple, the number of leaves in the greenhouse area in August was zero (absolute defoliation).

Conclusion: Generally, by increasing water stress, leaf number, leaf size, dry leaf weight, dry stem weight, leaf freshness, and health of the saplings were reduced. It seems that six days after reaching MAD point is the suitable time to irrigate the saplings according to their morphological characteristics. Considering the appearance of seedlings during irrigation, it helps to use water efficiently, prevent over-irrigation and under-irrigation of seedlings and save the relevant costs.

Keywords: Water stress, Afforestation, Morphological characteristics, Arid zones, Sapling.