پاسخ شاخص‌های رشد نهال ارغوان معمولی (*Cercis siliquastrum* L.) به سطوح مختلف آبیاری

ناصر نوروزی هارونی[۱]، مسعود طبری کوچکسرایی[۲*] و سید احسان ساداتی[۳]

[۱] کارشناس ارشد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
[۲] استاد گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
[۳] استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۱)

چکیده

ارغوان معمولی (*Cercis siliquastrum* L.) گونه‌ای مناسب برای بهبود تثبیت ازت خاک و ایجاد چشم‌انداز طبیعی برای پارک‌ها و حاشیه جاده‌ها است. این پژوهش به بررسی رشد، توسعه و مقاومت به خشکی نهال ارغوان معمولی با اعمال تیمارهای مختلف آبیاری می‌پردازد. بدین منظور در گلخانهٔ تحقیقاتی، ابتدا طی ۹۰ روز مبادرت به تولید نهال (ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر) بذرهای تهیه شده ارغوان شد. سپس نهال‌ها در سطوح آبیاری ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روزه به‌مدت ۷۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی (با سه تکرار) قرار گرفتند. آبیاری اثر معنی‌دار بر کلیهٔ شاخص‌های مورفولوژیکی نهال ارغوان داشت، طوری‌که طول ساقه، طول ریشه، سطح ویژهٔ برگ، زی‌تودهٔ خشک ساقه و برگ در سطح ۵ درصد و سایر شاخص‌های مورفولوژی در سطح ۱ درصد در بین سطوح مختلف آبیاری متفاوت بودند. بزرگترین اندازهٔ طول ساقه، قطر یقه، تعداد برگ، سطح برگ، زی‌تودهٔ ساقه و برگ، رویش ارتفاعی و قطری یقه و زنده‌مانی در نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۴ روزه مشاهده شد. نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۸ روزه دارای بیشترین مقدار حجم ریشه و زی‌تودهٔ ریشه بودند، درحالی که بزرگترین اندازهٔ طول ریشه، سطح ویژهٔ برگ و نسبت طول ریشه به ساقه در دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه حاصل شد. نتایج بیانگر این است که اگرچه دورهٔ آبیاری ۴ روزه مناسب‌ترین دوره برای پرورش نهال ارغوان است، با این وجود دورهٔ آبیاری ۸ روزه به‌دلیل تامین مناسب نرخ زنده‌مانی و شاخص‌های رشد، و نیز کاهش هزینه و سهولت رویش نهال، می‌تواند گزینهٔ خوبی برای پرورش نهال ارغوان باشد.

واژه‌های کلیدی: ارغوان، تنش آبی، جوانه‌زنی بذر، رویش ارتفاعی، زی‌توده ریشه

[*] نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰ ایمیل: mtabari@modares.ac.ir

مقدمه و هدف

اگرچه، امروزه محدودیت منابع آبی، عامل اصلی تأثیرگذار بر رشد و عملکرد گیاهان است (Vinocur and Altman, 2005)، مطالعهٔ واکنش گیاهان به کمبود آب و مشخص شدن نوع عملکرد آنها در مواجهه با تنش خشکی می‌تواند به بهبود مدیریت در تولید نهال و عرصهٔ جنگلکاری کمک کند. گیاهان پاسخ‌های متعددی به کمبود آب نشان می‌دهند که از آن جمله می‌توان پاسخ‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی را بیان کرد که در مقابل تنش خشکی دچار کاستی می‌شوند (Lowlor and Cornic, 2002). اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی کاهش تبخیر و تعرق از طریق بستن روزنه‌هاست که سبب کاهش رشد و عملکردهای مورفولوژی از جمله کاهش رشد ارتفاع، زی توده، تعداد و سطح برگ گیاه می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Dichio *et al*., 2002).

به‌طور کلی، کاهش رشد قطری اندام‌های مختلف در گیاهان تحت تنش خشکی، بیشتر وابسته به زمان اعمال تنش است، تا طول دورهٔ تنش (Li *et al*., 2000). همچنین، محدودیت رطوبت خاک از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای و سطح برگ و متعاقب آن، کاهش فتوسنتز می‌تواند سبب کاهش رویش اندام‌های مختلف در گیاهان شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). از دیگر علائم تنش خشکی می‌توان به کاهش وزن (تر و خشک) اندام‌های مختلف در گیاهان اشاره کرد (Farooq *et al*., 2009). علاوه‌بر این، تنش خشکی سبب کاهش زی‌تودهٔ اندام هوایی در مقایسه با زی‌تودهٔ ریشه، تراکم زیاد طول ریشه و ریشه‌های نازک می‌شود، که این امر سبب افزایش قدرت جذب آب و مواد غذایی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Boot *et al*., 1986). مطالعات راد و همکاران (۱۳۸۹) نیز در زمینهٔ واکنش ریشه درختان سه‌ساله *Eucalyptus canadensis* تحت تنش خشکی (۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) آشکار ساخت که با افزایش تنش خشکی از میزان وزنی و طولی ریشه در عمق‌های بالا کاسته و در عمق‌های پایین افزوده می‌شود.

تحقیق حاضر روی نهال ارغوان معمولی (*Cercis siliquastrum* L.)، از زیر خانواده Caesalpinioideae و خانوادهٔ Fabaceae که بومی سرزمین‌های گرم و مدیترانه‌ای اروپای جنوبی و آسیای مرکزی و غربی است (Davis *et al*., 2002) صورت گرفت. این گونه، در ایران به‌صورت خودرو است و قابلیت تحمل و رشد در مناطق خشک را دارد (Rechinger, 1986). ارغوان معمولی در بیشتر خاک‌ها قابلیت رشدونمو دارد، ولی بهترین رشد آن در خاک‌های با pH بیشتر از ۷/۵ است (Sternberg, 2011). این درخت علاوه بر بهبود وضعیت خاک مناطق جنگلکاری از طریق تثبیت ازت، می‌تواند چشم‌اندازی طبیعی برای پارک‌ها و حاشیهٔ جاده‌ها ایجاد کند.

اگرچه در زمینهٔ پاسخ به خشکی نهال‌های چند گونه از جنس ارغوان (*Cercis griffithii*، *C. siliquastrum*، *C. occidentalis*، *C. canadensis*) تحقیقی در قالب رساله دکترا توسط Sternberg (2011) نگارش و معلوم شد که گونه‌های *C. siliquastrum* و *C. occidentalis* در مقایسه با دو گونه دیگر عملکرد بهتری نشان می‌دهند، اما سطوح تنش در تحقیق فوق فقط به دو تیمار "کمبود آبیاری" و "آبیاری مناسب" ختم شده بود. با توجه به اینکه تعیین میزان تحمل و بردباری نهال گونه ارغوان معمولی به تنش خشکی و معرفی دور آبیاری در ارتباط با شناخت اکولوژیک نهال این گونه حائز اهمیت است، دستاورد این تحقیق در راستای کاربرد تنوعی از سطوح کم‌آبی یا دور آبیاری می‌تواند راهنمایی برای مدیریت استفاده از منابع آب در پرورش نهال آن باشد.

مواد و روش‌ها

بذرهای استفاده‌شده در این آزمایش از مرکز بذر درختان جنگلی آمل (خزر) با مشخصات ذکرشده در

جدول ۱ تهیه شدند. بذرها ابتدا توزین شدند و برای شکست خواب پوسته در آب جوش (با دمای ۷۰ درجه) قرار گرفتند و تا سرد شدن آب به‌مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند؛ آن‌گاه، به‌منظور تحریک جوانه‌زنی و رفع کمون جنین، در قالب تکنیک هالوپرایمینگ (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۳) به‌مدت ۴۸ ساعت در محلول ۱۰۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم (KNO_3) قرار گرفتند. پس از شسته شدن مواد اضافی روی بذر و ضدعفونی آنها با استفاده از قارچ‌کش تیرام به نسبت ۰/۰۹ برای هر کیلوگرم، در دمای اتاق نگهداری و خشک شدند تا به وزن اولیه (قبل از پرایم شدن) برسند (Farooq *et al.*, 2006)؛ بدین ترتیب پرایمینگ بذر پایان یافت.

جدول ۱- خصوصیات منطقهٔ جمع‌آوری بذر و شاخص‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ بذور ارغوان

مبدأ بذر	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	قوهٔ نامیه (درصد)	رطوبت (درصد)	تعداد در کیلوگرم	وزن هزاردانه (گرم)	خلوص (درصد)
زنجان	N ۳۶' ۶۶"	E ۴۸' ۴۸"	۸۵	۴/۴	۳۶۶۳۰	۲۷/۳	۹۷

در مرحلهٔ بعد، برای بررسی گلخانه‌ای (با شرایط دمایی ^{o}c ۱۰ ± ۲۵ و رطوبت ۲۰ ± ۴۵ درصد)، سه عدد بذر در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۱۵×۲۵ سانتی‌متر در خاکی با وزن متوسط ۳/۴ کیلوگرم با نسبت ۱:۱:۱ شامل ماسه، رس و لای کاشته شد. نهال‌ها پس از جوانه‌زنی، هر دو روز یک‌بار در حد ظرفیت زراعی خاک (به روش وزنی) به‌مدت ۹۰ روز آبیاری شدند. سپس نهال‌های ۹۰ روزهٔ تولیدشده در هر گلدان، به یک نهال، تنک شدند. آن‌گاه، نهال‌های با ارتفاع ۳ ±۳۰ سانتی‌متر و قطر یقهٔ ۰/۲± ۲/۶ میلی‌متر برای مطالعهٔ تنش خشکی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار دورهٔ آبیاری (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز) در قالب سه تکرار (در هر تکرار پنج گلدان) کاشته شدند. به‌طور کلی، دورهٔ آزمایش برای تنش خشکی ۷۰ روز بود.

شایان ذکر است، پس از اینکه ظرفیت زراعی (FC) و نقطهٔ پژمردگی (PWP) خاک در آزمایشگاه تعیین شد و درصد رطوبت خاک (وزن خاک خشک)، وزن نهال، وزن گلدان و وزن مرجع در ظرفیت زراعی مشخص شد، به هر گلدان تا رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی و براساس تیمار دور آبیاری آب داده شد. البته قبلاً بافت خاک، رطوبت خاک و وزن مخصوص ظاهری تعیین شد و منحنی رطوبتی خاک که رابطهٔ بین پتانسیل ماتریک آب خاک و رطوبت را مشخص می‌کند از طریق فرمول Saxton *et al.* (1986) یا رابطهٔ ۱ ترسیم شد.

$$\Psi_m = A\theta_v^{\ B} \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

در رابطهٔ فوق Ψ_m پتانسیل ماتریک خاک برحسب کیلو پاسکال، θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک برحسب متر مکعب بر متر مکعب و A و B ضرایبی هستند که می‌توان آنها را به ویژگی‌های خاک ارتباط داد (جدول ۲).

اندازه‌گیری‌ها

در ابتدای تنش، ارتفاع، قطر یقه و تعداد برگ نهال‌های حاصل، و بعد از ۷۰ روز تنش خشکی ارتفاع نهال و طول ریشه توسط خط‌کش (با دقت سانتی‌متر) و قطر یقهٔ نهال با استفاده از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. میزان رشد ارتفاع و قطریقه نهال‌ها در دورهٔ تنش با استفاده از رابطهٔ ۲ به‌دست آمد.

رابطهٔ ۲ میزان رشد در اول دوره - میزان رشد در آخر دوره = رویش قطری (ارتفاعی)

جدول ۲- مشخصات خاک گلدان‌های مورد استفاده برای کاشت بذر ارغوان

pH	EC (dS/m)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	C (%)	clay (%)	silt (%)	sand (%)	نوع بافت	وزن ظاهری خاک (g/cm^3)	ظرفیت زراعی (FC)	نقطهٔ پژمردگی (PWP)
۶/۱	۰/۳۶	۰/۱۳	۱۳	۳۰	۰/۴۵	۲۲	۱۲	۶۶	شنی لومی	۱/۵۱	۱۵/۳	۹

سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf Area Meter) مدلCI202 اندازه‌گیری شد؛ ۴۵ برگ از هر تیمار (سه برگ از هر نهال در سه تکرار) انتخاب شد و سپس سطح ویژهٔ برگ از رابطهٔ ۳ و نسبت سطح برگ از رابطهٔ ۴ با محاسبه شد:

رابطهٔ ۳ $$\text{سطح ویژهٔ برگ} = \frac{\text{سطح برگ (سانتی متر مربع)}}{\text{وزن برگ (گرم)}}$$

رابطهٔ ۴ $$\text{نسبت سطح برگ} = \frac{\text{سطح برگ (سانتی‌متر مربع)}}{\text{زی‌تودهٔ خشک گیاه (گرم)}}$$

برای اندازه‌گیری حجم ریشه، پس از شستن خاک گلدان‌ها در سطح شیبدار، ریشه‌ها از خاک جدا و پس از چند بار شست‌شو در داخل استوانهٔ مدرج با میزان مشخص آب، گذاشته شد و با توجه به بالا آمدن آب، حجم ریشه (برحسب سانتی متر مکعب) برآورد شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه پس از قطعه قطعه کردن نهال‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های زمینی و هوایی نهال‌ها، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۷۵ درجه) قرار داده شد و دوباره اندازه‌گیری شد (Yin *et al*., 2005).

به‌منظور بررسی زنده‌مانی، در هر یک از دوره‌های آبیاری نسبت تعداد نهال‌های باقی‌مانده در پایان بررسی (S) به تعداد نهال‌های اولیه (آماده شده برای آزمایش تنش خشکی) برای هر تیمار (SI)، به‌صورت درصد زنده‌مانی (SP) (رابطهٔ ۵) منظور و تجزیه‌وتحلیل شد.

رابطهٔ ۵ $$SP= (S/SI)\times 100$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از برداشت داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 صورت گرفت. ابتدا توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها و توسط آزمون لِوِن، همگنی واریانس داده‌ها بررسی شد؛ سپس با استفاده از تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) معنی‌داری اثر آبیاری بر هر یک از شاخص‌ها تعیین شد. مقایسهٔ میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنهٔ دانکن[1] انجام گرفت.

نتایج

دورهٔ آبیاری اثر معنی‌دار بر کلیهٔ شاخص‌های مورفولوژی نهال ارغوان داشت، به‌طوری که طول ساقه، طول ریشه، سطح ویژهٔ برگ، زی‌تودهٔ خشکِ ساقه و زی‌تودهٔ خشکِ برگ (در سطح ۵ درصد) و سایر شاخص‌های مورفولوژیِ اندازه‌گیری‌شده (در سطح ۱ درصد) در بین سطوح مختلف آبیاری متفاوت

[1]Duncan's Multiple Range Test

بودند (جدول ۳).

نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۴ روزه بعد از ۷۰ روز آبیاری با زنده‌مانی ۱۰۰ درصد نسبت به نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه، ۷۵ درصد افزایش زنده‌مانی داشتند. نهال‌های آبیاری ۸ روزه کاهش زنده‌مانی حدود ۱۵ درصدی را در مقایسه با نهال‌های آبیاری ۴ روزه نشان دادند، اما این کاهش به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱). مطابق نتایج شکل ۲ بزرگ‌ترین اندازهٔ رویش ارتفاعی و قطری متعلق به دورهٔ آبیاری ۴ روزه بود که نسبت به دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه به‌ترتیب ۲۰/۷۶ سانتی‌متر و ۱/۴۷ میلی‌متر بیشتر بود. کمترین میزان سطح ویژهٔ برگ (حدود ۱۱۰ سانتی متر مربع) اختصاص به دور آبیاری ۴ روزه داشت (جدول ۴).

بزرگ‌ترین اندازهٔ طول ساقه متعلق به نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۴ روزه بود که به‌طور متوسط ۱۳/۴ سانتی‌متر بزرگ‌تر از آنها در دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه بود. طول ریشه نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه با آنها در تیمارهای ۸ و ۱۲ روزه به لحاظ آماری فرقی نکرد، ولی ۷/۶ سانتی‌متر بزرگتر از تیمار ۴ روزه بود (جدول ۴).

با افزایش دور آبیاری، قطر یقه و تعداد برگ کاهش یافت، اما بین سطوح ۱۲ و ۱۶ روزه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اندازهٔ قطر یقه و تعداد برگ در دورهٔ آبیاری ۱۶ روزه نسبت به ۴ روزه به‌ترتیب ۱/۳۶ میلی‌متر و ۱۰/۲ عدد کمتر بود. بزرگ‌ترین اندازهٔ سطح برگ را نهال‌های آبیاری ۴ روزه به خود اختصاص دادند که ۸/۳ سانتی‌متر مربع بیشتر از آنها در آبیاری ۱۶ روزه بود. نسبت وزن خشک ریشه به ساقه برای دورهٔ آبیاری ۸ روزه بیشترین مقدار را نشان داد که ۲/۲۸ برابر دورهٔ آبیاری ۴ روزه بود. بیشترین وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ تعلق به دورهٔ آبیاری ۴ روزه داشت که به‌ترتیب ۱ گرم و ۰/۹گرم نسبت به آنها در دور آبیاری ۱۶ روزه بیشتر بود (جدول ۴).

در نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۸ روزه مقدار وزن خشک ریشه، حجم ریشه و وزن تر نهال در مقایسه با تیمار ۱۶ روزه به‌ترتیب ۲/۲۵ گرم، ۶/۹۲ سانتی‌متر مکعب و ۱۰ گرم افزایش داشت (شکل ۲).

بحث

تاکنون موفقیت‌های کمی در تشخیص بهبود کارایی گیاهان در برابر تنش خشکی حاصل شده که دلیل آن را می‌توان ناآگاهی از سازوکارهای خسارت تنش و مقاومت گیاهان دانست. یکی از عوامل مؤثر در موفقیت نهالکاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده از نهال‌های سالم و قوی است. اولین و حساس‌ترین واکنش گیاه به کمبود آب، کاهش تورژسانس سلولی، تقسیم سلولی و کاهش فتوسنتز است که به‌دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ (برای جلوگیری از دست دادن آب) به کاهش رویش گیاه منجر می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

در تحقیق حاضر مشاهده شد دورهٔ آبیاری اثر معنی‌داری بر کلیه شاخص‌های رشدی نهال ارغوان داشت. همانند یافته‌های این تحقیق، Chunying *et al.*(2005) مشاهده کردند که افزایش تنش خشکی با اعمال آبیاری در سطوح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، سبب کاهش رویش نهال‌های *Populus kangdingensis* شد. این می‌توانست نتیجهٔ آثار تنش خشکی باشد که به کاهش آماس سلولی، کاهش رشد و تقسیم سلولی در پلاسمولیز سلول‌ها به‌خصوص بافت ساقه و میان‌گره‌ها و در نهایت کاهش رویش منجر شده است (Rao *et al.*, 2008; Shao *et al.*, 2008).

در مطالعهٔ پیش رو، با افزایش دورهٔ آبیاری، طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه در نهال‌های ارغوان افزایش یافت. مطابق با یافته‌های Boot *et al.* (1986) نسبت بزرگ طول ریشه به طول ساقه و نفوذ عمیق‌تر ریشه به لایه‌های پایین خاک در شرایط کم‌آبی را می‌توان از قابلیت‌های گیاه برای مقابله با تنش خشکی تلقی کرد. با افزایش دورهٔ آبیاری تعداد برگ کاهش یافت. دلیل احتمالی آن، کاهش رطوبت خاک،

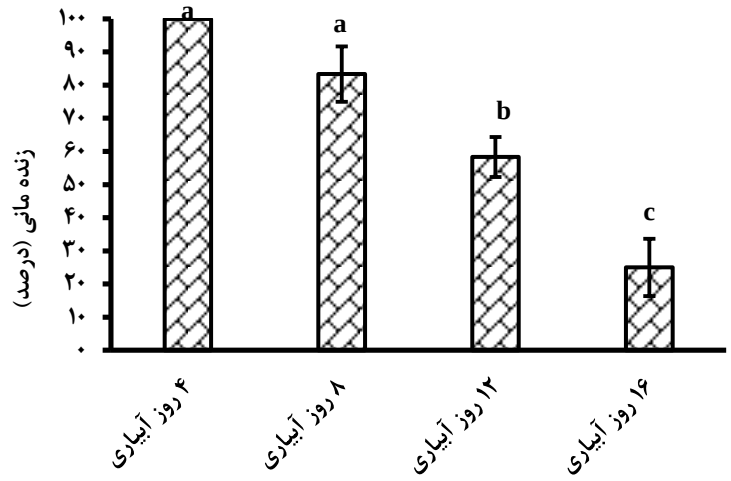
و در پی آن پیری زودرس برگ گیاه و تجمع زیاد اتیلن است که برای کاهش تعرق و فرار از تنش رخ می‌دهد (Blum, 1996; Al-Juburi *et al*., 2009). کاهش سطح برگ نهال در دوره‌های طولانی‌ترِ آبیاری را می‌توان عملکردی برای کاهش تعرق در گیاه دانست که کاهش آن در شرایط خشکی ممکن است به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌های سطح برگ باشد (Al-Juburi *et al*., 2009).

افزایش سطح ویژهٔ برگ در نهال‌های با دورهٔ آبیاری ۱۲ و ۱۶ روزه را می‌توان به‌دلیل کاهش وزن خشک و نازک شدن برگ نهال‌های تحت تنش خشکی دانست (Wu *et al*., 2006). همچنین، این نتایج با یافته‌های Sternberg (2011) که براساس آن با افزایش تنش خشکی، از تعداد و سطح برگ گونه‌های جنس *Cercis* کاسته شد مطابقت دارد. در حقیقت، کاهش سطح برگ همبستگی مستقیم با کاهش فتوسنتز در گیاهان دارد و متعاقب آن کاهش فتوسنتز سبب کاهش رویش و زی‌تودهٔ اندام هوایی در گیاهان می‌شود (Sanchez *et al*., 2004). در تحقیقی دیگر، روی دو واریتهٔ ارغوان آمریکایی (*C. canadensis* var. *canadensis* و *C. canadensis* var. *mexicana*)، معلوم شد هر دو واریته از مقاومت خوبی در برابر تنش خشکی برخوردار بودند (Griffin, 2002).

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس یک‌طرفهٔ صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ نهال‌های ارغوان در دوره‌های مختلف آبیاری

صفات	d.f.	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
طول ساقه (سانتی‌متر)	۳	۴۸۱/۳	۳/۴۷	۰/۰۲۴*
طول ریشه (سانتی‌متر)	۳	۲۹/۷۹	۵/۸	۰/۰۲۰*
قطر یقه (میلی‌متر)	۳	۵/۱۶	۱۶/۹	۰/۰۰**
رویش ارتفاعی (سانتی‌متر)	۳	۱۱۲۲/۷۱	۱۵/۲	۰/۰۰**
رویش قطری (میلی‌متر)	۳	۶/۱۳۵	۱۴/۲۲	۰/۰۰**
تعداد برگ	۳	۲۴۰/۸	۳۰/۳	۰/۰۰**
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۳	۴۸/۹۵	۲۴/۷	۰/۰۰**
سطح ویژهٔ برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)	۳	۴۱۰۲/۳۶	۵/۷	۰/۰۲۲*
نسبت سطح برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)	۳	۴/۱۷	۲۰/۳	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ تر ساقه (گرم)	۳	۵/۴۷	۳۰/۷	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ تر ریشه (گرم)	۳	۵۱/۳۵	۲۱/۵	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ تر برگ (گرم)	۳	۳/۴۸	۶/۸	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ خشک ساقه (گرم)	۳	۰/۵۸	۳۰/۷	۰/۰۱۳**
زی‌تودهٔ خشک ریشه (گرم)	۳	۳/۷۸	۳۳/۸	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ خشک برگ (گرم)	۳	۰/۴۸	۴/۶	۰/۰۳۷*
نسبت طول ریشه به ساقه	۳	۰/۰۹	۱۰/۵	۰/۰۰۴**
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	۳	۲/۹۶	۱۸/۵	۰/۰۰۱**
حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	۳	۳۴/۰۶	۷۸/۸	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ تر کل نهال (گرم)	۳	۸۵/۶۳	۴۸/۷	۰/۰۰**
زی‌تودهٔ خشک کل نهال (گرم)	۳	۵/۶	۴۸/۶	۰/۰۰**
زنده‌مانی (درصد)	۳	۲۹۶۸/۷۵	۱۲/۴	۰/۰۰۲**

** و * به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد است.

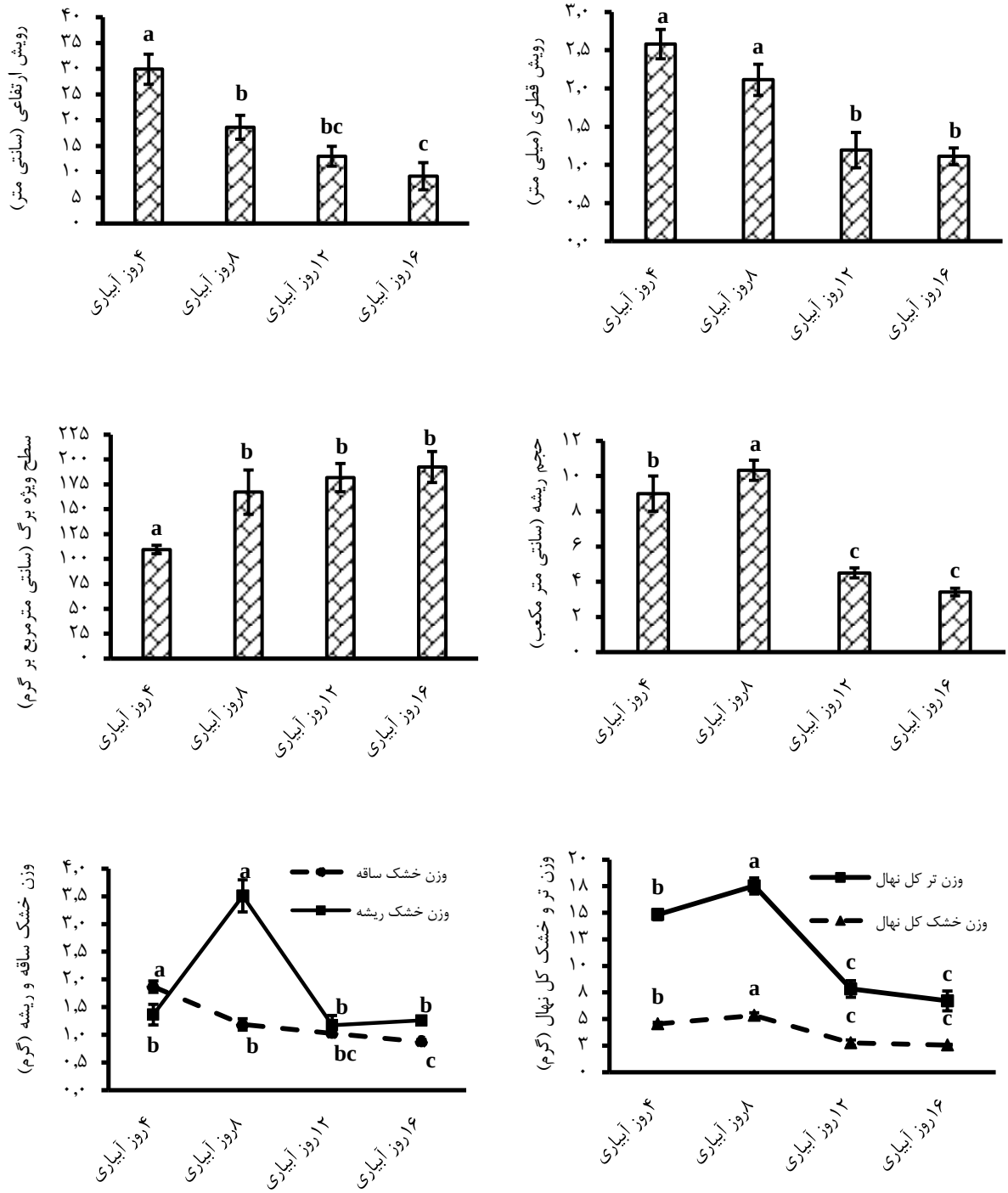


شکل ۱- میانگین درصد زنده‌مانی نهال های ارغوان در سطوح مختلف آبیاری
(حروف متفاوت لاتین نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن است).

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین (انحراف معیار) صفات رویشی و پارامترهای مورفولوژی نهال‌های ارغوان در سطوح مختلف آبیاری

صفات	۴ روز	۸ روز	۱۲ روز	۱۶ روز
طول ساقه (سانتی‌متر)	۵۱/۱ (۱۰/۵)^{a}	۴۲/۱ (۱۵/۹)^{ab}	۳۸/۵ (۸/۵)^{b}	۳۷/۷ (۱۰/۷)^{b}
طول ریشه (سانتی‌متر)	۱۹ (۳/۶)^{b}	۲۳/۴ (۰/۶)^{a}	۲۳/۹ (۲/۴)^{a}	۲۶/۶ (۰/۸)^{a}
قطر یقه (میلی‌متر)	۴/۳۵ (۰/۳)^{a}	۳/۶۶ (۰/۷)^{b}	۲/۹۶ (۰/۵)^{c}	۲/۹۹ (۰/۵)^{c}
تعداد برگ	۱۷ (۴)^{a}	۱۱/۱ (۲/۷)^{b}	۸/۵ (۱/۵)^{c}	۶/۸ (۲/۳)^{c}
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۱۳/۴ (۱/۶)^{a}	۱۳/۱ (۲)^{a}	۱۲/۷ (۱)^{a}	۵/۱ (۰/۱)^{b}
نسبت سطح برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)	۲/۹ (۰/۲)^{b}	۲/۵ (۰/۲)^{bc}	۴/۷۱ (۰/۸)^{a}	۲ (۰/۱)^{c}
زی‌تودهٔ تر ساقه (گرم)	۴/۹۹ (۰/۳۲)^{a}	۳/۶ (۰/۵۷)^{b}	۲/۵۴ (۰/۳۴)^{c}	۱/۹ (۰/۳۹)^{c}
زی‌تودهٔ تر ریشه (گرم)	۶/۸ (۱/۷۸)^{b}	۱۲/۹۳ (۱/۱۷)^{a}	۴/۱۷ (۰/۸۵)^{b}	۴/۱۵ (۲/۰۵)^{b}
زی‌تودهٔ تر برگ (گرم)	۳/۰۳ (۱/۲)^{a}	۱/۱۰ (۰/۳۲)^{b}	۰/۹۹ (۰/۶۴)^{b}	۰/۶۶ (۰/۲۳)^{b}
زی‌تودهٔ خشک برگ (گرم)	۱/۳۱ (۰/۶)^{a}	۰/۶۵ (۰/۱)^{b}	۰/۵۵ (۰/۱۸)^{b}	۰/۴۱ (۰/۱۲)^{b}
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۳۹ (۰/۰۳)^{b}	۰/۴۳ (۰/۱)^{b}	۰/۴۳ (۰/۰۶)^{b}	۰/۷۷ (۰/۱۴)^{a}
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	۰/۷۲ (۰/۱۵)^{b}	۳ (۰/۷)^{a}	۱/۱۵ (۰/۳۳)^{b}	۱/۴۴ (۰/۱۲)^{b}

(حروف متفاوت لاتین نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن است).



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین صفات رویش ارتفاعی، قطری، سطح ویژهٔ برگ، وزن تر و خشک کل نهال، حجم ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه نهال‌های ارغوان در سطوح مختلف آبیاری.
(حروف متفاوت لاتین نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن است).

پاسخ‌های مورفولوژیکی نهال به تنش کمبود آب به‌عنوان مهم‌ترین سازوکار برای پرهیز از خشکی و سازگاری با شرایط تنش است که موجب کاهش رویش ارتفاعی، قطری و زی‌تودهٔ کل می‌شود (Lei *et al.*, 2006; Xiao *et al.*, 2008). کاهش وزن ساقه و برگ نهال‌های تحت تنش خشکی در این تحقیق در دوره‌های طولانی آبیاری ممکن است به‌دلیل نبود توسعه و رویش مناسب این اندام‌ها در مواجهه با تنش کمبود آب باشد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Myers and Landsberg, 1989; Zhang *et al.*, 2005).

در مطالعهٔ پیش رو، همچنین، کاهش رشد ساقه و برگ، به تقلیل زی‌تودهٔ اندام هوایی، و نسبت زی‌تودهٔ خشک ریشه به زی‌تودهٔ خشک ساقه تحت تنش کم‌آبی منجر شد. این، با یافته‌های Li *et al.* (2000) مطابقت دارد؛ آنان با تحقیق در نهال *Eucalyptus microtheca* مشاهده کردند که میزان زی‌توده با افزایش خشکی خاک (از ۱۰۰ درصد به ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) کاسته می‌شود. در تحقیق ما همچنین افزایش دورهٔ آبیاری سبب کاهش معنی‌دار رویش قطری و ارتفاعی، حجم ریشه، زی‌تودهٔ ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه شد که با نتایج Sternberg (2011) در گونه‌های مختلف ارغوان همسوست.

به‌طور کلی، توانایی یک گیاه به زنده ماندن در دوره‌های بدون بارش و تحمل آن به کاهش آب دریافتی، رابطهٔ مستقیم با تنظیم اسمزی دارد (Jarrett, 1991). تنش خشکی با محدودیت جذب عناصر اولیه رشد می‌تواند سبب ضعف استقرار و کاهش زنده‌مانی شود (Shao *et al.*, 2008). در این زمینه، می‌توان اظهار داشت که در تحقیق حاضر، کاهش زنده‌مانی نهال ارغوان در دوره‌های آبیاری ۱۲ و ۱۶ روزه به‌دلیل کاهش جذب آب در گیاه بوده است. البته Sternberg (2011) مشاهده کرد که نهال ارغوان توانایی زیادی در مقابل کمبود آب دارد؛ اگرچه اندام‌های گیاه در شرایط خشکی دچار ضعف می‌شوند، ریشه نسبت به ساقه از اندازهٔ بزرگ‌تری بهره‌مند می‌شود. این در حالی است که این گیاه به عنوان گونه‌ای مقاوم و انعطاف‌پذیر برای کاشت در شرایط مختلف رویشگاهی شناخته شده است (Robertson, 1976).

با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان جمع‌بندی کرد که اگرچه نهال ارغوان در دورهٔ آبیاری ۴ روزه شرایط رویشی و زنده‌مانی بهتری نسبت به سایر دوره‌های تحت تنش کسب کرد، لیکن به زنده‌مانی و رشد قابل قبولی در دورهٔ آبیاری ۸ روزه نایل شد که نشان از تحمل مطلوب آن به شرایط خشکی دارد. از این‌رو، با توجه به کاهش هزینه و سهولت مراقبت، دورهٔ آبیاری ۸ روزه را می‌توان برای پرورش نهال آن توصیه کرد.

منابع

راد، محمد هادی، محمد حسن عصاره و مهدی سلطانی، ۱۳۸۹. واکنش ریشهٔ اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*. Dehnh.) نسبت به تنش خشکی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۲۸۵-۲۹۶.

سرمدنیا، غلامعلی و عوض کوچکی، ۱۳۸۸. فیزیولوژی زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۶۷ص.

کافی، محمد، اعظم برزوئی، معصومه صالحی، علی کمندی، علی معصومی و جعفر نباتی، ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ ص.

میرزایی، جواد، مسلم اکبری‌نیا، ابراهیم محمدی گل‌تپه، مظفر شریفی و یونس رضایی‌دانش، ۱۳۹۰. تاثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهال‌های خنجوک (*Pistacia khinjuk*) تحت تنش خشکی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۴۴ (۲): ۲۹۱-۳۰۰.

نوروزی، ناصر، مسعود طبری کوچکسرایی و سید احسان ساداتی، ۱۳۹۳. اثر هالوپرایمینگ بر شکست خواب و بهبود جوانه‌زنی بذر ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.)، نشریه علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۱ (۲): ۸۵-۱۰۴.

Al-Juburi, J., R. Somasundaram, and R. Panneerselvam, 2009. Drought Stress in Plants: a Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition, *International Journal of Agriculture Biology*, 11(1): 100-105.

Blum, A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation, *Plant Growth Regulation*, 20: 135-148.

Boot, R., D.J. Raynal, and J.P. Grime, 1986. A comparative study of the influence of drought stress on flowering in *Urtica dioica* and *Urtica urens*, *The Journal of Ecology*, 74 (2): 485-495.

Chunying, Y., P. Youhong, Z. Runguo, Z. Yaping, and L. Chunyang, 2005. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress, *Physiologia Plantarum*, 123:445-451.

Davis C.C., P.W. Fritsh., J. Li, and M.J. Donoghue, 2002. Phylogeny and biogeography of *Cercis* (Fabaceae): evidence from nuclear ribosomal ITS and chloroplast ndhF sequence data, *Systematic Botany*, 27:289-302.

Dichio, B., M. Romano, V. Nuzzo, and C. Xiloyannis, 2002. Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees (cv *Coratina*), *Acta Horticulture*, 586: 255–258.

Farooq, M.S.M.A., S.M.A. Basra, and K. Hafeez, 2006. Seed invigoration by osmohardening in coarse and fine rice, *Seed Science and Technology*, 34(1): 181-187.

Farooq, M., A. Wahid., N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management, *Agronomy for Sustainable Development***,** 29: 185-212.

Griffin, J.J., 2002. Interactive effects of environmental stresses on photosynthesis. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC, 155pp.

Jarrett, R.D, 1991. Paleohydrology and its value in analyzing floods and droughts, *US Geological Survey Water-Supply*, 2375 pp.

Lei, Y.B., C.Y. Yinand, and C.Y. Li, 2006. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*, *Physiologia Plantarum*, 127: 182–191.

Li, C., F. Berninger., J. Koskela, and E. Sonninen, 2000. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin, *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 231–238.

Lowlor, D.W., and G. Cornic, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants, *Plant Cell and Environmental*, 25: 275-294.

Myers, B., and J. Landsberg, 1989. Water stress and seedling growth of eucalypt species from contrasting habitats, *Tree Physiology*, 5: 207–208.

Rao, P.B., A.B. Kaur, and A. Tewari, 2008. Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand, *Tropical Ecology*, 49 (1):43-52.

Robertson, K.R., 1976. *Cercis*: the redbuds, *Arnoldia*, 36 (2):37–49.

Rechinger, K.H., 1986. Flora Iranica: no. 160, Caesalpiniaceae, Graz: Akademischer Druck-u, Verlagsanstalt, 11pp.

Sanchez, F.J., E.F. De Andres, J.L. Tenorio, and L. Ayerbe, 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress, *Field crops research*, 86(1):81-90.

Saxton, K.E., W.J. Rawls, J.S. Romberger, and R.I. Papendick, 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture, *Soil Science Society of America Journal*, 50:1031-1036.

Shao, H.B, L.Y. Chu., M.A. Shao, C. Abdul Jaleel, and M. Hong-Mei, 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses, *Comptes Rendus Biologies***,** 331: 433–441.

Sternberg, P., 2011. Physiological and morphological basis for differences in growth, water use and drought resistance among *Cercis* L. Taxa. Ph.D. Thesis, Ohio State University. 132pp.

Vinocur, B., and A. Altman, 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations, *Biotechnology*, 16:123-132.

Wu, Q.S., R.X. Xia, and Y.N. Zou, 2006. Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliate*) seedlings subjected to water stress, *Journal of Plant Physiology*, 163: 1101-1110.

Xiao, X., X. Xu, and F. Yang, 2008. Adaptive Responses to progressive drought stress in two populations, *Silva Fennica*, 42(5): 705-719.

Yin, C., X. Wang., B. Duan., J. Luo, and C. 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: 315-322.

Zhang, X., N. Wu, and C. Li, 2005. Physiological and growth responses of *Populus davidiana* ecotypes to different soil water contents, *Arid Environment*, 60: 567-579.

Response of growth indices of Judas tree seedling to different irrigation periods

N. Nourozi Haroni[1], M. Tabari Kouchaksaraei[2*] and S.E. Sadati[3]

[1]M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran
[2]Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran
[3]Assistant Research Professor, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, I. R. Iran

(Received: 23 February 2014; Accepted: 22 April 2016)

Abstract

Judas tree (*Cercis siliquastrum* L.) is a suitable species for improving the soil nitrogen fixation and creating the natural landscape in parks and roadsides. This study was aimed to investigate the growth, development and drought resistance of *Cercis* seedlings by applying different irrigation periods. First, the seeds of *Cercis* were treated to germinate and reach to seedling phase (30 cm in height) for 90 days. Then, the seedlings were examined in a completely randomized design with four irrigation periods (4, 8, 12, and 16 days) and three replicates for 70 days. Irrigation significantly affected all morphological characters whereas stem length, root length, specific leaf area, shoot dry mass, leaf dry mass ($p\leq 5\%$) and other characters ($p\leq 1\%$) were different among the irrigation periods. The highest stem length, collar diameter, leaf number, leaf area, shoot dry mass, leaf dry mass, collar diameter growth, height growth and survival rate were observed in 4-day irrigation period. Seedlings with 8-day irrigation period had the greatest root volume, root dry mass and plant dry mass. This is while that, the 8-day irrigation period induced the greatest root length, specific leaf area and root/shoot ratio. The results revealed that the 4-day irrigation period was suitable for raising the *Cercis* seedlings; however, due to the satisfactory survival and growth, as well as the low cost and easy maintenance of seedlings, the 8-day irrigation period can be a good alternative for seedling production of this species.

Keywords: *Cercis siliquastrum*, Height growth, Irrigation period, Root dry mass, Seed germination, Water stress.

[*] Corresponding author Tel: +98 9112246250 Email: mtabari@modares.ac.ir