نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۵، پاییز ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۲ -۱

اثر افزودن پرلیت در خاک بر برخی ویژگی‌های رشد و فیزیولوژی نهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) تحت تنش کم‌آبی

زهره ذوقی[۱]، سیدمحسن حسینی[۲]*، مسعود طبری کوچکسرایی[۲]، یحیی کوچ[۲]

[۱]گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، واحد نور، نور، ایران

[۲] گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس ، واحد نور، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۵

چکیده

تنش خشکی مهمترین تنش غیر زنده است که بر رشد، توسعه و عملکرد گیاهان تاثیر به‌سزایی دارد. این تحقیق به منظور بررسی اثر پرلیت، معرفی شده به عنوان اصلاح کننده خاک، روی پاسخ‌های رشد و فیزیولوژیکی نهال‌های بلندمازو تحت تنش کم‌آبی انجام شد. به این منظور آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی در شرایط گلخانه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گشت. نهال‌های مورد نظر در بسترهای مختلف پرلیت شامل صفر (بدون پرلیت)، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد در خاک به مدت ۵ ماه تحت تنش کم‌آبی در سه سطح ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی قرار گرفتند. اندازه‌گیری تبادلات گازی شامل فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق و نیز پتانسیل آبی برگ، رویش قطری و ارتفاعی و وزن خشک ریشه، ساقه، برگ نهال‌های بلندمازو در تیمارهای مختلف در آخر دوره انجام شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش رطوبتی و پرلیت بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. کمبود آب تا ٤٠ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش ٥١ و ٦٨ درصد به ترتیب در میزان فتوسنتز وهدایت روزنه‌ای برگ نهال‌های بلندمازو شد. بیشترین میزان رویش قطری، طولی و وزن خشک نهال‌های بلندمازو در شرایط عادی و تنش به ترتیب در تیمار ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت مشاهده گشت. نتایج این تحقیق نشان داد افزودن پرلیت به خاک (۲۵ درصد) در رشد نهال‌های بلندمازو مؤثر بود و ویژگی‌های فیزیولوژیکی را در شرایط تنش کم‌آبی بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خاک، تنش خشکی، پتانسیل آبی برگ، تبادلات گازی، نهالستان.

مقدمه

تنش خشکی عامل اصلی خسارات شدید در بیشتر گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و یکی از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی است که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chaves et al., 2009). کشور ما به دلیل کمبود ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود و همواره با مشکل کمبود آب روبه‌رو است (Zarehaghi et al., 2015). تنش ناشی از کمبود آب با تاثیر مستقیم بر کاهش تثبیت دی اکسید کربن و تقسیم و طویل شدن سلولها موجب کاهش رشد آنها می شود (Farooq et al., 2009). یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش اثرات تنش آبی و افزایش مقاومت گیاه، افزودن برخی مواد آلی یا معدنی جاذب رطوبت به خاک است که قابلیت

*نویسنده مسئول: hosseini@modares.ac.ir

نگهداری آب در خاک را افزایش داده و آب ذخیره شده را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Kouchakzadeh et al., 2008; Batool et al., 2015). یکی از این مواد معدنی اصلاح‌کننده خاک که در مقادیر فراوان و به صورت طبیعی در ایران یافت می‌شود پرلیت است که یک آلومینوسیلیکات با منشأ آتشفشانی با رنگ خاکستری روشن و یا سیاه شیشه‌ای با اسیدیته خنثی است. این ماده در ترکیب خود دارای ۲ تا ٦ درصد آب می‌باشد که با گرما دیدن در دمای ۸۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و تبخیر آب موجود، حجم آن ٤ تا ۲۰ برابر افزایش می‌یابد و این رخداد منجر به تولید پرلیت منبسط سبک و متخلخل می‌گردد (Moghimi et al., 2011). کاربرد پرلیت به علت ویژگی‌های خاص مانند جرم مخصوص ظاهری بسیار پایین، قدرت جذب بالا و هدایت حرارتی کم بسیار گسترده است (Khonsari et al., 2010). پرلیت منبسط شده دارای ساختمان سلولی بسته است که آب و عناصر غذایی را در سطح خود نگهداری و به مرور آن را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهد (Maloupa et al.,1992) که باعث بهبود رشد و عملکرد آن خواهد شد. نتایج حاصل از تحقیق Moghimi و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر مختلف پرلیت را بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم نشان داد با افزودن پرلیت به خاک، عملکرد دانه و زیست توده گندم به ترتیب ۳۹/۹ و ۳۱/۵ درصد افزایش یافت و نیز مصرف ۲٤۰۰ کیلوگرم پرلیت در هکتار موجب افزایش حدود ٤۰ درصد کارایی مصرف آب نسبت به شاهد شد. نتایج تحقیق Malekian (۲۰۱۵) نیز نشان داد، افزودن پرلیت باعث افزایش معنی‌دار رویش ارتفاعی و قطری، افزایش حفظ رطوبت خاک و کاهش نیاز آبی نهال‌های پسته در مناطق خشک و نیمه خشک گشت. در بررسی اثر استفاده از مواد پرلیت و پیت‌ماس و خاک چوب به عنوان بستر کاشت نهال‌های انجیر (*Ficus carica* L.)، بستر پرلیت کامل و ترکیب مساوی از پرلیت و پیت‌ماس باعث بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های انجیر و افزایش کیفیت آنها شد (Sirin et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر اثر پرلیت و ضایعات درختان خرما بر برخی ویژگی‌های رشد نهال‌های انجیر مجنون (*Ficus benjamica*) مانند طول ساقه، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد شاخه و شاخص کلروفیل، نهال‌ها در ترکیب ۲۵ درصد پرلیت و ۲۵ درصد شن با پیت‌ماس، بالاترین شاخص‌های یاد شده را داشتند (Rahbarian and Salehi, 2014). همچنین بررسی اثر پرلیت بر روی گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط کمبود آب نشان داد افزودن ۵ درصد پرلیت در حجم خاک توانست ۵۰ درصد مصرف آب را کاهش دهد و صدمات ناشی از خشکی را در این گیاه بکاهد (Al-Shammari et al., 2018).

بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) از گونه‌های پر تقاضا برای کاشت در عرصه‌های جنگلی استان گلستان محسوب می‌شود که به موازات تولید نهالِ متناسب با کاشت در عرصه‌های جنگلی، نیاز به پرورش و تولید نهال مناسب آن در نهالستان‌ها است. این در حالی است که برخی نهالستان‌های تولید نهال دچار کمبود آب می‌باشند به‌طوری‌که رشد نهال‌ها و عملکرد تولید تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد. از آنجا که کیفیت نهال تولیدی متأثر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر می‌باشد (Teng and Timmer, 1996) پرورش نهال بلندمازو تحت شرایط کم‌آبی و به کمک پرلیت انجام شد تا چگونگی تعامل این ماده با خاک و نیز اثر آن بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی این گونه بررسی شود. به‌طوری‌که یافتن راه‌هایی برای افزایش رشد گیاه و کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان واقع در مرکز شهرستان گرگان با طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤٥ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۵۵ متر از سطح دریا انجام شده است که متوسط بارندگی ٤٥۰ میلی‌متر در سال است.

کشت گلدانی و تیمار آنها: به منظور انجام این تحقیق پرلیت بعد از عبور از الک دو میلی‌متری در چهار سطح صفر (بدون پرلیت)، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد حجمی با خاک مخلوط شد (Rahbarian and Salehi, 2014). برای هر یک از تیمارهای ذکر شده ٤ تکرار (۳۲ نهال برای هر سطح ترکیب تیمار) در نظر گرفته شد. بذور یک اندازه بلوط بلندمازو در گلدان‌ها کاشته شد. نهال‌های تیمار شده با این مواد به همراه نهال‌های شاهد (فاقد پرلیت) تا اواسط خرداد در فضای باز آبیاری و وجین شد. اعمال تنش رطوبتی برای هر یک از تیمارها از اواسط خرداد در شرایط گلخانه، با توجه به ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک و نیز تعیین درصد رطوبت خاک، وزن نهال، وزن گلدان و وزن مرجع در ظرفیت زراعی، صورت گرفت و هر گلدان تا رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی ٤۰درصد، ۷۰ درصد و ۱۰۰ درصد آبیاری شد و تا اواسط آبان ادامه یافت (Zarik et al., 2016).

اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک و پرلیت: برخی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و پرلیت در جدول ۱ آمده است که pH خاک با دستگاه pH متر الکتریکی، نیتروژن کل به روش کجلدال، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب تعیین شد (Blake and Hartage, 1986). فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) با دستگاه اسپکتوفتومتر، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با آمونیوم استات و قرائت با دستگاه فلیم‌فتومتر (Ghazanshahi, 2006) اندازه‌گیری شد. تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی کاتیون‌های قابل تبادل با استات سدیم، خروج سدیم اضافی با الکل، تبادل سدیم با استات آمونیوم انجام گشت (Chapman, 1965).

جدول ۱: برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک و پرلیت مورد استفاده

بستر	رس (٪)	سیلت (٪)	ماسه (٪)	ازت (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر ۱۰۰گرم)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	pH
خاک	۲۲	٤۰	۳۸	۰/۰۲	٤/٦	۱۲۰	۹/٦۰	۱/٤۱	۷/۲
پرلیت	–	–	–	۰/۰۳	۱۱/۰۰	۱۸۰	۱۳/۰۰	۰/۳۸	۷/۰۰

اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیولوژیکی: برای اندازه‌گیری میزان تبادلات گازی برگ از قبیل فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای، از هر تکرار ۲ نهال در نظر گرفته شد و ۳ الی ٦ برگ از بالغ‌ترین و توسعه یافته‌ترین برگ از قسمت‌های بالای هر نهال برای اندازه‌گیری انتخاب و میانگین اعداد بدست آمده برای آن نهال ثبت شد. اندازه‌گیری در هوای آزاد و تحت شرایط طبیعی دما، نور و رطوبت نسبی هوا در روز بدون ابر، با دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (ADC, LCpro+, UK) قابل حمل، انجام گشت. برای اندازه‌گیری پتانسیل آبی گیاه، در یک روز آفتابی و از ساعت ۱۱-۹/۵، از هر نهال ۵ برگ از توسعه‌یافته‌ترین

برگ‌ها انتخاب شد و با استفاده از دستگاه Pressure Chamber, Skye, SKPM 1400, UK اندازه‌گیری شد (Xiaoling et al., 2011; Parad et al., 2016).

اندازه‌گیری مشخصه‌های رشد: در ابتدای دوره قطر و ارتفاع تمامی نهال‌ها اندازه‌گیری شد. در پایان دوره آزمایش نیز قطر و ارتفاع نهال‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد و اختلاف این دو مقدار در ابتدا و انتهای دوره آزمایش، به‌عنوان رویش قطری و ارتفاعی نهال در نظر گرفته شد. جهت تعیین وزن خشک نهال‌ها در هر تیمار، از هر تکرار یک نهال (٤ نهال از هر تیمار) از خاک خارج کرده و پس از شستشوی خاک اطراف ریشه، هر یک از نهال‌ها را به سه قسمت ریشه، ساقه و برگ تقسیم کرده و در دمای ۷۰ درجه به مدت حداقل ٤٨ ساعت خشک کرده و در مرحله بعد با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد (Parad et al., 2014).

انجام این تحقیق، به صورت فاکتوریل با دو فاکتور سطح تنش کم‌آبی و ماده اصلاح کننده پرلیت در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف[1] و همگنی واریانس‌ها از آزمون لون[2] استفاده شد. اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، ساقه، برگ، بیوماس کل و تبادلات گازی و پتانسیل آبی نهال‌های بلندمازو در تیمارهای مختلف و با آبیاری در ٤٠، ۷۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، با تجزیه واریانس دوطرفه بررسی شد. مقایسات چندگانه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی[3] انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS.19 و رسم نمودار با نرم افزار GraphPad Prism 5 و Excel انجام شد.

نتایج

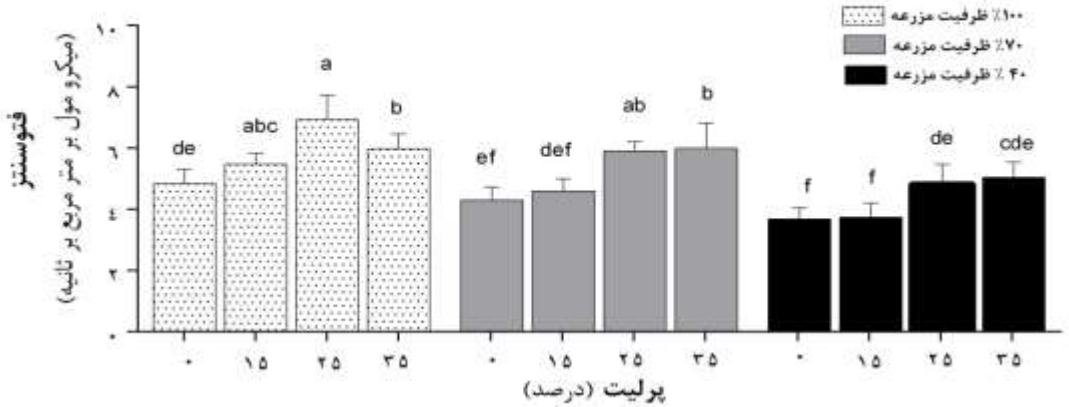
تبادلات گازی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر آن است که سطوح مختلف پرلیت تأثیر معناداری بر تبادلات گازی نهال‌های مورد بررسی شامل فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق در سطح یک درصد داشته است (جدول ۲). تنش‌های رطوبتی داده شده نیز باعث کاهش معنی‌دار نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق نهال‌ها شد طوری‌که این کاهش در سطح ٤٠ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین مقدار بود. مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری و پرلیت نشان داد که به‌ترتیب، نهال‌های آبیاری شده در حد ۱۰۰ ظرفیت زراعی و تیمار خاک مخلوط شده با ۲۵ درصد پرلیت بیشترین میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق را داشتند. همچنین برهمکنش این دو عامل بر روی فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار ولی بر میزان تعرق نهال‌ها اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد کمترین میزان فتوسنتز و تعرق در شاهد (بدون پرلیت) با آبیاری در سطح ٤٠ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین میزان فتوسنتز و تعرق به‌ترتیب در تیمار ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. نرخ فتوسنتز در تیمار ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار بدون پرلیت، به‌ترتیب ٤٣ و ٢٤ درصد افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز در تیمار ۲۵ درصد پرلیت و با آبیاری در حد ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش) مشاهده شد که نسبت به تیمار بدون پرلیت و بدون تنش ۱۱/٤ درصد افزایش یافت. در تیمار بدون پرلیت با کاهش آبیاری در حد ٤٠ درصد ظرفیت زراعی میزان این ویژگی نسبت به آبیاری نرمال ٤٠/۷ درصد کاهش یافت که در تیمار ۲۵ درصد پرلیت این کاهش ۱۳/٤ درصد بود (شکل ۳).

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Levene
3. Tukey

جدول ۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مشخصه‌های فیزیولوژیکی نهال‌های بلندمازو در سطوح مختلف پرلیت و تنش کم‌آبی

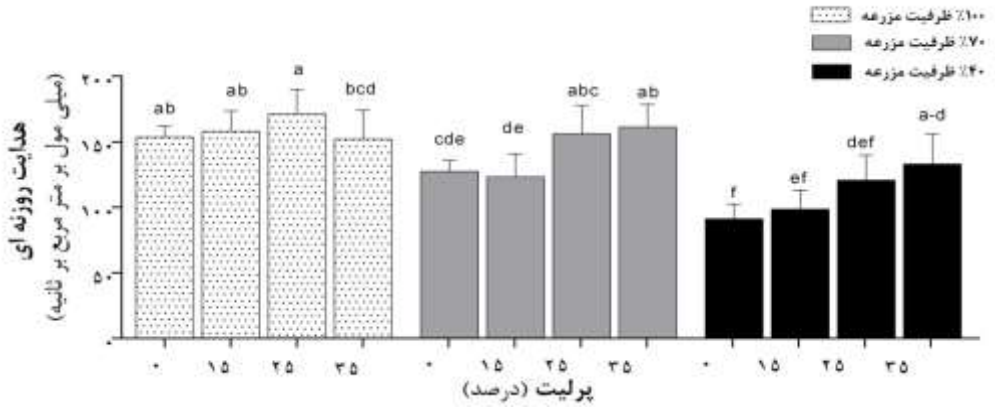
منبع تغییرات	درجه آزادی	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	تعرق	پتانسیل آبی
سطح پرلیت	۳	۱۵/۰۳**	٤٥١٤/٩٦ **	۱/۱۳**	۰/۹۱**
تنش کم‌آبی	۲	۱۷/۸۳**	۱۸۸۸۲/۳۹ **	۳/۸٤**	۲/۳۱**
سطح × تنش کم‌آبی	٦	۰/۷۳*	۱۰۵۹/۷۵**	۰/۰۲ns	۰/۱٤**
خطا	۸٤	۰/۳۰	۲۹۵/۸٤	۰/۰٤	۰/۰٤

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد



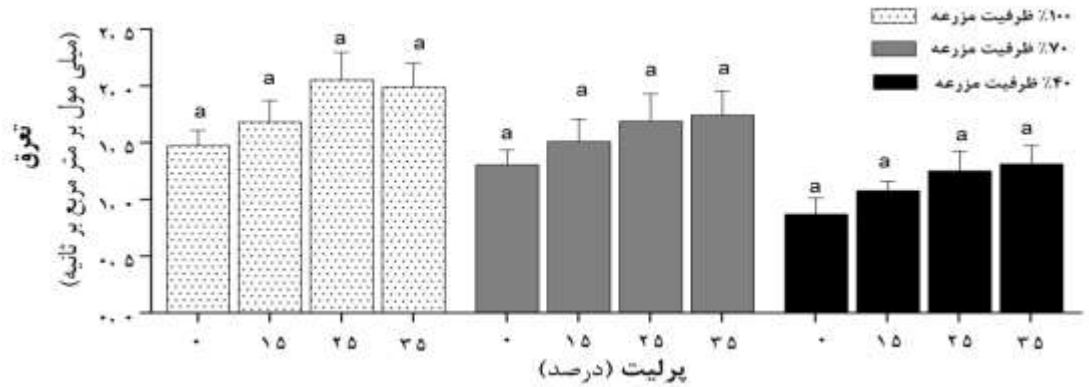
شکل ۱: مقایسه میانگین میزان فتوسنتز نهال‌های بلندمازو با افزودن پرلیت و تحت تنش کم‌آبی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل۲: مقایسه میانگین میزان هدایت روزنه‌ای نهال‌های بلندمازو با افزودن پرلیت و تحت تنش کم‌آبی

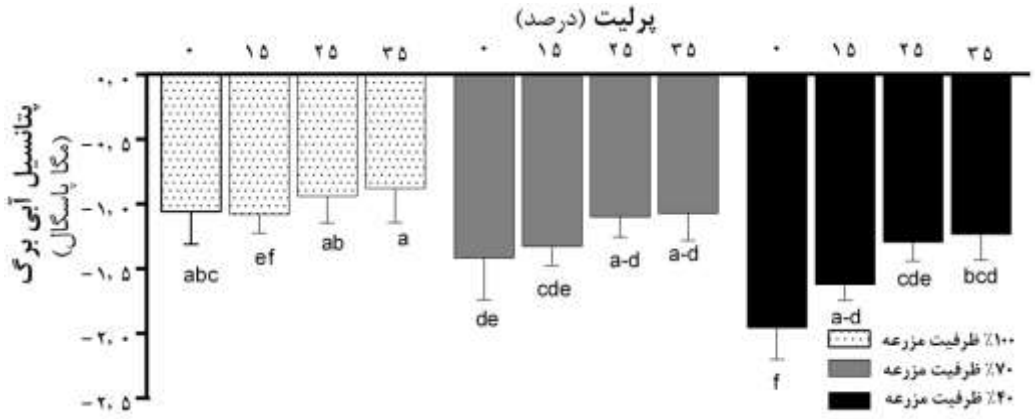
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۳: مقایسه میانگین میزان تعرق نهال‌های بلندمازو با افزودن پرلیت و تحت تنش کم‌آبی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

پتانسیل آبی برگ: نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش تنش رطوبتی، پتانسیل آبی برگ کاهش یافت به‌طوری که در شاهد (خاک بدون پرلیت) از ۱/۰٦- مگاپاسکال در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد به ۱/۹۵- مگاپاسکال در حالت آبیاری در حد٤٠ درصد ظرفیت زراعی رسید. در گلدان‌های تیمار شده با پرلیت نیز در هر تیمار با افزایش تنش رطوبتی میزان پتانسیل آبی نهال کاهش و با افزایش درصد پرلیت در خاک میزان پتانسیل آبی برگ نهال‌های بلندمازو افزایش یافت. در تنش ٤٠ درصد ظرفیت زراعی، میزان پتانسیل آبی نهال‌ها در تیمار ۳۵ درصد پرلیت نسبت به خاک بدون پرلیت (شاهد) ۳٦ درصد افزایش یافت (شکل ٤).



شکل ٤: مقایسه میانگین میزان پتانسیل آبی نهال‌های بلندمازو با افزودن پرلیت و تحت تنش کم‌آبی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

رویش قطری و ارتفاعی: نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد که سطوح مختلف پرلیت بر میزان رویش قطری و رویش ارتفاعی، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل نهال‌ها اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار رویش قطری و ارتفاعی در سطوح رطوبتی ۱۰۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه، در تیمار ۲۵ درصد پرلیت مشاهده شد اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت

مشاهده نشد (جدول٤ و ٥). رویش ارتفاعی نهال‌های بلندمازو در نتیجه افزودن ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۲۱ و۱۳ درصد نسبت به شاهد (خاک بدون پرلیت) با آبیاری در همان سطح افزایش یافت (جدول ٥).

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس برهمکنش اثرات سطوح مختلف پرلیت و رطوبت داده شده در صفات رویش قطری و رویش ارتفاعی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مشخصه‌های رشد نهال‌های بلندمازو در سطوح مختلف پرلیت و تنش کم‌آبی

مشخصه	منبع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی	مشخصه	منبع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی
رویش قطری	سطح پرلیت	۳/۲۵**	۳	رویش ارتفاعی	سطح پرلیت	۱۵۱/۰۳**	۳
	تنش کم‌آبی	۰/۷۳**	۲		تنش کم‌آبی	۱۷۱/۲۳**	۲
	سطح × تنش کم‌آبی	۰/۱٦ns	٦		سطح ×تنش‌کم‌آبی	۳/۹٥ns	٦
	خطا	۰/۱۳	۳۷۲		خطا	۲/۰۷	۳۷۲
وزن خشک ریشه	سطح پرلیت	۳/۹۷**	۳	وزن خشک ساقه	سطح پرلیت	۱/۹۸**	۳
	تنش کم‌آبی	۳/۲۱**	۲		تنش کم‌آبی	۷/۳۹**	۲
	سطح × تنش کم‌آبی	۰/۲۹ns	٦		سطح ×تنش‌کم‌آبی	۰/۲۳ns	٦
	خطا	۰/۱۹	۳٦		خطا	۰/۰۷	۳٦
وزن خشک برگ	سطح پرلیت	۱/۳۸**	۳	وزن خشک نهال	سطح پرلیت	۲۰/۱٦**	۳
	تنش کم‌آبی	٤/٤۱**	۲		تنش کم‌آبی	٤۳/٦۰**	۲
	سطح × تنش کم‌آبی	۰/۳٥**	٦		سطح ×تنش‌کم‌آبی	۱/۳۳ns	٦
	خطا	۰/۰٦	۳٦		خطا	۰/٦٤	۳٦

ns بیانگر غیرمعنی‌داری و ** **بیانگر** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ٤: مقایسه میانگین اثرات اصلی بر ویژگی‌های رشد نهال‌های بلندمازو

تیمار	رویش ارتفاعی (سانتی‌متر)	رویش قطری (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه(گرم)	وزن خشک ساقه(گرم)	وزن خشک برگ(گرم)	وزن خشک نهال(گرم)
سطوح مختلف تنش رطوبتی (ظرفیت مزرعه)						
۱۰۰٪ (بدون تنش)	۱۱/۱۰a	۲/۰۳a	٦/٤٥a	۳/٦۷a	۱/۸۳ a	۱۱/۹٤a
٪۷۰	۱۰/۰۱b	۱/۹۹ab	٦/۰٥b	۲/۹٥b	۱/۳۳ b	۱۰/۳۳ b
٪٤۰	۸/۷۹c	۱/۸۹b	٥/٥٥c	۲/۳۱c	۰/۷۸ c	۸ /٦٤ c
سطوح مختلف پرلیت (درصد)						
صفر (بدون پرلیت)	۸/٦٥ b	۱/۷٤ c	٥/۳۱ c	۲/٥۰ b	۱/۰۱ b	۸/۸۲ b
٪۱٥	۹/۱٥ b	۱/۹۲ b	٥/۸۰ b	۲/۷۷ b	۱/۰٤ b	۹/٦۲ b
٪۲٥	۱۱/۲٤ a	۲/۱٦ a	٦/٥٦ a	۳/۳۰ a	۱/٥۰ a	۱۱/۳٦ a
٪۳٥	۱۰/۸۰ a	۲/۰۷ a	٦/٤۰ a	۳/۳۳ a	۱/٦۹ a	۱۱/۳٦ a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون توکی می‌باشند ($p > ۰/۰٥$)

جدول ۵: میانگین (± انحراف معیار) صفات زی‌توده نهال‌های بلندمازو در سطوح مختلف پرلیت و تنش کم‌آبی

سطوح آبیاری (ظرفیت مزرعه)	پرلیت (درصد)	رویش قطری (میلی‌متر)	رویش ارتفاعی (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک نهال (گرم)
۱۰۰ درصد (بدون تنش)	۰	۱/۸٤±۰/۱۸b	۱۰/۱٤±۱/۳۷b	۵/۹۵ ±۰/٤۳b	۳/۰۱ ±۰/۱٦b	۱/٤٦ ±۰/۱٦ce	۱۰/٤۱ ±۰/٦۲c
	۱۵	۱/۹۸ ±۰/٤۲ b	۱۰/۲۰±۱/٤٦b	٦/۳۱ ±۰/٤۰ab	۳/۲۹ ±۰/۱٤b	۱/۵۱ ±۰/۲۰bd	۱۱/۱۱±۰/۷۱bc
	۲۵	۲/۲۹±۰/٤۲a	۱۲/۵۷±۱/۵۸a	۷/۱۲ ±۰/۳۲a	٤/۳۱ ±۰/۳۵a	۲/٤۲ ±۰/۲۰a	۱۳/۸٤ ±۰/۸۳a
	۳۵	۲/۰۳±۰/۳۷b	۱۱/٤۹±۲/۱۹a	٦/٤۲ ±۰/٤۰ab	٤/۰۷ ±۰/۲٦a	۱/۹۳ ±۰/۱۹ac	۱۲/٤۱ ±۰/٦۵ab
۷۰ درصد	۰	۱/۷۵±۰/۱۹c	۸/۷۵±۰/۷۲b	۵/۱۲ ±۰/۳۳b	۲/٦۱ ±۰/۲۰a	۱/۰۰±۰/۱۲d-f	۸/۷۳ ±۰/٦۲c
	۱۵	۱/۹۲±۰/٤۷bc	۹/۱۷±۱/۰۰b	۵/۹٦ ±۰/٤۰ab	۲/۹۹ ±۰/٤۲a	۱/۰۲ ±۰/۳٤d-f	۹/۹٦ ±۱/۱٤bc
	۲۵	۲/۱۹±۰/۳۵a	۱۱/۲۳±۱/۸٤a	٦/۵۰ ±۰/٤۲a	۳/۰٤ ±۰/۱۳a	۱/۲۳ ±۰/۲۵de	۱۰/۷۷ ±۰/۷٤ab
	۳۵	۲/۱۲±۰/٤۲ab	۱۰/۸۷±۱/۳۵a	٦/٦۳ ±۰/۵۰a	۳/۱۵ ±۰/۲۲a	۲/۱۰ ±۰/۱٤ab	۱۱/۸۷ ±۰/٦۹a
٤۰ درصد	۰	۱/٦۲±۰/۱۹b	۷/۰۸±۰/۸٦c	٤/۸۵ ±۰/ ٤٤c	۱/۸۸ ±۰/ ۱٦c	۰/۵۹ ±۰/۲۲f	۷/۳۲ ±۰/ ۷۳b
	۱۵	۱/۸۷±۰/۳۹a	۸/۰۹±۱/۰۹b	۵/۱٤ ±۰/۷٦bc	۲/۰۵ ±۰/۱۷bc	۰/۵۹ ±۰/۱۷f	۷/۷۸ ±۱/۰۹ab
	۲۵	۲/۰۰±۰/٤۵a	۹/۹٤±۱/۷۸a	٦/۰۷±۰/۳۰ab	۲/۵٤±۰/۲۹ab	۰/۸۷ ±۰/۱۸d-f	۹/٤۷ ±۰/۷۱a
	۳۵	۲/۰۷±۰/۳٤a	۱۰/۰۵±۱/۳۲a	٦/۱٦ ±۰/ ۲۹a	۲/۷۷ ±۰/۲۲a	۱/۰٦ ±۰/۱٤d-f	۹/۹۹ ±۰/۱۵a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون توکی می‌باشند ($p > ۰/۰۵$)

وزن خشک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرمستقل آبیاری و پرلیت بر صفات وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل نهال در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳ و ٤). طبق نتایج بدست آمده با کاهش رطوبت و افزایش تنش، وزن خشک اندام ریشه، ساقه، برگ و کل نهال‌ها کاهش یافت. همچنین مقایسه میانگین‌ها در هر تیمار آبیاری نشان داد بیشترین میزان وزن خشک کل نهال تحت شرایط بدون تنش، در تیمار ۲۵ درصد مشاهده شد که نسبت به تیمار بدون پرلیت، ۳۲ درصد افزایش داشت در حالی که در سطوح آبیاری ٤۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین میزان وزن خشک کل نهال‌ها در تیمار ۳۵ درصد پرلیت مشاهده شد که نسبت به شاهد (بدون پرلیت) در همان سطوح آبیاری، به‌ترتیب ۳٦ و ۳٦ درصد افزایش داشت. در هر سه سطح آبیاری، این دو تیمار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

برهمکنش سطوح آبیاری و پرلیت تنها در وزن خشک برگ نهال‌ها معنی‌دار شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین‌های برهمکنش پرلیت و آبیاری، بیشترین میزان وزن خشک برگ در تیمار ۲۵ درصد پرلیت در خاک تحت آبیاری در حد ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین مقدار این صفت در تیمارهای شاهد و ۱۵ درصد پرلیت و تأمین ٤۰ درصد آبیاری مشاهده شد (جدول ۵).

بحث

بررسی روند تغییرات فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آبی در نهال‌های مورد مطالعه نشان داد با کاهش میزان رطوبت از ۱۰۰ درصد به ٤۰

درصد ظرفیت زراعی، میزان تبادلات گازی و پتانسیل آبی نهال‌ها کاهش اما با افزودن پرلیت به خاک تحت شرایط تنش کم‌آبی، ویژگی‌های فوق در مقایسه با نهال‌های شاهد بهبود یافت. بسته‌شدن روزنه‌ها اولین واکنش گیاهان به تنش خشکی است و یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز و جلوگیری از متابولیسم در شرایط کمبود آب است (Lawlor and Cornic, 2002; Pirasteh-Anosheh et al., 2016). از آنجا که پاسخ روزنه‌ها به تنش خشکی به طور عمده توسط برخی سیگنال‌های شیمیایی مانند اسید آبسزیک کنترل می‌شوند که در ریشه‌های تحت تنش کم‌آبی ایجاد می‌گردد(Pirasteh-Anosheh et al., 2016)، واکنش‌های روزنه‌ای در گیاهان اغلب با میزان رطوبت خاک وابسته است تا وضعیت رطوبت برگ (Farooq et al., 2009)، بنابراین محدود کردن آب دردسترس نهال‌های کاشته شده می‌تواند با تحریک تنظیم اسمزی باعث افزایش مقاومت غشاهای سلولی و کاهش هدایت روزنه‌ای شود (Galeshi, 2015). روزنه‌ها می‌توانند از طریق بسته‌شدن در دوره‌های کمبود آب، میزان اتلاف آب را کنترل کرده و به مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی کمک کنند (Esmaeili, 2001). نتایج پژوهش‌های Hashempour و همکاران (۲۰۱۱) بر روی اکالیپتوس، Sisakht Nejad و Zolfaghari (۲۰۱٤) بر روی بلوط ایرانی و ویول Mirzaei و Karamshahi (۲۰۱۵) بر روی بنه نیز کاهش فعالیت‌های فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای را تحت تنش خشکی نشان داده است. در مطالعه حاضر پرلیت توانست با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث شود که رطوبت خاک اطراف ریشه گیاه برای مدت بیشتری جوابگوی تبخیر و تعرق گیاه باشد. در مطالعه Ors و Anapali (۲۰۱۰) افزایش ۵۰ درصدی ظرفیت نگهداری آب خاک در حضور پرلیت مشاهده شد. بستر پرلیت باعث بهبود میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، کارآیی مزوفیل، کارآیی مصرف آب گیاه نعناع (Roosta and Sajady-Nia, 2010) شد. Abd-Al Shammari و همکاران (۲۰۱۸) و Aliniaeifard و همکاران (۲۰۱۱) به ترتیب، کاهش اثرات نامطلوب کمبود آب بر گیاه و بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه را در نتیجه افزودن پرلیت به خاک گزارش کردند.

در این تحقیق وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل نهال‌ها نیز در تنش ٤۰ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش در نهال‌های کاشه شده در بستر خاک بدون پرلیت قابل ملاحظه بود. تیمارهای ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت در خاک، توانستند با افزایش جذب آب به طور قابل توجهی زیتوده نهال‌های بلندمازو را در شرایط عادی و تحت تنش کم‌آبی بهبود بخشند. کاهش صفات رشد در تیمار ۳۵ درصد پرلیت نسبت به ۲۵ درصد پرلیت در شرایط بدون تنش، احتمالا ناشی از آب‌ماندگی در اثر جذب رطوبت بالا توسط پرلیت است که خلل و فرج خاک را اشباع از آب می‌کند. در این شرایط رشد ریشه و اندام هوایی و تجمع ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (Galeshi, 2015). پاسخ‌های مورفولوژیکی نهال به تنش کمبود آب به عنوان 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; Nourozi Haroni et al., 2017). در اثر کمبود آب میزان تقسیم سلولی و در نتیجه میزان و سرعت توسعه اندام‌های گیاه بدلیل کاهش آماس سلولی و نیز بستن شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز، کاهش پیدا می‌کند و این امر موجب افت زیتوده کل تر و خشک خواهد شد

Nemeskeri et al., 2015; Rauf et al., 2015) (Poulos et al., 2007; بنا بر مطالعات انجام شده، تحت تنش خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه به دلیل کاهش حجم آب خاک، کاهش توزیع عناصر غذایی در بافت خاک و اختلال در انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به شاخه کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002; Hu et al., 2007; Aghaei et al., 2017). عنوان شده است پرلیت با داشتن تخلخل بسیار زیاد، قابلیت هوادهی، زهکشی و ظرفیت نگهداشت آب، موجب افزایش رطوبت خاک و بهبود محیط خاک گشته که منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری و مقاومت در برابر نفوذ می‌شود (Parameshwarareddy et al., 2017). بنابراین پرلیت با افزایش رشد ریشه به دلیل وجود رطوبت مناسب و کافی در خاک و به دنبال آن توزیع مناسب مواد غذایی به ساقه و برگ، باعث افزایش وزن خشک ساقه و برگ نهال‌ها گشت که با نتایج Parameshwarareddy و همکاران (۲۰۱۷)، Al-Shammari و همکاران (۲۰۱۸)، Aliniaeifard و همکاران (۲۰۱۱) و Marsic و Jakse (۲۰۱۰) همخوانی دارد. همچنین نتایج بدست آمده هم راستا با یافته‌های Moghimi و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گندم، Malekian (۲۰۱۵) بر روی پسته و Salehi و Rahbrian (۲۰۱٤) بر روی انجیر مجنون و Sirin و همکاران (۲۰۱۰) بر روی انجیر است.

به‌طورکلی استفاده از مواد معدنی جاذب رطوبت نظیر پرلیت می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر در حفظ رطوبت خاک و کاهش تأثیر تنش آبی بر گیاه باشد. پرلیت از طرفی با داشتن بافت متخلخل و سبک باعث افزایش تخلخل، کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود شرایط فیزیکی مناسب برای رشد ریشه می‌شود (Al-Shammari et al., 2018) و از سوی دیگر به دلیل داشتن ساختمان سلولی بسته، آب و عناصر غذایی را در سطح خود نگهداری و به مرور آنرا در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهد (Maloupa et al., 1992).

نتیجه‌گیری نهایی

پرلیت می‌تواند ظرفیت نگهداشت آب در خاک را افزایش و مصرف و تلفات آب در خاک را کاهش دهد. در این مطالعه با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار دو تیمار ۲۵ و ۳۵ درصد پرلیت در خاک و استفاده از حجم بهینه، افزودن ۲۵ درصد پرلیت در حجم خاک می‌تواند ویژگی‌های رشد و فیزیولوژی نهال‌های بلندمازو را در تنش‌های رطوبتی بهبود بخشد. بنابراین با توجه به ارزان و دردسترس بودن آن، توصیه می‌شود در شرایط کمبود آب، پرلیت در ترکیب خاک نهالستان‌ها، جهت کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی و تولید نهال‌های مطلوب مورد استفاده قرار گیرد.

References

Aghaei, K., Barzali, M., Gafarian, V. and Shekari, F. (2017). Investigation of some physiological and biochemical responses of *Atemisia dracunculus* to water stress. Plant Process and function, 19(6): 15-24.

Aliniaeifard, S., Rezaei-Nejad, A., Seifi-Kalhor, M., Shahlaei, A. and Aliniaeifard A. (2011). Comparison of soil and perlite (with nutrient solution supply) growing media for cultivation of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* var. Verbena). Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 5(1): 30-33.

Al-Shammari, A.M.A., Ali Abood, M. and Jaafar Hamdi, Gh. (2018). Perlite affects some plant indicators and reduces water deficit in tomato. International Journal of Vegetable Science, 1-11.

Batool, A., Taj, S., Rashid, A., Khalid, A., Qadeer, S., Saleem, A.R. and Ghufran, MA. (2015). Potential of soil amendments (Biochar and Gypsum) in increasing water use efficiency of *Abelmoschus esculentus* L. Moench. Front. Plant Science, 6(733): 1-13.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science, 93(1): 68.

Chaves, M.M., Flexas, J. and Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551–560.

Ghazanshahi, J. (2006). Soil and Plant Analysis, 272 p. Homa Press (In Persian).

Esmaeili, A. (2001). The mechanism of drought resistance in plants. Agricultural and Industrial Journal, 27(27): 1-5.

Galeshi, S.A. (2015). Effect of environmental stresses on plants; Drought, Salinity, thermal and flooding, pp.386. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Ghazan Shahi, J. (1997). Soil and Plant Analysis. Homa Press. pp 311.

Khonsari, V., Eslami, E. and Anvari, Ah. (2010). Effects of expanded perlite aggregate (EPA) on the mechanical behavior of lightweight concrete, in: B.H. Oh et al. (Eds.), Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures-High Performance, Fiber Reinforced Concrete, Special Loadings and Structural Applications, pp. 1354–1361. Korea Concrete Institute.

Kouchakzadeh, M., sabbagh Farshi, A.A. and Khorrmdel, N. (2008). The effect of water absorbent polymer on some physical properties of soil. Journal of Soil and Water Sciences, 14(2): 176-185.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29(1): 185-212.

Hashempour, F., Rostami Shahraji, T., Assareh, M.H. and Shariat A. (2011). Impact of drought stress on some physiological traits in five Eucalypt species. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 222-233.

Hu, Y., Burucs, Z., Von Tucher, S. and Schmidhalter, U. (2007). Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves maize seedlings. Environmental and Experimental Botany, 60: 268-275.

Lawlor, D.W. and Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment, 25: 275–294.

Malekian, A. (2015). Study of application of perlite to increase soil moisture in arid and semi-arid regions, Sustainable Development, Solutions and Challenges Focused on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, 2: 1-7.

Maloupa, E., Mitsios, I., Martinez, P.F. and Bladenopoulou, S. (1992). Study of substrate use in Gerbera soilless culture grown in plastic greenhouses. Acta Horticulturae, 323: 139-144.

Marsic, N.K. and Jakse, M. (2010). Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8: 654-658.

Mirzaei, J. and Karamshahi, A. (2015). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of *Pistacia atlantica* seedlings. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 22 (1): 31-43.

Moghimi, E., Fathi, P., Toashih, V. and Moez ardalan, M. (2011). Impact of perlite on water use efficiency and some growth components in wheat (cultivar of Zarrin). Journal of Water and Irrigation Management, 1(2): 31-42.

Nemeskeri, E., Molnar, K., Vigh, R., Nagy, J. and Dobos, A. (2015). Relationships between stomatal behaviour, spectral traits and water use and productivity of green peas (*Pisum sativum* L.) in dry seasons. Acta Physiology Plant, 37: 1–16.

Nourozi Haroni, N., Tabari, Kouchaksaraei, M. and Sadati, S.E. (2017). Response of growth indices of Judas tree seedling to different irrigation periods. Iranian Journal of Forest, 8(4): 419-430.

Olsen, S.R. and Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis. 2. Chemical and Microbiological Properties, pp 1159. ASA, Madison, WI.

Ors, S. and Anapali, O. (2010). Effect of soil addition on physical properties of perlite based media and strawberry cv. Camarosa plant growth**.** Scientific Research and Essays, 5(22: 3430-3433.

Parameshwarareddy, R., Angadi, S.S. and Biradar. M.S. (2017). Effect of drip irrigation levels and substrates on growth, yield and quality of tomato under protected condition. The Bioscan, 12(1): 447–452.

Parad, G.A., Tabari, M. and Sadati, E. (2014). Effect of permanent and periodic flooding treatments on growth, morphological and physiological characteristics of one-year old potted seedlings of *Quercus castaneifolia* in Noor lowland. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(4): 167-181.

Parad, G.A., Tabari Kouchaksaraei, M., Striker, G.G., Sadati, S.E. and Nourmohammadi, K. (2016). Growth, morphology and gas exchange responses of two-year-old *Quercus Castaneifolia* seedlings to flooding stress. Scandinavian Journal of Forest Research, 31(5): 458-466.

Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H. and Pessarakli, M. (2016). Stomatal responses to drought stress. In Water stress and crop plants: a sustainable approach, pp. 24–40. Wiley and Sons Press.

Poulos, H.M. (2007). Drought response of two Mexican oak species, *Quercus laseyi* and *Q. sideroxila* (Fagaceae), in relation to eleventional position. American journal of botany, 94: 809-811.

Rad, M.H., Meshkooh, M.H. and Soltani, M. (2011). Effects of drought stress on biomass, some growth indices and water use efficiency in Eucalyptus. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research, 1(19): 13-27.

Rahbarian P. and Salehi Sardoei A. (2014). Effect waste of palm trees and sand and perlite mixed with some srowth indices Ficus benjamina. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2(3): 573-578.

Rahmani, A., Hassani, M., Khoshnevis, M. and Nourshad, M. (2014). The effects of nutrient enrichment on nursery and field growth of Cappadocian Maple (*Acer cappadocicum*) saplings. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 322-331.

Rauf, S., Al-Khayri, JM., Zaharieva, M., Monneveux, P. and Khalil, F. (2015). Breeding strategies to enhance drought tolerance in crops. In: Advances in Plant Breeding Strategies; Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits, Al-Khayri JM, et al. (Eds), pp. 1–70. Springer.

Roosta, H. and Sajady-Nia, A.B. (2010). Study of ecophysiological characteristics of Peppermint in two types of raft and perlite aquaponic culture media. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology, 1(3): 51-60.

Sirin, U., Ertan, E. and Ertan, B. (2010). Growth substrates and fig nursery tree production. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.), 67(6): 633-638.

Sisakht Nejad, M. and Zolfaghar, R. (2014). The Effect of water stress on gas exchange in *Quercus brantii* and *Quercus libani*. Journal of Zagros Forests Researches, 2(1): 15-30.

Teng, Y. and Timmer V.R. (1996). Modeling nitrogen and phosphorus interactions in intensively managed nursery soil-plant systems, Canadian Journal of Soil Science, 76(4): 523-530.

Villar-Salvador, P., Planelles, R., Enrique, E. and Penuelas, J.R. (2004). Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. Forest Ecology and Management, 196: 257-266.

Xiaoling, L., Ning, L., Jin, Y., Fuzhou, Y., Faju, C. and Fangqing C. (2011). Morphological and photosynthetic responses of riparian plant *Distylium chinense* seedlings to simulated autumn and winter flooding in three gorges reservoir region of the Yangtze River, China. Acta Ecologica Sinica, 31: 31-39.

Zarehaghi, D., Neyshabouri, M.R., Sadeghzadeh Reyhan, M.E. and Hassanpour, R. (2015). Effect of pumice on water holding capacity in soil, growth and yield of spring Safflower in dry land conditions. Soil Management and Sustainable Production, 5(3): 192-204.

Zarik, L., Meddich, A., Hijri, M., Hafidi, M., Ouhammou, A., Ouahmane, L., Duponnois, R. and Boumezzough, A. (2016). Use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve the drought tolerance of *Cupressus atlantica* G. Comptes rendus Biologies, 339:185–196.