

## ارزیابی اثر کود معدنی هربان و سوپر جاذب در مقاومت به تنش خشکی نهال‌های زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.)

علی مقصدلو<sup>۱</sup>، وحیده پیام‌نور<sup>۲\*</sup>، عرفان محمدزاده<sup>۳</sup>، محمد اسماعیل پور<sup>۴</sup> و صادق آتشی<sup>۵</sup>

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
(maghsodlo.a54@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
(mnoori56@gmail.com)

۳- دکتری جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (ecology2020@yahoo.com)

۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

۵- مربی، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
(sadegh.a.3@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

### چکیده

**مقدمه و هدف:** تلاش‌های زیادی در مراحل اولیه استقرار و رویش نهال‌ها، برای افزایش دادن مقاومت آنها در برابر تنش‌های محیطی انجام می‌شود تا موفقیت طرح‌های درختکاری افزایش یابد. چگونگی افزایش دوره آبیاری و کاهش هزینه‌های آن از اهداف پژوهشگران است. طرح‌های جنگلکاری در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت محیط زیستی و اقتصادی-اجتماعی، رشد بسیاری داشته و به صورت یک فعالیت توسعه-ای در سطح بین‌الملل مطرح شده و در این زمینه از فناوری روز دنیا استفاده می‌شود. روش‌های مختلفی مانند استفاده از تیمارهای سوپر جاذب و کود هربان که به نحوی اثرهای منفی تنش خشکی را کاهش دهند، مورد آزمون قرار گرفته است. هدف این پژوهش، بررسی اثر استفاده از تیمارهای سوپر جاذب و کود معدنی هربان بر مقدار مقاومت نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ در شرایط تنش خشکی است.

**مواد و روش‌ها:** نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ از نهالستان قرق استان گلستان تهیه شد. به این منظور ۱۰۰۰ نهال ریشه‌ای تهیه و ۳۶۰ نهال با قطر یقه، ارتفاع و طول ریشه به نسبت برابر انتخاب شد. کاشت نهال‌ها در گلدان اندازه هفت (اندازه دقیق دهانه: ۲۳ سانتی‌متر و اندازه دقیق ارتفاع: ۲۱/۵ سانتی‌متر) در اواسط اسفند ماه انجام شد. پس از اعمال کود و سوپر جاذب (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم)، دوره آبیاری در سه دوره پنج، ۱۰ و ۱۵ روز یک بار به مدت ۱۴۰ روز انجام شد. سپس رشد قطری، رشد طولی، تعداد برگ، کلروفیل a،

کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی توده تر و خشک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اندازه گیری شد. مقایسه میانگین داده ها به وسیله آزمون دانکن در سطح آماری یک و پنج درصد انجام شد.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که بیشترین سطح برگ با استفاده از ۵۰ گرم سوپر جاذب و دوره آبیاری پنج روزه به میزان ۶۳/۱۲۷ سانتی متر مربع بود، در حالی که کمترین سطح برگ با همان میزان سوپر جاذب و دوره آبیاری ۱۵ روزه به ۹۵۸/۶۸ سانتی متر مربع رسید. تأثیر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر کلروفیل ها، کاروتنوئیدها، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار بود. بیشترین پتانسیل آبی با استفاده از ۲۵ گرم سوپر جاذب در شرایط آبیاری پنج روزه و کمترین پتانسیل با همین میزان سوپر جاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه مشاهده شد. نهال هایی که هر پنج روز یکبار آبیاری شدند، در شرایط استفاده از ۷۵ گرم سوپر جاذب بیشترین مقدار نیتروژن و پتاسیم را داشتند، در حالی که ۲۵ گرم سوپر جاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه بیشترین مقدار فسفر را به همراه داشت. اثر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلروفیل ها، کاروتنوئیدها، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار بود، اما بر دیگر صفات اندازه گیری شده بی اثر بود. تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه صفات داشت، در حالی که کاربرد سطوح مختلف سوپر جاذب تنها بر سه عنصر اندازه گیری شده و مساحت، سطح ویژه و وزن مخصوص برگ معنادار بود. بیشترین وزن مخصوص برگ و درصد محتوای نسبی آب برگ در شرایط ۵۰ و ۲۵ گرم سوپر جاذب و آبیاری پنج روزه مشاهده شد. همچنین، ۵۰ گرم سوپر جاذب در دوره آبیاری ۱۰ روزه، بیشترین مقدار کلروفیل ها و کاروتنوئیدها را به همراه داشت. بیشترین نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط آبیاری پنج روزه و استفاده از ۷۵ گرم سوپر جاذب مشاهده شد. تنش خشکی و سطوح مختلف سوپر جاذب بر قطر نهال ها بی اثر بود، اما بر ارتفاع و تعداد برگ ها تأثیر داشت. بیشترین ارتفاع ساقه در شرایط آبیاری پنج روزه و استفاده از ۵۰ و ۷۵ گرم سوپر جاذب به دست آمد که دو برابر ارتفاع شاهد بود.

**نتیجه گیری کلی:** به طور کلی می توان بیان کرد که استفاده از سوپر جاذب آب و کود معدنی هربان به دلیل فراهمی رطوبت و تقویت در منطقه اطراف ریشه شرایط بهتری را برای رشد به ویژه در شرایط کم آبی و تنش خشکی فراهم می کند. با اینکه ادامه پژوهش برای یک فصل رویشی دیگر می تواند نتایج مطمئن تری در ارائه پیشنهادها به دنبال داشته باشد ولی با توجه به اثرات مثبت سوپر جاذب و کود معدنی هربان در استقرار و تقویت نهال های زیتون تلخ می توان استفاده از این مواد را در طرح های درختکاری با این گونه ارزشمند پیشنهاد کرد.

**واژه های کلیدی:** سوپر جاذب آب، کلروفیل، کود معدنی هربان.

محدود است. در پژوهشی، برای بررسی اثر سوپرچاذب در کاهش تنش خشکی نهال آکاسیا (*Acacia victoriae*)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از سوپرچاذب بر شاخص‌های قطر یقه، ارتفاع نهال، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و پرولین اثر معنی‌داری داشت (Tongo et al., 2015). بررسی اثر سوپرچاذب بر مقدار رشد نهال بادام (*Amygdalus communis*) نشان داد که در اواسط فصل رویش، سوپرچاذب بر برخی از صفات رشد تاثیر معنی‌داری دارد (Jalili et al., 2011). در پژوهش دیگری، ضمن بررسی اثر سوپرچاذب بر رشد و زنده‌مانی بلوط چوب‌پنبه‌ای در منطقه مامورا در مراکش، نتیجه‌گیری شد که پتانسیل خوبی در مواد سوپرچاذب برای کاهش دادن هزینه‌های آبیاری و در نهایت تسهیل احیای جنگل‌ها وجود دارد (El Alami et al., 2023). در میان گونه‌های درختی مورد پژوهش در اروپای مرکزی شامل صنوبر، بلوط، کاج و راش، فقط نهال‌های بلوط پاسخ مثبتی به تیمار سوپرچاذب از خود نشان داد (Tomášková et al., 2023). اثر مثبت سوپر چاذب برای گونه کاج نیز گزارش شد (Sarvaš et al., 2007).

کودهای معدنی موادی طبیعی حاوی مواد مغذی ضروری برای رشد و نمو طبیعی گیاهان و یک رویکرد امیدوارکننده برای کاهش استفاده از مواد شیمیایی هستند. این کودها به واسطه داشتن عناصر غنی سبب بازگشت خاک به حالت طبیعی شده و در نهایت سبب رشد بهتر گیاه می‌شوند. کود معدنی هربان مورد استفاده در این پژوهش در موسسه خاک و آب کشور و وزارت جهاد کشاورزی به‌عنوان یک ماده معدنی به شماره ۹۱۲۵۳ به ثبت رسیده است. تنها

خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی است که وضعیت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی هر کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تلاش‌های زیادی در مراحل اولیه استقرار و رویش نهال‌ها، برای افزایش دادن مقاومت آنها در برابر تنش‌های محیطی انجام می‌شود تا موفقیت طرح‌های درختکاری افزایش یابد (Tabandeh Saravi et al., 2021; Rahiminasab and Tabandeh Saravi, 2017; Tabandeh Saravi et al., 2016). چگونگی افزایش دادن دوره آبیاری و کاهش هزینه‌های آن از اهداف پژوهشگران این بخش است (Eshaghi Rad and Mousavi Mirkala, 2015). طرح‌های جنگلکاری در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت محیط‌زیستی و اقتصادی - اجتماعی، رشد بسیاری داشته و به صورت یک فعالیت عمرانی و توسعه‌ای در سطح بین‌الملل مطرح شده و در این زمینه از فناوری روز دنیا استفاده می‌شود (Keshvarz et al., 2021). در همین راستا، روش‌های مختلفی که به نحوی اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهند؛ مورد آزمون قرار گرفته است. یکی از این موارد سوپرچاذب‌ها هستند. سوپر چاذب‌ها مواد سازگار با محیط‌زیست و غیرسمی هستند که به دلیل خواص بیوشیمیایی و ساختاری منحصر به فردشان، توانایی جذب و ظرفیت نگهداری آب بالایی را در خاک دارند. این پلی‌مرها می‌توانند آب را بیش از وزن خود نگه دارند و می‌توانند ویژگی‌های خاک مانند تخلخل و ظرفیت نگهداری آب را بهبود ببخشند و مقدار ازدست رفتن نیتروژن را در خاک تا ۴۵ درصد کاهش دهند (Malik et al., 2023). گزارش‌هایی از اثرات مثبت کاربرد سوپر چاذب‌ها بر گیاهان مزرع‌ای وجود دارد (Satriani et al., 2018; Rajanna et al., 2022) با این حال، پژوهش‌ها در مورد اثر آنها بر درختان،

گزارش شده است (Batoli et al., 2011). این گونه به دلیل داشتن ویژگی‌های سودمند و سازگار با شرایط مختلف، برای برنامه‌های احیای جنگل و جنگلکاری مناسب است (Dias et al., 2014). علاوه بر این، خاصیت میکروبی‌کشی و آفت‌کشی مشتقات گیاهان خانواده Meliaceae، مانند زیتون تلخ مورد توجه است (Sohrabi and Kohanmoo, 2017). از تمام بخش‌های این گونه استفاده‌های متنوعی در زمینه‌های مختلف مانند داروسازی، تولید جاذب زیستی و فضای سبز شهری استفاده می‌شود (Salahi Ardakani and Heydari Alizadeh, 2015).

با توجه به شرایط کم‌آبی حاکم بر ایران، این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش که آیا استفاده از کود معدنی هربان و یا سوپرجاذب آب می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را بر نهال‌های زیتون تلخ یک‌ساله کاهش دهد، برای نخستین بار انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها

نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ از نهالستان قرق استان گلستان تهیه شد. به این منظور ۱۰۰۰ نهال ریشه‌ای تهیه و ۳۶۰ نهال با قطر یقه، ارتفاع و طول ریشه به نسبت برابر انتخاب شد. خاک مناسب از منطقه بندر ترکمن استان گلستان تهیه و غربال شد.

قبل از کاشت، قطر یقه، ارتفاع نهال و طول ریشه اصلی اندازه‌گیری و ثبت شد. کاشت نهال‌ها در گلدان سایز هفت (اندازه دقیق دهانه: ۲۳ سانتی‌متر و اندازه دقیق ارتفاع: ۲۱/۵ سانتی‌متر) در اواسط اسفند ماه انجام شد. برای ارزیابی اثر سوپرجاذب و کود معدنی هربان در مقاومت به تنش خشکی نهال‌های زیتون تلخ، آزمایشی به صورت عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه دوره آبیاری پنج، ۱۰ و ۱۵ روزه در چهار سطح سوپر جاذب و کودی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ و

نمونه مشابه آن، آزومایت، محصول معدنی و طبیعی در منطقه یوتای آمریکا است (Rostami and Moghadam, 2018). این کود شامل بیش از ۶۰ عنصر از قبیل عناصر مغذی ریز و درشت و نیز عناصر کمیاب است که احتمالاً می‌تواند سبب اصلاح خاک شود. جذب تدریجی، ظرفیت بالای یونی و حفظ کردن رطوبت از مزایای این کود معدنی نسبت به انواع کود شیمیایی است (سایت شرکت هربان، <http://herbban.com>). اثر کود معدنی هربان بر صفات مورفولوژیکی زیتون تلخ (*M. azedarach* L.) بررسی شد و نتایج نشان داد کوددهی موجب افزایش معنی‌دار رشد طولی نهال‌ها شده ولی بر دیگر صفات مورفولوژیکی اثری ندارد (Mohammadi et al., 2021). بررسی مشابهی بر روی گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) انجام شد و نتایج نشان داد صفات مورفولوژیکی گاوزبان ایرانی مانند وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و تعداد گل‌های تازه روی بوته در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی بیشترین مقدار را داشت (Yazarloo et al., 2022). در پژوهشی به بررسی اثر هربان (که از نام آزیموت برای آن استفاده کردند) بر روی رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان تحت تنش شوری پرداخته شد. نتایج نشان داد مصرف هربان به عنوان یک ماده طبیعی سبب افزایش رشد گیاه و بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی می‌شود (Rostami and Moghadam, 2018).

زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) درختی زیبا با برگ‌های مرکب به رنگ سبز تیره، گل‌های بنفش و معطر و میوه‌های کوچک، تخم‌مرغی به رنگ سفید مایل به زرد و شبیه میوه کنار و از تیره Meliaceae بوده و تاکنون بالغ بر ۱۵ گونه از این جنس در جهان و دو گونه (*M. indica* و *M. azedarach*) در ایران

ارتفاعی با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. تعداد برگ‌ها هر ۲۵ روز یک بار در طی دوره ۱۵۰ روزه به‌طور مستقیم و با مشاهده چشمی یادداشت شد. زی-توده تر و خشک برگ، ریشه و کل (توزین تمام برگ-ها، ساقه و ریشه‌ها به‌صورت وزن تر و خشک با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ گرم) نیز اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت کلروفیل b,a، کلروفیل کل و کاروتینوئید، ابتدا ۰/۲۵ گرم نمونه برگی تازه از هر تیمار آزمایشی در پنج میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید ((DMSO) به‌مدت سه ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار داده شد. بعد از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن، جذب نوری عصاره‌های برگ در طول موج‌های ۴۸۰، ۶۴۹، ۶۶۵، و ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Mohebi Bijarpasi., 2018). محاسبه پتانسیل آبی با انتخاب جوان‌ترین برگ باز شده و خشک کردن نمونه پنج گرمی در آن با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد با استفاده از رابطه زیر انجام شد:

$$\text{رابطه ۱} = \frac{\text{وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن} - \text{وزن ظرف و نمونه قبل از خشک کردن}}{\text{وزن نمونه}} = \text{پتانسیل آبی}$$

سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج، وزن مخصوص برگ از تقسیم وزن خشک برگ بر سطح برگ، میانگین سطح برگ (با تقسیم مساحت کل برگ‌ها به تعداد برگ) و سطح ویژه برگ از نسبت سطح برگ بر وزن خشک برگ محاسبه شد. مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم با روش Mashayekhi and Atashi (2014) برآورد شد.

این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی انجام شده است. برای ۱۵ عامل مورد اندازه‌گیری شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتینوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح

تیمار شاهد اجرا شد (دو تیمار اصلی × چهار سطح × سه دوره آبیاری × سه تکرار × پنج نهال در هر تکرار). کود در سطح گلدان‌ها پخش و سپس تا عمق پنج سانتی‌متر (طبق توصیه شرکت تولیدکننده) با خاک ترکیب شد و برای سوپرجاذب نیز مواد در نزدیکی عمق ریشه با فاصله تقریبی ۱۰ سانتی‌متری به‌صورت لایه‌ای بر روی خاک قرار داده شد. پس از اعمال کود و سوپرجاذب در سطوح ذکرشده، دوره آبیاری به‌مدت ۱۵۰ روز انجام شد. همچنین مقدار آب مورد استفاده در هر دوره آبیاری مقداری بود که آب از کف گلدان خارج شد. صفات رشد قطری، رشد طولی، تعداد برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتینوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی‌توده تر و خشک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اندازه‌گیری شد. رویش قطری نهال‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال و دقت صدم میلی‌متر و رویش

محتوای نسبی آب برگ با نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار داده شد. در آزمایشگاه وزن تر اولیه (Fw) و وزن اشباع نمونه‌ها پس از قرار گرفتن ۲۴ ساعته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در آب مقطر (Sw) اندازه‌گیری شد. برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد (Dw). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{RWC} = \frac{\text{Fw} - \text{Dw}}{\text{Sw} - \text{Dw}} \times 100$$

زیتون تلخ تحت تنش خشکی در جدول ۱ آمده است. بکارگیری سطوح مختلف سوپر جاذب فقط بر پتانسیل آبی، کلروفیل b و سه عنصر نیتروژن فسفر و پتاسیم اثر داشت. اعمال تنش از طریق فواصل دوره آبیاری بر زی توده تر و خشک، پتانسیل آبی، سطح برگ و وزن مخصوص برگ، همچنین کلروفیل a و b و سه عنصر مورد اندازه گیری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار شده است. اثر متقابل اعمال سطوح مختلف تیمار سوپر جاذب در شرایط خشکی بر سه عنصر ذکر شده و همچنین بر دو صفت پتانسیل آبی و سطح برگ اثر معنی دار دارد. میانگین این اثر در جدول ۲ نشان داده شده است.

برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی توده تر و خشک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، طرح عاملی با دو عامل شامل سطوح تیمار (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم) و دوره آبیاری (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و برای سه عامل قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع نهالها از طرح عاملی با سه عامل (دوره نمونه برداری × دوره آبیاری × سطوح تیمار) در قالب GLM استفاده شد. همچنین، مقایسه میانگین داده ها به وسیله آزمون دانکن در سطح آماری یک و پنج درصد انجام شد.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهالهای

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهالهای زیتون تلخ  
Table 1. Analysis of variance of the effect of superabsorbent on the mean square of morphological and physiological traits of bitter olive seedlings

| میانگین مربعات |              |  |                                     |                                 | منبع تغییرات<br>Source of variation   |
|----------------|--------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Mean of square |              |  |                                     |                                 |                                       |
| کل<br>Total    | خطا<br>Error | سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period *<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level |                                       |
| 35             | 24           | 6  | 2                                   | 3                               | درجه آزادی<br>Degree of freedom       |
|                | 9708.391     | 3132.451 <sup>ns</sup>   | 72626.653*                          | 13996.118 <sup>ns</sup>         | زی توده تر<br>Wet biomass             |
|                | 1533.044     | 334.480 <sup>ns</sup>  | 9808.920*                           | 1286.417 <sup>ns</sup>          | زی توده خشک<br>Dry biomass            |
|                | 0.003        | 0.020*   | 0.021*                              | 0.027*                          | پتانسیل آبی<br>Water potential        |
|                | 140.688      | 171.840 <sup>ns</sup>  | 86.896 <sup>ns</sup>                | 115.618 <sup>ns</sup>           | طول ریشه فرعی<br>Rootlet length       |
|                | 281.902      | 1340.512*  | 2992.856*                           | 321.482 <sup>ns</sup>           | سطح برگ<br>Leaf area                  |
|                | 72432.622    | 89812.315 <sup>ns</sup>  | 157891.074 <sup>ns</sup>            | 52449.735 <sup>ns</sup>         | سطح ویژه<br>Special area              |
|                | 0.00         | 0.00 <sup>ns</sup>   | 0.001*                              | 0.000 <sup>ns</sup>             | وزن مخصوص برگ<br>Leaf specific weight |

\* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

\* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

| میانگین مربعات<br>Mean of square |              |  |                                     |                                 | منبع تغییرات<br>Source of variation                                 |
|----------------------------------|--------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| کل<br>Total                      | خطا<br>Error | سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period *<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level |   |
|                                  | 82.121       | 88.828 <sup>ns</sup>   | 96.689 <sup>ns</sup>                | 212.308 <sup>ns</sup>           | درصد محتوای نسبی آب<br>Percentage of relative leaf<br>water content |
|                                  | 0.003        | 0.002 <sup>ns</sup>  | 0.007 <sup>ns</sup>                 | 0.005 <sup>ns</sup>             | کلروفیل a<br>Chlorophyll a  |
|                                  | 0.0002       | 0.0001 <sup>ns</sup>   | 0.002*                              | 0.001*                          | کلروفیل b<br>Chlorophyll b  |
|                                  | 0.004        | 0.003 <sup>ns</sup>  | 0.015*                              | 0.010 <sup>ns</sup>             | کلروفیل کل<br>Total Chlorophyll                                     |
|                                  | 0.002        | 0.001 <sup>ns</sup>  | 0.003 <sup>ns</sup>                 | 0.003 <sup>ns</sup>             | کارتنوئید<br>Carotenoid   |
|                                  | 0.00         | 0.003*   | 0.016*                              | 0.106*                          | فسفر (درصد)<br>Phosphorus (%)                                       |
|                                  | 0.017        | 0.182*   | 1.338*                              | 5.055*                          | نیتروژن (درصد)<br>Nitrogen (%)                                      |
|                                  | 0.001        | 0.083*   | 0.011*                              | 0.278*                          | پتاسیم (mg/kg)<br>Potassium (mg/kg)                                 |

\* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

\* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

جدول ۳ نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون تلخ تحت تنش خشکی را نشان می‌دهد. اثر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کلروفیل‌ها، کارتنوئید، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار و بر دیگر صفات اندازه‌گیری شده بی‌اثر بود. تنش خشکی بر همه صفات اثر معنادار داشت؛ درحالی‌که کاربرد سطوح مختلف هربان فقط بر سه عنصر اندازه‌گیری شده و عوامل مساحت، سطح ویژه و همچنین وزن مخصوص برگ معنادار بود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار سطح برگ مربوط به استفاده از تیمار سوپرچاذب ۵۰ گرم در زمان آبیاری پنج‌روزه به مقدار ۱۲۷/۶۳ سانتی‌متر مربع و کمترین آن به مقدار ۶۸/۹۵۸ سانتی‌متر مربع مربوط به اعمال تیمار ۵۰ گرم در زمان آبیاری ۱۵ روزه بود. بیشترین پتانسیل آبی بعد از اعمال ۲۵ گرمی سوپرچاذب در شرایط آبیاری پنج روزه و کمترین مقدار مربوط به همین سطح تیمار در شرایط آبیاری ۱۵ روزه بود. نهال‌هایی که هر پنج روز یکبار آبیاری می‌شدند در شرایط اعمال ۷۵ گرم سوپرچاذب بیشترین نیتروژن و پتاسیم را داشتند. اعمال ۲۵ گرم سوپرچاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه سبب بیشترین مقدار فسفر در نهال‌ها شد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر سوپرجاذب بر صفات مورد اندازه‌گیری در نهال‌های زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 2. Comparison of the mean effect of superabsorbent on the traits measured in bitter olive seedlings under drought stress

| پتاسیم (mg/kg)<br>Potassium (mg/kg) | نیترژن (درصد)<br>Nitrogen (%) | فسفر (درصد)<br>Phosphorus (%) | سطح برگ<br>Leaf area  | پتانسل آبی<br>Water potential | سطوح تیمار<br>Treatment levels | آبیاری<br>Irrigation |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 0.605                               | 0.9081                        | 0.0504                        | 74.2867               | 0.7124                        | شاهد<br>Control                |                      |
| 0.859                               | 1.1083                        | 0.1487                        | 99.9500               | 0.9885 <sup>a</sup>           | ۲۵ گرم<br>25 g                 | ۵ روز<br>5 days      |
| 0.943                               | 2.0560                        | 0.2890                        | 127.6323 <sup>a</sup> | 0.7518                        | ۵۰ گرم<br>50 g                 |                      |
| 1.197 <sup>a</sup>                  | 3.0993 <sup>a</sup>           | 0.3047                        | 122.3080 <sup>a</sup> | 0.6763                        | ۷۵ گرم<br>75 g                 |                      |
| 0.606                               | 0.7700                        | 0.0335                        | 102.9571              | 0.7210                        | شاهد<br>Control                |                      |
| 0.782                               | 1.0293                        | 0.1093                        | 104.1629              | 0.7230                        | ۲۵ گرم<br>25 g                 | ۱۰ روز<br>10 days    |
| 0.849                               | 1.7903                        | 0.2647                        | 116.0347 <sup>a</sup> | 0.6799                        | ۵۰ گرم<br>50 g                 |                      |
| 0.963                               | 2.3103                        | 0.2843                        | 120.5209 <sup>a</sup> | 0.7480                        | ۷۵ گرم<br>75 g                 |                      |
| 0.577                               | 0.5520                        | 0.0303                        | 108.4586 <sup>a</sup> | 0.7340                        | شاهد<br>Control                |                      |
| 0.686                               | 0.8743                        | 0.0926 <sup>a</sup>           | 76.2435               | 0.7317                        | ۲۵ گرم<br>25 g                 | ۱۵ روز<br>15 days    |
| 0.787                               | 1.2473                        | 0.1480                        | 68.9583               | 0.6462                        | ۵۰ گرم<br>50 g                 |                      |
| 0.895                               | 1.8273                        | 0.2377                        | 72.1628               | 0.7057                        | ۷۵ گرم<br>75 g                 |                      |

حرف a نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار است.

a letter indicates statistically significant difference.

جدول ۳ - تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون تلخ

Table 3. Analysis of variance of the effect of Herban fertilizer on the mean square of morphological and physiological traits of bitter olive seedlings

| میانگین مربعات<br>Mean of square |                        |  |                                     |                                 | منبع تغییرات<br>Source of variation |
|----------------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| کل<br>Total                      | خطا<br>Error           | سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period ×<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level |                                     |
| 35                               | 24                     | 6  | 2                                   | 3                               | درجه آزادی<br>Degree of freedom     |
| 3319.811                         | 1556.881 <sup>ns</sup> | 20908.813*   | 5163.619 <sup>ns</sup>              |                                 | زی توده تر<br>Wet biomass           |



ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

| میانگین مربعات |              |  |                                     |                                 | منبع تغییرات<br>Source of variation                                     |
|----------------|--------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| Mean of square |              |  |                                     |                                 |   |
| کل<br>Total    | خطا<br>Error | سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period ×<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level |   |
|                | 526.952      | 139.477 <sup>ns</sup>  | 1384.398*                           | 339.119 <sup>ns</sup>           | زی توده خشک<br>Dry biomass  |
|                | 0.003        | 0.005 <sup>ns</sup>  | 0.008*                              | 0.001 <sup>ns</sup>             | پتانسیل آبی<br>Water potential  |
|                | 75.38        | 91.632 <sup>ns</sup>   | 477.132 <sup>ns</sup>               | 11.340 <sup>ns</sup>            | طول ریشه فرعی<br>Rootlet length   |
|                | 277.162      | 306.207 <sup>ns</sup>  | 4642.969*                           | 2046.121*                       | سطح برگ<br>Leaf area  |
|                | 9438.467     | 9718.378 <sup>ns</sup>   | 74748.798*                          | 82201.354*                      | سطح ویژه<br>Special area  |
|                | 0.00         | 0.00*  | 0.001*                              | 0.000*                          | وزن مخصوص برگ<br>Leaf specific weight                                   |
|                | 68.664       | 274.718*   | 288.664*                            | 78.747 <sup>ns</sup>            | درصد محتوای نسبی آب برگ<br>Percentage of relative leaf<br>water content |
|                | 0.003        | 0.010*   | 0.033*                              | 0.005 <sup>ns</sup>             | کلروفیل a<br>Chlorophyll a  |
|                | 0.00         | 0.001*   | 0.003*                              | 0.001 <sup>ns</sup>             | کلروفیل b<br>Chlorophyll b  |
|                | 0.005        | 0.017*   | 0.054*                              | 0.008 <sup>ns</sup>             | کلروفیل کل<br>Total Chlorophyll   |
|                | 0.001        | 0.001*   | 0.006*                              | 0.001 <sup>ns</sup>             | کارتنوئید<br>Carotenoid   |
|                | 0.00         | 0.005*   | 0.038*                              | 0.097*                          | فسفر (درصد)<br>Phosphorus (%)   |
|                | 0.030        | 0.211*   | 2.711*                              | 4.648*                          | نیتروژن (درصد)<br>Nitrogen (%)  |
|                | 0.023        | 0.279*   | 0.062*                              | 0.163*                          | پتاسیم (mg/kg)<br>Potassium (mg/kg)                                     |

\* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

\* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

در سطح ۵۰ و ۲۵ گرم تحت تأثیر کود هربان با دوره آبیاری پنج روزه بودند. اعمال ۵۰ گرم کود هربان در شرایط آبیاری ۱۰ روز یک بار، سبب شد نهال‌ها بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و

مقایسه میانگین اثر متقابل اعمال سطوح مختلف هربان در شرایط تنش خشکی (جدول ۴) نشان می‌دهد؛ بیشترین مقدار وزن مخصوص برگ و درصد محتوای نسبی آب برگ مربوط به نهال‌هایی است که به ترتیب

همچنین کاروتنوئید را داشته باشند. بیشترین مقدار پس از اعمال ۷۵ گرم هریان مشاهده شد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط آبیاری پنج روزه و

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کود هریان بر صفات مورد اندازه گیری در نهالهای زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 4. Comparison of the mean effect of Herban fertilizer on the traits measured in bitter olive seedlings under drought stress

| پتاسیم (mg/k)      | نیتروژن (درصد)      | فسفر (درصد)        | کاروتنوئید         | کلروفیل کل         | کلروفیل b          | کلروفیل a          | درصد محتوای نسبی آب برگ                   | وزن مخصوص برگ        | سطوح تیمار       | آبیاری            |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|----------------------|------------------|-------------------|
| Potassium (mg/kg)  | Nitrogen (%)        | Phosphorus (%)     | Carotenoid         | Total Chlorophyll  | Chlorophyll b      | Chlorophyll a      | Percentage of relative leaf water content | Leaf specific weight | Treatment levels | Irrigation        |
| 0.636              | 0.8907              | 0.0443             | 0.1616             | 0.4356             | 0.0944             | 0.3413             | 52.5841                                   | 0.0070               | شاهد             | ۵ روز<br>5 days   |
| .901               | 1.5160              | .1520              | .1820              | .5011              | .1093              | .3917              | 76.7337 <sup>a</sup>                      | 0.0199               | ۲۵ گرم           |                   |
| .977               | 2.4677              | .2980              | .2025              | .5752              | .1257              | .4495              | 52.0138                                   | .0363 <sup>a</sup>   | ۵۰ گرم           |                   |
| 1.277 <sup>a</sup> | 3.1473 <sup>a</sup> | .3317 <sup>a</sup> | .1854              | .5107              | .1058              | .4049              | 46.7753                                   | .0294                | ۷۵ گرم           |                   |
| .618               | .7750               | .0351              | .1707              | .4540              | .0947              | .3593              | 54.7752                                   | .0037                | شاهد             | ۱۰ روز<br>10 days |
| .716               | .9120               | .1387              | .2178 <sup>a</sup> | .6396 <sup>a</sup> | .1324              | .5072 <sup>a</sup> | 43.2446                                   | .0199                | ۲۵ گرم           |                   |
| .807               | 1.6230              | .2540              | .2248 <sup>a</sup> | .6369 <sup>a</sup> | .1431 <sup>a</sup> | .4939 <sup>a</sup> | 48.5799                                   | .0094                | ۵۰ گرم           |                   |
| .605               | 2.1807              | .2863              | .1983              | .5594              | .1156              | .4438              | 47.4538                                   | .0113                | ۷۵ گرم           |                   |
| .527               | .5713               | .0262              | .1824              | .5189              | .1061              | .4128              | 46.8350                                   | .0031                | شاهد             | ۱۵ روز<br>15 days |
| .627               | .7937               | .0740              | .1464              | .3963              | .0767              | .3099              | 46.5508                                   | .0036                | ۲۵ گرم           |                   |
| .741               | 1.1970              | .1053              | .1512              | .4164              | .0799              | .3365              | 48.4164                                   | .0057                | ۵۰ گرم           |                   |
| .827               | 1.7367              | .1890              | .149               | .4204              | .0905              | .3266              | 52.3981                                   | .0138                | ۷۵ گرم           |                   |

حرف a نشان دهنده تفاوت آماری معنی دار است.

a letter indicates statistically significant difference.

خشکی و با لحاظ دوره های نمونه برداری نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود دوره نمونه برداری پس از اعمال سوپر جاذب در شرایط تنش فقط بر روی ارتفاع ساقه اثر معنادار داشت. تنش

تعداد برگ، ارتفاع و قطر نهالها به صورت دوره ای (شش بار) اندازه گیری شد. جدول ۵ اثر سوپر جاذب و جدول شش اثر استفاده از هریان بر میانگین مربعات این سه عامل را در شرایط تنش

خشکی و همچنین اعمال سطوح مختلف سوپر جاذب سه منبع تغییرات فقط بر ارتفاع ساقه معنادار بود بر قطر نهال‌ها بی‌اثر بود اما روی ارتفاع و تعداد برگ (جدول ۵). در سطح احتمال ۹۵ درصد اثر داشت. اثر متقابل هر

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ

Table 5. Analysis of variance the effect of superabsorbent on mean square diameter of collar, number of leaves and stem height of bitter olive

| میانگین مربعات<br>Mean of square |              |   |                                     |                                 |  |  |
|----------------------------------|--------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|--|
| کل<br>Total                      | خطا<br>Error | دوره نمونه‌برداری<br>× سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period *<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level | دوره<br>نمونه‌برداری<br>Sampling<br>period | منبع تغییرات<br>Source of<br>variation |
| 216                              | 144          | 30  | 2                                   | 3                               | 5  | درجه آزادی<br>Degree of freedom        |
|                                  | 217.060      | 216.085 <sup>ns</sup>   | 85.794 <sup>ns</sup>                | 166.612 <sup>ns</sup>           | 361.153 <sup>ns</sup>                      | قطر یقه<br>Collar diameter             |
|                                  | 7.859        | 3.644 <sup>ns</sup>   | 97.834*                             | 87.320*                         | 8.580 <sup>ns</sup>                        | تعداد برگ<br>Number of leaves          |
|                                  | 93.740       | 231.977*  | 23037.003*                          | 3869.947*                       | 25385.499*                                 | ارتفاع ساقه<br>Stem length             |

\* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

\* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

(جدول ۷ به صورت پیوست ارائه شده است). نتایج نشان داد پس از پایان نمونه‌برداری (۱۵۰ روز)، بیشترین ارتفاع ساقه (بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری پنج روزه پس از اعمال ۵۰ و ۷۵ گرم سوپر جاذب به دست آمد که نسبت به شاهد، دو برابر است. در اولین دوره نمونه‌برداری (۲۵ روز اول) هربان اثر بیشتری روی ارتفاع نهال‌ها نسبت به دوره‌های بعدی نمونه‌برداری داشت. در این شرایط به کارگیری ۲۵ گرم هربان در شرایط آبیاری پنج روزه سبب بیشترین ارتفاع در نهال‌ها شد اما در دوره‌های بعدی نمونه‌برداری این شرایط دوام نداشت. ارتفاع نهال‌ها پس از پایان نمونه‌برداری و در شرایط سخت

در جدول ۶ تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ تحت تنش خشکی با لحاظ دوره نمونه‌برداری آورده شده است. دوره نمونه‌برداری و همچنین تنش خشکی هر سه عامل اندازه‌گیری شده را در سطح احتمال ۹۵ درصد تحت تاثیر قرار داد. سطوح استفاده شده هربان فقط بر قطر یقه بی‌اثر بود اما اثر متقابل هر سه منبع تغییرات فقط بر ارتفاع ساقه اثر معنی‌داری داشت. از آنجایی که برای هر دو تیمار هربان و سوپر جاذب فقط ارتفاع ساقه، پس از اعمال هر سه متغیر معنادار شد نتایج در یک جدول آورده شد

۱۵ روزه آبیاری، در هر سه سطح هربان استفاده شده شاهد شد. بیشتر از ارتفاع تیمار شاهد بود. استفاده از ۲۵ گرم سوپر جاذب سبب افزایش ارتفاع نهالها نسبت به

جدول ۶ - تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 6. Analysis of variance the effect of Herban fertilizer on mean square diameter of basal, number of leaves and stem height of bitter olive under drought stress

| میانگین مربعات<br>Mean of square |              |   |                                     |                                 |                                      |                                 | منبع تغییرات<br>Source of variation |
|----------------------------------|--------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| کل<br>Total                      | خطا<br>Error | دوره نمونه برداری<br>× سطوح تیمار × دوره آبیاری<br>Irrigation period ×<br>treatment level | دوره آبیاری<br>Irrigation<br>period | سطح تیمار<br>Treatment<br>level | دوره نمونه برداری<br>Sampling period |                                 |                                     |
| 216                              | 144          | 30  | 2                                   | 3                               | 5                                    | درجه آزادی<br>Degree of freedom |                                     |
|                                  | 1.773        | 0.773 <sup>ns</sup>   | 43.355*                             | 1.150 <sup>ns</sup>             | 118.920*                             | قطر یقه<br>Collar diameter      |                                     |
| 216                              | 144          | 30  | 2                                   | 3                               | 5                                    | درجه آزادی<br>Degree of freedom |                                     |
|                                  | 5.363        | 4.203 <sup>ns</sup>   | 59.773*                             | 44.884*                         | 83.848*                              | تعداد برگ<br>Number of leaves   |                                     |
|                                  | 55.733       | 126.370*  | 9863.810*                           | 801.609*                        | 27352.183*                           | ارتفاع ساقه<br>stem length      |                                     |

\* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

\* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

بیش بود آب داشته باشد. به طور کلی مشخص است کاربرد کود هربان و سوپر جاذب سبب افزایش زی توده تر و خشک شده است. تنش خشکی سبب کاهش زی توده تر خشک می شود اما کود و سوپر جاذب تا حدی توانسته اند آن را جبران کنند. در مشاهدات نمونه برداری دیده شد که طول ریشه فرعی تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم دارای بیشترین تراکم ریشه موین بوده و به صورت توده ای کلاف مانند از ریشه های بسیار نازک به هم تنیده دیده شد. در این پژوهش، با توجه به حجم گلدان، چنین پدیده ای قابل

## بحث

در این پژوهش، بیشترین مقدار زی توده تر مربوط به تیمار سوپر جاذب در زمان آبیاری پنج روزه و کمترین آن مربوط به اعمال تیمار شاهد سوپر جاذب و تیمار شاهد هربان بود. برای صفات زی توده تر و خشک بهترین عملکرد مربوط به تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم با آبیاری پنج روزه بود که به دلیل فراهمی آب مورد نیاز گیاه برای رشد در حد معمول است، دلیل این امر که چرا سوپر جاذب سطح ۷۵ گرم عملکرد کمتری نسبت به سطح ۵۰ داشته می تواند پاسخ گیاه به شرایط

نمونه‌های مورد آزمایش در طرح حاضر، بهترین تیمار استفاده از سوپرچاذب در سطح ۲۵ گرم با دوره آبیاری پنج روزه و پس از آن کاربرد هربان در همین سطح و همین رژیم آبیاری بود که بازه عددی پتانسیل آبی برای برگ بین ۰/۹۸۸۵-۰/۶۳۰۶ بود که کمترین عدد نیز مربوط به هربان سطح ۲۵ با دوره آبیاری ۱۵ روزه بود. دلیل این امر که چرا سطح بالاتر، اثر کمتری در پتانسیل آبی داشت، می‌تواند به محدودیت برگ برای نگه‌داشت آب در واکوئل خود باشد. گیاهان تا حدی می‌توانند آب را در خود ذخیره کرده و تورژسانس برگ اگر زیاد شود کاهش رشد را به دنبال خواهد داشت. در کل مشاهده شد که عملکرد سوپرچاذب در مقایسه با هربان در بیشتر موارد بهتر بود. به‌عنوان مثال دوره ۱۰ روزه آبیاری بین سوپرچاذب ۷۵ گرم و هربان ۷۵ گرم به ترتیب ۰/۷۴۸۰-۰/۶۶۸۷ است که نشان‌دهنده عملکرد بهتر سوپرچاذب در مقایسه با هربان برای صفت پتانسیل آبی برگ است. اثر دوره آبیاری و سطوح مختلف استفاده از کود هربان و سوپرچاذب در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار درصد محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بوده است. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبت خاک است. کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش مقدار تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای آب نسبی برگ است. دوره آبیاری پنج روزه و استفاده از کود هربان به مقدار ۲۵ گرم توانسته‌اند کاهش سرعت از دست دادن آماس و تنظیم اسمزی، پلاسمولیز برگ‌ها را به تأخیر بیندازند که با نتایج (Rezai et al. (2017 هم‌خوانی دارد. افزایش محتوای آب گیاه ممکن است سبب بهبود رشد گیاه به خصوص شرایط کم‌آبی شود ( Mehrabian

پیش‌بینی بود، در صورتی که سوپرچاذب در حجم محدود و به‌صورت مجتمع استفاده شود؛ موجب تمرکز ریشه‌دوانی در محل سوپرچاذب می‌شود اما در صورت استفاده از سوپرچاذب در عرصه، می‌توان سوپرچاذب را به گونه‌ای استفاده کرد که حدود ریشه‌دوانی درخت مدنظر قرار گیرد که نه تنها سبب محدودیت ریشه‌دوانی نشود بلکه سطح گسترش ریشه را افزایش دهد و در مقایسات آماری نیز بهترین عملکرد را دارا بود ولی کمترین مقدار برای تیمارهای هربان با آبیاری ۱۵ روزه سطوح ۵۰ و ۷۵ مشاهده شد که این تیمارها به دلیل تنش خشکی دارای ریشه‌های موین با تراکم خیلی کمتر نسبت به سوپرچاذب بودند ولی در عوض دارای ریشه‌های اصلی ق‌طورتری نسبت به سوپرچاذب بودند.

کود معدنی هربان از کوه‌های روستای ده‌ملا در استان سمنان استخراج می‌شود. این کود شامل ۶۰ عنصر (از قبیل عناصر مغذی ریز و درشت و نیز عناصر نادر و کمیاب است) و احتمالاً می‌تواند سبب اصلاح و احیاء خاک شود. جذب تدریجی، داشتن ظرفیت بالای یونی و حفظ رطوبت از مزایای این کود معدنی نسبت به انواع کودهای شیمیایی رایج است (سایت شرکت هربان، <http://herbban.com>). نویسندگان از این کود معدنی با فرض برتری نسبت به مواد شیمیایی استفاده کردند. (Mohammadi et al. (2021) اعلام کردند در شرایط تنش این کود موجب افزایش معنی‌دار رشد طولی نهال‌های زیتون تلخ شد. نتایج ما نشان داد ارتفاع نهال‌ها پس از پایان نمونه‌برداری و در شرایط سخت ۱۵ روزه آبیاری، در هر سه سطح کود هربان استفاده‌شده بیشتر از ارتفاع تیمار شاهد بود. پتانسیل آبی یا همان مقدار آب موجود در برگ بستگی به شرایط رطوبتی خاک و تنش خشکی دارد و برای

تیلاکوئید کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز مانند دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Mortezavi et al., 2015). طبق بررسی‌ها، کاهش غلظت کلروفیل در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل تأثیر تنش خشکی بر تجزیه کلروفیل‌ها و پراکسیداسیون آنها توسط گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Bahavar et al., 2009) چرا که گونه‌های فعال اکسیژن سبب تخریب لیپیدها، پروتئین‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شوند. Gnaana (2011) and Paliwal (2011) کاهش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی را به کاهش پایداری غشاء کلروپلاست و شکسته شدن آن نسبت داده‌اند. در بیان علت برتری تیمار ترکیب کود هربان و دوره آبیاری می‌توان اظهار داشت تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن هم از طریق استفاده از کود هربان سبب شد که گیاه، نیتروژن کافی برای تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد که با نتایج (Amani et al. (2017); Rezai et al. (2017); Din et al. (2011) هم‌خوانی دارد. کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجهه گیاه با تنش خشکی، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن، پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Ghorbanli et al., 2013). با توجه به نتایج این پژوهش، همین امر سبب کاهش مقدار کلروفیل در اثر افزایش دوره آبیاری شد. در بیان علت برتری تیمار ترکیب کود هربان ۵۰ و دوره آبیاری ۱۰ روزه می‌توان اظهار داشت تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن و بقیه مواد از طریق استفاده از کود هربان سبب شد که گیاه، مواد کافی برای تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد، که با نتایج (Rezai et al. (2017); Din et al. (2011); Amani et al. (2017) هم‌خوانی دارد. با افزایش غلظت کود و سوپرجاذب مصرفی غلظت عناصر در داخل برگ زیاد شده است.

(Moghadam et al., 2012) که در آزمایش انجام گرفته بیشترین مقدار برای تیمار هربان آبیاری پنج روزه سطح ۲۵ گرم و کمترین مقدار برای تیمار ۱۰ روزه شاهد بود این که چرا ۱۵ روزه مقدار کمتری نشده است؛ می‌تواند به مکانیسم گیاه برای مقابله با تنش باشد و مشاهده شد گیاه برای حفظ شادابی، تعدادی از برگ‌های خود را ازدست داده بود تا بتواند با تنش به وجود آمده مقابله کند. تنش خشکی سبب کوچک شدن برگ‌ها و کاهش تعداد پلاست‌های رنگی می‌شود که با طولانی‌تر شدن تنش، برگ‌ها زرد و تعداد برگ‌های موجود در بوته کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار سطح ویژه برگ مربوط به تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم در دوره آبیاری ۱۵ روزه بدست آمد. در بیان علت برتری تیمار ترکیب دوره آبیاری ۱۵ روزه و سوپرجاذب سطح ۵۰ گرم می‌توان اظهار داشت، افزایش تنش خشکی (دوره آبیاری بلندمدت ۱۵ روزه) منجر به کاهش سطح برگ شد. این درحالی است که تأمین مناسب، کافی و تدریجی آب هم از طریق استفاده سوپر جاذب و تأمین مواد غذایی سبب شد که گیاه، آب و رطوبت، مواد غذایی کافی برای تقسیم سلولهای مریستمی در اختیار داشته باشد و موجب افزایش سطح برگ و به تناسب منجر به کاهش سطح ویژه برگ شده است.

تأثیر تنش آب بر کلروفیل بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپی گیاه دارد. کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی همراه با کاهش کارایی استفاده از کربن، افزایش تولید اتانول و لاکتات، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Setayeshmehr and Ganjali, 2013). کاهش کلروفیل به علت تجزیه کلروپلاست و ناپدید شدن ساختارهای تیلاکوئید است (Ghorbanli et al., 2013). تخریب غشاهای

است. به همین دلیل اختلاف معنی‌داری بین سوپرجاذب و هربان در سطح ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه مشاهده نشد. دلیل بالا بودن مقدار پتاسیم در برگ گیاه بیشتر به دلیل ویژگی‌های خاکی منطقه است، خاک‌های استان گلستان دارای رس زیادی هستند و این رس‌ها که عموماً جز رس‌های خیلی ریز هستند که سرشار از پتاسیم می‌باشند، پتاسیم در شرایط معمول در بین لایه‌های رس و یا در سطوح آن وجود دارد که به مرور زمان و در طی واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی خارج شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در تمامی تیمارها برای فراهمی عناصر غذایی نهال‌های آبیاری شده به فاصله ۱۵ روز، دارای ضعیف‌ترین عملکرد بود. مقدار نیتروژن و پتاسیم اندازه‌گیری شده به دلیل ویژگی‌های سوپرجاذب، عملکرد بهتری نسبت به کود هربان داشت.

#### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از سوپرجاذب آب و کود معدنی هربان به دلیل فراهم کردن رطوبت و تقویت در منطقه اطراف ریشه شرایط بهتری را برای رشد به‌ویژه در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی فراهم می‌کند. با اینکه ادامه پژوهش برای یک فصل رویشی دیگر می‌تواند نتایج مطمئن‌تری در ارائه پیشنهادها به دنبال داشته باشد ولی با توجه به اثرات مثبت سوپرجاذب و کود معدنی هربان در استقرار و تقویت نهال‌های زیتون تلخ می‌توان استفاده از این مواد را در پروژه‌های درختکاری با این گونه ارزشمند پیشنهاد کرد.

عناصر موجود در خاک تحت جریان‌های توده‌ای و پخشیدگی به سطح ریشه می‌رسند که این امر بستگی به عواملی چون شیب غلظت و مقدار آب موجود در خاک دارد. از این رو، کاربرد سوپرجاذب که همانند یک مخزن نگه‌داری آب در خاک عمل می‌کند؛ سبب تسهیل در حرکت عناصر به سطح ریشه و در نتیجه فراهمی بیشتر عناصر به سطح ریشه می‌شود. کود به-تنهایی نمی‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شود و در شرایط خشکی کود عملاً بلااستفاده می‌شود؛ به‌خصوص برای عناصری مانند فسفر که به سرعت در خاک تثبیت می‌شوند و از دسترس گیاه خارج می‌شوند. برای همین است که در به کار بردن کودهای فسفره سعی بر این است که کود فسفره را به‌صورت نواری در محل ریشه‌زایی استفاده کنند تا ریشه بتواند بیشینه استفاده را از فسفر ببرد. در آزمایش انجام‌گرفته نیز مشاهده شد که دوره آبیاری پنج روزه و سطح کودی به‌کار برده شده ۷۵ گرم برای فسفر با مقدار ۰/۳۳۱۷ درصد عملکرد بهتری نسبت به سوپرجاذب در همان شرایط با مقدار ۰/۳۰۴۷ درصد داشته است. اما برای نیتروژن و پتاسیم هر دو تیمار هربان با سطح ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه و سوپرجاذب ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه دارای بهترین عملکرد بوده‌اند که این خود به ویژگی‌های حرکتی و شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بستگی دارد. نیتروژن به دو صورت  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{NH}_4^+$  در خاک وجود دارد که فرم  $\text{NO}_3^-$  جز مواد با قابلیت تحرک زیاد است و حرکت آن در خاک تحت تاثیر مقدار رطوبت خاک

#### References

Amani, N.; Sohrabi, Y.; Heidari, G.; Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. *Journal of agricultural science and sustainable production* **2017**, 27(2), 65-83 (In Persian).

Bahavar, N.; Ebadi, A.; Tobeh, A.; Jamati Somarin, SH.; Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress in hydroponics conditions. *Research Journal of Environmental Sciences* **2009**, 3(4), 448 – 455.



- Batoli, H.; Sefati-Qomi, J.; Ahmadi, T.; Comparison of the chemical compositions of the essential oil of reproductive organs of bitter olive tree (*Melia azedarach* L.) planted in Kashan Botanical Garden. *Journal of Iranian medicinal and aromatic plants* **2011**, 30, 4, 665-673 (In Persian).
- Dias, M.C.; Azevedo, C.; Costa, M.; Pinto, G.; Santos, C.; Meliaazedarach plants show tolerance properties to water shortage treatment: An ecophysiological study. *Plant Physiology and Biochemistry* **2014**, 75, 123-127.
- Din, J.; Khan, S.U.; Ali, I.; Gurmani, A.R.; Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal & Plant Sciences* **2011**, 21, 78-82.
- El Alami, S. L.; El Aboudi, A.; Rkhaila, A.; El Antry, S.; Dallahi, Y.; Effect of superabsorbent polymers on the growth and survival of young cork oak plantations in Morocco. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* **2023**, 23(3), 297-305.
- Eshaghi Rad, J.E.; Mousavi Mirkala, S.R.M.; Irrigation effects on diameter growth of 2-year-old Paulownia tomentosa saplings. *Journal of Forestry Research* **2015**, 26, 153-157.
- Jalili, K.; Jalili, J.; Sohrabi, H.; Effect of super absorbent polymer (Tarawat A200) and irrigation interval on growth of almond sapling. *Water and Soil Science* **2011**, 2, 2-16 (in Persian).
- Keshvarz, M.S.; Dabiri, D.; An analysis on the possibility of using water box in the establishment of plant for military and security places in desert areas. *Amad and Defense Technology* **2021**, 4, 33-56 (in Persian).
- Ghorbanli, M.; Gafarabad, M.; Amirkian, T.; Allahverdi, B.; Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in akria and mobil tomato cultivars. *Journal of Plant Physiology* **2013**, 3, 651-658.
- Gnaana, S.; Paliwal, K.; Drought induced changes in growth, leaf gas exchange and biomass production in Albizia lebeck and *Cassia siamea* seedlings. *Journal Environmental Biology* **2011**, 32, 173-178.
- Malik, S.; Chaudhary, K.; Malik, A.; Punia, H.; Sewhag, M.; Berkesia, N.; Nagora, M.; Kalia, S.; Malik, K.; Kumar, D.; Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers* **2023**, 15, 161.
- Mashayekhi, K.; Atashi, S.; *The analyzing methods in plant physiology (Surveys before and after Harvest)*, Sirang Words Press, Gorgan, **2014**, p 310.
- Mehrabian Moghadam, N.; Arvin, M.J.; Khajouinejad, G.R. Maqsoodi, K.; The effect of salicylic acid on the growth and yield of fodder and corn grain under drought stress in the field. *Seed and Plant Production* **2012**, 1, 41-55 (In Persian).
- Mohammadi, H.; Payamnoor, V.; Nazari, J.; Atashi, S.; Effect of salinity stress and Herban mineral fertilizer on the morphological traits of seedling of chinaberry tree (*Melia azedarach* L.). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2021**, 28, 21-36 (In Persian).
- Mohebi Bijarpasi, M.; Rostami Shahraji, T.; Samizadeh Lahiji, H.; Effect of elevation gradient on morphological and physiological responses of *Fagus orientalis* Lipsky leaves in Guilan forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26(4), 577-590 (In Persian).
- Mortezavi, S. M.; Tavakoli, A.; Mohammadi, M. H.; Afsahi, K.; Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. *Applied Field Crops Research* **2015**, 28, 118-125 (In Persian).
- Rahiminasab, A.; Tabandeh Saravi, A.; Effect of seed source on germination and morphology of seed and seedlings of *Quercus brantii* Lindl. *Forest Research and Development* **2017**, 3: 249-262 (In Persian).
- Rajanna, G.A., Manna, S., Singh, A. et al. Biopolymeric superabsorbent hydrogels enhance crop and water productivity of soybean-wheat system in Indo-Gangetic plains of India. *Scientific Reports* **2022**, 12, 11955.
- Rezai, Z.; Rafieolhossaini, M.; The physiological response of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) to manure and superabsorbent polymer under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology* **2017**, 11, 547-564 (In Persian).
- Rostami, Q.; Moghadam, M.; The effect of azomite on the growth and some



- physiological and biochemical characteristics of basil under salinity stress conditions. *Journal of Plant Process and Function* **2018**, 29, 299-311.
- Sarvaš, M.; Pavlenda, P.; Takáčová, E., Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science* **2007**, 53 (5), 203-209.
- Satriani, A.; Catalano, M.; Scalcione, E.; The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern Italy. *Agricultural Water Management* **2018**, 195, 114-119.
- Setayeshmehr, Z.; Ganjali, A.; Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Horticultural Sciences* **2013**, 27(1), 27-35 (In Persian).
- Salahi Ardakani, A.; Heydari Alizadeh, B.; Preparation of a nematicidal formulation from *Melia azedarach* seed extract for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Plant pests and diseases* **2015**, 2, 169-180.
- Sohrabi, F.; Kohanmoo, M.A.; Toxicity of neem and chinaberry extracts and additive effect of the essential oil *Salvia mirzayanii* on the date palm spider mite, *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Society of Iran* **2017**, 37, 43-54.
- Tabande Saravi, A.; Rashtian, A.; Naseh Dehbone, S.; Effect of Salinity on germination and some seedling characteristics from three provenances of *Amygdalus lycioides*. *Forest Research and Development* **2016**, 2, 97-110 (In Persian).
- Tabandeh Saravi, A.; Tabandeh Saravi, A.; Kiani, B.; Rashtian, A.; Effect of fortification with pea and cowpea sprout extract on growth and germination of *Pinus eldarica* Medw. and *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis*. *Forest Research and Development* **2021**, 7, 63-76 (In Persian).
- Tomášková, I.; Resnerová, K.; Trombik, J.; Bláha, J.; Pastierovič, F.; Macků, J.; Potential of hydrogel treatment in forest regeneration: impact on growth and vitality of central European tree species. *Frontier Forest Global Change* **2023**, 6, 1251041.
- Tongo, A.; Mahdavi, A.; Saiad, E.; Effect of super absorbent polymer aquasorb on growth, establishment and some physiological characteristics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. *Water and Soil* **2015**, 28(5), 951-963 (In Persian).
- Yazarloo, F.; Nourinia, A.A.; Khoshbakht, S.; The effect of biological fertilizers and vermicompost on the morphological characteristics of Iranian echium (*Echium amoenum*), *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* **2022**, 32, 115-127.

## Evaluating the effect of Herban mineral fertilizer and superabsorbent on drought resistance of *Melia azedarach* saplings

Ali Maghsoudlou<sup>1</sup>, Vahideh Payamnoor<sup>\*2</sup>, Erfan Mohammadzadeh<sup>3</sup>, Mohammad Esmailpour<sup>4</sup> and Sadegh Atashi<sup>5</sup>

1- M.Sc. of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Golestan, I. R. Iran. (maghsodlo.a54@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Golestan, I. R. Iran. (mnoori56@gmail.com)

3- PhD of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Golestan, I. R. Iran. (ecology2020@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

5- Master of Laboratory, Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (sadegh.a.3@gmail.com)

Received: 23 October 2023

Accepted: 05 March 2024

### Abstract

**Background and objectives:** Significant efforts are made during the early establishment and growth stages of seedlings to enhance their resistance to environmental stresses, thereby increasing the success of afforestation projects. One of the research goals is to extend irrigation periods and reduce associated costs. In recent years, afforestation projects have experienced considerable growth, driven by the importance of environmental, economic, and social factors, and cutting-edge technologies are utilized in this field. Various methods, such as the use of superabsorbent treatments and Herban mineral fertilizer, have been tested to mitigate the negative effects of drought stress. This study aims to evaluate the impact of superabsorbent treatments and Herban mineral fertilizer on the drought resistance of one-year-old bitter olive seedlings.

**Methodology:** One-year-old bitter olive seedlings were obtained from the Qareq Nursery in Golestan Province. A total of 1,000 seedlings were collected, and 360 seedlings with equal collar diameter, height, and root length were selected. The seedlings were planted in size seven pots (exact diameter: 23 cm and height: 21.5 cm) in mid-March. After applying the fertilizer and superabsorbent (0, 25, 50, and 75 grams), irrigation was carried out every five, ten, and fifteen days for 140 days. Subsequently, measurements were taken for various growth parameters including diameter growth, height growth, leaf count, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, leaf water potential, relative water content, leaf area, specific leaf area, leaf dry weight, length of the longest lateral root, fresh and dry biomass, and leaf nitrogen, phosphorus, and potassium. Data were compared using Duncan's test at one and five percent statistical levels.

**Results:** Results showed that the maximum leaf area, using 50 grams of superabsorbent with a five-day irrigation interval, was 63.127 square centimeters, while the minimum was 68.958 square centimeters with the same amount of superabsorbent but a fifteen-day irrigation interval. The interaction effect of treatment levels and drought stress on chlorophylls, carotenoids, leaf dry weight, and relative water content was significant. The highest water potential was observed with 25 grams of superabsorbent under five-day irrigation conditions, while the lowest was with the same amount under fifteen-day irrigation conditions. Seedlings irrigated every five days with 75 grams of superabsorbent had the highest nitrogen and potassium content, while 25 grams of superabsorbent under fifteen-day irrigation conditions resulted in the highest phosphorus content. The interaction of treatment levels and drought stress significantly affected nitrogen, phosphorus, potassium, chlorophylls, carotenoids, leaf dry weight, and relative water content, but had no effect on other measured traits. Drought stress significantly impacted all traits, while different levels of superabsorbent only had a significant effect

---

\* Corresponding author

Tel: +989113735812

on the three measured elements, leaf area, specific leaf area, and leaf dry weight. The highest leaf dry weight and relative water content were observed with 50 and 25 grams of superabsorbent and five-day irrigation. Additionally, 50 grams of superabsorbent with ten-day irrigation produced the highest levels of chlorophylls and carotenoids. The highest nitrogen, phosphorus, and potassium were found with five-day irrigation and 75 grams of superabsorbent. Drought stress and different levels of superabsorbent did not affect seedling diameter but did affect height and leaf count. The greatest stem height was achieved under five-day irrigation with 50 and 75 grams of superabsorbent, twice that of the control height.

**Conclusion:** It can be generally stated that the use of superabsorbent and Herbam mineral fertilizer enhances moisture availability and strengthens the area around the root, thus providing better conditions for growth, especially under drought and water stress. Although further research over another growing season could provide more reliable recommendations, the positive effects of superabsorbent and Herbam mineral fertilizer on the establishment and strengthening of bitter olive seedlings suggest that these materials could be recommended for use in afforestation projects with this valuable species.

**Keywords:** Chlorophyll, Herbans fertilizer, Superabsorbent.