

## ارزیابی اثرات متقابل تنش خشکی و هیدروژل تهیه شده بر مبنای بیوچار بر رشد، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی آویشن دنايي

مینا بکی\* و جهانگیر عابدی کوپایی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۴)

### چکیده

بهبود راندمان مصرف آب در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت بسیار زیادی دارد. در این پژوهش اثر سه سطح هیدروژل (صفر، ۱۰ و ۵۰ تن در هکتار) و سه رژیم آبیاری (آبیاری کامل، ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر رشد، عملکرد و تولید اسانس گیاه دارویی آویشن دنايي در لایسیمتر مورد بررسی قرار گرفت. فرایند ساخت هیدروژل با استفاده از سدیم آلزینات به عنوان شاخه اصلی پلیمر و همچنین اکریلیک اسید و اکریلامید به عنوان مونومرها و با استفاده از بیوچار تهیه شده از کنجاله کلزا در دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد انجام شد. نتایج نشان داد که میزان عملکرد و اسانس تولید شده توسط گیاه تحت تأثیر مصرف هیدروژل قرار گرفت. همین طور با افزایش شدت تنش، محتوای اسانس بیشتر شده اما عملکرد اسانس در تیمارهای حاوی تنش آبی نسبت به تیمار بدون تنش کاهش نشان داد. از طرف دیگر مصرف ۵۰ تن در هکتار هیدروژل منجر به ۱۷ درصد افزایش در وزن خشک گیاه و ۱۲ درصد افزایش در میانگین ارتفاع گیاه شد. بر اساس نتایج این پژوهش به نظر می رسد که استفاده از هیدروژل باعث بهبود اکثر ویژگی های گیاه آویشن دنايي در شرایط تنش آبی شد.

واژه های کلیدی: گیاهان دارویی، تنش خشکی، هیدروژل، پلیمریزاسیون پیوندی، بیوچار

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mina.bagi@yahoo.com

## مقدمه

بخش وسیعی از کشور ایران تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه خشک است و محدودیت آب در اغلب مناطق کشور منجر به صرف هزینه‌های فراوان در فراهم کردن آب برای آبیاری شده است. آب و کود دو عامل کلیدی و تعیین‌کننده هستند که رشد و عملکرد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین بهبود راندمان مصرف کود نیز علاوه بر آب به‌عنوان نکته مهم در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، منجر به افزایش هزینه تولید محصولات کشاورزی و آلودگی محیط زیست به‌ویژه آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود (۴).

در تهیه کودهای با رهش کنترل شده که به‌منظور آزادسازی تدریجی مواد مغذی به‌ویژه در زمان نیاز بیشینه گیاهان تولید می‌شوند، باید از موادی غیر قابل حل در آب به‌عنوان جداره خارجی استفاده کرد و مواد پلیمری سوپرچاذب در کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک پتانسیل بالایی برای پوشش‌دهی این کودها دارند (۱۵ و ۲۷ و ۳۱). این ترکیبات، پلیمرهای سه بعدی آب‌دوستی هستند که توانایی زیادی در جذب آب به مقدار چندین برابر وزن خود دارند (۸، ۲۳ و ۳۱). مزیت کودهای کنترل رهش تهیه شده از این سوپرچاذب‌ها این است که باعث بهبود وضعیت تهویه خاک می‌شوند، مقدار تلفات آب خاک به واسطه وقوع فرایند تبخیر را کاهش داده، زیان‌های زیست‌محیطی در رابطه با تبخیر و نشت آلاینده‌ها را کم کرده و به واسطه افزایش مقدار مواد مغذی خاک، باعث جبران تلفات مواد مغذی برای گیاه می‌شوند (۸، ۲۱، ۱۶). در واقع با استفاده از این پلیمرها شرایط برای تولید کودهای کنترل رهش همراه با بهبود وضعیت نگهداری آب خاک به خصوص برای مناطق خشک و نیمه خشک به وجود می‌آید (۱۸).

فرایند کوپلیمریزاسیون پیوندی یکی از شیوه‌های موجود برای ساخت پلیمرهای سوپرچاذب است که شامل کوپلیمریزاسیون مونومر روی شاخه اصلی پلیمر می‌شود (۳۰ و ۱۷). کوپلیمرهایی که برمبنای سدیم آلزینات به‌عنوان شاخه اصلی پلیمر تهیه

می‌شوند امروزه توجه زیادی را به سمت خود جلب کرده‌اند (۲۸ و ۲۹). آلزینیک اسید یا در اختصار آلزینات یک پلی‌ساکارید غیر یونی است که در دیواره سلول نوعی جلبک قهوه‌ای وجود دارد که در تماس با آب به شکل صمغ ژله‌ای تغییر شکل می‌دهد و قابلیت استفاده به‌عنوان شاخه اصلی پلیمر را دارد (۲۹). در این پژوهش از بیوجار تهیه شده از کنجاله کلزا در دمای ۳۰° درجه سانتی‌گراد در تهیه هیدروژل استفاده شد. بیوجار یک ماده کربنی حاوی هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای با آرایشی از گروه‌های عاملی سطحی است که جزء جامد باقیمانده فرایند پیرولیز محسوب می‌شود (۱۹). برمبنای پژوهش‌های انجام شده در مورد قابلیت بیوجار در آزادسازی تدریجی مواد مغذی و عملکرد آن به‌عنوان هیدروژل، در این پژوهش به‌عنوان عامل نگهداشت نیتروژن در هیدروژل از بیوجار استفاده شده است.

راهکار دیگر برای مقابله با مشکلات پیش روی بخش کشاورزی، توسعه کشت و کار گیاهانی است که ضمن برآورده کردن نیازهای اقتصادی، دارای حداقل نیاز آبی و حداکثر تولید در شرایط کم آبی باشند. گیاهان دارویی، به لحاظ ژنتیکی و نیز داشتن برخی متابولیت‌های ثانویه و خصوصیات مورفولوژیک، در مقایسه با سایر گیاهان، پتانسیل تحمل به تنش بیشتری دارند و گزینه‌های مناسبی برای کشت و کار در شرایط تنش‌زا به حساب می‌آیند (۱). آویشن دنایی (*Thymus daenensis*) یکی از گیاهان دارویی، معطر و اندمیک خانواده نعناع است که مورد استفاده فراوانی در صنایع مختلف مانند داروسازی و صنایع غذایی دارد و در مناطق گسترده‌ای از ایران رویش دارد (۱۰ و ۱۱).

لنجامو و گاسلین در سال ۱۹۹۴ در آزمایش گلخانه‌ای اثر سه سطح آب خاک (۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) را روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و بیشترین درصد اسانس در ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به‌دست آمد (۲۰). همچنین در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ توسط بحرینی نژاد و همکاران روی تأثیر سه تیمار تخلیه ۲۰، ۵۰ و ۷۰ درصد

الکتریکی قرار گرفت. طی پیرولیز بقایای گیاهی جریان گاز نیتروژن در محیط برقرار بود. برخی از ویژگی‌های بیوپچار تهیه شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای تهیه هیدروژل، ۸ گرم سدیم آلزینات در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و پس از انتقال آن به راکتور پلیمرسازی، به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و با دور همزن ۱۰۰۰ دور در دقیقه جهت به دست آوردن مخلوطی یکدست بهم زده شد. سپس این مخلوط خنک شد و ۲۰ گرم اکریلیک اسید و اکریل آمید با نسبت وزنی ۵۰:۵۰ و ۰/۲ گرم MBA و ۱ گرم آمونیوم پرسولفات اضافه شد و به مدت ۱۲۰ دقیقه با دور همزن ۱۰۰۰ دور در دقیقه بهم زده شد. بیوپچار پودر شده با ژل حاصل مخلوط شد و تا رسیدن به یک مخلوط یکدست بهم زده شد. پس از متوقف کردن واکنش، پلیمر سنتزی با استفاده از محلول ۲ مولار کلسیم کلرید دی هیدرات رسوب داده شد و به مدت یک ساعت در آن محلول باقی ماند. پلیمرهای سنتز شده از محلول خارج شده و پس از شست و شو با آب مقطر یک شب تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. لازم به ذکر است کوپلیمر پیوندی با استون رسوب و شست و شو داده شد تا مونومر واکنش نداده از آن کاملاً حذف شود. جزئیات مربوط به ویژگی‌های هیدروژل تهیه شده در پژوهش بکی و عابدی کوپایی ارائه شده است (۹). درصد نیتروژن موجود در پلیمر تهیه شده ۲۱ درصد بود.

#### آزمایش صحرایی و کشت آویشن

آزمایش‌های صحرایی این مطالعه طی زمستان ۹۳ تا پایان تابستان ۹۴ در مزرعه تحقیقاتی چاه اناری واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. برای این آزمایش از لایسیمترهای زهکش‌دار با قطر ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر به عنوان سایت اجرای آزمایش استفاده شد. مقادیر ۰ (شاهد)، ۱۰ و ۵۰ تن در هکتار از هیدروژل برای افزودن به خاک با بافت لوم شنی مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

آب خاک روی آویشن دنیایی انجام شده است، نشان داده شده که افزایش شدت تنش خشکی موجب افزایش درصد اسانس و کاهش عملکرد ماده خشک شده است (۱۰).

نوآوری پژوهش حاضر استفاده از بیوپچار حاصل از کنجاله کلزا به عنوان نگهدارنده مواد مغذی در تولید هیدروژل است. از سوی دیگر از دو نوع مونومر اکریل آمید و اکریلیک اسید به صورت همزمان در فرایند کوپلیمریزاسیون پیوندی استفاده شده است. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات متقابل تنش آبی و هیدروژل تهیه شده بر رشد، عملکرد و محتوای اسانس گیاه دارویی آویشن دنیایی در لایسیمترهایی حاوی خاک لوم شنی در منطقه اصفهان بود.

#### مواد و روش‌ها

##### سنتز کوپلیمرهای پیوندی

در این پژوهش فرایند سنتز کوپلیمرهای پیوندی با استفاده از سدیم آلزینات به عنوان شاخه اصلی پلیمر که از شرکت R&M انگلستان تهیه شده بود و همچنین اکریلیک اسید (AA) و اکریلامید (AM) به عنوان مونومرها انجام شد، که مونومرها از شرکت Merck آلمان تهیه شدند. متیلن بیس آکریل آمید (MBA) به عنوان عامل شبکه ساز (برای تشکیل شبکه پلیمری در هیدروژل و کمک به نگهداشت آب در ساختار شبکه) از شرکت Merck و آمونیوم پرسولفات به عنوان آغازگر واکنش از شرکت R&M تهیه شدند. کلسیم کلرید دی هیدرات (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) به عنوان عامل ترسیب دهنده از شرکت R&M تهیه شد. سدیم آلزینات دارای گروه عاملی آب دوست زیادی است، در نتیجه در افزایش تورم نقش بسزایی دارد.

برای تهیه هیدروژل از بیوپچار کنجاله کلزا تهیه شده در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت استفاده شد. برای تهیه بیوپچار، پس از خشک شدن مواد اولیه، بقایا با استفاده از دستگاه آسیاب خرد شده و برای پیرولیز آماده شدند. محفظه بسته‌ای با یک در مجهز به ورودی گاز بی‌اثر و یک خروجی گازهای تولیدی تهیه شد. محفظه مورد نظر برای تولید بیوپچار درون کوره

جدول ۱. ویژگی‌های بیوجار تهیه شده از کنجاله کلزا در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد

N	C	H	S	O	pH	EC	SA
kg 100kg <sup>-1</sup>						dS m <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
۱۴/۸	۶۰/۱۵	۵/۱	۰/۵	۱۹/۴۵	۸/۶۷	۲	۷۰

جدول ۲. ویژگی‌های خاک مورد استفاده در لایسیمترها

OM	EC	pH	شن	سیلت	رس
kg 100kg <sup>-1</sup>	dS/m	—	درصد	درصد	
۱/۱	۰/۹۵	۷/۵	۵۷	۲۴	۱۹

شهریور که بیش از نیمی از بوته‌ها به گل نشسته بود، انجام شد. نمونه‌ها پس از برداشت، توزین و پس از محاسبه وزن تر در پاکت‌های کاغذی نگهداری و سپس در هوای آزاد و سایه خشک و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برداشت در زمان گل‌دهی کامل گیاهان انجام گرفت و گیاهان برداشت شده پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت تقریبی یک هفته در سایه خشک و سپس برای تعیین عملکرد ماده خشک توزین شدند. سرشاخه‌های گلدار از هر لایسیمتر در مرحله گلدهی و از ارتفاع ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر برداشت شد و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد و پس از خشک شدن در سایه در حرارت حدود ۳۵ درجه سانتیگراد، وزن خشک آن‌ها نیز تعیین شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و به کمک دستگاه اسانس‌گیری طرح کلونجر که بر اساس دارونامه اروپا طراحی شده صورت گرفت (۱۲). در این روش مقدار ۱۰۰ گرم اندام‌های هوایی گونه آویشن دنیایی برای هر یک از مراحل برداشت که با آسیاب خرد شده بود درون بالن ریخته شد. سپس به محتویات داخل بالن آب مقطر اضافه شد، تا حدی که سطح گیاه را کاملاً بپوشاند. سپس، با تنظیم میزان حرارت و سرعت عبور آب سرد از مبرد، تقطیر شروع شد. مدت زمان اسانس‌گیری برای تمام تکرارها ۲ ساعت بود. نمونه‌ها پس از ۲ ساعت اسانس‌گیری و جداسازی از ستون دستگاه با سرنگ مخصوص جمع‌آوری و اسانس حاصل برای هر واحد آزمایشی

گیاهان کشت شده در لایسیمتر در معرض سه رژیم آبیاری متفاوت قرار گرفتند (آبیاری کامل، ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه). برای محاسبه نیاز آبی از داده‌های هواشناسی محل استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار Cropwat که بر اساس معادله پنمن‌مانتیت عمل می‌کند، با دادن میانگین آمار هواشناسی منطقه برای هر ماه، به‌صورت جداگانه تبخیر و تعرق مربوط به آن ماه به‌دست می‌آید. برای هریک از تیمارهای موجود، سه تکرار در نظر گرفته شد. بذر آویشن دنیایی از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در بهمن ماه ۱۳۹۳ تهیه شد و اسفند ماه بذرها به اندازه چند برابر مورد نیاز کشت شد. نشاها در هفته دوم اردیبهشت ۱۳۹۴ به زمین و به درون لایسیمترهایی که با مقادیر مشخص هیدروژل و خاک پر شده بودند، انتقال یافت. درون هر لایسیمتر ۳ گیاه با فاصله مشخص از یکدیگر کاشته شد. در ۳ هفته اول کشت هیچ‌گونه تیمار کم آبیاری اعمال نشد و گیاهچه‌ها به‌صورت ۲ بار در هفته به‌صورت دستی آبیاری شدند. آبیاری هر هفته انجام گرفت و پس از آنکه گیاه به شرایط سبزینه‌ای مناسب رسید هر ۱۰ روز آبیاری انجام می‌شد. با توجه به اینکه حجم آب ورودی به هر لایسیمتر از طریق شیرهای تعبیه شده روی انتهای هر لوله قابل تعیین بود، براین اساس حجم آب وارد شده به هر لایسیمتر تعیین می‌شد. عملیات کنترل علفهای هرز طی دوره کشت چندین بار و به‌صورت دستی انجام گرفت. برداشت نمونه‌ها در اواخر

با توجه به جدول ۴، نتیجه می‌شود که در سطح ۱ درصد، بین میانگین وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه در تیمارهای آبیاری کامل و ۷۰٪ نیاز آبی گیاه، تیمارهای آبیاری کامل و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و همچنین بین تیمارهای ۷۰٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه تفاوت معنادار وجود دارد. در واقع با توجه به مقایسه میانگین‌ها در این جدول می‌توان گفت میانگین صفات مورد اندازه‌گیری در کاربرد ۵۰ تن در هکتار هیدروژل بیش از کاربرد ۱۰ تن در هکتار و تیمار بدون هیدروژل است.

مشابه با نتایج این آزمایش، لباسچی و شریفی عاشورآبادی اثر سطوح مختلف تنش خشکی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) را بر چند گیاه دارویی بررسی کردند و نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که افزایش سطح تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک گیاهان مورد مطالعه شد (۵).

در پژوهشی که بابایی و همکاران روی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در گیاهان آویشن انجام دادند، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و وزن خشک گیاه نسبت به شاهد کاهش نشان داد. این پژوهشگران روند کاهشی را تحت تأثیر تخصیص بیشتر زیست توده تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش میزان کلروفیل و یا بازدهی فتوسنتز دانستند (۲). در پژوهش بحرینی نژاد و همکاران (۱۰)، وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه آویشن دناپی بر اثر تنش خشکی کاهش قابل ملاحظه نشان داد، که این پژوهشگران علت اصلی این امر را کاهش ارتفاع و سطح برگ گیاه بر اثر تنش خشکی دانستند. در پژوهش دیگری که توسط استومایر و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام شد، بیشترین وزن خشک تولیدی گیاه آویشن در شرایط تنش آبی متوسط به‌دست آمد (۲۶).

با توجه به جدول ۵ و مقایسه میانگین‌های وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه در سطوح مختلف مصرف هیدروژل نتیجه می‌شود که در سطح ۱ درصد، بین میانگین‌های وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه در سطوح مختلف هیدروژل تفاوت معنادار وجود دارد. در واقع با توجه به مقادیر اختلاف

توسط سولفات سدیم بدون آب، آب‌گیری شد و در ظرفهای درب بسته تیره رنگ، دور از نور و در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. اسانس آویشن که به اسانس تم موسوم است، در مجاورت نور فاسد می‌شود. وزن مخصوص آن بین ۰/۹۱۵ تا ۰/۹۳۵ است و باید در محل خنک، شیشه‌های دربسته کاملاً پر و دور از نور نگهداری شود. عملکرد اسانس عبارت از محتوای اسانس تولید شده در واحد سطح زمین (در مزرعه) و یا واحد گیاه (در آزمایش گلخانه‌ای) است و از طریق حاصلضرب محتوای اسانس در عملکرد محصول تولید شده در واحد سطح زمین و یا واحد گیاه به‌دست می‌آید.

## نتایج و بحث

### وزن خشک و تر اندام رویشی و ارتفاع گیاه

جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس مربوط به آثار اصلی و متقابل دو عامل سطح آبیاری و هیدروژل را بر وزن خشک و تر اندام رویشی و ارتفاع گیاه آویشن نشان می‌دهد. با توجه به این که سطح معناداری آزمون F برای اثر تیمار هیدروژل و اثر متقابل آن‌ها، کمتر از ۰/۰۱ است، ملاحظه می‌شود که اثر تنش رطوبتی، هیدروژل و همچنین اثر متقابل این دو عامل بر وزن خشک و تر گیاه، در سطح ۱ درصد معنادار است. البته اثر متقابل این دو عامل بر ارتفاع گیاه در سطح ۵ درصد معنادار است. برای مقایسه میانگین‌های سطوح هر عامل، از آزمون تعقیبی استفاده می‌شود. تحلیل واریانس نشان می‌دهد در کدامیک از ابعاد بین تیمارها اختلاف وجود دارد اما نشان نمی‌دهد کدام زوج میانگین‌ها با یکدیگر متفاوت است؛ بنابراین از آزمون‌های تعقیبی برای بررسی تفاوت‌ها استفاده می‌شود. نتایج این آزمون برای اثر تنش آبی در جدول ۴ و برای اثر هیدروژل در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به جدول ۴، از آنجا که سطح معناداری آزمون تعقیبی در هر سه ردیف کمتر از ۰/۰۱ است، ملاحظه می‌شود که در سطح ۱ درصد، میانگین وزن خشک، تر و ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری کامل نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری بیشتر است.

جدول ۳. آزمون مدل عاملی برای بررسی اثرات اصلی و متقابل دو عامل آبیاری و هیدروژل روی وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه	میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییرات
	وزن تر اندام رویشی	وزن خشک اندام رویشی		
۲۲/۹**	۳۷۴۰۳۲۵/۹**	۵۱۳۰۷۶/۲**	۸	مدل
۱۲۷۵۴/۴۹**	۲۴۳۱۷۵۵۱۷/۳**	۳۳۴۵۳۴۴۱/۳**	۱	ثابت
۷۶/۸**	۱۴۳۹۱۴۲۹/۶**	۱۹۷۴۱۳۳**	۲	سطح آبیاری
۱۴/۴**	۵۰۳۷۹۳/۳**	۶۹۱۰۷/۴**	۲	هیدروژل
۰/۳۴*	۳۳۰۴۰/۳**	۴۵۳۲/۳**	۴	تنش آبی* هیدروژل
۰/۱۲	۴۳۴۸/۴**	۵۹۶/۵	۱۸	خطا

\*\* در سطح احتمال ۱٪ خطا معنی دار است، \* در سطح احتمال ۵٪ خطا معنی دار است، NS: از نظر آماری معنی دار نیست.

جدول ۴. مقایسه چندگانه میانگین وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه بر حسب سطح آبیاری

میانگین ارتفاع گیاه (cm)	پارامتر مورد بررسی		سطح آبیاری
	میانگین وزن تر گیاه (kg ha <sup>-1</sup> )	میانگین وزن خشک گیاه (kg ha <sup>-1</sup> )	
۲۳/۶	۴۲۷۵/۳	۱۵۸۳/۴	آبیاری کامل
۲۳/۲	۲۹۹۴/۶	۱۱۰۹/۱	۷۰ درصد نیاز آبی گیاه
۱۸/۴	۱۷۴۶/۳	۶۴۶/۸	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

در هر ستون تیمارهای حداقل دارای یک حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۵. مقایسه چندگانه میانگین وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاه بر حسب هیدروژل

میانگین ارتفاع گیاه (cm)	میانگین وزن تر گیاه (kg ha <sup>-1</sup> )		سطح هیدروژل (تن در هکتار)
	میانگین وزن خشک گیاه (kg ha <sup>-1</sup> )	میانگین وزن تر گیاه (kg ha <sup>-1</sup> )	
۲۰/۴	۲۷۵۳/۱	۱۰۱۹/۷	۰
۲۱/۸	۳۰۴۰/۸	۱۱۲۶/۲	۱۰
۲۲/۹	۳۲۲۲/۳	۱۱۹۳/۴	۵۰

در هر ستون تیمارهای حداقل دارای یک حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.

میانگین‌ها، می‌توان گفت میانگین این صفات در سطح بدون هیدروژل کمتر از سطح کاربرد ۱۰ و ۵۰ تن در هکتار هیدروژل است. همچنین میانگین این صفات در سطح ۱۰ تن در هکتار هیدروژل کمتر از سطح ۵۰ تن در هکتار است. استفاده از هیدروژل در شرایط تنش خشکی سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه گردیده است که این امر به دلیل افزایش

سلولها به‌ویژه سلول‌های ساقه و برگ می‌شود. زمانی که اندازه برگ کوچک باشد، ظرفیت جذب نور و فتوسنتز کاهش می‌یابد و به دنبال آن رشد و کارایی گیاه نیز کاهش می‌یابد (۲۴ و ۲۵).

### عملکرد و محتوای اسانس

بر مبنای جدول ۶، اثر سطح آبیاری، کاربرد هیدروژل و اثر متقابل این دو عامل بر محتوای اسانس در سطح ۱ درصد معنی دار بود. اگرچه اثر تیمارهای مورد استفاده روی عملکرد اسانس گیاه آویشن در سطح ۱ درصد معنی دار بود، اما اثر متقابل این دو پارامتر اثر معنی‌داری روی عملکرد اسانس گیاه آویشن نداشت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش شدت تنش، محتوای اسانس بیشتر شده و این در حالی است که عملکرد اسانس در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار بدون تنش کاهش نشان داد.

اگرچه تنش خشکی محتوای اسانس اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، اما عملکرد تولید اسانس تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد، زیرا برهمکنش بین مقدار اسانس تولیدی و عملکرد اندام گیاه دو مؤلفه مهم و تعیین‌کننده مقدار اسانس تولیدی گیاه است (۷). با توجه به خصوصیات مثبت هیدروژل در کاهش اثرات کمبود آب، در این پژوهش کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هیدروژل به‌طور معنی‌داری در درصد اسانس گیاه دارویی آویشن را افزایش داد.

کمبود آب در گیاهان دارویی و معطر علاوه بر اختلالات فیزیولوژیک مانند کاهش فتوسنتز و تنفس می‌تواند باعث تغییر در عملکرد و ترکیب اسانس شود. متابولیت‌های ثانویه گیاه به‌وسیله عوامل محیطی تغییر می‌کند و کمبود آب به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر جنبه‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مطرح شده است (۲۴). افزایش محتوای اسانس در اثر تنش را به دو عامل افزایش تراکم غدد اسانس در اثر کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به تولید ترپن‌ها نسبت می‌دهند (۲۲). در حقیقت رقابت بین سیستم‌های دفاعی و رشد به سود سیستم دفاعی می‌انجامد. وقتی تنش از حد تحمل گیاه

ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود شرایط رشد گیاه می‌باشد. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلولها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر است (۱۱ و ۱۴).

نتایج حاصل از پژوهشی که در سال ۱۳۸۸، عابدی کوپایی و مسفروش روی کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای انجام دادند، نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرآب آ ۲۰۰ به علت بهبود تهویه ریشه، از طریق جذب آب ثقلی در فاصله کوتاهی پس از آبیاری و جلوگیری از تراکم خاک، باعث ایجاد محیط مناسب برای رشد گیاه می‌شود و گیاه در این شرایط آب و املاح را بهتر جذب می‌نماید (۴).

نتایج حاصل از پژوهش نجفی علیشاه و همکاران با کاربرد چهار سطح پلیمر سوپرجاذب آکوسورب (۲، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک) و سه دور آبیاری (۳، ۶ و ۹ روز) نشان داد که مصرف ۲ گرم هیدروژل در کیلوگرم خاک باعث افزایش شاخص‌های رشد، درصد ماده خشک میوه و بوته و تولید حداکثر عملکرد در خیار سبز گلخانه‌ای شد (۶).

ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر به شدت تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرند (۱۱). پارامترهای رشد رویشی با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد و تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد سلولها و همچنین رشد رویشی می‌شود و در نتیجه موجب ایجاد اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه می‌شود (۳ و ۵). علت کاهش ارتفاع با افزایش تنش خشکی، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی و کاهش رشد و نمو سلول، مخصوصاً در ساقه و برگ، به دلیل عدم وجود فشار درون سلول در شرایط تنش خشکی می‌باشد (۲۵ و ۳).

کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش خشکی ممکن است به علت کاهش تورژسانس باشد که منجر به کاهش رشد و توسعه

جدول ۶. آزمون مدل عاملی برای بررسی اثرات اصلی و متقابل دو عامل آبیاری و هیدروژل بر محتوا و عملکرد اسانس گیاه آویشن

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییرات
عملکرد اسانس	محتوای اسانس		
۱۱۰/۱**	۰/۴۸**	۸	مدل
۱۵۵۹۷/۵**	۱۳۹/۵**	۱	ثابت
۳۸۸/۹**	۱/۸**	۲	سطح آبیاری
۹۹/۹**	۰/۰۹۹**	۲	هیدروژل
۰/۶۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۳**	۴	تنش آبی*هیدروژل
۰/۳۳	۰	۱۸	خطا

\*\* در سطح احتمال ۱٪ خطا معنی دار است. \* در سطح احتمال ۵٪ خطا معنی دار است. NS: از نظر آماری معنی دار نیست.

### نتیجه گیری

در این پژوهش به منظور صرفه جویی در مصرف آب، افزایش قدرت جذب آب و همچنین کاهش آثار منفی تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه، از هیدروژل در شرایط تنش خشکی استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که افزودن هیدروژل تهیه شده بر مبنای سدیم آلزینات و بیوجار به خاک باعث افزایش وزن خشک، تر و ارتفاع گیاه در شرایط تنش آبی شد. از سوی دیگر با افزایش تنش خشکی، وزن خشک، تر و ارتفاع گیاه به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. در رابطه با اسانس تولید شده توسط گیاه نیز اگرچه درصد اسانس در شرایط تنش رطوبتی شدید افزایش یافته، ولی عملکرد اسانس به صورت قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار گرفته است. بر مبنای نتایج به دست آمده، این امکان وجود دارد که با افزایش سطح کاربرد هیدروژل و افزایش تنش آبی در شرایط خشکسالی بتوان عملکرد قابل قبولی از محصول به دست آورد.

بیشتر باشد، محتوای اسانس گیاه به دلیل اختلال شدید در تبادل دی اکسید کربن و در نتیجه اختلال در فتوسنتز کاهش خواهد یافت. تنش خشکی مقدار محتوای اسانس اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، چون در موارد بروز تنش متابولیت‌های بیشتری تولید شده و وجود این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شود (۲ و ۱۳).

لتچامو و گاسلین اثر سه رژیم رطوبتی ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر درصد اسانس گیاه آویشن بررسی کرده و مشاهده کردند که بالاترین درصد و عملکرد اسانس در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد که این نتیجه در توافق با یافته‌های این پژوهش بود (۲۰). در پژوهش دیگری پیرامون بررسی اثرات مقادیر مختلف ازت روی رشد و میزان اسانس آویشن دنیایی در طی چهار فصل زراعی در از میر عملکرد ماده خشک گیاه با افزایش مصرف ازت افزایش قابل توجهی داشت. همچنین میزان کل اسانس از ۰/۷۸ تا ۳/۱ درصد متغیر بود و کود ازته اثر معنی‌داری روی میزان کل اسانس و یا حتی درصد تیمول نداشت (۱۱).



## منابع مورد استفاده

۱. امید بیگی، ر. ۱۳۷۴. کشت گیاهان دارویی و نکاتی مهم پیرامون آن‌ها. ماهنامه دارویی رازی ۷: ۴۴-۳۹.
۲. بابایی، ک.، م. امینی دهقی، س. ع. م. مدرس ثانوی و ر. جباری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶(۲): ۲۵۱-۲۳۹.
۳. ضیایی، ع.، م. مقدم و ب. کاشفی. ۱۳۹۵. تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه رزماری در شرایط تنش خشکی. علوم و فنون کشت های گلخانه ای ۲۶: ۹۹-۱۱۰.
۴. عابدی کوپایی ج. و م. مسفروش. ۱۳۸۸. ارزیابی کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد، کارایی مصرف آب و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران ۲(۳): ۱۱۱-۱۰۰.
۵. لباسچی، م. ح. و ا. شریفی عاشور آبادی. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰(۳): ۲۶۹-۲۴۱.
۶. نجفی علیشاه، ف.، ا. گلچین و م. محبی. ۱۳۹۰. تأثیر پلیمر سوپرجاذب آکوسورب و دور آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص‌های رشد خیار گلخانه ای. علوم و فنون کشت های گلخانه ای ۴(۱۵): ۱۳-۱.
7. Alkire, B. H., J. E. Simon, D. Palevitch and E. Putievsky. 1993. Water management for midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soil. Indiana, USA. Acta. Hort. 344: 544-556.
8. Azeem, B., K. KuShaari, Z. B. Man, A. Basit and T. H. Thanh. 2014. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer. J. Control. Release. 181:11-21.
9. Baki, M. and J. Abedi-Koupai. 2018. Preparation and characterization of a superabsorbent slow-release fertilizer with sodium alginate and biochar. J. Appl. Polym. Sci. 135(10).
10. Bahreininejad, B., J. Razmjoo and M. Mirza. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. Int. J. Plant. Product. 7 (1): 151-166.
11. Ceylan, A., E. Bayram and N. Ozay. 1994. The effects of N- Fertilizer on the yield and quality of *Thymus vulgaris* L. in ecological conditions of Bornova- Izmir. J. Agr. Forest. 18 (4): 249-255.
12. Clevenger, J. F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. J. Am. Pharm. Assoc. 17: 346-349.

13. Charles, O., R. Joly and J. E. Simon. 1994. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry*. 29: 2837–2840.
14. Erkossa, T., K. Stahr and G. Tabor. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. *Ethiop. Agr. Research. Organ.* 82: 247-256.
15. González, M. E., M. Cea, J. Medina, A. González, M. C. Diez, P. Cartes, C. Monreal and R. Navia. 2015. Evaluation of biodegradable polymers as encapsulating agents for the development of a urea controlled-release fertilizer using biochar as support material. *Sci. Total. Environ.* 505: 446–453.
16. Guo, M., M. Liu, F. Zhan and L. Wu. 2005. Preparation and properties of a slow-release membrane-encapsulated urea fertilizer with superabsorbent and moisture preservation. *Ind. Eng. Chem. Res.* 44 (12): 4206-4211.
17. Han, T., L. Kumar, H. D. Rozman and M. A. Noor. 2003. GMA grafted sago starch as a reactive component in ultra violet radiation curable coatings. *Carbohydr. Polym.* 54: 509-516.
18. Kabiri, K. and M. Zohuriaan-Mehr. 2004. Porous superabsorbent hydrogel composites: synthesis, morphology and swelling rate. *Macromol. Mater. Eng.* 289 (7): 653–661.
19. Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan: 1-12. London, UK.
20. Letchamo, W. and A. Gasselin. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *J. Hortic. Sci.* 71 (1): 123-134.
21. Liu, M., L. Rui, F. Zhan, Z. Liu and A. Niu. 2007. Preparation of superabsorbent slow release nitrogen fertilizer by inverse suspension polymerization. *Polym. Int.* 56: 729–737.
22. Moradi, P., B. Ford-Lloyd and J. Pritchard. 2014. Plant-water responses of different medicinal plant thyme (*Thymus* spp.) species to drought stress condition. *Aust. J. Crop. Sci.* 8: 666-673.
23. Ni, X., Y. Wu, Z. Wu, L. Wu, G. Qiu and L. Yu. 2013. A novel slow-release urea fertiliser: Physical and chemical analysis of its structure and study of its release mechanism. *Biosyst. Eng.* 115: 274-282.
24. Petropoulos, S. A., D. Daferera, M. G. Polissiou and H. C. Passam. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oil of parsley. *Sci. Hortic.* 115 (4): 393-397.
25. Shao, H. B., L. Y. Chu, Ch. A. Jaleel and Ch. X. Zhao. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biologies.* 331: 215–225.

26. Sotomayor, J. A., R. M. Martiáñez, A. J. García and M. J. Jordaán. 2004. *Thymus zygis* Subsp. *Gracilis*: watering level effect on phytomass production and essential oil quality. *J. Agric. Food Chem.* 52: 5418-5424.
27. Wu, L., M. Liu and L. Rui. 2008. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Bioresour. Technol.* 72: 240-247.
28. Xu, K., X. Xu, Z. Ding and M. Zhou. 2006. Synthesis and flocculability of sodium alginate grafted with acrylamide China. *Particuology.* 4: 60-64.
29. Yin, Y., X. Ji, H. Dong, Y. Ying and H. Zheng. 2008. Study of the swelling dynamics with overshooting effect of hydrogels based on sodium alginate-g-acrylic acid. *Carbohydr. Polym.* 71: 682-689.
30. Zheng, Y., P. Li, J. Zhang and A. Wang. 2007. Study on superabsorbent composite XVI. Synthesis, characterization and swelling behaviors of poly(sodium acrylate)/vermiculite superabsorbent composites. *Eur. Polym. J.* 43: 1691-1698.
31. Zohuriaan-Mehr, M. and K. Kabiri. 2008. Superabsorbent polymer materials: A review. *Iran. Polym. J.* 17: 451-477.