

## برهمکنش سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش کم آبی بر ساختار بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و صفات اکوفیزیولوژیکی گیاه دارویی نازبو (*Ocimum basilicum* L.)

### Interaction of super absorbent polymeric and water deficit conditions on the biophysical, biochemical structure and eco-physiological characteristic of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)

محمدشاهین دانشمندی<sup>\*۱</sup>

۱. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه، (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۶ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/mpt.2025.371232.1206

#### چکیده

دانشمندی، م.ش.، . برهمکنش سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش کم آبی بر ساختار بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و صفات اکوفیزیولوژیکی گیاه دارویی نازبو (*Ocimum basilicum* L.)

نشریه علمی فناوری و گیاهان دارویی ایران، دوره ۷- شماره ۱- پایاند ۱۲- بهار و تابستان ۱۴۰۳ صفحه: ۱۷۰-۱۵۲

نازبو (*Ocimum basilicum*) یک گیاه یکساله، دارویی و معطر که تنش‌های محیطی از جمله کم آبی، شوری و سرما می‌تواند رشد و نمو آن را مختل کند. لذا در این پژوهش برهمکنش سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش آبی بر خصوصیات رشد و نمو این گیاه دارویی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا شد. سطوح سوپر جاذب پلیمری شامل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و شرایط آبیاری در سه سطح ۱۰۰ درصد (بدون تنش)، ۷۵ درصد (تنش متوسط) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش سنگین) در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج، ارتفاع و تعداد گل آذین، تعداد، سطح و وزن برگ در بین شاهد و تیمارهای سوپر جاذب تفاوت آماری وجود نداشت ( $p \leq 0.05$ ) بالاترین شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی مانند نسبت سطح برگ (LAR) و نسبت وزن برگ (LWR) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب (تنش سنگین) بدست آمد (به ترتیب ۶/۰۷۹ میلی‌مترمربع در میلیگرم و ۰/۳۶۷). کمترین مقدار غلظت پرولین و قندهای محلول نیز به ترتیب در شاهد (بدون تنش) و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب (بدون تنش) ثبت شد (به ترتیب ۲/۵۵ میکرومولار در ۱۰۰ گرم برگ تازه و ۵۶/۲۶ میکرولیتر). براساس نتایج بدست آمده هرچند سوپر جاذب پلیمری بر خصوصیات بیوفیزیکی نازبو موثر بود ولی به هنگام تنش کم آبی شدید کارایی قابل توجهی نداشت. از سویی دیگر، ماندگاری این مواد در خاک ممکن است مشکلاتی در عملیات خاک‌ورزی و کشت مجدد محصول ایجاد کند. لذا کاربرد آن برای گیاهان یکساله و بخصوص گیاهان دارویی احتیاج به تحقیقات موردی دارد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، قندهای محلول، نازبو (*Ocimum basilicum* L.)، نسبت سطح برگ، نسبت وزن برگ

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: daneshmandi@torbath.ac.ir

## مقدمه:

جمله می‌توان به اسیدآمین‌ه پرولین اشاره کرد (Ingriso *et al.*, 2023). با این حال پرولین میتواند در شرایط تنش، فشار اسمزی و آماس سلولی را کنترل کرده و به حفظ سامانه غشایی توسط آنزیم‌های سیتوپلاسمی و میتوکندریایی کمک کند (Ghosh *et al.*, 2022). امروزه در راستای کاهش مصرف و استفاده بهینه از ذخایر آبی از مخلوط کردن خاک با برخی مواد طبیعی و یا سنتزی از جمله سوپر جاذب پلیمری<sup>۱</sup> (S.A.P) که قابلیت جذب و نگهداری آب را دارند، استفاده میشود. این مواد شامل سه نوع: کاتیونی، آنیونی و خنثی هستند که در کشاورزی نوع آنیونی آن به عنوان جاذب آب و کنترل تنش کم آبی کاربرد دارد (Ma & Wen, 2020; Malik *et al.*, 2022; Cerasola *et al.*, 2022).

نازبو<sup>۲</sup> (*Ocimum basilicum L.*) یک گیاه معطر و دارویی است که در اکثر فارماکوپه‌ها از آن با عنوان گیاه دارویی یاد شده است. این گیاه در هند به گیاه مقدس، در انگلیسی بازیل و در عربی آن را ریحان می‌نامند (Omidbaigi, 2004; Zargari, 1994). نام پارسی آن نازبو است و این نام در گویش مردم خراسان از دیر باز رایج است (Dehkoda, 2025). این نام بخاطر رایحه مطبوع و برگرفته از اسانس موجود در کل پیکر رویشی و زایشی گیاه است (Jakovljević *et al.*, 2022). نازبو نسبت به غرقابی شدید (Kourtis *et al.*, 2021)، کم آبی (Rahimi *et al.*, 2023) و یخبندان (Barickman *et al.*, 2021) حساس

امروزه کم آبی و خشکسالی مهم‌ترین بحران پیش روی اکثر کشورهای جهان بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (Khoshji & Akbary, 2020). این بحران می‌توان تولید تمامی محصولات کشاورزی بخصوص گیاهان یکساله را به شدت تحت تاثیر قرار دهد (Ingrao *et al.*, 2023). تنش آبی یا خشکی هنگامی رخ می‌دهد که آب قابل دسترس نسبت به تبخیر و تعرق کاهش یابد، به عبارت دیگر هرگاه گیاه نتواند حداقل نیاز آبی خود در مراحل مهم رشدی مانند جوانه‌زنی، گلدهی، تولید میوه و بذر تامین نماید دچار تنش کم آبی خواهد شد (Daneshmandi & Azizi, 2009). شدت تنش کم آبی موجب کاهش فعالیت فتوسنتزی (Dashti *et al.*, 2015) و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام باعث مرگ گیاه در اثر کم آبی می‌شود (Seleiman *et al.*, 2021). این اختلالات باعث می‌شود شرایط عادی رشد و نمو گیاه به حالت تدافعی (دفع و یا فرار از تنش) تغییر یابد. گیاهان در شرایط تنش با تغییر مسیر متابولیکی خود و سنتز موادی که در شرایط طبیعی در گیاهان وجود ندارد (Phytoalexins) و یا افزایش سرعت تولید موادی که به مقدار کم در اندام‌های گیاهی ذخیره شده است (Phytoanticipins)، با تنش‌ها مقابله می‌کنند (Piasecka *et al.*, 2015). از سویی دیگر، یکی از اولین واکنش بیوشیمیایی گیاهانی که در معرض تنش قرار دارند، هیدرولیز پروتئین‌ها و بازگشت به واحدهای سازنده یعنی آمینواسیدها می‌باشد که از آن

۱. Super Absorbent Polymer

۲. Nazbuo

هواشناسی منطقه بر اساس معادلات زیر میزان نیاز آبی (ETc) تعیین گردید

$$ETo = Ep \times Kp$$

$$ETc = ETo \times Kc$$

$$Ra \times S \times I = ETc$$

که Kp ضریب تشتک (میلی متر)، Eto میزان تبخیر و تعرق مرجع (میلی متر)، ETc تبخیر و تعرق گیاه (میلی متر)، Kc ضریب گیاهی، S پوشش گیاهی، I میزان آب مورد نیاز (میلی لیتر) و Ra راندمان آبیاری می باشد.

در روش دوم، گلدان‌های مورد نظر ابتدا با ۵ کیلوگرم از خاک مزرعه هدف پر شد و سپس تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند و با توزین روزانه آنها میزان کاهش آب خاک بدست آمد. ظرفیت زراعی با استفاده از صفحات فشاری در فشار یک سوم اتمسفر تعیین گردید (Rajaie & Khiri, 2025).

پس از آماده سازی زمین، کرت‌هایی با ابعاد ۲ × ۲ متر (۶ متر مربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر و فاصله بلوک‌ها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. سپس مقادیر ذکر شده سوپر جاذب پلیمری به خاک کرت‌ها (تا عمق ۳۰ سانتی متری) اضافه گردید. مشخصات این پلیمر در جدول ۳ درج شده است.

#### صفات مورد بررسی

در این آزمایش، سطح برگ توسط دستگاه فتوالکتریک دیجیتال<sup>۱</sup> (Li - Cor Bioscences, 3100 Nebraska) اندازه گیری شد و خصوصیات مورفولوژیک شامل وزن تر و وزن خشک ساقه، برگ و بوته گیاه (با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ گرم)، و ارتفاع بوته و گل آذین و تعداد

است، رشد آن در پائیز محدود شده و با اولین سرما گیاه از بین میرود (Daneshmandi & Khorshadizadeh, 2017) ولی کم آبی مهم ترین عامل کاهش رشد و نمو و عملکرد آن به شمار می آید (Omidbaigi, 2004).

هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر سوپر جاذب پلیمری بر خصوصیات رشدی، اکوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی نازبو در شرایط تنش کم آبی بود.

#### مواد و روش‌ها

##### موقعیت اجرا و چیدمان طرح

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. قبل از کشت از خاک و آب زمین مورد نظر نمونه برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. فاکتور نخست بر اساس آزمایشات انجام شده قبلی (Seyed Dorraj *et al.*, 2010). در چهار سطح سوپر جاذب پلیمری (صفر، ۵۷، ۵۱ و ۵۲۲ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور دوم شامل سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد (بدون تنش)، ۵۷ درصد (تنش متوسط) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش سنگین) در طی دوره رشد سریع تا برداشت در نظر گرفته شد. محاسبه نیاز آبی و اعمال سطوح تنش با استفاده از میانگین دو روش تشتک تبخیر کلاس A و روش گلدانی تعیین گردید. (Aminiet *al.*, 2021) در روش تشتک تبخیر، میزان تبخیر روزانه (Ep) از سطح تشتک محاسبه شد و سپس با توجه به ضریب تشتک (Kp) و آمار

جدول ۱. آنالیز خاک مورد استفاده

pH	EC ds/m	T.N.V %	O.C %	Sand %	Silt %	Clay %	N %	P ppm	K ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
۷/۷	۳/۸۷	۱۶/۵	۱/۲۸	۳۶	۴۹	۱۵	۰/۱۲۹	۱۱/۸	۱۹۷	۳/۴۸	۱۳/۵	۳/۰۶	۱/۷۲

جدول ۲- آنالیز آب مورد استفاده

EC ds/m	pH	(CO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> me/li	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> me/li	Cl <sup>-</sup> me/li	(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> me/li	Ca <sup>2+</sup> me/li	Mg <sup>2+</sup> me/li	Na <sup>+</sup> me/li	S.A.R
۱/۸۸	۶/۹۱	۰/۰۰	۵/۱۴	۴/۸۳	۲/۰۰	۴/۷۲	۱/۸۳	۶/۵۰	۶/۵۰

جدول ۳. مشخصات پلیمر سوپر جاذب پلیمری

مشخصات	وضعیت
خصوصیت ظاهری	گرانول سفید رنگ
بو و سمیت	ندارد
دانسیته gcm <sup>3</sup>	۱/۴ - ۱/۵
pH در محیط آبی	۶-۷
حلالیت در آب	نا محلول
میانگین اندازه ذرات (mm)	۲-۴
ظرفیت جذب آب شهر (g. g <sup>-1</sup> )	۱۹۰
ظرفیت جذب آب مقطر (g. g <sup>-1</sup> )	۲۲۰
ظرفیت جذب محلول سدیم کلرید ۰/۹ درصد (g. g <sup>-1</sup> )	۴۵

گل آذین و برگ نیز بررسی شد. شاخص‌های مهم اکوفیزیولوژیک از جمله نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ<sup>۲</sup> (SLA)، نسبت وزن برگ (LWR) و شاخص سطح برگ<sup>۳</sup> (LAI) براساس روش Hunt در سال ۱۹۹۰، میزان نسبی آب برگ<sup>۴</sup> (RWC) با استفاده از روش Nasrollahzade و همکاران (۲۰۱۷)، غلظت کلروفیل (در دونوبت، قبل از گلدهی و هنگامی که ۸۰ درصد بوته‌ها گل داشتند) با استفاده از SPAD (SPAD-502- Ogawa Seiki Co. LTD

۳. Leaf Area Index  
۴. Relative Water Content

طرح آماری  
آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSSv۲۳ و محاسبه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها و اشکال به وسیله نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

### نتایج صفات فیزیکی و رشدی

#### ارتفاع بوته، تعداد و ارتفاع گل آذین

کاربرد سطوح سوپر جاذب پلیمری بر ارتفاع بوته، ارتفاع و تعداد گل آذین معنی دار نشد ( $p \leq 0,05$ ) (جدول ۴). با این حال، بلندترین ارتفاع بوته و مجموع ارتفاع گل آذین در تیمار شاهد (۳۳/۱۲ و ۸۸/۱۷ سانتی متر) و بیشترین تعداد گل آذین در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب بدست آمد (۱۶/۰۸ عدد). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح سوپر جاذب و کم آبی، نشان داد افزودن این ماده تاثیر مثبت و معنی داری در مقابله با تنش خشکی در ارتفاع بوته ندارد (جدول ۵). کمترین ارتفاع بوته در سطح ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب (تنش سنگین) و بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (بدون تنش) مشاهده شد (به ترتیب ۲۷/۷۵ سانتی متر و ۳۴/۶۲ سانتی متر). برهمکنش سوپر جاذب و کم آبی تاثیر معنی داری در تعداد و ارتفاع گل آذین نشان نداد به گونه ای که میانگین بلندترین و بیشترین تعداد گل آذین در تیمار شاهد (بدون تنش) مشاهده شد (به ترتیب ۱۲۷/۲۵ سانتی متر و ۱۹ عدد) و کمترین ارتفاع گل آذین در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (تنش سنگین) و کمترین تعداد گل آذین در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (بدون تنش) بود (به ترتیب ۴۲/۷۵ سانتی متر و ۱۰/۷۵ عدد) (جدول ۵).

براساس نتایج اثر سطوح سوپر جاذب پلیمری بر تعداد و سطح برگ اثر معنی داری نداشت ( $p \leq 0,05$ )، بهترین نتایج در تیمار شاهد

بدست آمد (به ترتیب ۱۴۱/۹۲ عدد و ۲۷۱/۵۸ سانتی متر مربع) (جدول ۴). برهمکنش سطوح سوپر جاذب و کم آبی بین تیمارهای سوپر جاذب و تیمار شاهد تفاوت معنی داری در تعداد و سطح برگ ایجاد نکرد (جدول ۵).

افزودن ماده پلیمری سوپر جاذب در بستر کشت، تفاوتی در وزن تر و وزن خشک برگ و وزن تر ساقه و وزن تر بوته نسبت به شاهد ایجاد نکرد (جدول ۴). بهترین نتایج وزن خشک ساقه و بوته در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری ثبت شد (به ترتیب ۵/۸۱ گرم و ۷/۸۷ گرم). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سوپر جاذب و سطوح کم آبی، تفاوت معنی داری بر وزن تر و وزن خشک برگ و ساقه و همچنین وزن خشک بوته وجود نداشت، در حالیکه وزن تر بوته را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۵). بهترین وزن تر برگ در تیمار شاهد (بدون تنش) و بهترین وزن خشک برگ در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (تنش متوسط) بدست آمد (به ترتیب ۱۴/۹۵۲ و ۲/۴۷۵ گرم). همچنین بالاترین عملکرد تر ساقه و بوته در تیمار شاهد (بدون تنش) و بیشترین وزن خشک ساقه و بوته در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (تنش متوسط) حاصل شد (به ترتیب ۱۴/۵۶۰، ۲۹/۵۱۵، ۶/۸۵۲ و ۹/۲۲۷ گرم).

اولین تاثیر قابل مشاهده گیاهان در شرایط تنش کم آبی، کاهش صفات متریک از جمله ارتفاع بوته است (Abdelaal et al., 2021). در شرایط تنش، انتقال فرآورده های فتوسنتزی کاهش یافته و لذا در فرآیند رشد گیاه را مختل

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح سوپر جاذب پلیمری بر صفات فیزیولوژیکی و شاخص های رشد گیاه دارویی نازبو

صفت	واحد	شاهد	۷۵ کیلوگرم	۱۵۰ کیلوگرم	۲۲۵ کیلوگرم
ارتفاع بوته	cm	۳۳/۱۲ <sup>a</sup>	۲۹/۲ <sup>c</sup>	۳۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۳۰/۵۵ <sup>bc</sup>
مجموع ارتفاع گل آذین	cm	۸۸/۱۷ <sup>a</sup>	۶۹/۷۹ <sup>a</sup>	۷۹/۵۰ <sup>a</sup>	۷۹/۴۲ <sup>a</sup>
تعداد گل آذین	No.	۱۵/۷۵ <sup>a</sup>	۱۳/۰۸ <sup>a</sup>	۱۳/۱۷ <sup>a</sup>	۱۶/۰۸ <sup>a</sup>
تعداد برگ	No.	۱۴۱/۹۲ <sup>a</sup>	۱۰۴/۱۷ <sup>a</sup>	۱۱۸/۶۷ <sup>a</sup>	۱۲۶ <sup>a</sup>
سطح برگ	cm <sup>2</sup>	۲۷۱/۵۸ <sup>a</sup>	۲۰۳/۷۵ <sup>a</sup>	۲۰۷/۶۷ <sup>a</sup>	۲۳۱ <sup>a</sup>
وزن تر برگ	gr	۱۱/۸۹ <sup>a</sup>	۹/۱۶ <sup>a</sup>	۹/۵۵ <sup>a</sup>	۱۰/۶۵ <sup>a</sup>
وزن خشک برگ	gr	۲/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۷۵ <sup>a</sup>	۱/۸۴ <sup>a</sup>	۱/۹۵ <sup>a</sup>
وزن تر ساقه	gr	۱۲/۸۳ <sup>a</sup>	۹/۴۴ <sup>a</sup>	۱۰/۹۸ <sup>a</sup>	۹/۶۰ <sup>a</sup>
وزن خشک ساقه	gr	۳/۸۶ <sup>ab</sup>	۳/۱۶ <sup>b</sup>	۴/۴ <sup>ab</sup>	۵/۸۱ <sup>a</sup>
وزن تر بوته	gr	۲۴/۷۲ <sup>a</sup>	۱۸/۶ <sup>a</sup>	۲۰/۵۳ <sup>a</sup>	۲۰/۲۵ <sup>a</sup>
وزن خشک بوته	gr	۵/۸۴ <sup>ab</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۶/۳۳ <sup>ab</sup>	۷/۸۷ <sup>a</sup>

- در ردیف هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد (n=4).

کشت میتواند در تعداد و سطح برگ اثر گذار باشد.

#### نتایج شاخص های اکوفیزیولوژیکی

افزودن سوپر جاذب پلیمری به بستر کشت بر LAR و (LWR) اثر معنی داری نشان داد ولی در سطح ویژه برگ (SLA) و شاخص سطح برگ (LAI) تفاوت آماری ملاحظه نشد (جدول ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل این آزمایش، هر چند نسبت سطح برگ (LAR) تفاوتی نشان نداد ولی سه عامل اکوفیزیولوژیکی دیگر (LAI، SLA، LWR) دارای اثر معنی داری در سطح ۵ درصد بودند (شکل ۱). بر این اساس بهترین نتایج نسبت LAR، SLA، LAI و LWR به ترتیب در تیمارهای ۷۵ کیلوگرم سوپر جاذب (بدون تنش) و شاهد (تنش متوسط) حاصل شد (به ترتیب ۶/۰۷۹، ۱۷/۲۹۸، ۰/۷۶۲ و ۰/۳۶۷). نسبت LAR یک برآورد اکوفیزیولوژیکی برای تشخیص میزان جذب نور توسط برگ گیاه است. هر چه عدد بدست آمده بزرگتر باشد نشانه جذب نور بیشتر خواهد بود (Bartelheimer

می کند، این اختلال با ایجاد نوعی بی نظمی و یا تغییر فرآیند فیزیولوژیکی از شرایط عادی رشد و نمو به حالت تدافعی (دفع و یا فرار از تنش) همراه است. مطالعات قبلی روی گیاهان دارویی نشان داد که اعمال تنش کم آبی در شنبط (*Anethum graveolens* L گشنیز)، رازیانه (*Foeniculum vulgare sativum* L)، بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L) (Hassani, 2006) و آویشن (Babae, 2006) و آویشن (*Thymus vulgaris* L) (et al., 2010)، سبب کاهش ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن خشک برگ و ساقه گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سطوح سوپر جاذب پلیمری تاثیر مثبت و معنی داری در مقابله با تنش خشکی در ارتفاع گیاه، تعداد و ارتفاع گل آذین ندارد، بطوریکه ارتفاع ساقه و گل آذین در شاهد نسبت به تیمارهای سوپر جاذب در شرایط تنش سنگین به ترتیب ۱۲/۵۹ و ۲۶/۳۱ درصد افزایش یافت. با این حال، افزودن این ماده پلیمری به بستر

جدول ۵- برهمکنش سطح آبیاری و سوپر جاذب پلیمری بر صفات فیزیولوژیکی و شاخص های رشد گیاه دارویی نازیو

وزن خشک بوته gr	وزن تر بوته gr	وزن خشک ساقه gr	وزن تر ساقه gr	وزن خشک برگ gr	وزن تر برگ gr	سطح برگ cm <sup>2</sup>	تعداد برگ	تعداد گل آذین	ارتفاع گل آذین cm	ارتفاع بوته cm	تیمار
۶/۳۳۵ <sup>b</sup>	۲۹/۵۱۳ <sup>a</sup>	۴/۵۳۰ <sup>a</sup>	۱۴/۵۶۰ <sup>a</sup>	۲/۴۲۵ <sup>b</sup>	۱۴/۹۵۲ <sup>a</sup>	۲۹/۷۷۵ <sup>b</sup>	۱۷۷/۲۵ <sup>b</sup>	۱۹ <sup>a</sup>	۱۲۷/۲۵ <sup>b</sup>	۳۴/۶۲ <sup>a</sup>	b1 i1
۶/۹۰۵ <sup>b</sup>	۲۵/۹۳۳ <sup>ab</sup>	۴/۰۸۳ <sup>a</sup>	۱۲/۰۲۵ <sup>b</sup>	۲/۱۷۳ <sup>a</sup>	۱۱/۹۰۷ <sup>a</sup>	۳۱/۷۷۵ <sup>b</sup>	۱۴۷/۲۵ <sup>b</sup>	۱۵/۷۵ <sup>b</sup>	۸۳/۲۵ <sup>b</sup>	۳۳ <sup>ab</sup>	b1 i2
۴/۲۷۰ <sup>a</sup>	۱۸/۷۳۳ <sup>ab</sup>	۷/۹۷۰ <sup>a</sup>	۹/۹۱۸ <sup>a</sup>	۱/۴۵۰ <sup>a</sup>	۸/۸۱۵ <sup>b</sup>	۱۹/۷۲۵ <sup>b</sup>	۹۹/۲۵ <sup>b</sup>	۱۲/۵ <sup>b</sup>	۵۴ <sup>a</sup>	۳۱/۷۵ <sup>abcd</sup>	b1 i3
۴/۷۷۸ <sup>a</sup>	۱۹/۳۵۷ <sup>ab</sup>	۳/۰۳۷ <sup>a</sup>	۱۱/۰۳۳ <sup>a</sup>	۱/۳۵۰ <sup>a</sup>	۸/۳۲۵ <sup>b</sup>	۲۰/۱/۵ <sup>b</sup>	۸۵ <sup>a</sup>	۱۰/۷۵ <sup>b</sup>	۶۵/۶۲ <sup>a</sup>	۳۰/۲/۵ <sup>bode</sup>	b2 i1
۵/۰۰۲ <sup>a</sup>	۱۹/۵۶۵ <sup>ab</sup>	۳/۲۵۲ <sup>a</sup>	۹/۱۱۵ <sup>b</sup>	۲/۰۵۰ <sup>a</sup>	۱۰/۴۵۰ <sup>a</sup>	۲۲۸ <sup>a</sup>	۱۱۸/۵ <sup>b</sup>	۱۴/۵ <sup>b</sup>	۸۰/۳۸ <sup>a</sup>	۲۸/۸/۷۵ <sup>cde</sup>	b2 i2
۴/۸۶۵ <sup>b</sup>	۱۶/۹۰۰ <sup>b</sup>	۳/۲۱۵ <sup>b</sup>	۸/۱۷۵ <sup>b</sup>	۱/۸۵۰ <sup>a</sup>	۸/۷۲۵ <sup>b</sup>	۱۸۱/۷۵ <sup>a</sup>	۱۰۹ <sup>a</sup>	۱۴ <sup>a</sup>	۶۳/۳۸ <sup>a</sup>	۲۸/۵ <sup>de</sup>	b2 i3
۷/۸۷۰ <sup>a</sup>	۲۴/۴۵۰ <sup>ab</sup>	۵/۲۹۵ <sup>b</sup>	۱۴/۳۷۵ <sup>b</sup>	۲/۰۵۵ <sup>b</sup>	۱۰/۰۷۵ <sup>b</sup>	۲۰۹ <sup>a</sup>	۱۱۴/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱/۲۵ <sup>b</sup>	۸۴/۱۲ <sup>a</sup>	۳۲/۳/۷۵ <sup>abcd</sup>	b3 i1
۴/۵۹۷ <sup>a</sup>	۱۶/۲۵۰ <sup>b</sup>	۳/۳۷۲ <sup>a</sup>	۷/۲۲۵ <sup>b</sup>	۱/۷۲۰ <sup>a</sup>	۹/۰۲۵ <sup>b</sup>	۲۰۱/۷۵ <sup>b</sup>	۱۲۶/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱/۲۵ <sup>b</sup>	۷۴/۵ <sup>b</sup>	۳۱/۷/۵ <sup>abcd</sup>	b3 i2
۶/۵۴۵ <sup>b</sup>	۲۰/۹۰۰ <sup>ab</sup>	۴/۵۴۵ <sup>b</sup>	۱۱/۳۵۸ <sup>a</sup>	۱/۷۵۰ <sup>a</sup>	۹/۵۵۰ <sup>a</sup>	۲۱۲/۲۵ <sup>b</sup>	۱۱۴/۵ <sup>b</sup>	۱۷ <sup>a</sup>	۷۹/۸۸ <sup>a</sup>	۲۹/۸/۷۵ <sup>bode</sup>	b3 i3
۸/۶۲۳ <sup>a</sup>	۲۰/۵۶۳ <sup>ab</sup>	۶/۸۲۲ <sup>a</sup>	۹/۵۸۸ <sup>a</sup>	۱/۸۷۵ <sup>b</sup>	۱۰/۹۷۵ <sup>b</sup>	۲۲۳/۵ <sup>b</sup>	۱۲۷ <sup>a</sup>	۱۶/۲۵ <sup>b</sup>	۱۰۲/۷۵ <sup>b</sup>	۳۱/۱/۷۵ <sup>abcde</sup>	b4 i1
۹/۲۲۷ <sup>a</sup>	۲۲/۹۴۵ <sup>ab</sup>	۶/۸۵۲ <sup>a</sup>	۹/۶۴۵ <sup>b</sup>	۲/۴۷۵ <sup>b</sup>	۱۳/۳۰۰ <sup>a</sup>	۲۸۱/۵ <sup>b</sup>	۱۴۶ <sup>a</sup>	۱۹ <sup>a</sup>	۹۱/۷۵ <sup>b</sup>	۳۲/۶/۲۵ <sup>abc</sup>	b4 i2
۵/۷۶۷ <sup>a</sup>	۱۷/۲۵۵ <sup>b</sup>	۳/۷۶۷ <sup>a</sup>	۹/۵۸۰ <sup>a</sup>	۱/۵۰۰ <sup>a</sup>	۷/۶۷۵ <sup>b</sup>	۱۶۸ <sup>a</sup>	۱۰۵ <sup>b</sup>	۱۳ <sup>a</sup>	۴۲/۷۵ <sup>b</sup>	۲۷/۷۵ <sup>e</sup>	b4 i3

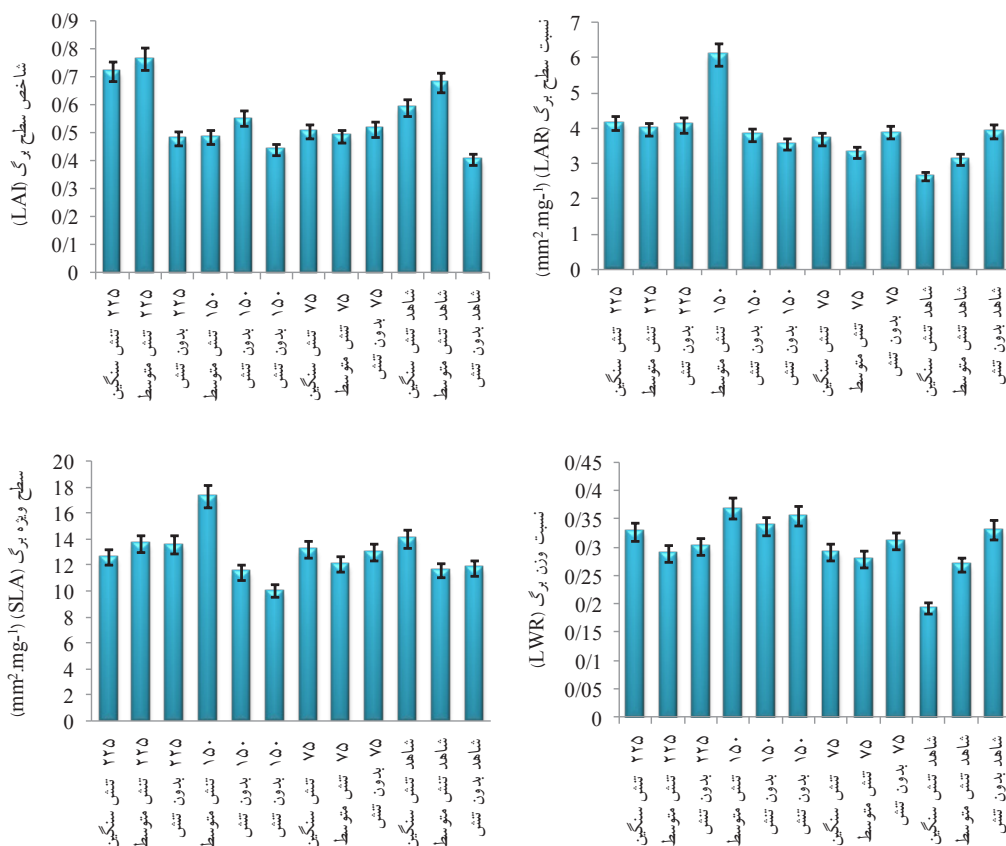
b1: سطح بستر شاهد (صفر درصد)، b2: سطح بستر ۷۵ کیلوگرم، b3: سطح بستر ۱۵۰ کیلوگرم، b4: سطح بستر ۲۲۵ کیلوگرم، i1: آبیاری بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، i2: آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، i3: آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی.

- در ستون هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد (n=4).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر سوپر جاذب پلیمری بر شاخصهای اکوفیزیولوژیکی و بیوشیمی گیاه دارویی نازبو

صفت	واحد	شاهد	۷۵ کیلوگرم	۱۵۰ کیلوگرم	۲۲۵ کیلوگرم
RWC	%	۷۲/۳۶ <sup>b</sup>	۷۱/۶۸ <sup>b</sup>	۷۹/۸۲ <sup>a</sup>	۷۴/۱۹ <sup>ab</sup>
LAR	mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>	۴/۰۵ <sup>ab</sup>	۴/۴۷ <sup>a</sup>	۳/۶۲ <sup>ab</sup>	۳/۲۰ <sup>b</sup>
SLA	mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>	۱/۳۲ <sup>a</sup>	۱/۲۸ <sup>a</sup>	۱/۲۵ <sup>a</sup>	۱/۲۴ <sup>a</sup>
LAI	--	۰/۶۵ <sup>a</sup>	۰/۴۹ <sup>a</sup>	۰/۴۹ <sup>a</sup>	۰/۵۵ <sup>a</sup>
LWR	--	۰/۳۰ <sup>ab</sup>	۰/۳۵ <sup>a</sup>	۰/۲۹ <sup>b</sup>	۰/۲۶ <sup>b</sup>
غلظت کلروفیل I	SPAD	۳۹/۰۲۲ <sup>c</sup>	۴۳/۳۳۳ <sup>b</sup>	۴۵/۹۱۱ <sup>a</sup>	۴۵/۳۶۷ <sup>a</sup>
غلظت کلروفیل II	SPAD	۴۶/۴۶۷ <sup>b</sup>	۴۸/۵۸۹ <sup>a</sup>	۴۵/۵۳۳ <sup>b</sup>	۴۵/۹۴۴ <sup>b</sup>
غلظت پرولین	mMol. 100 <sup>-1</sup>	۳/۲۲۵ <sup>a</sup>	۳/۰۷۲ <sup>b</sup>	۲/۹۸۶ <sup>c</sup>	۲/۹۵۲ <sup>d</sup>
غلظت قندهای محلول	ppm	۸۲/۳۹۶ <sup>a</sup>	۸۰/۱۵۲ <sup>b</sup>	۷۵/۷۷۰ <sup>c</sup>	۷۱/۰۹۲ <sup>d</sup>

- در ردیف هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد (n=4).



شکل ۱- برهمکنش سطوح سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش کم آبی بر شاخصهای اکوفیزیولوژیکی گیاه

دارویی نازبو ( $p \leq 0.05$ )، میل بارها بیانگر انحراف معیار نتایج است (n=4).



کم آبی اعلام کردند.

نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد بین LAR و LWR در شرایط تنش همبستگی مثبتی وجود دارد ( $R^2=0.72$ )، به عبارت دیگر کاهش LAR با کاهش LWR همراه است و بلعکس، نتایج آزمایش Simane و همکاران (۱۹۹۳) نیز این همبستگی را تایید می‌کند. با کاهش میزان آب آبیاری، نسبت وزن برگ کاهش می‌یابد، اگرچه این کاهش در تنش متوسط آبیاری بیشتر از تنش شدید است.

#### تعیین میزان RWC

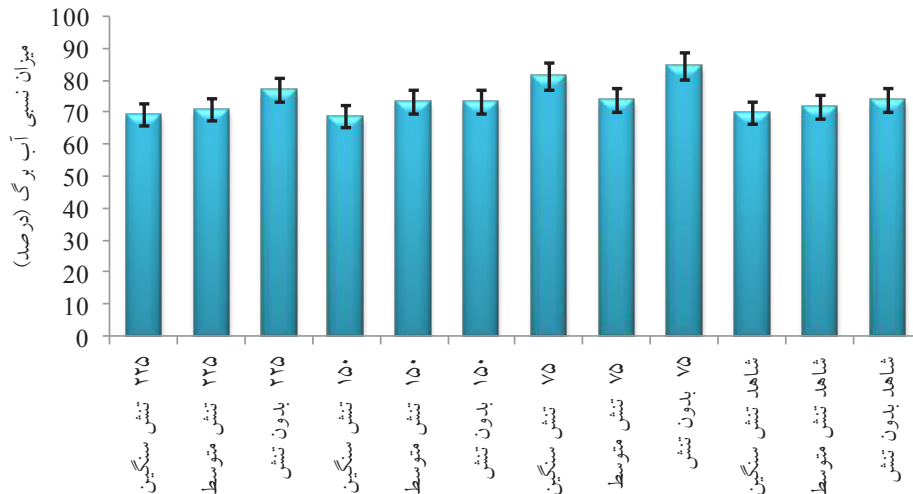
اثر ساده سطوح سوپر جاذب پلیمری در بستر کشت گیاه دارویی نازبوتفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بر RWC ایجاد کرد (جدول ۶)، سطح ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب بهترین نتایج و سطح ۷۵ کیلوگرم آن کمترین میزان RWC را نشان داد (به ترتیب ۷۹/۸۲ و ۷۱/۶۸ درصد). برهمکنش سطوح سوپر جاذب پلیمری و سطوح تنش کم آبی باعث ایجاد تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد شد. بر این اساس بهترین نتایج RWC در سطح ۷۵ کیلوگرم سوپر جاذب (بدون تنش) و کمترین میزان در سطح ۱۵۰ کیلوگرم (تنش سنگین) بدست آمد (به ترتیب ۸۴/۵۳ و ۶۸/۵۸ درصد) (شکل ۲).

بطور کلی کم آبی باعث کاهش RWC می‌شود که این مهم در گیاه دارویی پونه (*Mentha pulegium*) (Shahhoseini et al., 2025) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) (Ashrafi et al., 2021) تایید شده است. کاهش محتوای نسبی آب برگ با افزایش پتانسیل اسمزی در سلول‌های گیاهی مرتبط است که نشان‌دهنده

(and Poschlod, 2016). بحران کم آبی با کاهش سطح برگ بطور مستقیم LAR را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از سویی دیگر هر چه مقدار سطح ویژه برگ کمتر باشد، آن برگ از ضخامت بیشتری برخوردار است، این ضخامت بیانگر موجودی کلروپلاست، کلروفیل و تعداد سلول‌های مزوفیلی برگ است (Afzal et al., 2017).

LAI نیز یک معادله اکوفیزیولوژیکی است که براساس آن می‌توان نسبت سطح کل برگ‌های گیاه را نسبت به سطح سایه انداز آن گیاه محاسبه کرد (Fang et al., 2019). هر چه تعداد و مساحت برگ یک گیاه بیشتر و وسیعتر باشد، طبیعتاً مقدار بیشتری از نور خورشید تابیده شده به سطح سایه انداز گیاه جذب خواهد شد. به عبارت دیگر این شاخص معرف پُر برگگی و یا کم برگگی در گیاه است، بنابراین LAI در گیاهان که تعداد و سطح برگ در آنها اهمیت دارد یک پارامتر کاربردی خواهد بود.

LWR، نسبت وزن خشک برگ را به وزن خشک کل پیکر رویشی گیاه بیان می‌کند. این شاخص برای گیاهان مناطقی که با شدت نور بالا رشد می‌کنند (Abbasnejad et al., 2017) و گیاهان علوفه‌ای (Shirani Rad, 2004) حائز اهمیت است. همچنین شاخص نسبت وزن برگ در گیاهان دارویی برگگی مانند نعناع، رزماری و نازبو که غالباً اسانس از برگ آنها استخراج می‌شود، یک شاخص مهم تلقی می‌گردد. Ahmadi و Sio-Se-Mardeh (2003) سه کمیت اکوفیزیولوژیکی LAR، SLA و LWR جهت اهداف سلکسیون مناسب و برای ارزیابی تنش



شکل ۲- برهمکنش سطوح سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش کم آبی بر محتوای نسبی آب برگ (RWC)

در گیاه دارویی نازبو ( $p \leq 0.05$ )، میل بارها بیانگر انحراف معیار نتایج است ( $n=4$ ).

معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) در غلظت کلروفیل در قبل و بعد از گلدهی ایجاد کرد (شکل ۳). بیشترین غلظت در قبل از گلدهی در تیمار ۷۵ کیلوگرم سوپر جاذب (تنش سنگین) و بیشترین غلظت کلروفیل در بعد از گلدهی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم (تنش سنگین) بدست آمد (به ترتیب ۵۰/۱ و ۵۱/۳۳). به طور نسبی با افزایش سطح تنش کم آبی غلظت کلروفیل در بعد از گلدهی در تیمارهای سوپر جاذب افزایش بیشتری نشان داد.

بسته شدن روزنه‌ها یک پاسخ رایج گیاه برای به حداقل رساندن اتلاف آب در شرایط تنش آبی است. این مکانیسم با حفظ رطوبت، غلظت  $CO_2$  داخلی را نیز کاهش می‌دهد و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی محدود شده و انرژی و سوبستراهای لازم برای تولید کلروفیل تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Farooq et al., 2011). از سویی دیگر تنش کم آبی منجر به افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌های

پاسخ سلولی به کمبود آب است (Wang et al., 2019). نتایج یک تحقیق نشان داد RWC همراه با آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و عملکرد شاخص‌های قابل اعتمادی برای سنجش سطح تاثیر تنش در گیاهان دارویی است (Tan & Gören, 2024). براساس نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که سوپر جاذب پلیمری تاثیر مثبتی بر RWC دارد چنانچه با افزایش سطح تنش این تاثیر گذاری کاهش می‌باشد.

### نتایج بیوشیمیایی

#### غلظت کلروفیل

افزودن سوپر جاذب پلیمری به بستر کشت باعث تفاوت معنی‌داری در غلظت کلروفیل شد (جدول ۶). بیشترین غلظت کلروفیل در قبل از گلدهی مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم و بیشترین غلظت کلروفیل در بعد از گلدهی در تیمار ۷۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری بود (به ترتیب ۴۵/۹۱۱ و ۴۸/۵۸۹). اثر متقابل سطوح سوپر جاذب و سطوح کم آبی نیز تفاوت

گیاهی می‌شود که نتیجه آن آسیب اکسیداتیو به کلروپلاست‌ها و مولکول‌های کلروفیل می‌باشد (Tan & Gören, ۲۰۲۴). Mohd Yusof) و همکاران (۲۰۲۱) معتقد هستند در شرایط تنش، غلظت کلروفیل برگ کاهش می‌یافته و موجب تغییر عدد SPAD می‌شود (Ashraf et al., 1994; Keyvan, 2010). نتایج تحقیق حاضر نشان داد سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش سنگین به طور معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) باعث افزایش سطح غلظت کلروفیل برگ بخصوص در دوره پس از گلدهی شد که نشان‌دهنده تاثیر مثبت آن در تعادل سبزینه گیاه دارویی نازبو می‌باشد.

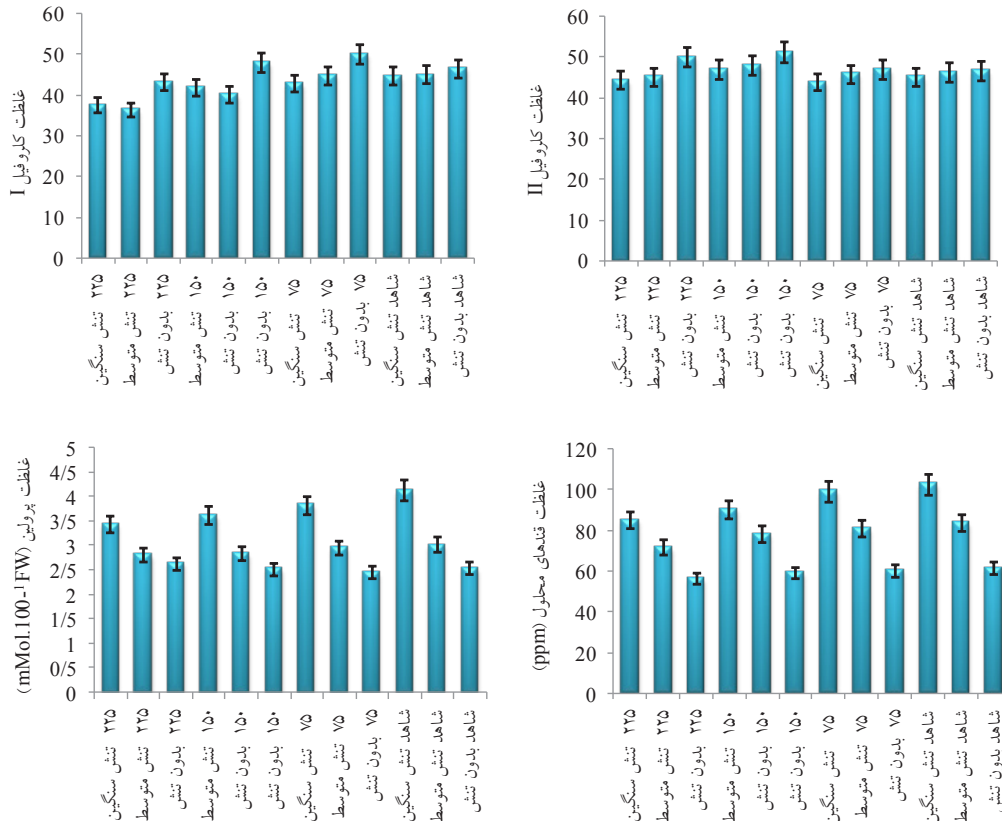
#### غلظت اسید آمینه پرولین و قندهای

##### محلول

غلظت پرولین بین تیمارهای سوپر جاذب پلیمری و شاهد معنی‌دار شد (جدول ۶). بیشترین غلظت پرولین در شاهد و کمترین مقدار در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب بود (به ترتیب ۳/۲۲۵ و ۲/۹۵۲ میکرومول بر صد گرم وزن برگ تازه). نتایج برهمکنش آزمایش نشان داد بالاترین میزان پرولین در شاهد (تنش سنگین) و کمترین مقدار آن در تیمار ۷۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (بدون تنش) مشاهده شد (به ترتیب ۴/۱۲۷ و ۲/۴۵۱ میکرومول بر صد گرم وزن برگ تازه). غلظت پرولین در شاهد (تنش سنگین) نسبت به تیمارهای ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (تنش سنگین) به ترتیب ۷/۵، ۱۲/۳ و ۱۶/۹ درصد بیشتر بود. Dashti و همکاران (2015) در آزمایشات خود نشان دادند تنش کم آبی سنگین می‌تواند غلظت پرولین برگ گیاه دارویی نوروبوک

را تا دو برابر افزایش دهد. این محققین نتیجه گرفتند افزایش غلظت پرولین به عنوان مواد سازگار کننده قدرت حفظ رطوبت برگ، تنظیم اسمزی و به تبع آن کاهش خسارت به غشاء سلولی را دارد و باعث افزایش تحمل گیاه به کم آبی می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر ضمن تایید تحقیقات انجام شده قبلی مشخص کرد سوپر جاذب پلیمری توانایی کنترل محدود غلظت پرولین در شرایط تنش سنگین دارد.

از سویی دیگر میزان قندهای محلول در بین تیمارها نیز از نظر آماری معنی‌داری بود بر اساس شدت تنش به صورت خطی افزایش یافت (جدول ۶). غلظت قندهای محلول در شاهد با ۸۲/۳۹۶ ppm بیشترین و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری با ۷۱/۰۹۲ ppm کمترین مقدار را نشان داد. میزان قندهای محلول برگ در تیمار شاهد نسبت به سه تیمار سوپر جاذب به ترتیب ۲/۷۲، ۸/۰۴ و ۱۳/۷۱ درصد بیشتر بود. برهمکنش سطوح مختلف سوپر جاذب و آبیاری نیز بر غلظت قندهای محلول معنی‌دار بود (شکل ۳). بیشترین مقدار آن در شاهد (تنش سنگین) و کمترین مقدار آن در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (بدون تنش) وجود داشت (به ترتیب ۱۰۲/۵۳ و ۵۶/۲۶ ppm). افزودن هر سه سطح سوپر جاذب پلیمری به بستر کشت در کاهش تجمع قندهای محلول نسبت به شاهد اثر مثبت و معنی‌داری داشت هر چند نتوانست در تنش سنگین کارایی حداکثری داشته باشد. نتایج نشان داد میزان قندهای محلول در شاهد (تنش سنگین) نسبت به تیمارهای ۷۵،



شکل ۳- برهمکنش سطوح سوپر جاذب پلیمری در شرایط تنش کم آبی بر غلظت کلروفیل نوبت اول و نوبت دوم، محتوای پروتئین و محتوای قندهای محلول در گیاه دارویی نازبو ( $p \leq 0.05$ )، میل بارها بیانگر انحراف معیار نتایج است ( $n=4$ ).

بر «رشد و نمو» در شرایط تنش ارجحیت پیدا می‌کند. بر اساس نتایج حاصل کاهش آب قابل دسترس کل پیکر رویشی گیاه دارویی نازبو را تحت تاثیر قرار داد، با این حال کاربرد سوپر جاذب پلیمری توانست در شرایط تنش کم تا متوسط بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی از جمله افزایش ماده خشک برگ و وزن کل بوته تاثیر مثبت داشته باشد. این مهم از طریق شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی مانند LAR و LAI مشخص گردید. نتایج بخش بیوشیمی نشان داد تاثیر منفی تنش کم آبی بر کلروفیل در مرحله نخست (قبل از گلدهی) بیشتر از مرحله دوم (پس از گلدهی) بود، لذا استنباط می‌شود گیاه

۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب پلیمری (تنش سنگین) به ترتیب ۳۷/۳، ۱۱/۱۲ و ۵/۱۷ درصد بیشتر بود. ملاحظه می‌شود تنش کم آبی عامل افزایش غلظت پروتئین و قندهای محلول در برگ گیاه دارویی نازبو می‌باشد. گیاه دارویی نوروژک نیز با ثابت نگه داشتن قندهای محلول درون سلولی خود به عنوان یک مکانیسم مقابله با تنش استفاده می‌کند (Dashti et al., 2015).

### نتیجه گیری کلی

گیاهان در شرایط تنش با تغییر مسیر متابولیکی خود به مقابله با تنش می‌پردازند و مسیر عادی رشد و نمو از اولویت خارج می‌شود. به عبارت دیگر در گیاهان، شاخص «زنده بودن»

دارویی نازبو راهکارهای کنترل تنش و بهبود عوامل دخیل در فتوسنتز را در دوره‌های میانی رشد و نمو بهبود می‌بخشد. کم آبی باعث شد محتوای قندهای محلول و پرولین با افزایش سطح تنش به صورت خطی افزایش یابد و سوپر جاذب پلیمری در سطوح تنش سنگین کارایی مطلوبی نشان نداد.

با نگاهی به نتایج این پژوهش مشخص شد کمبود آب آبیاری مانع مهمی بر رشد و نمو گیاه دارویی نازبو محسوب می‌شود. کاربرد ماده سوپر جاذب پلیمری در برخی از صفات مورد بررسی در شرایط تنش آبی کم تا متوسط موثر بود. با این حال به نظر می‌رسد دلایل استفاده از چنین موادی و تبعات بعدی آن (از جمله مانند ماندگاری طولانی مدت در خاک و ایجاد چسبندگی) از نکات مهمی است که نیاز است اثر بخشی آن بخصوص در گیاهان یکساله و دارویی به صورت مورد به مورد ارزیابی گردد.

## References

- Abbasnejad, R., Jabbarzadeh, Z., and Razavi, M. 2017. Effect of different light intensities on some morphological and physiological characteristics of *Matthiolaincana* L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 30(2): 408-419. (In Persian) <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1396.30.2.15.6>.
- Abdelaal, K., AlKahtani, M., Attia, K., Hafez, Y. Király, L., and Künstler, A., 2021. The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants. Biology, 10(6): 520. <https://doi.org/10.3390/biology10060520>.
- Afzal, A., Duiker, S.W., and Watson, J.E. 2017. Leaf thickness to predict plant water status. Biosystems Engineering, 156: 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.01.011>
- Ahmadi, A., and Sio-Se-Mardeh, A. 2003. Relationships Among Growth Indices, Drought Resistance and Yield in Wheat Cultivars of Different Climates of Iran Under Stress and Non-Stress Conditions. Iranian Journal of Agricultural science, 34(3):667-679. (In Persian).
- Amini, E., Mehrabi, A., Hatami, A., Fasihi, K., and Alizadeh, Y. 2021. Effect of drought stress on light absorption, radiation use efficiency and yield of different maize varieties (*Zea maize* L.) under Ilam conditions, Iranian Journal of Field Crop Science, 52(1): 109-121. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.291824.654652>
- Amiri Deh Ahmadi, S.R., Rezvani Moghaddam, P., and Ehyae, H.R. 2012. The Effects of Drought Stress on Morphological Traits and Yield of Three Medicinal Plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in Greenhouse Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(1):116-124. (In Persian).
- Ashraf, M.Y., Azmi, A.R., Khan, A.H., and Ala, S.A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta Physiologiae Plantarum, 16(3): 185–191.
- Ashrafi, M., Azimi-Moqadam, M.R., MohseniFard, E., Shekari, F., Jafary, H.,

- Moradi, P., Pucci, M., Abate, G., and Mastinu, A. 2022. Physiological and molecular aspects of two *Thymus* species differently sensitive to drought stress. *Biotechnology*, 11(2): 8. <https://doi.org/10.3390/biotech11020008>
- Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2): 239-251. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6939>
- Barickman, T.C., Olorunwa, O.J., Sehgal, A., Walne, C.H., Reddy, K.R., and Gao, W. 2021. Yield, physiological performance, and phytochemistry of basil (*Ocimum basilicum* L.) under temperature stress and elevated CO2 concentrations, *Plants*, 10(6): 1072. <https://doi.org/10.3390/plants10061072>
- Bartelheimer, M., and Poschlod, P. 2016. Functional characterizations of Ellenberg indicator values—a review on ecophysiological determinants. *Functional Ecology*, 30(4): 506-516. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12531>
- Cerasola, V.A., Perlotti, L., Pennisi, G., Orsini, F., and Gianquinto, G. 2022. Potential use of superabsorbent polymer on drought-stressed processing tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Mediterranean climate. *Horticulturae*, 8(8): 718. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080718>
- Daneshmandi, M.S., and Azizi, M. 2009. The study on the effect of water stress and mineral zeolit on some quantity and quality characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). 6th Iranian Horticultural Science Congress. Gilan, Iran. 12-15 July. P.1272- 1275. (In Persian).
- Daneshmandi, M.S., and Khorshadizadeh, M. 2017. Effect of super absorbent polymer, zeolite and manure on yield and seed studied characteristics of sweet basil under drought conditions. *Seed research*, 7(24): 37-48. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.22520961.1396.7.24.5.6>
- Dashti, M., Kafi, M., Tavakoli, H. and Mirza, M. 2015. Effect of water deficit on water relations, photosynthesis and osmolytes accumulation of *Salvia leriifolia* Benth. *Iranian Journal of Field Crops Research*, (12)4: 813-821. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v12i4.27178>
- Dehkoda, M., 2025. Availabel at Web Site. <http://www.loghatnaameh.co>.

- Fang, H., Baret, F., Plummer, S. and Schaepman-Strub, G. 2019. An overview of global leaf area index (LAI): Methods, products, validation, and applications. *Reviews of Geophysics*, 57(3):739-799. <https://doi.org/10.1029/2018RG000608>
- Farooq, M., Wahid A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. 2011. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1):185–212. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12)
- Ghosh, U.K., Islam, M.N., Siddiqui, M.N., Cao, X., and Khan, M.A.R. 2022. Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology*, 24(2):227-239. <https://doi.org/doi:10.1111/plb.13363>
- Hassani, A. 2006. Effect of Water Deficit Stress on Growth, Yield and Essential Oil Content of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(3):256-261. (In Persian).
- Hunt, R. 1990. *Basic Growth Analysis*. Publisher Springer. Netherlands, 112p
- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G. and Huisingh, D., 2023. Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 9(8):e18507. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>
- Ingrisano, R., Tosato, E., Trost, P., Gurrieri, L., and Sparla, F. 2023. Proline, cysteine and branched-chain amino acids in abiotic stress response of land plants and microalgae. *Plants*, 12(19): 3410. <https://doi.org/10.3390/plants12193410>
- Jakovljević, D., Stanković, M., Warchoń, M., and Skrzypek, E. 2022. Basil (*Ocimum* L.) cell and organ culture for the secondary metabolites production: a review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 149(1): 61-79. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02286-5>
- Kaur, H., Manna, M., Thakur, T., Gautam, V., and Salvi, P. 2021. Imperative role of sugar signaling and transport during drought stress responses in plants. *Physiologia plantarum*, 171(4): 833-848. <https://doi.org/10.1111/ppl.13364>
- Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars.



- Journal of Animal & Plant Sciences, 8(3), 1051-1060.
- Khoshji, M.F., and Akbary, M. 2020. Impacts of global warming on extreme temperatures in west of Iran. *Climate Change Research*, 1(4): 11-19. <https://doi.org/10.30488/ccr.2020.237152.1008>
- Kourtis, I.M., Bellos, V., Kopsiaftis, G., Psiloglou, B., and Tsihrintzis, V.A. 2021. Methodology for holistic assessment of grey-green flood mitigation measures for climate change adaptation in urban basins. *Journal of Hydrology*, 603, 126885-126901. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126885>
- Ma, X. and Wen, G. 2020. Development history and synthesis of super-absorbent polymers: a review. *Journal of Polymer Research*, 27(6): 136. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-02097-2>
- Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., Nagora, M., Kalia, S., Malik, K., Kumar, D., and Kumar, P. 2022. Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers*, 15(1): 161. <https://doi.org/10.3390/polym15010161>
- Mohd Yusof, F.F., Yaacob, J.S., Osman, N., Ibrahim, M.H., Wan-Mohtar, W.A.A.Q.I., Berahim, Z., and Mohd Zain, N.A. 2021. Shading effects on leaf gas exchange, leaf pigments and secondary metabolites of *Polygonum minus* Huds., an aromatic medicinal herb. *Plants*, 10(3): 608. <https://doi.org/10.3390/plants10030608>
- Nasrollahzade, V., Yusefi, M., Ghosemi, A., Bandehhagh, A. 2017. Grain Yield, Yield Components and Relative Water Content in Maize (*Zea mays* L.) under Water Deficit Stress and two Mycorrhizal Fungi, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4): 81-92. (In Persian)
- Omidbaigi, R. 2004. Production and processing of medicinal plant. Vol. III. Behnashr Publication. Mashhad. 397 p (In Persian)
- Piasecka, A., Jedrzejczak-Rey, N., and Bednarek, P. 2015. Secondary metabolites in plant innate immunity: conserved function of divergent chemicals. *New Phytologist*, 206(3): 948-964. <https://doi.org/10.1111/nph.13325>
- Rahimi, M., Mortazavi, M., Mianabadi, A., and Debnath, S. 2023. Evaluation

- of basil (*Ocimum basilicum*) accessions under different drought conditions based on yield and physio-biochemical traits. BMCPlant Biology, 23(1): 523. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04554-8>
- Rajaie, M., Khiri, M. 2025. Improving growth and physiological responses of *Nigella sativa* L. using organic fertilizers under varying irrigation regimes, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 41(2): 325-340. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2025.367273.3484>
- Seleiman, M.F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H.H., and Battaglia, M.L. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants, 10(2): 259. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>
- Seyed Dorraji, S., Golchin, A., and Ahmadi, S. 2010. The Effects of Different Levels of a Superabsorbent Polymer and Soil, Water and Soil, 24(2). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.3247>
- Shahhoseini, R., Farhadi, N., and Angourani, H.R. 2025. Metabolic activities, biochemical, and physiological processes in *Mentha pulegium* L. induced by drought stress and application of 5-aminolevulinic acid. BMC Plant Biology, 25(1): 1410. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07489-4>
- Shirani Rad, A.H. 2004. Crop Physiology. Dibagran Publishing. Tehran, 358 p (In Persian).
- Siddique, A., Kandpal, G., and Kumar, P. 2018. Proline accumulation and its defensive role under diverse stress condition in plants: An overview. Journal of Pure and Applied Microbiology, 12(3): 1655-1659. <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.3.73>
- Simane, B., Peacock, J.M., and Stuik, P.C. 1993. Difference in Developmental Plasticity and Growth Rate Among Drought Resistant and Susceptible Cultivars of Durum Wheat. Plant and Soil, 157:155-166. <https://doi.org/10.1007/BF00011044>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., and Murphy, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 811 p ISBN:8582713673, 9788582713679
- Tan, U. and Gören, H.K. 2024. Comprehensive evaluation of drought stress on

medicinal plants: a meta-analysis. PeerJ, 12: e17801. <https://doi.org/10.7717/peerj.17801>

Wang, X., Liu, H., Fang, Y., Hu, B., Jia, Y., Sha, H., and Zhao, H. 2019. Differential activity of the antioxidant defence system and alterations in the accumulation of osmolyte and reactive oxygen species under drought stress and recovery in rice (*Oryza sativa* L.) tillering. Scientific Reports, 9(1): 44958. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44958-x>

Zargari, A., 1994. Medicinal Plant (Volume II). Tehran University Press. Tehran, 826 p (In Persian)

## Interaction of super absorbent polymeric and water deficit conditions on the biophysical, biochemical structure and eco-physiological characteristic of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)

Mohammad Shahin Daneshmandi<sup>1\*</sup>

1. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran . (Corresponding author)

Received: October 2025 Accepted: November 2025 - DOI: 10.22092/mpt.2025.371232.1206

### Abstract

**Daneshmandi, M.SH.,** Interaction of super absorbent polymeric and water deficit conditions on the biophysical, biochemical structure and eco-physiological characteristic of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) **Iranian Medicinal Plants and Technology, Vol 7, No. 1, 2024 22-23:** 152-170(in Persian)

### Abstract

Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual medicinal and aromatic spice, whose the growth and development disrupted by environmental stresses such as water deficit, salinity, and cold stress. Therefore, in order to investigate the effect of superabsorbent polymer (SAP) on reducing drought stress in sweet basil plants, an experiment was conducted on factorial management base on randomized complete block design with three replications. The first factor was SAP in four levels: 0, 75, 150, and 225 kg ha<sup>-1</sup>, and the second factor was deficient irrigation at three levels: 100% field capacity (FC, control), 75% FC (moderate stress stress), and 50% FC (severe stress). The results showed was no significant differences in plant height, number of inflorescences, leaf number, leaf area, and leaf mass between the control and SAP treatments ( $p \leq 0.05$ ). The highest eco-physiological indices such as leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (LWR) were obtained in the 150 kg ha<sup>-1</sup> (severe strain) SAP treatment (6.079 mm<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup> and 0.367 respectively).

---

Email address of the corresponding author: daneshmandi@torbath.ac.ir

The lowest of proline and soluble sugars concentrations were also recorded in the control (non stress) and 225 kg ha<sup>-1</sup> (non stress) SAP (2.55 μM per 100 g of fresh leaves and 56.26 μL, respectively). Overall, SAP affected several biophysical characteristic but did not produce significant benefits under severe water deficit. In addition, long-term persistence of these materials in soil can complicate tillage and replanting. Application to annual crops, especially medicinal plants, therefore requires a case-by-case assessment.

**Key words:** Leaf Area Ratio, Proline, Soluble Sugars, Specific Leaf Area, Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)