



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه

(*Mentha piperita* L.) نعناع

حمیده حمیدی محمد آباد^۱، محمود پوریوسف میاندوآب^{۲*}

دریافت ۱۴۰۱/۱۱/۱۵، پذیرش ۱۴۰۲/۴/۱۳

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان میاندوآب اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در دو سطح نرمال آبیاری و تنش کم آبی و فاکتور فرعی اول شامل محرک های رشد گیاهی در پنج سطح شامل شاهد، مارماین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور ۲ و فاکتور فرعی دوم شامل زمان محلول پاشی در دو سطح محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی و محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی بود. تیمار تنش خشکی، صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام های هوایی، محتوای رطوبت نسبی و میزان کلروفیل را کاهش، ولی میزان نشت الکترولیت و تنظیم کننده های اسمزی یعنی پرولین و درصد اسانس نعناع فلفلی را افزایش داد. محلول پاشی محرک های رشد گیاهی سبب افزایش تمامی صفات به جز نشت الکترولیت گردید. تنش خشکی همراه با محلول پاشی موجب افزایش درصد اسانس در نعناع فلفلی گردید، به طوری که محلول پاشی دالجین در شرایط تنش خشکی با ۲/۳۷۲ درصد، دارای بیشترین اسانس بود. بیشترین درصد اسانس با (۲/۰۱ درصد) در زمان محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی و در شرایط تنش خشکی بدست آمد. با توجه به نتایج اثرات متقابل سه گانه، بیشترین وزن تر و خشک، به ترتیب مربوط به تیمار کود دالجین و کدآمین در زمان قبل از گلدهی و در شرایط آبیاری نرمال بود که بیانگر تأثیر مثبت این کودها بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع می باشد.

واژه های کلیدی: تنش کم آبی، کود بیولوژیک، پرولین، اسانس.

۱- گروه آگرواکولوژی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲- گروه آگرواکولوژی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران. مسئول مکاتبات: pooryousefm@yahoo.com

حمدی محمدآباد، ح.، پوریوسف میاندوآب، م. اثر تنش خشکی و محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.). (۲۰۱۵ : ۳۸-۱۹)

مقدمه

از دو هزار سال قبل تاکنون از گونه های مختلف نعناع به عنوان ادویه و دارو استفاده می شود. برخی از محققان معتقدند که نعناع فلفلی^۲ از تلفیق گونه های اکوتیکا^۳ و اسپیکاتا^۴ (نعناع جویباری و نعناع دشتی) به وجود آمده است (امید بیگی، ۲۰۱۴). ترکیبات تشکیل دهنده اسانس به بیش از ۲۰ نوع می رسد که مهم ترین آن ها منتول^۵ می باشد با توجه به مصارف متعدد نعناع فلفلی در صنایع غذایی، داروسازی، آرایشی و بهداشتی و همچنین به لحاظ اهمیت آن در سلامت جامعه بررسی عوامل مؤثر در رشد و نمو نعناع فلفلی ضروری است. کمبود آب از مهم ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است (بابایی و همکاران، ۲۰۱۱). محققان تنش خشکی را مهم ترین عامل مؤثر بر سنتز ترکیب های طبیعی معرفی کردند (زبید و همکاران، ۲۰۰۹). گیاهان برای مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی را در پیش می گیرند که پرولین یکی از شایع ترین اسمولیت های سازگار است که در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه می شوند، تجمع می یابد و پتانسیل اسمزی را در سیتوپلاسم تنظیم می کند (آلکسیو و همکاران، ۲۰۰۱). رضاپور و همکاران (۲۰۱۱) طی آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد اسانس گردید. در تحقیقی دیگر تنش خشکی سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی (*Thymus carmanicus*) شد. همچنین درصد اسانس این گیاه تحت تنش ملایم و شدید خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۲/۵٪ و ۴۴/۹٪ افزایش یافت، در حالی که عملکرد اسانس در تنش ملایم و شدید خشکی به ترتیب ۴۳٪ و ۴۴/۱٪ کاهش یافت (بحرینی نژاد و همکاران، ۲۰۱۴). غشاهای بیولوژیکی اولین هدف بسیاری از تنش های زیستی هستند. حفظ یکپارچگی و پایداری غشاءها، مکانیزم اصلی تحمل گیاهان به تنش خشکی است (باجی و همکاران، ۲۰۰۲). میزان نشت الکترولیت پارامتری است که برای سنجش پایداری غشای سلولی استفاده می گردد و هرچه مقدار نشت الکترولیت بیشتر باشد، پایداری غشای سلولی ضعیف تر خواهد بود (والنتویچ و همکاران، ۲۰۰۶). با توجه به نتایج تحقیقات محققان، عملکرد اسانس با افزایش تنش خشکی افزایش یافت. به طوری که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس در برگ ها و وزن ریشه و تعداد برگ در گیاه شد. این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرآیندهای متابولیکی گیاه است (پتروپولوس و همکاران، ۲۰۰۸).

تغذیه بهینه گیاهی با مصرف کود بیولوژیکی و نقش آن در افزایش و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی یکی از شیوه‌های مدیریتی می‌باشد. کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاک‌زی می‌باشند که همراه با مواد نگه دارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آن‌ها می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۱۰). استعمال برگی می‌تواند دسترسی گیاهان را به عناصر غذایی برای بدست آمدن عملکرد بالا تضمین کند، از دیدگاه اکولوژیکی کوددهی برگی قابل قبول‌تر است، چون مقادیر کمتر عناصر غذایی برای مصرف سریع به وسیله گیاه فراهم می‌شود (استامپر و همکاران، ۱۹۹۸). استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسأله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد که تحت تنش آب می‌تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد. بنابراین مطالعه حاضر به منظور ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی و تنش خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیک و مقدار اسانس گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) طراحی شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در ۲۰ فروردین ماه ۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری شمال غربی شهرستان میاندوآب در استان آذربایجان غربی اجرا شد، که دارای اقلیم معتدل با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا می‌باشد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک به طور متوسط از عمق ۳۰-۰ سانتی متری با استفاده از دستگاه اوگر از شش قسمت مزرعه محل آزمایش تهیه و به آزمایشگاه تجزیه خاک منتقل و اطلاعات حاصل از تجزیه نمونه‌های خاک به شرح جدول ۱ تعیین گردید.

جدول ۱- خصوصیات زمین مورد آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک	آهک (%)	کربن آلی (%)	EC (دسی زیمنس بر m)	pH
۳۰-۰	۲۴	۴۰	۳۶	سیلتی	۲۵/۸	۰/۴۹	۱/۸۱	۷/۴۹
درصد اشباع SP	ازت کل T.N%	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	
۵۶	۵	۵/۲۳	۲۵۶	۲/۸	۲/۲	۰/۴۲	۱/۸	

طرح آماری مورد استفاده

این پژوهش به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در دو سطح نرمال آبیاری (a1)، و تنش کم آبی (a2) بود. فاکتورهای فرعی شامل الف) محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی در پنج سطح شاهد (b1)، مارماین (b2)، کدآمین (b3)، دالچین (b4) و فسفات بارور ۲ (b5) و ب) زمان محلول‌پاشی در دو سطح محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی (c1) و

محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی (C2)، می باشد. نیاز آبی گیاه و میزان آب مورد نیاز با استفاده از روش تشتک تبخیر کلاس A محاسبه شد.

$$ET_p = K_p \cdot E_p$$

ET_p تبخیر و تعریق پتانسیل (میلی متر)، **E_p** تبخیر از تشتک تبخیر (میلی متر)، **K_p** ضریب تشتک می باشد که بستگی به نوع تشتک و شرایط محیطی بالا دست تشتک از لحاظ پوشش گیاهی در جهت وزش باد به طرف تشتک دارد. بدین صورت که تبخیر روزانه از تشتک اندازه گیری و سپس با توجه به ضریب تشتک (**K_p**) و ضریب گیاهی میزان آب مورد نیاز در هر مرحله آبیاری تعیین خواهد شد. در مزرعه برای آماده سازی زمین عملیات شخم، دیسک زنی، فاروئرزنی و کرت بندی به طور یکسان انجام شده و هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر و با فاصله ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بوته ها به فاصله ۱۰ سانتی متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی متری کشت شدند. ابعاد کرت های آزمایشی سه در سه متر بود. مارمارین^۵ محرک رشد طبیعی است که از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) استخراج شده است. این ترکیب دارای بیش از ۷۰ ترکیب غذایی، اسیدهای آلی، هورمون های گیاهی و آنزیم ها است. به روش محلول پاشی برگ، دوز ۱ الی ۱/۵ لیتر در هکتار، استفاده می شود. کدآمین^۶ به علت دارا بودن ۱۵ درصد اسید آمینه موجب بهبود رشد رویشی و زایشی در مقابل تنش های محیطی می گردد. کدآمین به دلیل وجود اسیدهای آزاد، ترکیبی بی نظیر جهت تأمین اسیدهای آمینه مورد نیاز گیاه به منظور تقویت سیستم ایمنی گیاه، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی، افزایش کمی و کیفی محصول، القاء فرآیند گرده افشانی و افزایش سبزیگی و تولید کلروفیل می باشد. این محرک رشد با ترکیبات حاوی گوگرد و روغن های معدنی قابل اختلاط نمی باشد. دالچین^۷ حاوی ۲۵۰ گرم لیتر حاوی عصاره دریایی (*Ascophyllum nodosum*) است و حاوی بیش از ۶۰ عنصر مفید برای رشد گیاه است. دالچین حاوی تمامی عناصر پرمصرف، کم مصرف و بسیار کم مصرف، اسیدهای آمینه آزاد (۶/۷۲ درصد) هورمون های رشد گیاهی سیتوکنین، اکسین و جیبرلین، کربوهیدرات ها، ویتامین های ضروری گیاهی، چربی ها و مواد آلی می باشد که به صورت چشمگیری موجب افزایش کمی و کیفی محصولات می گردد. فسفات بارور ۲ نیز حاوی باکتری هایی از جنس باسیلوس و پسیدوموناس می باشد که قادر هستند فسفات های نامحلول در خاک را به فرم های محلول تبدیل نمایند و در اختیار گیاه قرار دهند.

عملیات زراعی

در مزرعه برای آماده سازی زمین عملیات شخم، دیسک زنی، فاروئرزنی و کرت بندی به طور یکسان انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر و با فاصله ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بوته ها به فاصله ۱۰ سانتی متر روی ردیف در عمق ۶ سانتی متری کشت شدند. ابعاد کرت های آزمایشی سه در سه متر بود. اندازه گیری ها

5. Marmarin
6. Kodamin
7. Daljin

در اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی ابتدا گیاهان کاشته شده بر اساس زمان تعیین شده، برداشت شدند. برای انجام عمل برداشت یک ردیف از هر طرف کرت و نیم متر از هر دو طرف خطوط کشت به‌عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد. ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی برداشت و به‌صورت تر توزین گردید. پس از تعیین وزن تر، ارتفاع گیاه به صورت مجزا برای کرت‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت (تا زمانی که وزن خشک گیاه ثابت بماند) در آون قرار گرفت، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. اسانس برگ و گیاه نعناع فلفلی در زمان برداشت در آزمایشگاه استخراج شد، برای اندازه‌گیری مقدار اسانس از دستگاه کلونجر استفاده گردید و درصد اسانس از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{وزن اسانس} \\ \text{وزن ماده خشک} \times 100 = \text{درصد اسانس}$$

به‌منظور تعیین رطوبت نسبی برگ‌ها، ابتدا یک برگ جوان از هر کرت انتخاب و برای تعیین وزن آماس در ظروف حاوی آب مقطر به مدت یک ساعت گذاشته شد. بعد از یک ساعت وزن نمونه‌های آماسیده پس از گرفتن آب اضافی از سطح برگ‌ها توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت میزان رطوبت نسبی از رابطه زیر به دست آمد (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۱).

رابطه ۳: $100 \times \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})} = \text{درصد میزان نسبی آب برگ}$
جهت تعیین نشت الکترولیت، از هر کرت نمونه‌های برگ جوان به طول یک سانتی‌متر با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت دو ساعت در ظروف شیشه‌ای حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شد. هدایت الکتریکی محلول با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی تعیین شد (EC_1). سپس ظروف حاوی نمونه به مدت ۱۵ دقیقه داخل حمام آب گرم (۹۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد و بعد از سرد شدن نمونه‌ها مجدداً هدایت الکتریکی آن تعیین شد (EC_2). در نهایت مقادیر نشت الکترولیت‌ها از طریق معادله زیر بدست آمد (ثابت تیموری و همکاران، ۲۰۱۱).

$$Ec = (Ec_1/Ec_2) \times 100$$

در هر بوته سه برگ به‌طور تصادفی (از قسمت بالایی، میانی و نزدیک طوقه) انتخاب شد و شاخص کلروفیل هر سه برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج اندازه‌گیری شد، سپس میانگین آن‌ها تعیین و یادداشت گردید. برای استخراج پرولین، نیم گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد، در هاون چینی مخلوط و سائیده شد. مخلوط همگن با کاغذ واتمن صاف شد. از عصاره حاصل ۲ میلی‌لیتر در لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید گلاسیال به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. پس از خنک شدن به هر لوله چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه و ۲۰ ثانیه تکان داده شد تا این که دو لایه‌ی مجزا از هم تشکیل و پرولین وارد فاز

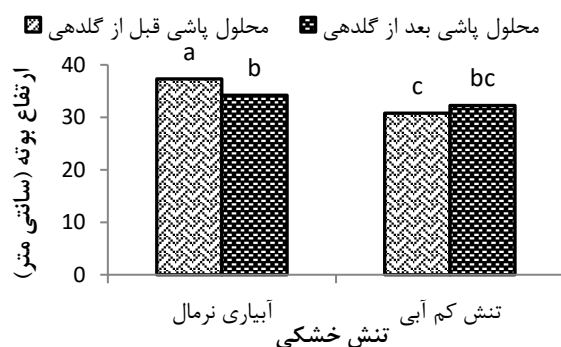
تولون شود. در این حالت یک فاز مایل به زرد در قسمت بالای لوله‌ها تشکیل می‌شود. میزان جذب فاز رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد (جوادی و همکاران، ۲۰۰۵). داده‌ها با استفاده از نرم افزار **MSTAT-C** تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون **LSD** در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها و جداول از نرم افزار **Excel** استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته با ۳۵/۸۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار شاهد یعنی شرایط نرمال آبیاری و کمترین آن با ۳۱/۵۲ سانتی‌متر مربوط تیمار تنش کم آبی بود (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، محلول‌پاشی نعنای فلفلی با محرک‌های رشد نسبت به شاهد یعنی عدم محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید، به‌طوری که محلول‌پاشی با محرک‌های رشد مارمارین، کدآمین، دالجین و کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ بدون اختلاف معنی‌داری از همدیگر دارای بیشترین میانگین ارتفاع بوته بودند (جدول ۳). اثر متقابل تنش خشکی و زمان محلول‌پاشی محرک‌های رشد نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته با ۳۷/۳۰ سانتی‌متر از تیمار آبیاری نرمال با محلول‌پاشی محرک‌های رشد قبل از مرحله گلدهی حاصل شد (شکل ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای تنش خشکی، از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در این میان تیمار آبیاری نسبت به تنش خشکی برتر بود. حسینی (۲۰۰۸) در خصوص تأثیر تنش خشکی در گیاه بادرشبو، دریافت که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. صفی‌خانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش داد که تنش خشکی روی بادرشبو (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) موجب کاهش ارتفاع، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس نسبت به دو تیمار دیگر (۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید. ولی باعث افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار بدون تنش گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نعنای فلفلی داشت. محلول‌پاشی نعنای فلفلی با محرک‌های رشد نسبت به شاهد یعنی عدم محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید، به‌طوری که محلول‌پاشی با مارمارین، کدآمین، دالجین و کود زیستی فسفات بارور ۲ بدون اختلاف معنی‌دار از همدیگر دارای بیشترین میانگین ارتفاع بوته بودند. اثر محرک‌های رشد بر افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی و تأثیر آن‌ها بر بهبود فتوسنتز و رشد بوته نعنای است که با پژوهش‌های انجام شده بر روی گیاه رازیانه نیز مطابقت دارد (محفوظ و همکاران، ۲۰۰۷). یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تولید هورمون‌های مختلف از قبیل اکسین و جیبرلین علت اصلی افزایش ارتفاع ساقه در حضور کودهای بیولوژیک است. اثر متقابل تنش خشکی و زمان محلول‌پاشی نیز

بر ارتفاع بوته معنی دار بود. بیشترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری نرمال با محلول پاشی محرک های رشد، قبل از مرحله گلدهی حاصل شد.

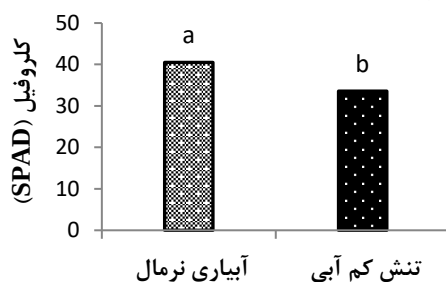


نمودار ۱- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و زمان محلول پاشی بر ارتفاع بوته

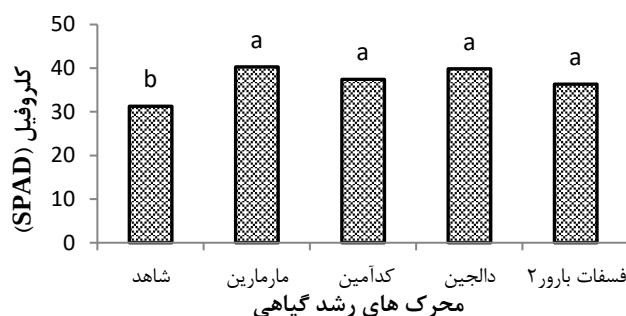
کلروفیل

تجزیه واریانس داده ها حاکی از آن است که تنش کم آبی و محلول پاشی با محرک های رشد گیاهی به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). زمان محلول پاشی محرک های رشد، روی میزان کلروفیل گیاه تأثیر آماری معنی داری نداشت. براساس نتایج این تحقیق تنش خشکی موجب کاهش معنی داری در مقدار کلروفیل گیاه نعنای فلفلی شد، به طوری که بیشترین میانگین کلروفیل نعنای (۶۰/۲۵) مربوط به شرایط نرمال آبیاری بود و کمترین میانگین آن (۳۳/۵۷) مربوط به تنش خشکی می باشد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد محلول پاشی با محرک های رشد گیاهی نسبت به عدم محلول پاشی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی گردید، به طوری که بیشترین میزان کلروفیل مربوط به محرک های رشد یعنی مارمارین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور ۲ می باشد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳/۱۶ درصد میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی را افزایش دادند. محرک های رشد گیاهی از نظر تأثیر بر افزایش میزان کلروفیل به طور یکسان عمل کردند، به طوری که بدون اختلاف معنی داری از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). تنش کم آبی و محلول پاشی با محرک های رشد تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی داشتند. زمان محلول پاشی بر روی میزان کلروفیل گیاه تأثیر آماری معنی داری نداشت. تنش خشکی علاوه بر این که رشد و نمو را در گیاه کاهش می دهد، باعث تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای متابولیسمی نیز می گردد. براساس نتایج این تحقیق تنش خشکی موجب کاهش معنی دار در مقدار کلروفیل گیاه نعنای فلفلی شد. نتایج فعالیت های پژوهشگران در این رابطه نشان داده است که با کاهش پتانسیل آب برگ در گیاه، فعالیت کلروفیلاز به طور ناگهانی زیاد می شود که خود مؤید این مسئله است (میخالویچ و همکاران، ۱۹۹۷). با افزایش مقدار برخی از مواد تنظیم کننده رشد نظیر اتیلن و اسید آبسزیک در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیلاز تحریک و با تجزیه کلروفیل **b** و **a**، کلروفیلید آزاد و در مراحل بعدی با باز شدن حلقه های پورفیرینی این محصولات به صورت فعال به واکوئل منتقل می شوند (سایرام و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج نشان داد محلول پاشی با محرک های رشد گیاهی نسبت به عدم محلول پاشی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی می گردد، این در حالی

است که بیشترین میزان کلروفیل مربوط به محرک‌های رشد یعنی مارمارین، کدآمین، دالجین و فسفات بارور ۲ می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد، میزان کلروفیل گیاه نعنای فلفلی را افزایش دادند. کودهای بیولوژیک از نظر تأثیر بر افزایش میزان کلروفیل به‌طور یکسان عمل کرده، بدون اختلاف معنی‌داری از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند. در نتایج سایر پژوهش‌ها نیز، افزایش رنگدانه‌ها با افزودن کودهای بیولوژیک گزارش شده است (طاهر و همکاران، ۲۰۱۱، خرم دل و همکاران ۲۰۱۰).



نمودار ۲- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر کلروفیل

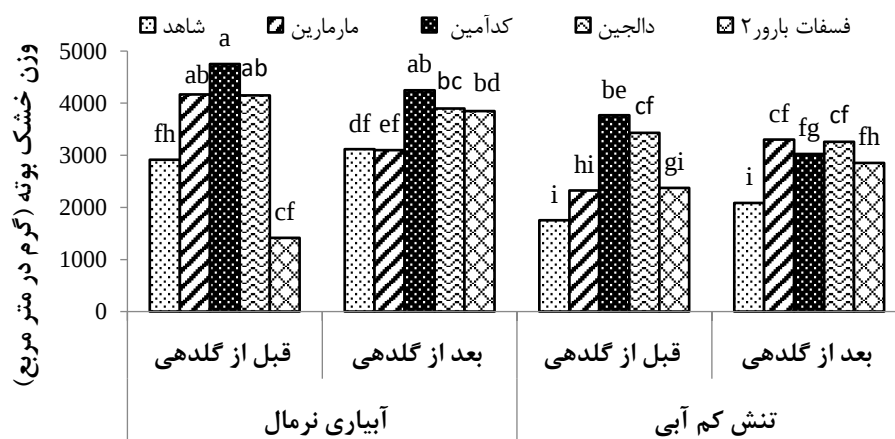


نمودار ۳- اثر تیمارهای مختلف محرک‌های رشد گیاهی بر کلروفیل

وزن خشک بوته

تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی محرک‌های رشد به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). در بررسی اثر تنش خشکی بر وزن خشک بوته مشاهده شد، آبیاری نرمال بالاترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر میزان وزن خشک نعنای فلفلی حاکی از آن بود که با محلول‌پاشی کدآمین بر وزن خشک بوته افزوده می‌شود. هر چند بین کدآمین و دالجین از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. سطح شاهد نیز در این بررسی کمترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). اثرات متقابل تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی و محرک‌های رشد گیاهی در زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات متقابل سه جانبه تنش خشکی در محرک‌های رشد گیاهی در زمان محلول‌پاشی بر صفت وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). در بین ترکیبات تیماری تنش خشکی در زمان محلول‌پاشی ترکیب آبیاری نرمال همراه با محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی با متوسط ۳/۸۸ گرم بالاترین وزن خشک بوته را به خود

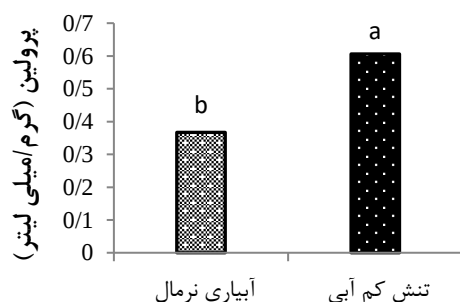
اختصاص داد (جدول ۶). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کود بیولوژیک در زمان محلول پاشی نشان داد، بیشترین وزن خشک از محلول پاشی کدامین در زمان قبل از گلدهی (۴/۲۴۷ گرم) بدست آمد و کمترین وزن خشک نیز مربوط به تیمار شاهد در زمان قبل از گلدهی (۲/۳۳۳ گرم) بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه جانبه نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی محلول پاشی محرک‌های رشد گیاهی در هر دو مرحله رشدی، یعنی محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی و بعد از مرحله گلدهی موجب افزایش میانگین وزن خشک اندام هوایی نعنای فلفلی گردید. در کل می‌توان گفت محلول پاشی محرک‌های رشد در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال موجب افزایش وزن خشک می‌گردد و بیشترین وزن خشک مربوط به شرایط نرمال آبیاری محلول پاشی با کدامین در قبل از مرحله گلدهی با میانگین ۴/۷۵۰ گرم می‌باشد. کمترین میزان وزن خشک مربوط به تیمارهای شاهد در شرایط تنش خشکی با عدم محلول پاشی در مرحله قبل و بعد از گلدهی به ترتیب با ۱/۷۵۰ و ۲/۰۸۳ گرم می‌باشد که بدون اختلاف آماری معنی‌دار از همدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی محرک‌های رشد، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک نعنای فلفلی داشت. در بررسی اثر تنش خشکی بر وزن خشک بوته مشاهده شد، آبیاری نرمال بالاترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر میزان وزن خشک نعنای فلفلی حاکی از آن بود که با محلول پاشی کدامین بر وزن خشک بوته افزوده می‌شود. هر چند بین کدامین و دالچین از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. سطح شاهد نیز در این بررسی کمترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد که با نتایج یوسف و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت داشت. اثرات متقابل تنش خشکی در زمان محلول پاشی و محرک‌های رشد در زمان محلول پاشی و اثرات متقابل سه جانبه تنش خشکی در محرک‌های رشد در زمان محلول پاشی بر صفت وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری نشان داد. در بین ترکیبات تیماری تنش خشکی در زمان محلول پاشی ترکیب آبیاری نرمال همراه با محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی بالاترین وزن خشک بوته را دارا بود. در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی محلول پاشی در هر دو مرحله رشدی، یعنی محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی و بعد از مرحله گلدهی موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی نعنای فلفلی گردید. تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی گردید و در شرایط تنش خشکی محلول پاشی با کدامین بیشترین تأثیر را در افزایش وزن خشک داشت که با نتایج تحقیقات (میسرا و همکاران، ۲۰۰۰) بر روی نعنای فلفلی مطابقت داشت.



نمودار ۵- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی، محرک های رشد گیاهی و زمان محلول پاشی بر وزن خشک بوته

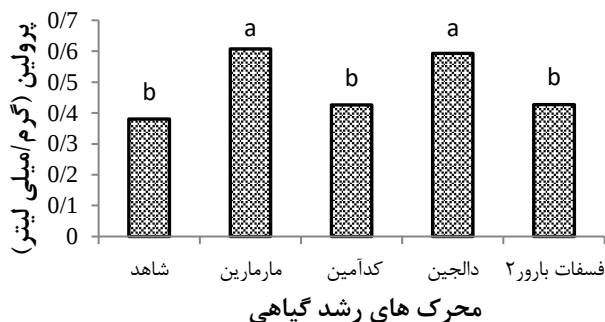
پرولین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر میزان پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها حاکی از آن بود که در شرایط تنش خشکی میزان پرولین نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش می یابد. بیشترین میزان پرولین با متوسط ۰/۶۰۶ گرم مربوط به تنش خشکی و کمترین آن با متوسط ۰/۳۶۷ گرم مربوط به شرایط نرمال آبیاری می باشد (شکل ۶). با اعمال شرایط تنش خشکی میزان پرولین در نعنای نسبت به شرایط آبیاری نرمال ۶۵/۱۲ درصد افزایش نشان داد. در شرایط تنش خشکی میزان پرولین نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش می یابد. یکی از مکانیسم های کارآمدی که گیاه برای حفظ فشار آماس در شرایط کمبود آب از آن بهره می برد، پدیده ای موسوم به تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی در گیاهان، مکانیسم عمده اجتناب از تنش های آبی در محیط های خشک و شور است (باجی و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش پرولین در دوره تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین ها و نیز کاهش استفاده از آن ها به دلیل کاهش رشد گیاه باشد (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱). تحت شرایط تنش خشکی، قندهای محلول می توانند به عنوان ترکیبات اسمزی و نیز به عنوان حفاظت کننده های اسمزی عمل کنند (بوهنرت و همکاران، ۲۰۰۸). گیاه دارویی ریحان به هنگام مواجهه با تنش خشکی، با بستن روزنه ها و تنظیم اسمزی و افزایش انباشت پرولین و قندهای کل، شرایط تنش را تا حدی تحمل می کند (دانشمندی و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی اثر محلول پاشی محرک های رشد گیاهی بر میزان پرولین مشاهده گردید، با محلول پاشی نسبت به تیمار شاهد، بر میزان پرولین افزوده می شود، به طوری که محلول پاشی با مارمارین و دالچین، نسبت به تیمار شاهد، بدون اختلاف معنی دار از همدیگر دارای بیشترین مقدار پرولین می باشد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات روی گیاه کلزا و کتان روغنی مطابقت داشت (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱).



نمودار ۶- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر پرولین

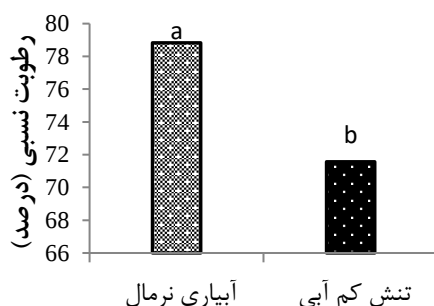
اثر تیمارهای محرک‌های رشد گیاهی نیز بر میزان پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر محرک‌های رشد گیاهی بر میزان پرولین مشاهده گردید، با محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی نسبت به تیمار شاهد، بر میزان پرولین افزوده می‌شود، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با مارمارین و دالجین به‌ترتیب با ۰/۶۰۷ و ۰/۵۹۳ گرم، نسبت به تیمار شاهد با ۰/۳۸۰ گرم، بدون اختلاف معنی‌دار از همدیگر دارای بیشترین میزان پرولین می‌باشد که نسبت به شاهد به‌طور متوسط ۵۷/۸۹ درصد پرولین بیشتری داشتند (شکل ۷).



نمودار ۷- اثر محرک‌های رشد گیاهی بر پرولین نعنای فلفلی

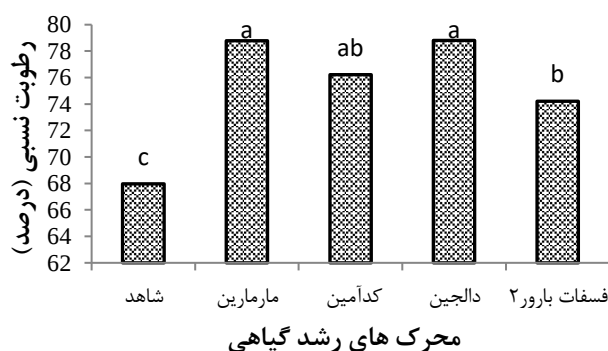
رطوبت نسبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر رطوبت نسبی نعنای داشت. به‌صورتی‌که در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال آبیاری رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان رطوبت نسبی با ۷۸/۸۳ درصد مربوط به شرایط نرمال آبیاری و کمترین آن با ۷۱/۵۷ درصد مربوط به تنش خشکی می‌باشد. شرایط نرمال آبیاری نسبت به تنش خشکی به میزان ۱۰/۱۴ درصد، رطوبت نسبی بیشتری داشت (شکل ۸). در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال آبیاری رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوای رطوبت به‌میزان دسترسی گیاه به آب و توانایی گیاه در تنظیم حرکات روزنه‌ای و تنظیم اسمزی بستگی دارد. تنش کمبود آب موجب کاهش پتانسیل آب برگ و محتوای رطوبت نسبی برگ می‌شود. پورموسوی و همکاران (۲۰۰۵) در سویا و فرانکا و همکاران (۲۰۰۹) در لوبیا نیز کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ را تحت تأثیر خشکی گزارش کردند.



نمودار ۸- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر رطوبت نسبی

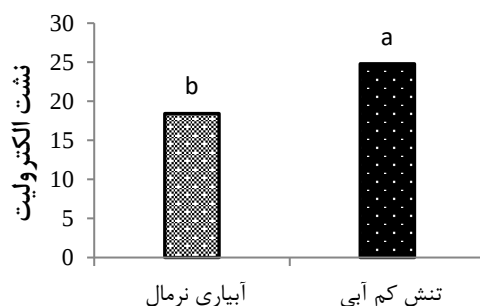
محلول پاشی محرک‌های رشد در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی داری بر رطوبت نسبی نعنای فلفلی داشت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین‌ها با محلول پاشی محرک‌های رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی)، رطوبت نسبی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در بین محرک‌های رشد، محلول پاشی با مارمارین و دالجین به ترتیب با ۷۸/۷۹ و ۷۸/۸۲ درصد بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت نسبی نسبت به شاهد با ۶۷/۹۶ درصد نشان دادند (شکل ۹). با محلول پاشی محرک‌های رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی)، رطوبت نسبی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در بین محرک‌های رشد گیاهی، محلول پاشی با مارمارین و دالجین بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت نسبی نسبت به شاهد نشان دادند (دهنوی و همکاران، ۲۰۱۱).



نمودار ۹- اثر محرک های رشد گیاهی بر رطوبت نسبی

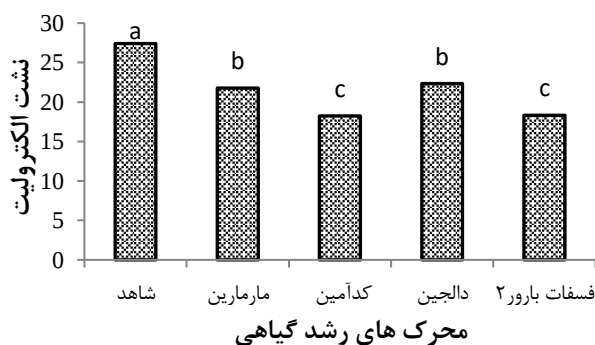
نشت الکتrolیت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تنش خشکی بر صفت نشت الکتrolیت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تنش خشکی نشان داد که در شرایط تنش کم آبی میزان نشت الکتrolیت بطور معنی داری افزایش یافت، بطوری که بیشترین میزان نشت الکتrolیت با متوسط ۲۴/۸۰ درصد مربوط به تنش خشکی و کمترین آن با متوسط ۳۴/۵۶ درصد مربوط به شرایط نرمال آبیاری بود (شکل ۱۰). در شرایط تنش کم آبی میزان نشت الکتrolیت به طور معنی داری افزایش یافت. تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه می‌باشد، بنابراین در طی آن تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد. در نتیجه تحت شرایط تنش به سرعت چربی‌های غشاء پراکسید گردیده و پایداری غشاء سلول از بین می‌رود (یوان و همکاران، ۲۰۰۸).



نمودار ۱۰- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر نشت الكلوروليت

تأثیر تیمارهای محلول پاشی محرک‌های رشد گیاهی نیز بر میزان نشت الكلوروليت در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با محلول پاشی محرک‌های رشد میزان نشت الكلوروليت نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور معنی داری کاهش یافت. محلول پاشی با محرک‌های رشد کدامین و فسفات بارور ۲ به ترتیب با ۱۸/۳۳ و ۱۸/۲۵ دارای کمترین میزان نشت الكلوروليت بودند. محرک‌های رشد مارمارین و دالجین تأثیر مشابهی در کاهش میزان نشت الكلوروليت نشان دادند و بیشترین میزان نشت الكلوروليت با میانگین ۲۷/۴۱، مربوط به شاهد یعنی عدم محلول پاشی با محرک‌های رشد می باشد (شکل ۱۱). با محلول پاشی، میزان نشت الكلوروليت نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) به طور معنی داری کاهش یافت. محلول پاشی با کدامین و فسفات بارور ۲ دارای کمترین میزان نشت الكلوروليت بودند. مارمارین و دالجین تأثیر مشابهی در کاهش میزان نشت الكلوروليت نشان دادند و بیشترین میزان نشت الكلوروليت مربوط به تیمار شاهد یعنی عدم محلول پاشی می باشد. محلول پاشی محرک‌های رشد مانند مارمارین، دالجین و کدامین بر میزان نشت الكلوروليت تحت شرایط تنش خشکی مؤثر می باشد. سناراتا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد مارمارین به صورت اسپری بر روی برگ‌ها میزان نشت الكلوروليت را در گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا در تحت شرایط تنش خشکی کاهش می دهد.

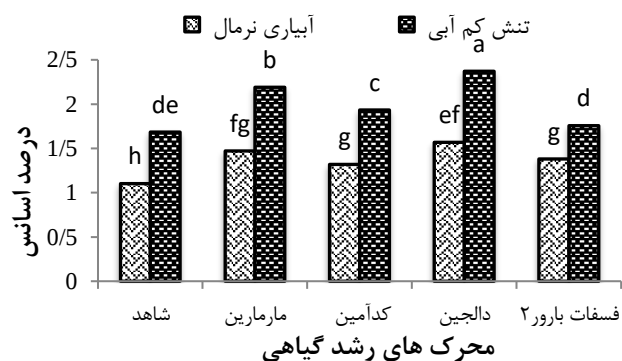


نمودار ۱۱- اثر محرک های رشد گیاهی بر نشت الكلوروليت

درصد اسانس

نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول پاشی محرک‌های رشد گیاهی به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر درصد اسانس نعناع فلفلی داشت (جدول ۲). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر درصد اسانس نشان داد که تنش کم آبی با متوسط ۱/۹۹ درصد دارای بیشترین درصد اسانس بود

(جدول ۳). مطابق مقایسه میانگین‌ها، اثر محلول‌پاشی محرک‌های رشد بر درصد اسانس مشاهده شد که محلول‌پاشی دالجین با متوسط ۱/۹۷ درصد در مقایسه با دیگر تیمارها بالاترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول‌پاشی محرک‌های رشد در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲). اثر متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی نشان داد که تنش خشکی و محلول‌پاشی با محرک‌های رشد گیاهی موجب افزایش درصد اسانس در نعنای فلفلی گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی دالجین در شرایط تنش خشکی با میانگین ۲/۳۷۲، دارای بیشترین درصد اسانس بود که نسبت به تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی در شرایط آبیاری نرمال با ۱/۱۰۲ درصد، اسانس نعنای را افزایش داد (شکل ۱۲). در بررسی اثر تنش خشکی بر درصد اسانس مشاهده گردید، با اعمال تنش بر درصد اسانس نعنای افزوده می‌شود. استفاده از محرک‌های رشد، اثر مثبتی بر افزایش درصد اسانس داشت، به‌طوری‌که محلول‌پاشی دالجین در مقایسه با دیگر تیمارها بالاترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد. در این رابطه می‌توان گفت که کاربرد محرک‌های رشد گیاهی، علاوه بر حفظ رطوبت خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه سبب افزایش تولید آسیمیلات‌ها و در نتیجه تولید گل می‌شود. در این شرایط سنتز متابولیت‌های ثانویه، از جمله اسانس نیز افزایش می‌یابد. اثر متقابل دو جانبه تنش خشکی در محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی نشان داد که تنش خشکی و محلول‌پاشی با محرک‌های رشد گیاهی موجب افزایش درصد اسانس در نعنای فلفلی گردید. محلول‌پاشی دالجین در شرایط تنش خشکی، دارای بیشترین درصد اسانس بود که نسبت به تیمار شاهد، عدم محلول‌پاشی در شرایط آبیاری نرمال، درصد اسانس را افزایش داد. براساس نتایج می‌توان گفت که برای درصد بالای اسانس در نعنای که سبب افزایش کیفی محصول می‌گردد، اعمال تنش رطوبتی تا حدودی می‌تواند مناسب باشد. با کاهش سطح برگ ناشی از تنش- خشکی، تعداد غده‌های مترشح‌ه اسانس افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت. بابایی (۲۰۱۱) نتایج مشابهی را در گیاه دارویی ریحان گزارش کرد. تأثیر محلول‌پاشی محرک‌های رشد بر درصد اسانس مثبت و معنی‌دار بود. احتمالاً افزایش درصد اسانس نعنای با محلول‌پاشی محرک‌های رشد گیاهی به دلیل تأثیر آن‌ها بر سطح برگ و رشد، در نتیجه افزایش غدد ترشح‌کننده اسانس می‌باشد که با نتایج تحقیقات (کندلوال و همکاران، ۲۰۰۲) روی گیاه حنا (*Lawsonia inermis*) مطابقت داشت. صفی‌خانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش داد که تنش خشکی روی بادرشبو (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) موجب کاهش ارتفاع، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس نسبت به دو تیمار دیگر (۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید. ولی باعث افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار بدون تنش گردید.



نمودار ۱۲- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و محرك های رشد گیاهی بر درصد اسانس

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش خشکی و محرك های رشد گیاهی بر برخی صفات کمی و کیفی نعنای فلفلی

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	کلروفیل	وزن خشک	نشت الکترولیت	رطوبت نسبی	پروپیلین
تکرار	۲	۱۱/۲۶ ^{ns}	۵۷/۸۷ ^{ns}	۰/۰۷۷ ^{ns}	۳۶/۰۷ ^{ns}	۲۶/۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
تنش خشکی (A)	۱	۲۶۷/۱۳ ^{**}	۷۲۱/۰۷ [*]	۱۳/۵۵ [*]	۶۰۸/۰۲ [*]	۷۹۱/۴۸ ^{**}	۰/۸۵۸ ^{**}
خطای آزمایش	۲	۰/۸۸۲	۱۳/۲۷	۰/۲۸۱	۳۲/۰۷	۳/۷۰۵	۰/۰۰۰۱
کود بیولوژیک (B)	۴	۶۲/۸۲ ^{**}	۱۵۸/۴۴ ^{**}	۳/۸۳۶ ^{**}	۱۶۸/۸۵ ^{**}	۲۴۱/۳۵ ^{**}	۰/۱۳۴ ^{**}
تنش خشکی × کود بیولوژیک	۴	۸/۷۵ ^{ns}	۱۱/۹۴ ^{ns}	۰/۱۱۲ ^{ns}	۲/۴۷۵ ^{ns}	۹/۷۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
زمان محلول پاشی (C)	۱	۹/۹۲ ^{ns}	۲/۰۴ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۱۲/۱۵۰ ^{ns}	۱۴/۰۹۴ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
تنش خشکی × زمان محلول پاشی	۱	۷۹/۸۱ ^{**}	۰/۶۰ ^{ns}	۰/۶۰۲ [*]	۸/۸۲ ^{ns}	۲/۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
کود بیولوژیک × زمان محلول پاشی	۴	۱۳/۵۷ ^{ns}	۳/۸۵۸ ^{ns}	۰/۵۴۱ [*]	۱/۱۹۲ ^{ns}	۷/۲۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}
تنش خشکی × کود بیولوژیک × زمان محلول پاشی	۴	۶/۷۷ ^{ns}	۶/۰۵۸ ^{ns}	۰/۶۴۶ ^{**}	۱/۱۰۸ ^{ns}	۱/۴۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۶	۸/۳۰	۲۷/۲۹	۰/۱۴۳	۴/۹۵۶	۱۵/۹۷	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (CV %)		۸/۵۷	۱۴/۱۱	۱۱/۴۸	۱۰/۳۰	۵/۳۲	۱۲/۱۱

*، ** به ترتیب مفهوم غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشد. ^{ns}

نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی، بر روی تمامی صفات مورد بررسی تأثیر معنی داری داشتند. تیمار تنش خشکی، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام های هوایی، محتوای رطوبت نسبی و میزان کلروفیل را کاهش، ولی میزان نشت الکترولیت و تنظیم کننده های اسمزی یعنی پروپیلین و درصد اسانس نعنای فلفلی را افزایش داد. محلول پاشی محرك های رشد گیاهی، سبب افزایش تمامی صفات مورد بررسی به جز نشت الکترولیت گردید. محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی در افزایش بعضی صفات مورفولوژیک تأثیر بیشتری نسبت به محلول پاشی بعد از مرحله گلدهی داشت. در تولید گیاهان دارویی، ارزش

واقعی به کیفیت محصول یعنی میزان ماده مؤثره وابسته است و طی تحقیقات به عمل آمده مشاهده گردید که با کاربرد محرک‌های رشد گیاهی و کود بیولوژیک حداکثر ماده مؤثره حاصل شد و همچنین با توجه به اینکه بیشترین مقادیر درصد اسانس از کاربرد دالچین در شرایط تنش خشکی به دست آمد، بنابراین چنین استنباط می‌شود که کاربرد برخی محرک‌های رشد از جمله دالچین و مارمارین به عنوان جایگزینی برای کود شیمیایی، بهترین شرایط را جهت حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی در گیاه دارویی نعنای فلفلی و در راستای نیل به کشاورزی پایدار فراهم نمود.

منابع

- __ امید بیگی، ر. ۱۳۹۲. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات استان قدس رضوی، جلد سوم، چاپ چهارم، ۱۴۴ صفحه.
- __ بابایی، ر.، عبادی. حسن‌زاده. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کودهای زیستی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کدوی تخمه. مقاله یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. ۸۴۰-۸۴۳.
- __ بابایی، م. ۱۳۸۹. تأثیر خشکی و زمان برداشت بر بررسی صفات اکوفیزیولوژیک و اسانس انیسون. ۳۵-۳۷.
- __ صفی‌خانی، ف.، حیدری شریف‌آباد، ح.، سیادت، س.، شریفی عاشورآبادی، ا.، سیدنژاد، س. و عباس زاده، ب. ۱۳۸۵. تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس، و ویژگی‌های گیاه دارویی بادرشبو. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۳، شماره ۱: ۸۶-۹۹.
- __ جوادی، ت.، ارزانی، ک. و ابراهیم زاده، ح. ۱۳۸۳. بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در ۹ ژنوتیپ گلابی آسیایی تحت تنش خشکی. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۱۷، شماره ۴: ۱۶۶ صفحه.
- __ زبید، م. و. احمایی، ح.، رضوانی‌مقدم، پ. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی ۲ گیاه دارویی ریحان و شنبلیله. اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. ۹۹-۱۰۳.
- __ یزدانی، د.، جمشیدی، ا. و مجاب. ۱۳۸۷. مقایسه میزان اسانس و منتول موجود در نعنای فلفلی کاشته شده در مناطق مختلف کشور. فصلنامه گیاهان دارویی. شماره سوم. ۷۳-۷۷.
- Ahmed, A.G., Orabi, S.A. and Gaballah, M.S. 2010. Effect of Bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *Int. J. Acad. Res.*, 2: 271-277.
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell Environ.* 24(12): 1337-1344.
- Bahreaninejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2014. Effect of water stress on productivity and essential oil content and composition of *Thymus carmanicus*, *J. Essent. Oil-Bear. Plants* 17(5): 717-725.
- Bajji, M., Kinet, J. and Lutts, S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *J. Plant Growth Regul.* 36(1): 61-70.

- Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M. 2010. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in tree durum wheat (*Triticum durum* Desf) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci. J.*, 160: 669 – 681.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jenson, R.G. 2008. Adaptation to environmental stress, *Plant Cell J.*, 7: 98-111.
- Daneshmandi, M.sh. and Azizi, M. 2009. The study on the effect of water stress and mineral zeolite on some quantity and characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). In: Proceeding of 6th Iranian Horticultural Science Congress, Iran, 12-15 july.
- Fazeli Rostampoor, M., Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, S.GH.R. 2011. The study of drought stress effect and superabsorbent on relative water content and chlorophyll index of leaf and their relationship with grain yield in corn, *Crop Physiol. J.*, 2(1): 86-77.
- Franca, M.G., Pham-Thi, A.T., Pimental, C. and Pereya-Rossiello, R.O. 2009. Defence in growth and water relation among, *Phaseolus vulgaris* cultivar in response to induced drought stress, *Environ. Exp. Bot.*, 43: 227-237.
- Hossain, M.A. 2008. Growth yield performance of some rice cultivars under different soil moisture regimes. M.Sc. thesis, Department of Crop Botany, The Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.
- Kandelwal, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Goutam, SP. 2002. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. *Motia* by Rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiol. Res.*, 156: 145-149.
- Korramdel, S., Amin Gafouri, A. Rezvani Mogaddam, P. and Nasiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of different irrigation regimes combined with biological fertilizer application on grain yield, chlorophyll content and relative moisture content of sesame (*Sesamum indicum* L.). The first national conference on sustainable agriculture and healthy crop production. Aban 19 and 20, *Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center*.
- Mahfuz, S.A. and M.A. Saraf-Edin. 2007. Effects of mineral vs. bio fertilizer on growth, yield and essential oil content of Fennel. Medicinal and Aromatic plants department, National research center. *Int. Agrophysics.*, 21: 361-366.
- Mihalovic, N., Lazarevic, M., Dzeletoric, Z., Vuckoric, M. and Durdevic, M. 1997. Chlorophyll activity in Wheat leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion from applied. *J. Plant Sci.*, 129: 141-146.
- Misra, A. and Srivastava, N.k. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *J. Herbs Spices Med. Plants.*, 7: 51-58.
- Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R. and Kavusi, B. 2011. Effect of cycocel on prolin, soluble sugars, protein, oil and fatty acids of flax (*Linum usitatissimum* L.) plant under drought stress in a pot trial. *Env. Stresses Crop Sci.*, 3: 129-138.
- Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *J. Sci. Hortic.*, 115: 393-397.
- Pour Mousavi, M., Galavi, M. and Danshiyan, J. 2005. Effect of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycin max*). *J. Agric. Nat. Resour.*, 14: 125-134.

- Rezapour, A.R., Heidari, M., Galavi, M. and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. *IJMAPR*, 3: 384-396.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Saxena, D.C. 1998. Role of antioxidant systems in Wheat genotype tolerance to water stress. *Biol. Plant.*, 41(3): 387-394.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2010. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Biol. Plant.*, 30: 157-161.
- Stampar, F., Hudina, M., Dolenc, K. and Usenik, V. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* borkh.). In: Anac, D. and P. Martin-Prevel. Improved crop quality by nutrient management, Pp: 91-94.
- Taher, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K. and Kazmi, H.M. 2011. lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere J.*, 21: 124-131.
- Valentovič, P., Luxová, M., Kolarovič, L. and Gašparikova, O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.*, 52(4): 186-191.
- Yousef, A.A., Edris, A.E. and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *salvia officinalis* L. *J. Agric. Sci.*, 49:299-311.
- Yuan, S. and Lin, H.H. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. *Z. Naturforsch Journal*, 63: 313-320.

Effects of drought stress and foliar application of plant growth stimulants on quantitative and qualitative characteristics plant (*Mentha piperita* L.)

H.Hamdi Mohammad Abad^۱, M. Pouryousef Miandoab^{۲*}

Received: 4 Feb. 2023 Accepted: 4 Jul. 2023

Abstract

The experiment was performed to study the effects of drought stress and foliar application of plant growth stimulants on qualitative and quantitative yield of the *Mentha piperita* based on a split factorial randomized complete block design with three replicates in Miandoab. The main factor of drought stress testing includes two levels of normal irrigation and water deficit stress and the first sub-factor of plant growth stimulants in five levels, includes Control, Marmaryn, codamin, Dalgin and phosphate fertilizer 2 and also, the second sub-factor, includes the timing of foliar application in two levels of foliar application before flowering and after flowering stages. Drought stress reduced plant height, dry weight of shoots, relative water content and chlorophyll content, but it increased amount of the osmotic regulators, electrolyte leakage and proline and also *Mentha Piperita* essential oil. Foliar application of plant growth stimulants increased all traits except for the electrolyte leakage. Drought stress with the foliar application increased the essential oil content in *Mentha Piperita*, as Dalgin foliar application under drought stress conditions with 2/372 percent, had the highest essential oil. The highest percentage of essential oil was obtained with (2.01%) during foliar application after the flowering stage and under drought stress conditions. According to the results of triple interactions, the highest fresh and dry weight was related to the treatment of Dalgin and Codamin fertilizers, respectively, before flowering time and under normal irrigation conditions, which shows the positive effect of these fertilizers on the quantitative and qualitative properties of mint medicinal plant.

Keywords: Water deficit stress, Bio-fertilizer, Proline, Essential oi

1. Department of Agroecology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

2*. Department of Agroecology, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran.

Corresponding Author: pooryousefm@yahoo.com

