



اثر کودهای زیستی و آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی سنبله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

مسلم جابری^۱، رضا برادران^۲، سید غلامرضا موسوی^۳، مهسا افحوانی شجری^۳
تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر مدیریت آبیاری و تغذیه‌ای بر خصوصیات کیفی گیاه سنبله، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه آموزشی دانشگاه آزاد بیرجند، در بهار سال ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل دور آبیاری (در سه سطح شامل آبیاری در هر ۶، ۹ و ۱۲ روز) و کود زیستی (در چهار سطح شامل نیتروکسین، بیوسفر، قارچ‌های میکوریزای *G. intraradices* و *G. mosseae* و یک سطح شاهد فاقد کود) بودند. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد تیمار دور آبیاری اثر معنی‌داری بر فاکتورهای فیزیولوژیکی مانند کربوهیدرات، کلروفیل *a*، خاکستر، پرولین، میزان سدیم و پتاسیم داشت. اثر کود زیستی نیز بر کربوهیدرات، کلروفیل *a* و میزان خاکستر معنی‌دار بود. نتایج نشان داد با افزایش دور آبیاری به هر ۱۲ روز یکبار، میزان پرولین، کربوهیدرات، سدیم، کلروفیل *b* در برگ و خاکستر افزایش یافت، اما از میزان پتاسیم و کلروفیل *a* در برگ سنبله کاسته شد. حداکثر مقادیر کربوهیدرات‌های محلول و کلروفیل *a* در برگ در تیمارهای تغذیه‌ای میکوریزا موسوا و بیوسفر و بیشترین مقدار خاکستر در تیمار *G.intraradices* مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی سنبله، اثر مثبتی داشته و با افزایش دور آبیاری، در گیاه نوعی سازگاری به شرایط تنش خشکی ایجاد گردید.

واژه‌های کلیدی: پرولین، خصوصیات فیزیولوژیکی، سنبله، صفات فیزیولوژیکی، کودهای زیستی.

جابری، م.، ر. برادران، س.خ. موسوی و م. افحوان شجری. ۱۳۹۷. اثر کودهای زیستی و آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی سنبله (*Trigonella foenum-graecum* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۲: ۱۴۲-۱۵۱.

۱- دانشجوی دکتری کشاورزی، دفترهماهنگی امور اقتصادی و بین الملل استانداری خراسان جنوبی، بیرجند، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: moslem.jaberi@gmail.com

۲- استادیار دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۳- دکتری آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مقدمه

حدود یک سوم کره زمین را مناطق خشک و نیمه خشک در بر گرفته که وسعت این مناطق بیش از ۴۵ میلیون کیلومتر مربع تخمین زده شده است (ابوالحسنی زراعتکار، ۱۳۸۵). بیش از نیمی از سطح کشور ما دارای بارندگی‌های کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر و حدود ۷۵ درصد آن کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در سال است (علیزاده، ۱۳۸۱). بنابراین کشور ایران پیوسته دچار تنش خشکی و خشکسالی‌های متناوب است. لذا گیاهان بخشی از دوره زندگی خود را در معرض انواعی از شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرند. گاهی برخی از این شرایط برای گیاهان تنش‌زا و غیرمطلوب می‌باشد که می‌توانند اثراتی منفی بر تولید و کیفیت گیاهان داشته باشند (بویر، ۱۹۸۲). خشکی یکی از این عوامل تنش‌زا بوده که تولید کمی و کیفی محصولات را در سطح جهانی کاهش می‌دهد.

از این‌رو، مدیریت تغذیه‌ای مناسب در گیاهان در مقاومت آن‌ها به انواع تنش‌های زنده و غیر زنده نقش بسیار مؤثری دارد. گیاهی که به‌طور مطلوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت و در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (ویتس، ۱۹۷۲). در بسیاری از موارد، کاربرد کودهای شیمیایی در طولانی‌مدت باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی، صدمات اکولوژیکی و کاهش خصوصیات کمی و کیفی محصولات می‌شود (گوست و بهات، ۱۹۹۸). از این‌رو، کشاورزی پایدار از طریق جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی و زیستی؛ در صدد افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط زیست و افزایش کیفیت محصولات می‌باشد (مورتی و لادها، ۱۹۸۸؛ آلیوی و همکاران، ۱۹۹۳؛ ابهین ماستو، ۲۰۰۶).

چندی است که جنبه‌های بوم‌شناختی بوم‌نظام خاک با هدف بهره‌گیری از قابلیت‌های میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی به‌منظور تولید پایدار محصول، بهبود کیفیت خاک، ایمنی محیط زیست و سایر کارکردهای بوم‌نظام، مورد توجه جدی پژوهشگران قرار گرفته است (کریمی زارچی و کلباسی، ۱۳۷۸). باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفر و پتاسیم، افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک، مهار عوامل بیماری‌زا و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه، عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (فاتما و همکاران، ۲۰۰۸). آزمایشی نشان داد که فسفر جذبی به-

وسیله گیاهان در هنگام تلقیح با میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط عدم تلقیح یافت (وسی، ۲۰۰۳). پوریوسف و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata*) با کاربرد کودهای شیمیایی، دامی، باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور) و تلفیق آنها، شاهد افزایش درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ و فاکتور آماس بذر بودند.

با توجه به اینکه مدیریت آب بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان اثرگذار می‌باشد، پژوهش‌های بسیاری در این رابطه انجام گردیده است. فاتیما و همکاران (۱۹۹۹) اثر تنش خشکی را بر گیاه *Cymboopogon winterianus* بررسی کرده و دریافتند که به‌رغم افزایش معنی‌دار پرولین، انباشت این اسیدآمین به‌آفندر پایین بود که نمی‌تواند نقشی را در سازگاری این گیاه به تنش آبی بازی کند. در مطالعه دیگری باجی و همکاران (۲۰۰۱) افزایش غلظت پرولین را در اثر کمبود آب در سه رقم گندم درووم گزارش کردند. به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد. همچنین گزارش‌های متعددی مبنی بر وجود همبستگی مثبت بین انباشت پرولین و سازش به شرایط تنش اسمزی در گیاهان وجود دارد (مورتی و لادها، ۱۹۸۸).

گیاه شنبلیله از جمله گیاهانی است که به‌واسطه اثرات دارویی متعدد از دیرباز توجه محققان را به خود معطوف داشته است. مصرف این گیاه در اشکال مختلف دارویی، غذایی و بهداشتی باعث توجه بیش از پیش به این گیاه دارویی شده است. دانه شنبلیله نه تنها اثر نرم‌کننده و رفع تحریکات جلادی دارد، بلکه دارویی است نیروبخش که دارای اثر ترمیم‌کننده قوای از دست رفته می‌باشد. از این نظر مصرف آن به خصوص در بیماران مبتلا به سل و افراد ضعیف به‌منظور فراهم آوردن ذخایر لازم در بدن مفید است (زرگری، ۱۳۷۶). مواد تشکیل‌دهنده دانه گیاه دارویی شنبلیله، شامل ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و فیبرهای موسیلاژی (۵۰ درصد) و همچنین روغن‌ها، کربوهیدرات‌ها، ترکیبات پروتئینی وسیع و سایر املاح معدنی می‌باشند.

باوجود اهمیت این گیاه در موارد گوناگون اما در ارتباط با پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله به شرایط مختلف تغذیه‌ای و آبیاری اطلاعات کمی در دسترس است، بنابراین پژوهش حاضر باهدف بررسی اثر تنش خشکی و مدیریت تغذیه‌ای بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و دور آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله، آزمایشی در بهار سال ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد بیرجند به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی به سطوح دور آبیاری شامل سه سطح (با فواصل ۶، ۹ و ۱۲ روز یک‌بار) و کرت‌های فرعی به چهار سطح کود زیستی شامل (نیتروکسین، بیوسفر، قارچ‌های میکوریزا *Glomus* و *Glomus mosseae* *intraradices*) و یک سطح شاهد (فاقد کود) اختصاص یافت.

کاشت در قطعه زمین مورد نظر، پس از نمونه برداری از عمق ۳۰ سانتی متری خاک، انجام آنالیز خاک (جدول ۱) و عملیات شخم و دیسک، در ۱۴ فروردین ۱۳۸۹ به روش جوی و پشته در کرت‌های اصلی به ابعاد ۵ × ۵ متر و کرت‌های فرعی به ابعاد ۱ × ۵ متر انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۳۰ سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. در هر کرت میزان ۵۰۰ گرم بذر در عمق ۳ سانتی متری کشت گردید. کودهای نیتروکسین (شامل گونه‌های باکتری *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum brasilense* و *Azospirillum lipoferum*) و بیوسفر (شامل گونه باکتری *Pseudomonas fluorescens*) از شرکت مهر آسیا تهیه و برای تلقیح بذر با مایه تلقیح باکتری با تعداد 10^8 سلول زنده در هر گرم، بذر را با این مایه مخلوط نموده به طوری که یک پوشش کاملاً یکنواخت از این مایه‌های تلقیحی روی سطح بذر تشکیل گردید (از آنجا که میزان بذر مورد استفاده شده در زمان کاشت در هر کرت ۵۰۰ گرم بود لذا ۴/۵ کیلوگرم بذر شنبلیله با یک لیتر کود نیتروکسین آغشته شد و این عمل برای کود محلول بیوسفر نیز تکرار گردید). و سپس در زیر

خاک قرار داده شدند. از قارچ *Glomus intraradice* و *Glomus mosseae* به صورت مخلوطی از اسپور (تعداد اسپور زنده قارچ که در هر گرم خاک حاوی ۵۰ تا ۱۵۰ اسپور بود)، هیف و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده به عنوان تلقیح کننده (حاوی ریشه‌های گیاهان میکوریزی شده و ریشه‌های قارچ میکوریزا ۲۰ تا ۵۰ متر در هر گرم خاک) در عمق ۲ سانتی متری زیر هر بذر با در نظر گرفتن تراکم نهایی بوته‌های شنبلیله و به ازای هر بوته ۱۰ گرم و در هر کرت ۲ کیلوگرم استفاده شد.

تا زمان جوانه زنی بذر، آبیاری به صورت سطحی و هر روز صورت گرفت. بذرها ۵ روز پس از کاشت شروع به سبز شدن کردند. دور آبیاری بعد از استقرار گیاهچه‌ها و از مرحله تنک کردن به بعد اعمال شد. در دوره داشت عمل تنک کردن در دو مرحله (دو تا سه برگگی و دیگری در مرحله چهار تا شش برگگی) انجام شد. وجین علف‌های هرز در سه نوبت صورت گرفت و در طول دوره رشد نیز هیچ گونه آفت و بیماری خاصی مشاهده نشد. برداشت در اوایل تیر ماه زمانی که بوته‌ها زرد و حداقل ۸۰ درصد غلاف‌ها رسیده بودند و البته قبل از باز شدن غلاف‌ها و ریزش بذر با حذف اثر حاشیه صورت گرفت.

در این تحقیق اندازه‌گیری خصوصیات کیفی از قبیل میزان کلروفیل a، کلروفیل b، پروتئین با استفاده از روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳)، کربوهیدرات با استفاده از اتانول ۹۵٪ و بر اساس روش اسید سولفوریک (شلگال، ۱۹۵۶) و سدیم و پتاسیم توسط روش خاکسترگیری خشک در مرحله غلاف دهی گیاه شنبلیله و از برگ گیاه، صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار آماری SAS و MSTATC صورت پذیرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردیدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	لای رس شن			پتاسیم آهن روی منگنز				فسفر	نیترژن	pH	هدایت الکتریکی (ds.m ⁻¹)
	(%)	(%)	(%)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)				
لومی رسی شنی	۴۱	۳۲	۲۷	۳/۱	۴/۸	۲/۲	۱۸۵	۱۲	۶/۳	۷/۱	۱/۸

نتایج و بحث

پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دور آبیاری تأثیر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان پرولین موجود در برگ‌های شنبلیله داشت اما اثر کود زیستی و اثر متقابل دور آبیاری در کود زیستی بر پرولین معنی دار نبود (جدول ۲). مشاهده شد که با افزایش دور آبیاری به ۱۲ روز بر تجمع پرولین در برگ‌های شنبلیله افزوده شد. تفاوت مقدار پرولین بین دوره‌های آبیاری ۶ و ۹ روز معنی دار نبود اما دور آبیاری ۱۲ روز با میانگین ۱۸/۰۹ میکرومول پرولین بر گرم وزن تر برگ، دارای بیشترین میزان پرولین در بین تیمارهای دور آبیاری بود (جدول ۳). تنش خشکی علاوه بر اینکه رشد و نمو را در گیاهان کاهش می‌دهد، باعث تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای متابولیسمی نیز می‌گردد؛ این تغییرات می‌توانند گیاه را در مقابل تنش مقاوم سازند. سازش با خشکی به واکنش‌هایی وابسته است تا

از طریق آن فرآیندهای متابولیسمی اولیه ادامه پیدا نموده و گیاه را برای مقابله با آن آماده سازد (قربانی و نیاکان، ۱۳۸۴). هنگامی که گیاهان به وسیله خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر فاکتورهایی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت اسمولیت هایشان را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه پیدا کند. در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل شده سازگار است که تجمع می‌یابد (کوزنتسو و شویوکوا، ۱۹۹۹). در چنین شرایطی، گیاه به منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد (قربانی و نیاکان، ۱۳۸۴؛ مارتین و همکاران، ۱۹۹۳؛ ژانگ و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش پرولین برگ‌ها در این آزمایش با نتایج لازانکو و لاوات (۱۹۹۹) مطابقت دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات دور آبیاری و مصرف کودهای زیستی روی صفات فیزیولوژیکی شنبلیله

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پرولین	کربوهیدرات	کلروفیل a	کلروفیل b	خاکستر	سدیم
تکرار	۲	۴/۰۷	۰/۹۷	۰/۲۵	۰/۷۰	۱۳/۱۱	۷/۰۳
دور آبیاری	۲	*۶۹/۸۷	**۱۳/۰۲	**۷/۱۵	ns۱/۷۹	**۶/۴۳	**۱۲۴۳/۴۶
خطای اول	۴	۱۲/۸۸	۲/۸۵	۲/۳۶	۱/۱۷	۰/۹۷	۲۲۹/۸۶
کود زیستی	۴	ns۱۳/۵۸	**۶/۰۵	**۴/۲۱	ns۱/۰۵	*۳/۵۷	ns۲۰/۲۷
آبیاری × کود	۸	ns۴/۹۵	ns۰/۳۶	ns۰/۱۷	ns۰/۰۶	ns۱/۲۰	ns۵۵/۲۲
خطای دوم	۲۴	۱۶/۹۹	۱/۴۲	۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۸۷	۱۴۹/۵۷
ضریب تغییرات	-	۲۶/۳۹	۱۷/۵۴	۱۸/۰۱	۴۴/۱۹	۱۹/۰۵	۲۳/۰۵

ns، **، * به ترتیب نشان‌دهنده معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی دار بودن می‌باشد.

کربوهیدرات

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دور آبیاری و کودهای زیستی، هر یک تأثیر معنی داری در سطح یک درصد روی میزان کربوهیدرات‌های محلول در شنبلیله داشتند، ولی اثر متقابل این دو تیمار بر کربوهیدرات معنی دار نبود. با افزایش دور آبیاری و به تبع آن افزایش تنش خشکی در گیاه، بطور معنی داری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها افزوده گردید. تفاوت میزان کربوهیدرات‌ها بین دوره‌های آبیاری ۶ و ۹ روز معنی دار نبود اما با افزایش دور آبیاری

به ۱۲ روز بر میزان کربوهیدرات‌ها افزوده شد و این دور آبیاری با میانگین ۷/۸۳ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر برگ دارای بیشترین میزان کربوهیدرات در بین تیمارهای دور آبیاری بود (جدول ۳). یکی از راهکارهای مناسب گیاهان در پاسخ به تنش خشکی افزایش مواد محلول و فعال اسمزی است که با حفظ خاصیت آبیگری و تورژسانس سلول انجام فرآیندهای متابولیسمی را از خطرات کمبودی ایمن می‌سازد که از جمله این ترکیبات می‌توان به کربوهیدرات‌هایی نظیر گلوکز، فروکتوز، ساکارز و پلی‌ساکاریدها اشاره کرد (هندسون و

در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین مقدار کربوهیدراتها به- ترتیب مربوط به کودهای میکوریزا موسوا و بیوفسفر بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین *G.intraradices* و شاهد از این لحاظ وجود نداشت و کود نیتروکسین نیز در حدواسط این دو گروه قرار گرفت (جدول ۳).

هیتز، ۱۹۸۲؛ جونز و همکاران، ۱۹۸۰). افزایش قندهای محلول را می‌توان با دلایلی از قبیل تجزیه پلی ساکاریدها نظیر نشاسته، ستر قندها از مسیر غیرفستوزی، عدم تبدیل این ترکیبات به محصولات دیگر، کاهش انتقال از برگ‌ها به دیگر اندام‌ها و یا متوقف شدن رشد (هیس، ۱۹۷۳؛ پریماکاندر و همکاران، ۱۹۹۱) توجیه نمود.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی شبلیله تحت تأثیر دور آبیاری و کودهای زیستی

تیمارهای آزمایش	پرویلین (میکرومول در گرم وزن تر برگ)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل a (میکروگرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میکروگرم در گرم وزن تر برگ)	خاکستر (درصد)	سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
دور آبیاری							
روز ۶	^b ۱۴/۱۳	^b ۶/۰۲	^a ۶/۱۳	^a ۹/۸۲	^b ۴/۱۹	^b ۴۴/۷۵	^a ۴/۱۶
روز ۹	^b ۱۴/۶۲	^b ۶/۵۵	^a ۵/۷۰	^a ۲/۰۲	^a ۵/۰۳	^b ۵۱/۵۸	^{ab} ۳/۷۰
روز ۱۲	^a ۱۸/۰۹	^a ۷/۸۳	^b ۴/۷۸	^a ۲/۴۹	^a ۵/۴۸	^a ۶۲/۷۸	^b ۲/۸۹
کود زیستی							
نیتروکسین	^a ۱۵/۰۱	^{ab} ۶/۷۲	^{ab} ۵/۵۸	^a ۲/۱۶	^b ۴/۳۴	^a ۵۴/۳۴	^a ۳/۶۳
بیوفسفر	^a ۱۷/۴۱	^a ۷/۶۰	^a ۶/۲۸	^a ۲/۰۳	^b ۴/۵۵	^a ۵۳/۸۱	^a ۴/۰۱
میکوریزا موسوا	^a ۱۴/۴۳	^a ۷/۶۸	^a ۶/۱۲	^a ۲/۱۹	^b ۴/۹۱	^a ۵۰/۵۱	^a ۳/۸۲
میکوریزا ایتترا	^a ۱۴/۸۸	^b ۶/۰۲	^b ۴/۹۷	^a ۲/۱۶	^a ۵/۹۶	^a ۵۳/۶۰	^a ۳/۴۱
شاهد	^a ۱۶/۳۳	^b ۵/۹۹	^b ۴/۷۳	^a ۲/۰۲	^b ۴/۷۳	^a ۵۲/۹۴	^a ۳/۰۵

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند

کلروفیل a و b

شرایط کمبود آب کاهش می‌یابد (گوسگنوا و همکاران، ۲۰۰۶). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود؛ در طی تنش خشکی، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌گردند (سایرام و همکاران، ۱۹۹۸). تنش خشکی سبب هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوئیدی و کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌گردد (سینری و همکاران، ۱۹۹۳) و عنوان شده که تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی جهت اشکال قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش خشکی است.

بیشترین مقدار کلروفیل a با میانگین‌های ۶/۱۲ و ۶/۲۸ میکروگرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ به ترتیب از کودهای بیوفسفر و میکوریزا موسوا و کمترین مقدار آن با میانگین ۴/۷۳ میکروگرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳).

دور آبیاری و کود زیستی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل a داشتند اما تأثیر آنها بر میزان کلروفیل b در گیاه معنی‌داری نبود. اثر متقابل دور آبیاری در کود زیستی نیز برای کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش دور آبیاری از مقدار کلروفیل a در برگ‌های شبلیله کاسته شد به طوری که در دور آبیاری ۱۲ روز به کم‌ترین مقدار با میانگین ۴/۷۸ میکروگرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ رسید. تفاوت بین دورهای آبیاری ۶ و ۹ روز برای کلروفیل a از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و دور آبیاری ۶ روز با میانگین ۶/۱۳ میکروگرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ دارای بیشترین مقدار کلروفیل a بود. با افزایش دور آبیاری به ۱۲ روز بر مقدار کلروفیل b در برگ‌ها تا حدودی افزوده شد که این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۳). فتوسنتز که یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است، شدت آن در

جدول ۴- نتایج اثرات متقابل صفات فیزیولوژیکی شنبلیله تحت تأثیر دور آبیاری و کودهای زیستی

تیمارهای آزمایش	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر برگ)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل a (میکروگرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میکروگرم در گرم وزن تر برگ)	خاکستر (درصد)	سدیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
روز ۶	نیتروکسین	ab _{۱۳/۱۶}	bc _{۵/۸۷}	abcd _{۱/۱۷}	a _{۱/۷۵}	abc _{۴۸/۷۸}	ab _{۴/۱۰}
	بیوفسفر	ab _{۱۶/۵۶}	abc _{۶/۶۳}	a _{۷/۰۳}	a _{۱/۸۷}	c _{۳۸/۶۰}	ab _{۴/۲۳}
	میکوریزاموسوا	ab _{۱۴/۵۸}	abc _{۶/۷۲}	ab _{۶/۸۲}	a _{۱/۸۵}	bc _{۴۳/۳۰}	a _{۴/۷۵}
	میکوریزاینترازا	ab _{۱۲/۴۱}	c _{۵/۵۹}	abcde _{۵/۴۷}	a _{۱/۸۸}	abc _{۴۷/۶۳}	ab _{۴/۰۶}
	شاهد	ab _{۱۳/۹۶}	c _{۵/۳۱}	abcde _{۵/۱۴}	a _{۱/۷۷}	abc _{۴۵/۴۶}	ab _{۳/۶۶}
روز ۹	نیتروکسین	ab _{۱۳/۹۵}	bc _{۶/۱۲}	abcde _{۵/۵۰}	a _{۲/۰۷}	abc _{۵۰/۲۳}	ab _{۳/۹۳}
	بیوفسفر	ab _{۱۵/۲۲}	abc _{۷/۳۶}	abc _{۶/۴۶}	a _{۲/۰۵}	abc _{۵۵/۱۶}	ab _{۴/۰۶}
	میکوریزاموسوا	b _{۱۲/۱۴}	abc _{۷/۴۹}	abc _{۶/۳۸}	a _{۲/۱۸}	abc _{۴۵/۹۶}	ab _{۳/۵۴}
	میکوریزاینترازا	ab _{۱۵/۷۰}	bc _{۶/۰۲}	abcde _{۵/۴۰}	a _{۱/۹۱}	abc _{۵۵/۲۳}	ab _{۳/۸۵}
	شاهد	ab _{۱۶/۰۹}	c _{۵/۷۶}	cde _{۴/۷۷}	a _{۱/۸۶}	abc _{۵۱/۳۰}	ab _{۳/۰۹}
روز ۱۲	نیتروکسین	ab _{۱۷/۹۱}	ab _{۸/۱۶}	bcde _{۵/۰۷}	a _{۲/۶۶}	ab _{۶۴/۰۱}	ab _{۲/۸۵}
	بیوفسفر	a _{۲۰/۴۶}	a _{۸/۸۱}	abcde _{۵/۳۳}	a _{۲/۱۵}	a _{۶۷/۶۶}	ab _{۳/۷۰}
	میکوریزاموسوا	ab _{۱۶/۵۹}	a _{۸/۸۴}	abcd _{۵/۱۸}	a _{۲/۵۵}	abc _{۶۲/۲۶}	ab _{۳/۱۵}
	میکوریزاینترازا	ab _{۱۶/۵۴}	bc _{۶/۴۶}	e _{۴/۰۴}	a _{۲۵/۶۸}	abc _{۵۷/۹۳}	b _{۲/۳۲}
	شاهد	ab _{۱۸/۹۶}	abc _{۶/۹۰}	de _{۴/۲۶}	a _{۲/۴۳}	b _{۵/۴۰}	ab _{۲/۴۱}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

میزان خاکستر

نتایج نشان داد دور آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان سدیم (در سطح یک درصد) و پتاسیم (در سطح پنج درصد) برگ‌ها داشته است اما اثر کود زیستی و اثر متقابل دور آبیاری در کود زیستی تأثیر معنی‌داری روی این دو فاکتور نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن نشان داد با افزایش دور آبیاری به‌طور معنی‌داری بر میزان سدیم برگ افزوده و از میزان پتاسیم برگ کاسته شد؛ کمترین میزان سدیم برگ شنبلیله با میانگین ۴۴/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم از دور آبیاری ۶ روز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با دور آبیاری ۹ روز (۵۱/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نداشت و بیشترین مقدار سدیم نیز با میانگین ۶۲/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم از دور آبیاری ۱۲ روز حاصل گردید. در مقابل، مقدار پتاسیم برگ روندی معکوس سدیم داشته و بیشترین مقدار آن با میانگین ۴/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در دور آبیاری ۶ روز و کمترین مقدار آن با میانگین ۲/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در دور آبیاری ۱۲ روز حاصل شد (جدول ۳). گزارش شده است که تحمیل تنش خشکی بر ریشه گیاهان سبب تغییر سرعت جذب مواد معدنی و گردش آنها در پیکره گیاه شده که سبب تغییر

نتایج نشان داد که دور آبیاری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد و کود زیستی نیز تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد روی میزان خاکستر شنبلیله داشته است، ولی اثر متقابل این دو تیمار برای میزان خاکستر معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که با افزایش دور آبیاری بر میزان خاکستر شنبلیله افزوده گردید. کمترین میزان خاکستر با میانگین ۴/۱۹ درصد از دور آبیاری ۶ روز و بیشترین مقدار آن با میانگین ۵/۴۸ درصد از دور آبیاری ۱۲ روز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار خاکستر در دورهای آبیاری ۹ و ۱۲ روز وجود نداشت. بیشترین مقدار خاکستر با میانگین ۵/۹۶ درصد با استفاده از کود *G.intraradices* به‌دست آمد و بین سایر تیمارهای کودی هیچ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و همه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳).

میزان سدیم و پتاسیم

شنبلیله کاسته شده ولی پرولین، کربوهیدرات و سدیم افزایش پیدا کرد که نوعی سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی محسوب می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، بنظر می‌رسد کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این قبیل گیاهان بوده؛ به طوری که این تیمارها بدون کوچکترین صدمات و مخاطرات محیطی می‌تواند نیازهای گیاه را تا حدود زیادی برطرف کند و باعث استقرار بهتر میکروارگانیسم های خاکری برای تناوب های بعدی شود. به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی شنبلیله، اثر مثبتی داشته و با افزایش دور آبیاری، در گیاه نوعی سازگاری به شرایط تنش خشکی ایجاد گردید.

اسیدیته شیره خام شده و این عامل نیز به نوبه خود ترشح هورمون- های گیاهی را متأثر می‌سازد. عنوان شده است که افزایش یون ها در برگ‌های تحت تنش ممکن است ناشی از افزایش جذب و یا کاهش انتقال و یا تغییرات متجانس رشد در بخش‌های مختلف گیاهی باشد (جونز و همکاران، ۱۹۸۰). سدیم یکی از کاتیون های قابل حل در بسیاری از خاک های مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. اغلب گیاهان به خصوص شیرین پسندها (گلیکوفیتها) به غلظت بالای سدیم حساس اند، زیرا پایداری یون های داخل سلول را بر هم می زند و منجر به عملکرد غشاء و تضعیف واکنش های متابولیکی می شود. همچنین باعث بازدارندگی رشد و سرانجام مرگ سلول می شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴). از طرفی دیگر در بسیاری از گیاهان خشکی پسند، سدیم با ورود به داخل واکوئل ها نقش عمده ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد به طوری که بیشتر گیاهان خشکی زی یا غیر خشکی زی مقاوم به خشکی، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست از طریق افزایش مقدار آب سلول های مزوفیل (مثل مقدار آب واکوئل) تحمل می کنند، بنابراین نمک ها رقیق تر شده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می برند. بونرت و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند که در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم افزایش می یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا انتقال به واکوئل می نماید.

از طرفی پتاسیم عنصر غذایی پر مصرف و اصلی دیگری است که نقش عمده آن در گیاهان تنظیم کننده اسمزی است. این عنصر در فعالیت آنزیم ها و کوانزیم ها، خشی سازی یون های باردار شده، غیرقابل انتشار و پلازماسیون غشاء نقش مهمی ایفا می کند (بارکر و همکاران، ۱۹۹۳). بوتنا و همکاران (۲۰۰۱) با مطالعه اثر تنش خشکی بر جریانات پتاسم و آنیون ها در تارهای کشنده باقلا نتیجه گرفتند که در شرایط کم آبی، ورود یون های پتاسیم سبب حفظ فشار تورژسانس و گسترش و رشد سلول می شود.

نتیجه گیری

به عنوان نتیجه گیری نهایی می‌توان گفت گیاهان در محیط دائماً در تنش بسر می‌برند و برای سازگاری با این شرایط، تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ساختار و ترکیب‌ها و فرایندهای شیمیایی ایجاد می‌کنند تا با این تنش‌ها مقابله نمایند. نتایج این تحقیق نشان داد که شنبلیله مانند بیشتر گیاهان، عکس العمل فیزیولوژیک به تنش نشان می‌دهد. در این آزمایش با افزایش دور آبیاری پتاسیم

منابع

- ابوالحسنی زراعتکار، م. ا. لکزبان، غ. حق نیا، و م. سرچشمه پور. ۱۳۸۵. تلقیح گیاه یونجه با جدایه های بومی سننوریزوبیوم ملیلوتی مقاوم به شوری و خشکی در شرایط تنش آبی در گلخانه. پژوهش های زراعی ایران، ۴(۲): ۱۹۵-۱۸۳.
- زرگری، ع. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی. جلد چهارم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. خشکسالی و ضرورت مدیریت درمصرف آب. فصل نامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۳: ۷-۳.
- قربانی، م. و م. نیاکان. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، ۵: ۵۴۹-۵۳۷.
- کریمی زارچی، م. و م. کلباسی. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر هوادهی و مخلوط کردن بر فرآیند تولید کمپوست و کیفیت کمپوست تولیدی از زباله های شهری. صفحه ۷. ششمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Allievi, L., A. Marchesini, C. Salardi, V. Piano, and A. Ferrari. 1993. Plant quality and soil residual fertility six years after a compost treatment. *Bioresource Technology*, 43: 85-89.
- Arun, K.S. 2002. *A Handbook of Organic Farming* Publication of Agrobios, India.
- Bajji, M., S. Lutts, and J.M. Kinet. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf) arid condition. *Plant Science*, 160: 669-681.
- Barker, D.J., C.Y. Sullivan, and L.E. Moser. 1993. Water deficit effect on osmotic potential, cell wall elasticity and proline in five forage grasses. *Agronomy Journal*, 85: 270-275.
- Bates, L.S., R.P. Waldem, and I.D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39:205-207.
- Bohnert, H.J., D.E. Nelson, and R.G. Jensen. 1999. Adaptation to environmental stresses. *The Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- Boyer, J.S. 1982. *Plant productivity and environment Science*. 218: 443-448.
- Bouteau, F., H. Dauphin, E. Maarouf, and J.P. Rona. 2001. Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication tip growth. *Physiology of Plant*, 113: 79-84.
- Ebhin Mastro, R., P.K. Chhonkar, D. Singh, and A.K. Patra. 2006. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisoi. *Soil biology and Biochemistry*, 38: 1577-1582.
- Fatima, S., A.H.A., Farooqi, S.R., Ansari, and S. Sharma. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (plamerosa) cultivars. *Journal of Essential Oil Research*, 11: 491- 496.
- Fatma, A.G., A.M. Lobna, and N.M. Osman. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential Oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) Plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(4): 381-387.
- Ghost, B.C., and R. Bhat. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. *Environmental Pollution*, 102: 123-126.
- Gusegnova, I.M., S.y. Suleymanov, and J.A. Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. *Biochemistry*, 71: 223-228.
- Handson, A.D., and W.D. Hitz. 1982. Metabolism response of mesophytes to plant water deficit. *Annual Review Plant Physiology*, 33: 163-203.
- Hisao, T. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 519-570.
- Jones, M.M., C.B. Osmond, and N.C. Turner. 1980. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7: 193-205.
- Kuznetsov, Vi.V., and N.L. Shevyakova. 1999. Proline under stress: Biological role metabolism and regulation. *Russian Journal of Plant Physiology*, 46(2): 274-287.
- Lazcano-ferrat, I., and Lovatt, C.J. 1999. Relationship between reative water content, nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *p. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Science*, 39: 467-475.
- Martin, M., F. Micell, J.A. Morgan, M. Scalet, and G. Zebi. 1993. Synthesis of osmotically active substances in winter Wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 171: 176-184.

- Murty, M.G., and J.K. Ladha. 1988. Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil*, 108: 281–285.
- Pouryousef, M., M.R. Chaichi, D. Mazaheri, M. Fakhretabatabaeii, and A. Jafari. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago ovata* forsk). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(7): 1088-1099.
- Premachandre, G.S., H. Saneoka, and K. Fujita. 1991. Osmotic adjustment and stomata response to water deficits in maize. *Journal of Experimental Botany*, 43: 1451-1456.
- Sairam, R.K., P.S. Deshmukh, D.C. Saxna, 1998. Role of antioxidant systemes in Wheat genotype tolerance to water stress. *Biologia Plantrum*, 41(3): 387-394.
- Schlegel, H.G. 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. *Planta*, 47: 510-515.
- Synerri, C., C. Pizino, and F. Navariizzo, 1993. Chemical changes and O₂ production in thylakoid membrane under water stress. *Plant Physiology*, 87: 211- 216.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255: 571–586.
- Viets, F.G.J.R. 1972. Fertilizers and the efficient use water. *Adr. Agron*, 14:233-264.
- Wang, S., Ch. Wan, Ya. Wang, H. Chen, Z. Zhou, H. Fu, and R.E. Sosebee. 2004. The characteristics of Na⁺, K⁺ and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alexa Desert, China. *Journal of Arid Environments*, 56: 525-539.
- Zhang, J., H.T. Nguyen, A. Blum. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal of Experimental Botany*, 50: 291-302.

Archive of SID

Effect of Biofertilizers and Irrigation Management on physiological Indices of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)

M. Jaberi¹, R. Baradaran², Gh. R. Mousavi³, M. Aghhavani Shajari³

Received: 2015-6-30 Accepted: 2018-2-14

Abstract

In order to study the effects of biological nutrition and irrigation managements on qualitative indices of fenugreek, an experiment was carried out in split plot based on a Randomized Complete Block Design with three replications and 15 treatments at Research Station, Faculty of Agriculture, Azad University, Birjand, Iran, during growing season of 2010-2011. Experimental treatments included irrigation interval (in three levels including irrigation every 6, 9 and 12 days) and biofertilizer (in five levels including nitroxin, biosphere, and micorhyza fungi of *G. mosseae*, *G. intraradices* and control treatment or none fertilizer). Results of statistical analysis showed that irrigation treatments had a significant effect on physiological indices like carbohydrate, chlorophyll a, ash, Na, K and proline. The effect of biofertilizer was significant on carbohydrate, chlorophyll a, and on ash. Results showed that proline, carbohydrate, Na, chlorophyll b and ash improved by increasing irrigation interval to every 12 days but K and chlorophyll a decreased. The highest content of carbohydrate, chlorophyll and ash were observed in *G. mosseae*, biosphere and *G. intraradices*, respectively. Overall, results showed that application of biofertilizers had positive effects on qualitative indices of fenugreek and created type of plant adaptation to drought stress.

Keywords: Proline, physiological characteristics, fenugreek, qualitative indices, biofertilizer

1- PhD student of Agronomy, Expert of the office of coordination Economic and International Affairs, South Khorasan, Birjand, Iran

2- Professor Assistance, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

3- PhD of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran