مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۴، ۱۳۹۱ (۶۹۹-۶۹۱)

کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و روغن گاوزبان(*Borago officinalis* L.) تحت تنش کمبودآب

افشین کرمی[۱] و علی سپهری[۲*]
۱، ۲، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۷ – تاریخ تصویب: ۹۱/۷/۶)

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و روغن گاوزبان تحت تنش کمبود آب، آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۰ در کرمانشاه به صورت کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تنش کم‌آبی شامل ۴ سطح با قطع یکبار آبیاری در مراحل رویشی، زایشی، رویشی+ زایشی و بدون تنش (آبیاری نرمال) به عنوان عامل اصلی و تیمارهای کودی شامل سه سطح ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، ۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی بود. در این تحقیق از کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات استفاده گردید. بر اساس نتایج آزمایش اثر متقابل تیمارهای کم‌آبی و کود بر اکثر صفات معنی‌دار شد. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی در شرایط تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر حداکثر شاخص سطح برگ، وزن خشک‌کل، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن گاوزبان داشتند. بیشترین مقادیر وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل در شرایط بدون تنش کم‌آبی و کمترین مقادیر (به جز درصد روغن) در تنش رویشی+زایشی حاصل گردید. بیشترین عملکرد روغن (۵۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون تنش مشاهده شد. تیمار۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی در تنش رویشی ۱۳ درصد و در تنش زایشی ۱/۵ درصد عملکرد دانه را نسبت به مصرف ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی افزایش داد. به نظر می‌رسد مصرف۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+زیستی علاوه بر افزایش عملکرد دانه و روغن گاوزبان موجب کاهش خسارت تنش کم‌آبی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: **نیتروکسین، بیوفسفات، کم‌آبی، گاوزبان، کود زیستی**

مقدمه

تمایل روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی اهمیت کشت و تولید این گیاهان را روشن می‌سازد. نکته حائز اهمیت در تولید و پرورش گونه‌های ارزشمند گیاهان دارویی، افزایش تولید آنها بدون کاربرد نهاده های مضر شیمیایی می‌باشد. مدیریت صحیح استفاده از گونه‌های باکتری همیار با گیاهان دارویی در بهبود عملکرد و کیفیت آنها تأثیرگذار است (Abdul Jaleel et al., 2007). گاوزبان (*Borago officinalis* L.) گیاهی یکساله و بومی نواحی مدیترانه‌ای است که در سراسر دنیا کشت می‌گردد. روغن دانه گاوزبان، غنی‌ترین منبع گیاهی اسید چرب

* نویسنده مسئول: علی سپهری تلفن: ۰۹۱۸۸۱۵۴۱۹۷ E-mail: Sepehri110@yahoo.com

گامالینولنیک[1] است که بیش از ۲۰ درصد روغن دانه این گیاه را تشکیل می‌دهد. گامالینولنیک اسید به عنوان مکمل غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، اگزمای موضعی، دیابت و ورم مفاصل استفاده می‌گردد (Naghdibadi et al., 2007). کاربرد کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه به جای کودهای شیمیایی و یا به صورت مصرف تلفیقی با کودهای شیمیایی، از مهم‌ترین راهبردهای مدیریتی تغذیه گیاهی برای سیستم کشاورزی پایدار به شمار می آید (Sharama, 2003). استفاده از ریز موجودات مفید علاوه بر بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، می‌تواند مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب، عناصر غذایی و سمیت عناصر سنگین را افزایش دهد (Wu et al., 2005). عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه خشک باعث شده است که نیاز آبی گیاهان زراعی به میزان کافی تامین نگردد. بنابراین قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش خشکی در برخی مواقع از سال امری اجتناب ناپذیر است. شناخت ارتباط کمبود آب با رشد محصولات در مراحل مختلف رشدی گیاه و بررسی واکنش‌های ریخت شناسی[2] آن در مقابله با تنش، مفید واقع خواهند بود (Kuchaki & Nasiri mahalati, 1994).

Shubhara et al. (2004) در بررسی‌های خود بر گیاه همیشه بهار دریافتند که عملکرد دانه، عملکرد روغن، ارتفاع و تعداد گل در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت، در حالی‌که درصد روغن در چنین شرایطی افزایش یافت. نتیجه مشابهی در آزمایش روی گیاه بادرشبی نیز بدست آمد (Safikhani et al., 2007). بنابر تحقیقات صورت گرفته، بیشترین مقدار شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در شرایط بدون تنش حاصل گردیده و با افزایش شدت تنش کمبود آب این صفات کاهش یافتند (Amiri deh ahmadi et al., 2010 ; Ardakani et al., 2010). مرحله رشدی که گیاه در شرایط تنش‌زا قرار می‌گیرد نیز بر میزان خسارت موثر است. برای مثال تنش کم‌آبی در زیره سبز به خصوص در اوایل دوره رشد زایشی باعث کاهش تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه، عملکرد بوته و عملکرد دانه در هکتار شده است (Nakhzeri moghadam, 2007). تحقیقات نشان داده که کودهای زیستی موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف گردیده است (Sharifi & Haghnia, 2007). مصرف کودهای زیستی نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات اثر معنی‌داری بر روی صفات کمی مانند تعداد شاخه اصلی، تعداد گل‌آذین در بوته، قطر گل، عملکرد گل‌تر و گل خشک، عملکرد بذر و صفات کیفی مانند عملکرد اسانس و عملکرد ماده موثره کامازولن گیاه دارویی بابونه داشت (Falahi et al., 2009). همچنین مصرف کودهای زیستی شامل باکتری‌های تثبیت کننده ازت و قارچ میکوریزا موجب بهبود برخی خصوصیات رشدی سیاه‌دانه ازجمله شاخص سطح برگ، وزن خشک و سرعت رشد محصول گردید (Khoramdel et al., 2008). بر اساس مطالعه انجام گرفته مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی موجب بهبود رشدی و عملکرد گیاه نخود فرنگی گردید (Mishra et al., 2010). Saini et al. (2004) گزارش کردند که افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سورگوم و نخود زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و دامی به همراه تلقیح با ریز موجودات مختلف حل‌کنندهٔ فسفات و ریزوبیوم مورد استفاده قرارگرفت. آزمایش‌های مختلف نشان داده است که استفاده از کودهای زیستی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند تا حدودی با فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه خسارت‌های ناشی از تنش کم‌آبی و خشکی را تقلیل بخشد و موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش گردد (Ghasemi et al., 2010 ; Saravanakumar et al., 2011).

از آنجا که هدف اصلی در تولید گیاهان دارویی علاوه بر عملکرد بهبود کیفیت و سلامت ماده موثره می‌باشد، بنابراین تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی دارد، همچنین استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند موضوعی مهم در حرکت به سمت کشاورزی پایدار

1. Gamma-linolenic acid
2. Morphology

باشد. به رغم این‌که در رابطه با اثر تنش‌آبی بر محصولات زراعی تحقیقات وسیعی انجام گرفته است، اما عکس العمل گیاهان دارویی معطر تحت شرایط کم‌آبی کمتر مطالعه شده و تاکنون در مورد اثر کودهای زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی گاوزبان در سطح ملی کمتر تحقیقاتی منتشر شده است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق بررسی کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و روغن گاوزبان تحت تنش کمبود آب است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی کرمانشاه (طول جغرافیایی ´۴۰ °۴۷ و عرض جغرافیایی ´۲۹ °۳۴ با ۱۳۹۴ متر ارتفاع از سطح دریا) به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل تنش کم‌آبی در۴ سطح: تنش در مرحله ساقه‌دهی (رویشی)D_1، تنش در مرحله گلدهی (زایشی) D_2، تنش در مرحله رویشی + زایشی D_3 و آبیاری کـامل (شاهد) D_4 بود. تنش کم‌آبی به صورت یک مرحله قطع آبیاری در مرحله مورد نظر اعمال گردید. کرت‌های فرعی متشکل از عامل کودی در ۳ سطح: مصرف ۱۰۰درصد کودهای شیمیایی (F_1)، ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ کودهای زیستی (F_2) و مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی (F_3) بود. مقدار مصرف کودهای شیمیایی اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمایش خاک تعیین گردید (جدول۱).

جدول۱- نتایج آزمایش خاک مربوط به مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی(Ec) (Ds/m)	مواد آلی %	نیتروژن %	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)
رسی سیلتی	۷/۵	۰/۸	۱/۵۳	۰/۱۵	۸/۶	۲۴۰	۱۲/۴	۱۰/۶	۰/۸۶	۱/۱۲

کودهای شیمیایی پتاسیمی، فسفاته و نیمی از کود اوره در زمان کاشت و مابقی کـود اوره در مرحـله ساقه‌دهی و به صورت سرک افزوده شد. قبل از کشت کرت‌هایی با ابعاد ۲/۵ در ۶ متـر ایجـاد شـد و کشت در ۵ ردیف به فاصـله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفت. پس از کشت، آبیاری با فاصله ۷ تا ۱۲ روز و تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی و به روش نشتی با سیفون انجام شد. کود زیستی نیتروکسین که حاوی مجموعه‌ای از سوش‌های باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل (*Azotobacter* و *Azospirillium*) می‌باشد به میزان ۲ لیتر در هکتار و کود زیستی بیوفسفات که حاوی مجموعه‌ای از سوش-هـای باکتـری‌های حل‌کننده فسفات خاک شامل (*Bacillus*و *Pseudomonas*) است به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و به روش تیمار با بذر استفاده گردید. کودهای زیستی مذکور از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO) تهیه شد. در طول اجرای آزمایش وجین علف‌های هرز به صورت مداوم با دست صورت گرفت. برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI) و وزن خشک کل گیاه (TDW) نمونه برداری از ۴ تا ۵ برگی آغاز و تا پایان دوره رشد در ۵ مرحله و با فاصله هر ۱۴روز یک‌بار انجام گرفت. برای تعیین وزن خشک گیاه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شده و سپس توزین شدند (Khoramdel et al., 2008). در پایان دوره رشد با رعایت اثر حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته انتخاب گردید و صفات وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته اندازه‌گیری و عملکرد دانه از سطحی معادل ۲ متر مربع بدست آمد.

در آزمایشگاه استخراج روغن بذر با روش استاندارد سوکسله انجام گرفت (Rahmani et al., 2008). از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه، عملکرد روغن بدست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون

حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

حداکثر شاخص سطح برگ(LAI_{max})

شاخص سطح برگ یا نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده با گذشت زمان، به دلیل تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح هر برگ افزایش یافت. در بررسی حداکثر شاخص سطح برگ تیمارهای کم‌آبی اثر معنی‌داری روی LAI_{max} داشت (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط بدون تنش و کمترین شاخص سطح برگ در تیمار تنش رویشی+ زایشی حاصل گردید (جدول۳). تیمارهای کودی نیز اثر معنی‌داری روی حداکثر شاخص سطح برگ داشتند. در بین تیمارها، مصرف۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی بیشترین شاخص سطح برگ و با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی کمترین شاخص سطح برگ حاصل گردید (جدول۳). بنابر نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار کودی۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی نسبت به مصرف یکنواخت ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی شاخص سطح برگ را ۱۳ درصد افزایش داد که می‌تواند به دلیل عملکرد بهتر باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات در چنین شرایطی باشد (جدول۳). Khoramdel et al. (2009) نیز اظهار داشتند که مصرف کودهای زیستی موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ شده است. اثر متقابل تنش کم‌آبی و تیمارهای کودی بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول۲).

بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری کامل و با مصرف۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین در تیمار تنش رویشی+ زایشی و با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی مشاهده گردید (جدول۴). تیمار تلفیقی۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی در تنش رویشی۱۱ درصد، تنش زایشی۱۲ درصد و تنش رویشی+ زایشی۱۴ درصد حداکثر شاخص سطح برگ را نسبت به مصرف ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای از طریق تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات خاک و ترشح هورمون‌های رشدی مانند اکسین، جیبرلین‌ها، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر علاوه بر بهبود حداکثر شاخص سطح برگ، تاحدی موجب افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش کم‌آبی می‌گردد (Ghasemi et al., 2010).

حداکثر وزن خشک کل (TDW_{max})

براساس نتایج (جدول۲) تنش کم‌آبی تاثیر معنی‌داری روی حداکثر تجمع ماده خشک کل اندام‌های هوایی گیاه گاوزبان داشت. به‌طوری‌که در آبیاری کامل به دلیل فراهمی رطوبت و درنتیجه مهیا بودن شرایط رشدی وزن خشک کل به‌طور معنی‌داری بیش از تیمارهای تنش دیده بود. آبیاری کامل بیشترین وزن خشک کل و تیمار تنش رویشی+ زایشی کمترین وزن خشک کل را تولید نمود (جدول۳). تنش رویشی ۳۱ درصد و تنش زایشی۲۳ درصد وزن خشک کل را نسبت به شاهد کاهش دادند. به نظر می‌رسد کمبود آب از طریق کوتاه کردن دوره رشد و تسریع در رسیدگی، فنولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش تولید ماده خشک و کاهش گسترش سطح برگ شده و پیری آن را تسریع می‌نماید. سینگ (۱۹۹۱) نیز در آزمایشی روی نخود گزارش کرد که تنش کم آبی موجب کاهش وزن خشک کل گردید. تیمار کودی مصرف۵۰ ٪ کودهای شیمیایی + زیستی بیشترین وزن خشک کل و کمترین با تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی مشاهده گردید (جدول۳). Raeipur & Aliasgar zadeh (2007) گزارش کردند که باکتری های حل-کننده فسفات باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شوند. اثر متقابل تنش کم‌آبی و تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک کل معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین وزن خشک کل (۷۷۸/۴۱ گرم در متر مربع) در شرایط بدون تنش کم‌آبی و با مصرف۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین مقدار (۳۵۵/۴۴ گرم در متر مربع) در تیمار تنش در مراحل رویشی+ زایشی و با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید (جدول۴). مصرف ۵۰ ٪ کودهای شیمیای+ زیستی در شرایط تنش رویشی ۹/۵ درصد و در تنش زایشی ۱۸ درصد حداکثر وزن خشک کل را افزایش داد. در همین رابطه Saravanakumar et al. (2011) اظهار داشتند کودهای زیستی علاوه بر کاهش

مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند تا حدودی با فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه خسارت‌های ناشی از تنش کم‌آبی را تقلیل بخشید و نامبردگان مصرف کودهای زیستی در شرایط کم‌آبی را توصیه نمودند.

جدول۲ - نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گلوزبان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص سطح برگ (LAI_{max})	وزن خشک کل (TDW_{max})	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد غلاف در بوته	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن
تکرار	۲	۰/۰۵۵ ns	۱۴۲۳/۰۷ ns	۶/۳۸ ns	۳۱۶/۲۱ ns	۱۳۶/۳۶ ns	۱۳/۲۱ ns	۳۴/۳۷ ns
تنش کم‌آبی (D)	۳	۶/۵۲ **	۱۵۰۰۵۷/۲۸ **	۵۷/۸۴ **	۱۷۵۹۶/۲ **	۹۳۱۶/۲۰ **	۱۰۹/۱۷ **	۳۱۹/۷۸ **
خطای اصلی	۶	۰/۰۵۵	۲۲۶۶/۰۵	۱/۴۵	۵۰۷/۳۵	۲۲۹/۷۵	۶/۲۴	۱۵/۳۷
کود (F)	۲	۵/۲۹۰ **	۴۷۰۵۹/۳۸ **	۱۵/۹۳ **	۱۵۱۱/۴۶ **	۲۱۶۳/۲۰ **	۳۲/۴۱ **	۳۵۵/۵۳ **
D × F	۶	۰/۱۰۲ *	۱۱۹۷/۲۳ *	۱/۲۹۳ ns	۲۹۰/۱۸ *	۶۵۰/۷۸ **	۲/۹۸ ns	۷۱/۹۵ **
خطای فرعی	۱۶	۰/۰۳۳	۴۶۱/۳۰	۱/۱۶۱	۸۶/۳۰	۷۳/۴۵	۳/۴۲۱	۳/۷۰
ضریب پراکنش	-	۴/۱۷	۴/۰۴	۷/۱۷	۷/۳۹	۸/۲۶	۶/۲۵	۷/۴۲

** و * به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

وزن هزار دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) تنش کمبود آب اثر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه گاوزبان داشت. بیشترین وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش و کمترین وزن هزار دانه در تیمار تنش رویشی + زایشی بدست آمد (جدول۳). تاثیر تیمارهای کودی بر وزن ۱۰۰۰ دانه گاوزبان معنی‌دار شد (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه در تیمار تلفیقی۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه در تیمار تلفیقی ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید (جدول۳). دلیل این موضوع را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه ناشی از فعالیت باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نسبت داد. اثر متقابل تنش کم‌آبی در تیمارهای کودی بر وزن ۱۰۰۰ دانه گاوزبان معنی‌دار نبود (جدول۲). براساس نتایج بدست آمده تنش کم‌آبی به شدت سبب کاهش وزن۱۰۰۰ دانه گردید. اصولاً وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، کاهش جذب CO_2 از یک سو و افزایش مصرف انرژی جهت جذب آب سبب کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود (Sarmadnia, & Kuchaki, 1997). همچنین گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش داده و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی، انتقال مواد به سمت بذرها نیز کاهش پیدا می‌کند و متعاقب آن از وزن بذور کاسته شده و دانه‌های کوچکتری حاصل می شود (Sarmadnia, & Kuchaki, 1997). Rahmani et al. (2009) اظهار داشتند در گیاه دارویی همیشه بهار با افزایش شدت تنش کم‌آبی تعداد و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد.

تعداد غلاف در بوته

تنش کمبود آب بر تعداد غلاف در بوته اثر معنی-داری داشت (جدول۲). بیشترین تعداد غلاف در شرایط بدون تنش و کمترین تعداد غلاف در تنش رویشی+ زایشی حاصل گردید (جدول۳). بررسی‌ها نشان داد که تنش زایشی نسبت به تنش مرحله رویشی تاثیر بیشتری بر تعداد غلاف داشته است به‌طوری‌که تنش رویشی ۲۶ درصد و تنش زایشی ۵۸ درصد تعداد غلاف در بوته را کاهش داد. تیمارهای کودی نیز روی تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌داری داشتند و بیشترین تعداد غلاف با مصرف۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین تعداد غلاف در بوته با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید (جدول۳). اثر متقابل تنش کم‌آبی در تیمارهای کودی معنی‌دار شد (جدول۲). تعداد غلاف در بوته در شرایط بدون تنش و با مصرف ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین تعداد در تنش رویشی+ زایشی و با ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید (جدول۳). بنابر نتایج بدست آمده از آزمایش

مصرف ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی تعداد غلاف در بوته را در تنش رویشی ۶ درصد، زایشی۴/۹۲ درصد و در تنش رویشی+ زایشی ۵/۳۵ درصد نسبت به مصرف کامل ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی در همان شرایط افزایش داد. در تیمار ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی نسبت به دیگر تیمارها سطح برگ و ماده خشک کمتر و متعاقب آن بوته‌های کوچکتر و تعداد شاخه‌های فرعی کمتری تولید نمود در نتیجه تعداد کمتر غلاف در بوته در تیمار مذکور مشاهده گردید. Ghasemi et al. (2010) نیز بیان کردند کاربرد کودهای زیستی علاوه بر کاهش ۵۰ درصدی کودهای شیمیایی موجب افزایش تحمل گیاه ذرت در تنش کم‌آبی شده است.

جدول ۳ - مقایسه میانگین‌های تاثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گاوزبان

تیمارها		شاخص سطح برگ (LAI_{max})	وزن خشک کل (TDW_{max}) gr/m^2	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد غنچه در بوته	عملکرد دانه (kg/ha)	درصد روغن دانه	عملکرد روغن (kg/ha)
تنش رویشی	D_1	۴/۰۴ b	۴۷۹/۹ c	۱۵/۹۱ b	۱۳۵/۱۵ b	۱۱۵/۴۶ b	۲۷/۹۱ c	۳۲/۲۵ b
تنش زایشی	D_2	۴/۶۲ b	۵۴۱/۷۹ b	۱۳/۸۶ c	۱۰۵/۵ c	۸۸/۹۸ c	۳۰/۸۸ b	۲۷/۴۰ c
تنش رویشی + زایشی	D_3	۳/۳۹ d	۳۹۹/۶۱ d	۱۲/۲۵ d	۷۹/۲۵ d	۶۸/۱۱ d	۳۳/۷۶ a	۲۳/۲۰ d
بدون تنش (شاهد)	D_4	۵/۳۸ a	۷۰۴/۲۹ a	۱۸/۰۹ a	۱۸۲/۳۶ a	۱۴۲/۲۲ a	۲۵/۷۸ d	۳۶/۹۷ a
۱۰۰٪ کود شیمیایی	F_1	۴/۳۸ b	۵۲۴/۲۲ b	۱۴/۹۲ b	۱۲۳/۸۱ b	۱۰۱/۰۵ b	۲۹/۷۴ a	۲۹/۲۷ b
۵۰٪ کود شیمیایی + زیستی	F_2	۵/۰۱ a	۵۹۷/۳۰ a	۱۶/۲۳ a	۱۳۷/۵۶ a	۱۱۸/۲۵ a	۳۱/۱۵ a	۳۵/۷۱ a
۲۵٪ کود شیمیایی+ زیستی	F_3	۳/۶۸ c	۴۷۲/۶۸ c	۱۳/۹۳ c	۱۱۵/۳۲ c	۹۱/۷۹ c	۲۷/۸۷ b	۲۴/۸۹ c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

عملکرد دانه گاوزبان

یکی از مهمترین بخش‌های گیاه دارویی گاوزبان، دانه می‌باشد که دارای بیشترین مقدار روغن است، بنابر این مطالعه شاخص‌های مختلف مربوط به بذر در این گیاه دارای اهمیت ویژه‌ای است. بر اساس نتایج بدست آمده، تنش کم آبی بر عملکرد دانه گاوزبان اثر معنی‌داری داشت (جدول۲). بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد دانه در تنش‌های رویشی+ زایشی مشاهده گردید (جدول۳). تنش در مرحله زایشی نسبت به تنش در مرحله رویشی عملکرد دانه را بیشتر کاهش داد به‌طوری‌که تنش زایشی ۳۸ ٪ و تنش رویشی ۱۸/۸ ٪ عملکرد دانه را کاهش داد. تیمارهای کودی نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد گاوزبان داشتند (جدول۲). در این میان بیشترین عملکرد دانه با کاربرد تلفیقی ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین مقدار با مصرف ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی مشاهده شد (جدول۳). اثر متقابل تنش کم‌آبی در تیمارهای کودی معنی‌دار بود. عملکرد دانه در شرایط بدون تن ش و با استفاده از تیمار تلفیقی ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی به حداکثر مقدار رسید ولی در تیمار تنش رویشی+ زایشی و به همراه مصرف ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی مقدار تولید دانه در پایین‌ترین سطح بود (جدول۴). نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش کم‌آبی عملکرد دانه کاهش یافته است (جدول۳).

استفاده ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی توانسته است علاوه بر بهبود عملکرد تا حدی مقاومت گیاه را نسبت به تنش کم‌آبی بهبود بخشید به‌طوری‌که عملکرد دانه در تیمار۵۰ ٪ کودهای شیمیایی + زیستی در شرایط تنش رویشی ۱۳ درصد و در شرایط تنش زایشی ۱/۵ درصد عملکرد را نسبت به مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی افزایش داده است. چنین به نظر می‌رسد تیمار تلفیقی مذکور علاوه بر بالابردن تحمل گیاه نسبت به تنش کم آبی توانسته است جذب عناصر غذایی را از خاک افزایش دهد. در همین راستا Fatma et al. (2006) گزارش کردند که کودهای

زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در زراعت گیاه دارویی مرزنجوش شوند.

جدول۴- مقایسه میانگین های اثر متقابل سطوح مختلف تنش کمبود آب و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گلوزبان

تیمارها		شاخص سطح برگ (LAI_{max})	وزن خشک کل (TDW_{max})	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد غنچه در بوته	عملکرد دانه (kg/h)	درصد روغن دانه	عملکرد روغن (kg/h)
رویشی (D_1)	F_1	۴/۰۷ d	۴۸۳/۰۸ e	۱۵/۸۹ bcd	۱۳۵/۰۸ cd	۱۱۰/۴۰ c	۲۷/۷۳ cde	۳۰/۵۸ cd
	F_2	۴/۵۶ c	۵۳۳/۸۴ d	۱۶/۵۷ bc	۱۴۳/۵۸ c	۱۲۷ b	۲۹/۴۰ bcd	۳۷/۲۴ b
	F_3	۳/۴۸ e	۴۲۲/۸۶ g	۱۵/۲۹ cde	۱۲۶/۷۹ de	۱۰۹ c	۲۶/۶۰ def	۲۸/۹۴ de
زایشی (D_2)	F_1	۴/۶۸ c	۵۳۳/۸۴ d	۱۳/۶۰ efg	۱۰۶/۹۱ f	۸۹/۱۳ de	۳۰/۹۰ bc	۲۷/۴۴ ed
	F_2	۵/۳ b	۶۲۷/۶۷ c	۱۵/۶۸ bcd	۱۱۲ ef	۹۰/۵ d	۳۱/۵۰ b	۲۸/۵ ed
	F_3	۳/۸۹ d	۴۷۵/۴۳ ef	۱۲/۲۹ fgh	۹۷/۵۸ fg	۸۷/۳۳ de	۳۰/۲۶ bc	۲۶/۳۳ e
رویشی+زایشی (D_3)	F_1	۳/۳۷ e	۴۳۹/۳۱ fg	۱۱/۷۶ gh	۷۹/۵۰ h	۷۴/۸۳ e	۳۴/۸۳ a	۲۶/۰۵ e
	F_2	۳/۹۰ d	۴۳۹/۳۱ fg	۱۴/۱۰ def	۸۳/۶۲ gh	۷۵/۳۳ e	۳۵/۸۳ a	۲۷/۰۷ e
	F_3	۲/۸۸ f	۳۵۵/۴۴ h	۱۰/۸۸ h	۷۴/۶۲ h	۵۴/۱۶۷ f	۳۰/۶۳ bc	۱۶/۴۹ f
شاهد (D_4)	F_1	۵/۳۹ b	۶۸۷/۴۷ b	۱۸/۴۴ a	۱۷۳/۷۵ b	۱۲۹/۸۳ b	۲۵/۵۰ ef	۳۳/۰۱ c
	F_2	۶/۲۹ a	۷۸۸/۴۱ a	۱۸/۵۷ a	۲۱۱/۰۴ a	۱۸۰/۱۶ a	۲۷/۸۶ cde	۵۰/۰۹ a
	F_3	۴/۴۸ c	۶۳۷ c	۱۷/۲۶ ab	۱۶۲/۲۹ b	۱۱۶/۶۶ bc	۲۴ f	۲۷/۸۱ ed

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.
F_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) . F_2 (۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی) . F_3 (۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی)

درصد و عملکرد روغن دانه

تنش کم‌آبی و تیمارهای کودی بر درصد و عملکرد روغن اثر معنی داری داشتند (جدول۲). بیشترین درصد روغن در تیمار تنش رویشی + زایشی و کمترین درصد روغن در شرایط بدون تنش حاصل گردید. در تیمارهای کودی آزمایش بیشترین درصد روغن به ترتیب در تیمار ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و تیمار۱۰۰٪ کودهای شیمیایی با (۳۱/۱۵ درصد) و (۲۹/۷۴ درصد) حاصل گردید. کمترین درصد روغن با استفاده از ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی بدست آمد (جدول۳). اثر متقابل تنش کمبود آب و تیمارهای مختلف کودی برای درصد روغن معنی‌دار نشد (جدول۲). بنابر نتایج بدست آمده با افزایش تنش کم‌آبی درصد روغن افزایش یافت به طوری‌که تنش رویشی ۷/۶۳ درصد، تنش زایشی ۱۶/۵ درصد و تنش رویشی+ زایشی۲۳/۶۳ درصد روغن نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. ممکن است در شرایط تنش با افزایش تولید برخی ترکیبات ثانویه در گیاه از اکسیداسیون درونی سلول‌ها جلوگیری شود و سبب افزایش روغن دانه گردد. نتیجه بدست آمده با نتایج Rahmani et al. (2008) روی گیاه همیشه بهار و Safikhani et al. (2007) روی گیاه بادرشبی مطابقت داشت. در مورد عملکرد روغن نیز بیشترین عملکرد در شرایط عدم تنش کم‌آبی و کمترین عملکرد در تنش رویشی+ زایشی مشاهده گردید (جدول۳). در تیمارهای کودی بیشترین عملکرد روغن در تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین عملکرد روغن با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی+ زیستی مشاهده شد (جدول۳). با توجه به جدول۲ اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد روغن معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد روغن در شرایط بدون تنش و با مصرف ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی و کمترین عملکرد در تنش رویشی+ زایشی و با ۲۵ ٪ کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید. تیمار ۵۰ ٪ کودهای شیمیایی + زیستی نسبت به مصرف کامل کودهای شیمیایی در تنش رویشی + زایشی عملکرد روغن را ۴ درصد بهبود بخشید. در همین رابطه Pirasteh anushe et al. (2010) گزارش کردند که کودهای زیستی علاوه بر بهبود عملکرد می‌تواند برای غلبه بر اثرات منفی تنش کم‌آبی مفید باشد. با توجه به اینکه عملکرد روغن دانه تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه می باشد، در شرایط تنش با این که درصد روغن افزایش یافت، اما به علت کاهش شدید عملکرد دانه ناشی از تنش کم‌آبی، عملکرد روغن با اُفت مواجه شد که با نتایج Shubhra et al. (2004) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده گیاه گاوزبان به تنش کمبود آب در هر دو مرحله رویشی و زایشی عکس العمل منفی نشان داد گرچه کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش رویشی کمتر از تنش در مرحله زایشی است. این در حالی است که اعمال تنش در مرحله زایشی + رویشی به علت کاهش شدید عملکرد دانـــه توصیه نمی‌شود. در سوی دیگر تنش کمبود آب موجب بهبود درصد روغن دانه گردید و از آنجا که عملکرد روغن در واحد سطح حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن است بنابراین عملکرد روغن دانه در شرایط تنش به خصوص تنش رویشی کمتر تحت تاثیر قرار گرفت و شاید بتوان در شرایط مدیریتی در مقطعی از رشد گیاه از این راهبرد برای افزایش درصد روغن استفاده کرد. از سوی دیگر نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مصرف کودهای زیستی + ۵۰ ٪ کودهای شیمیـــایی در بهبـــود عملکرد دانه در نتیجه عملکرد روغن در شرایط تنش کمبود آب به خصوص تنش رویشی موثر باشد. علاوه بر این به نظر می رسد کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در تنش کم‌آبی می‌توانند نقش مفیدی در جهت کاهش خسارت های شرایط تنش‌زا داشته باشند از این رو جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی می‌تواند به کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی کمک نماید.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مهندس کاوه رحمانی و دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه به خاطر مساعدت های بی دریغشان تشکر و قدرانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). Pseudomonas fluorescens enhances biomass yeild and ajmalicine prouduction in Catharanthus reseus under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60, 7-11.
2. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A. & Ganjeali, A. (2011). The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(2), 69-84. (In Farsi).
3. Beaubaire, N. A. & Simon, J. E. (1987). Production potential of Borage (*Borago officinalis* L.). *Acta Hort*, 208, 101-103.
4. Fallahi, J., Koocheki, A. & Rezvani Moghaddam, P. (2009). Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of Chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 127-135. (In Farsi).
5. Fatma, EM., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, HI., Abd El-Fattah, L. & Seham Salem, H. (2006). Efficiency of biofertilizers, organic and in organic amendments application on growth and essential oil pf marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. *Desert Research Center, Cairo, Egypt*. 212- 264.
6. Ghasemi, S., Siavashi, K., Chokan, R., Khsvazi, K. & Rahmani, A. (2010). Effect of Biofertilizer Phosphate on Grain Yield and Its Components of Maize (*Zea mays* L.) *cv*. KSC704 under Water Deficit Stress Conditions. *Seed and Plant Production Journal,* 27 (2), 219-233. (In Farsi).
7. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Ghorbani, R. (2008). Application effects of biofertilizers on the growth indices of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Crops Research*, 6(2), 285-290. (In Farsi).
8. Mishra, A., Prasad, K., Rai, G. (2010). Effect of bio-fertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different doses of chemical fertilizers. *J. Agron.*, 9: 163-168.
9. Naghdi Badi, H., Soroshzadeh, A., Rezazadeh, Sh., Sharifi, M., Ghalavand, A. & Omidi, H. (2007). Review on *Borago officinalis* L. (a medicine plant with Gamma-linolenic acid). *Journal of Medicinal Plants*, 24, 1-5. (In Farsi).
10. Nakhzeri moghadam, A. (2007). Effects of plant density and water deficit stress on yield and yield components of *Cuminum* cyminum. *Iranian Journal of Crop Science*, 26,1-3. (In Farsi).
11. Pirasteh anushe, H., Emam, Y. & Jamali ramin, F. (2010). Comparison of biological fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and oil of (*Helianthus annuss* L.) under various levels of drought stress. *Journal of Agroecology*. 2(3), 492-501. (In Farsi).
12. Raeipur, L. & Aliasgar zadeh, N. (2007). The interaction of Phousphat solubilizer Bactrai and

Bradyrhizobium japanicum on Growth indicesm, Tubbering and uptake of some nutrients material in Soybeen. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, *Water and Soil Scince*, 1(40), P52-63.

13. Rahmani, N., Valadabadi1, S. A., Daneshian, J. & Bigdeli, M. (2008). The effects of water deficit stress and nitrogen on oil yield of *Calendula officinalis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(1), 101-108. (In Farsi).
14. Safikhani, F., Heydari sharifabad, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M., & Abbaszadeh, B. (2007). The effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(1), 86-99. (In Farsi).
15. Saini, V. K., Bhandari, S. C. & Tarafdar, J. C. (2004). Comparison of crop yield, soil microbial C.N. and P, N-fixation,nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and Chickpea crops. *Field Crops Research*, 89, 39-47.
16. Sarmadnia, Gh. & Kuchaki, A.(1997). *Physiological aspects of dryland farming*. Jahad Daneshgahi Mashad Publication. 420 p. (In Farsi).
17. Sharma, A. K. (2003). Biofertilizers for sustainable agriculture. *Arobios, India Sciences,* 6(4), 344-358.
18. Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C. L., & Munjal, R. (2004). Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum*, 48(3), 445-448.
19. Singh, P. (1991). Influence of water deficit on phenology, growth and dry matter allocation in Chickpea. *Field Crop Research*, 28, 1-15.
20. Tialk, K. V. B. R., Singh, C. S., Roy, V. K., & Roa, N. S. S. (1982). *Azosprillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculums: Effect of yield Maize and Sorghum. *Soil Biology and Biochemistry,* 14, 417- 418.
21. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. & Wong ,M. H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125, 155–166.