

## اثر کم آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی و کارایی مصرف آب بر گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.)

افشین کرمی<sup>۱</sup> و علی سپهری<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

\*۲- نویسنده مسوول: استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا (Sepehri110@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۴

### چکیده

به منظور بررسی اثر کم آبیاری و کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر خصوصیات رشدی و کارایی مصرف آب گاوزبان، آزمایشی در بهار و تابستان ۱۳۹۰ در کرمانشاه و به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. کم آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۴ سطح: کم آبیاری در مرحله رویشی، کم-آبیاری زایشی، کم آبیاری رویشی + زایشی و بدون کم آبیاری (شاهد) بود که با اعمال قطع آبیاری در مرحله رشدی مورد نظر انجام گرفت. تیمارهای کودی شامل ۳ سطح: مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی، مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی و مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی بود. نتایج تحقیق نشان داد که کم آبیاری و تیمارهای کودی اثر معنی‌داری روی وزن خشک کل، عملکرد دانه، درصد روغن، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب داشتند. کم آبیاری در مرحله رویشی و زایشی به ترتیب ۱۰ و ۳۹ درصد کارایی مصرف آب برای وزن خشک کل و ۱۳ و ۲۱ درصد کارایی مصرف آب دانه را نسبت به آبیاری کامل کاهش داد. در بین تیمارهای کودی مصرف ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات در شرایط کم آبیاری موجب بهبود شاخص‌های مذکور گردید و بیشترین عملکرد دانه (۱۸۰/۱ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون کم آبیاری و با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی حاصل شد. تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی نسبت به مصرف کامل کودهای شیمیایی در شرایط بدون کم آبیاری وزن خشک کل را حدود ۲۶ درصد بهبود بخشید.

### کلید واژه ها: گیاهان دارویی، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب

#### مقدمه

بادی و همکاران، (۱۳۸۶). اهمیت مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد محصولات زراعی و مصرف ۹۳/۵ درصد از آب استحصالی در بخش کشاورزی، خاطر نشان می‌کند که هرگونه تلاش برای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در کشور بدون توجه به این بخش نمی‌تواند قرین موفقیت باشد. شناسایی زمان حیاتی آبیاری و زمان‌بندی بر مبنای یک برنامه دقیق و اساسی برای گیاه روشی برای حفظ آب و بهبود عملیات آبیاری و توانایی تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است، از این رو تحقیق و مطالعه در مورد راهکارهای بهینه‌سازی کارایی

گیاه دارویی گاوزبان<sup>۱</sup> یکی از گیاهان مهم متعلق به خانواده گاوزبان است. بررسی شیمیوتاکسونومیکی روی گیاهان خانواده گاوزبان مشخص کرده است که بذر اکثر توده‌های این خانواده دارای گامالینولئیک اسید بوده و بیشترین میزان این اسید چرب در گیاه گاوزبان است. از این روغن برای درمان بیماری‌های قلبی، آگزمای موضعی، دیابت و ورم مفاصل استفاده می‌گردد (نقدی

گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی شدن، کاهش فعالیت‌های بیولوژیک، تغییر خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریز مغذی‌ها در کودهای شیمیایی می‌باشد (آدیران<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). به همین دلیل یکی از ارکان مهم در کشاورزی پایدار استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکریز به عنوان مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی است، که امروزه فرآورده‌های حاوی این ریزجانداران به عنوان کودهای زیستی شناخته می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد بیشتر با بهبود شرایط تغذیه‌ای و تولید ترکیبات محرک رشد در گیاه موجب بهبود و تسریع مراحل مختلف رشدی مانند مرحله جوانه زنی و گیاهچه‌ای می‌گردد (ناگاناندا و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰) و تا حدودی می‌توانند موجب بهبود تحمل گیاهان در شرایط تنش‌زا شود (سوبرامیان و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶). لذا هدف پژوهش حاضر بررسی اثر کم آبیاری و کاربرد باهم کودهای شیمیایی و زیستی بر ویژگی‌های رشدی و کارایی مصرف آب در گیاه دارویی گاوزبان است.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در بهار و تابستان سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی کرمانشاه (طول جغرافیایی ۴۷°۰۹ و عرض جغرافیایی ۳۴°۲۱ با ۱۳۹۴ متر ارتفاع از سطح دریا با اقلیم نیمه خشک سرد) اجرا گردید. آزمایش به صورت طرح خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی شامل ۴ سطح: کم آبیاری در مرحله رویشی یا (ساقه دهی)، کم آبیاری در مرحله زایشی (گلدهی)، کم آبیاری در مراحل رویشی + زایشی و آبیاری کامل (شاهد) بود. کم آبیاری با اعمال قطع آبیاری در مرحله رشدی مورد نظر انجام گردید. تیمارهای کودی به عنوان فاکتور فرعی شامل ۳ سطح:

مصرف آب نقش اساسی در افزایش عملکرد در واحد سطح و همچنین افزایش سطح اراضی فاریاب به عهده خواهد داشت (حمزه‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). کارایی مصرف آب یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک است که نشان دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنش آب است. روش‌های افزایش کارایی مصرف آب برای تولید عملکرد بهینه در مزارع تحت آبیاری از زمینه‌های اصلی مطالعه اثر متقابل گیاه و محیط در دهه‌های گذشته بوده است. اجبادان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) نشان دادند که عملکرد گیاه واکنشی به میزان کارایی آب در مراحل مختلف رشد گیاه و بکارگیری آب در سرتاسر فصل رشد گیاه است. هر عاملی که عملکرد را افزایش دهد، شاید بتواند کارایی مصرف آب را نیز بهبود بخشد. یکی از مهمترین راهبردهای افزایش کارایی مصرف آب، کم آبیاری است. در واقع کم آبیاری یک استراتژی بهینه برای تولید محصولات زراعی تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد. هدف اصلی از اجرای کم آبیاری افزایش راندمان کاربرد آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند. کم آبیاری برای گسترش سطح کشت و به حداکثر رساندن و یا تثبیت تولید محصولات یک منطقه نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (گرتس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). در تحقیقی دو ساله روی گیاه چغندر قند نشان دادند که افزایش مصرف آب، علاوه بر افزایش عملکرد ریشه، موجب افزایش کارایی مصرف آب آبیاری شد (اوکان و جنکوگلان<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). در همین رابطه ساسانی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) گزارش نمودند که با اعمال کم آبی راندمان مصرف آب ارزن بهبود یافت. نتایج مطالعات بلند مدت نشان می‌دهد که استفاده متوالی از کودهای شیمیایی علاوه بر آلودگی‌های زیست محیطی، عملکرد

1- Igbadun *et al.*

2- Geerts *et al.*

3- Ucan & Gencoglan

4- Sasani *et al.*

5- Adediran

6- Nagananda *et al.*

7- Subramanian *et al.*

آزمایشی ۲ متر مربع برداشت. به منظور تعیین صفات وزن خشک کل (اندام هوایی گاوزبان)، وزن خشک برگ و ساقه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند و سپس توزین شدند (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایشگاه به منظور تعیین درصد روغن از روش استاندارد سوکسله استفاده گردید (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۷). به منظور محاسبه شاخص برداشت روغن گاوزبان و کارایی مصرف آب گاوزبان از روابط زیر استفاده گردید (کریمی کاخکی و سپهری، ۱۳۸۸).

$$100 \times \frac{\text{حاصلکرد روغن دانه}}{\text{حاصلکرد بیروزیکی}} = \text{شاخص برداشت روغن}$$

$$\frac{\text{حاصلکرد دانه (Kg/ha)}}{\text{حجم آب مصرفی (m}^3\text{/ha)}} = \text{کارایی مصرف آب (دانه)}$$

$$\frac{\text{وزن خشک کل (Kg/ha)}}{\text{حجم آب مصرفی (m}^3\text{/ha)}} = \text{کارایی مصرف آب (وزن خشک کل)}$$

تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C انجام گرفت و میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

### وزن خشک ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) تیمارهای آبیاری و کودی اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشتند. بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار بدون کم آبیاری و کمترین وزن خشک ساقه در کم آبیاری رویشی + زایشی حاصل گردید (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین ملاحظه می‌گردد که تیمارهای کودی از نظر وزن خشک ساقه در گروه‌های آماری جداگانه‌ای قرار گرفتند و بیشترین وزن خشک ساقه با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی و کمترین

مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی مورد نیاز، مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + کودهای زیستی و مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + کودهای زیستی بودند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمایش خاک تعیین گردید (جدول ۱). تمام کودهای فسفره و پتاس و یک دوم کود نیتروژن قبل از کاشت و مابقی در مرحله ظهور برگ و به صورت سرک به خاک اضافه گردید. در این آزمایش از کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل آزتوباکتر<sup>۱</sup> و آزوسپریلیوم<sup>۲</sup>) به میزان ۲ لیتر در هکتار و کود زیستی بیوفسفات (حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات خاک شامل باسیلوس<sup>۳</sup> و سودوموناس<sup>۴</sup>) به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و به روش اختلاط با بذر استفاده گردید (ربیعان و همکاران، ۱۳۸۸). کودهای زیستی مذکور از شرکت فن آوری زیستی مهر آسیا (MABCO) تهیه شد. بذره‌های تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه، مورد کشت قرار گرفتند. جمعیت باکتری‌های زنده کود نیتروکسین ۱۰<sup>۸</sup> عدد در میلی‌لیتر و کود بیوفسفات ۱۰<sup>۵</sup> عدد در گرم بود (ربیعان و همکاران، ۱۳۸۸). عملیات کاشت به صورت جوی پشته ای در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۲۵ و با دست صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۶ متر، فاصله کاشت روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بعد از کشت بلافاصله آبیاری صورت گرفت و در طول فصل رشد آبیاری با فاصله ۷ تا ۱۲ روز و تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام شد. آبیاری به روش سیفونی و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری با استفاده از کنتور کنترل گردید. در طول فصل رشد بارندگی وجود نداشت. به منظور تعیین عملکرد نهایی از هر کرت

- 1- Azotobacter
- 2- Azospirillum
- 3- Bacillus
- 4- Pseudomonas

کرمی و سپهری: اثر کم آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر...

### وزن خشک برگ

تغییرات وزن خشک برگ روندی مشابه وزن ساقه داشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن خشک برگ گاو زبان به ترتیب در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری رویشی + زایشی حاصل گردید (جدول ۳). در تیمارهای کودی بیشترین وزن خشک برگ (۸۵/۴ گرم در متر مربع) در تیمار ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی به همراه زیستی و کمترین وزن خشک برگ (۶۱/۴ گرم در متر مربع) در تیمار ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی مشاهده گردید (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها ملاحظه می‌گردد که کم آبیاری موجب کاهش وزن خشک برگ گاو زبان گردیده است. به طوری که در کم آبیاری رویشی، زایشی و رویشی + زایشی به ترتیب وزن خشک برگ را ۲۵، ۲۳ و ۳۸ درصد کاهش داد. در همین رابطه بابائی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه آویشن تحت تاثیر کم آبی قرار گرفته و بین شدت کم آبیاری با صفات مذکور همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. در آزمایشی دیگر کاهش میزان آبیاری تا حد اعمال کم آبی شدید (۳۳٪ نیاز آبی) و کم آبی متوسط (۶۷٪ نیاز آبی)، عملکرد علوفه خشک سورگوم و ارزن را به ترتیب ۶۲/۶ و ۱۵/۵ درصد نسبت به تیمار بدون کم آبی کاهش داد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به جدول ۳ در بین

وزن خشک ساقه با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی تولید گردید (جدول ۳). برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود به طوری که بیشترین وزن خشک در آبیاری کامل و با مصرف ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی + زیستی و کمترین وزن خشک ساقه در شرایط کم آبیاری رویشی + زایشی و با مصرف ۲۵٪ شیمیایی + زیستی مشاهده شد (جدول ۴). همانطور که ملاحظه می‌گردد کم آبیاری موجب کاهش وزن خشک ساقه گردید. موسوی و همکاران (۱۳۸۸) نیز کاهش وزن خشک ساقه سورگوم و ارزن را در اثر اعمال کم آبی گزارش نمودند. همچنین مصرف کودهای زیستی به همراه نیمی از کودهای شیمیایی موجب بهبود وزن خشک ساقه نسبت به مصرف یکنواخت ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی در شرایط کم آبیاری گردید. تیمار مذکور وزن خشک ساقه را در کم آبیاری رویشی ۱۲ درصد و در کم آبیاری زایشی حدود ۵ درصد نسبت به تیمار مصرف کامل کود شیمیایی افزایش داد. دلیل این مسئله را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه به واسطه مصرف کودهای زیستی و بهبود خصوصیات رشدی گیاه نسبت داد. نتایج مشابه نشان می‌دهد که در شرایط کم آبی مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی موجب بهبود عملکرد می‌شود (ربیعان و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مربوط به مزرعه، از عمق ۰-۳۰ سانتی متری

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	مواد آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر	پتاسیم	منگنز	آهن	روی	مس
			(%)	(%)			میلی گرم بر کیلوگرم			
رسی سیلتی	۷/۵	۰/۸	۱/۵۳	۰/۱۵	۸/۶	۲۴۰	۱۲/۴	۱۰/۶	۰/۸۶	۱/۱۲

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف کم آبیاری و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گاوزبان

میانگین مربعات												
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک			وزن خشک برگ			عملکرد دانه	درصد روغن	شاخص برداشت روغن	کارایی مصرف آب دانه	وزن خشک کل
		ساقه	برگ	کل	ساقه	برگ	کل					
تکرار	۲	۲۰۱/۳ <sup>ns</sup>	۱۸۰/۷ <sup>*</sup>	۵۴۲۷۱۳/۷ <sup>**</sup>	۳۳۶/۳ <sup>**</sup>	۱۳/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>			
کم آبیاری (I)	۳	۲۵۳۷/۴ <sup>**</sup>	۱۴۳۰/۲ <sup>**</sup>	۱۵۱۵۸۷۷۸۱ <sup>**</sup>	۹۳۱۶/۲ <sup>**</sup>	۱۰۹/۱۷ <sup>**</sup>	۰/۵۸ <sup>**</sup>	۰/۰۰۶ <sup>**</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>			
خطای اصلی	۶	۲۰۳/۹	۱۱۰/۴	۲۲۲۸۹۷/۱	۲۹۹/۷	۶/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱			
کود (F)	۲	۳۷۰۷/۲ <sup>**</sup>	۱۴۳۸/۷ <sup>**</sup>	۵۱۷۱۹۰۷/۱ <sup>**</sup>	۲۱۶۳/۲ <sup>**</sup>	۳۲/۴۱ <sup>**</sup>	۰/۱۱ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۰/۱۱ <sup>**</sup>			
I × F	۶	۱۰۴۲/۶ <sup>**</sup>	۸۶/۵ <sup>**</sup>	۱۵۷۱۴۹۵/۲ <sup>**</sup>	۶۵۰/۷ <sup>**</sup>	۲/۹۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>**</sup>			
خطای فرعی	۱۶	۱۰۵/۲	۵۷/۹	۱۲۲۲۱۰/۴	۷۳/۴	۳/۴۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۴			
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰	۱۰/۳	۷/۶	۸/۲	۶/۲	۷/۷	۶/۶	۷/۳			

\*\* و \* به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns غیر معنی دار بودن را نشان می دهد.

قرار گرفتند. این محققین پیشنهاد کردند که برای حصول عملکرد بالا بایستی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده به همراه تلقیح زیستی مورد استفاده قرار گیرد.

### وزن خشک کل

بر اساس تجزیه واریانس داده ها اثرات ساده آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن خشک گاوزبان معنی دار شد (جدول ۲). در این بین بیشترین وزن خشک کل در تیمار بدون کم آبیاری و کمترین وزن خشک کل در تیمار حاصل از کم آبیاری رویشی + زایشی حاصل گردید (جدول ۳). در تیمارهای کودی نیز بیشترین وزن خشک کل با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی مشاهده گردید (جدول ۳). با توجه به جدول ۲ ملاحظه می گردد که برهمکنش آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن خشک کل معنی دار بود. بیشترین وزن خشک کل در تیمار بدون کم آبیاری و با مصرف ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی + زیستی و کمترین وزن خشک کل در شرایط کم آبیاری رویشی + زایشی با کاربرد تیمار کودی ۲۵ درصد مصرف کودهای شیمیایی + زیستی حاصل گردید (جدول ۴). با توجه به نتایج بدست آمده

تیمارهای کودی مصرف تلفیقی نیمی از کودهای شیمیایی به همراه زیستی نسبت به دیگر تیمارها وزن خشک بیشتری را به خود اختصاص داد. بطوری که تیمار مذکور وزن خشک برگ را در کم آبیاری رویشی حدود ۱۴ درصد نسبت به مصرف کامل ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی بهبود بخشید. مصرف کودهای زیستی به همراه نیمی از کودهای شیمیایی موجب بهبود وزن خشک برگ نسبت به مصرف یکنواخت ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی در شرایط کم آبیاری گردید (جدول ۴). در واقع مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود رشد رویشی گیاه گردیده که این مسئله می تواند به دلیل نقش مفید میکروارگانیزم های موجود در کودها در بهبود شرایط رشدی و تغذیه ای گیاه باشد. در همین رابطه ساینی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) گزارش نمودند که افزایش بیوماس و عملکرد دانه سورگم و نخود بیشتر در زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و دامی به همراه تلقیح با باکتری های حل کننده فسفات و ریزوبیوم مورد استفاده

ملاحظه می‌گردد که کم آبیاری موجب کاهش وزن خشک کل گردید. به طوری که کم آبیاری رویشی ۲۰ درصد و زایشی ۳۷ درصد وزن خشک کل را کاهش داد. بنابراین میزان کاهش وزن خشک کل در تیمار کم آبیاری زایشی بیشتر از رویشی بود که اثرگذاری بیشتر این کم آبیاری نسبت به کم آبیاری رویشی می‌تواند به دلیل دمای بالای تیرماه (۴۰ تا ۴۵ درجه) باشد. در آزمایشی روی آفتابگردان نیز مشخص گردید که با کم آبیاری عملکرد ماده خشک کاهش یافت (کرمی کاخکی و همکاران، ۱۳۸۸). از جانب دیگر مصرف کودهای زیستی به همراه ۵۰ درصد کودهای شیمیایی بالاترین وزن خشک کل را در شرایط کم آبیاری تولید نمود (جدول ۴). در همین رابطه ربیعان و همکاران (۱۳۸۸) اظهار داشتند که مصرف کودهای زیستی نیتروژنه و فسفات‌ها علاوه بر بهبود عملکرد موجب تعدیل اثر کم آبیاری و کاهش اثر منفی آن شده است.

#### عملکرد دانه گاوزبان

بر اساس نتایج بدست آمده، تیمارهای کم آبیاری بر عملکرد دانه گاوزبان اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۱۴۲/۲ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون کم آبیاری و کمترین عملکرد دانه (۶۸/۱ کیلوگرم در هکتار) در کم آبیاری رویشی + زایشی مشاهده گردید (جدول ۳). کم آبیاری زایشی نسبت به کم آبیاری در مرحله رویشی عملکرد دانه را بیشتر کاهش داد به طوری که کم آبیاری زایشی ۳۸ درصد و کم آبیاری رویشی ۱۸/۸ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. تیمارهای کودی نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد گاوزبان داشتند (جدول ۲). در این میان بیشترین عملکرد دانه (۱۱۸/۲ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی و کمترین مقدار با مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی مشاهده شد (جدول ۳). برهمکنش تیمارهای کم آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد دانه گاوزبان معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه در شرایط بدون کم آبیاری و با استفاده از تیمار ۵۰

درصد کودهای شیمیایی + زیستی به حداکثر مقدار رسید و در تیمار کم آبیاری رویشی + زایشی با مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + زیستی مقدار تولید دانه در پایین‌ترین سطح بود (جدول ۴). نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با افزایش کم آبیاری عملکرد دانه کاهش یافته است. در همین رابطه کرمی کاخکی و سپهری (۱۳۸۸) گزارش دادند کاهش رطوبت خاک به علت نقصان فتوسنتز جاری از طریق کم شدن وزن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شوند. استفاده ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی توانسته است عملکرد دانه را در تیمارهای کم آبیاری بهبود بخشد به طوری که عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی در شرایط کم آبیاری رویشی ۱۳ درصد و در زایشی ۱/۵ درصد عملکرد را نسبت به مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی افزایش داد. در آزمایشی دیگر مشخص گردید دلیل بهبود عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط کم آبی، کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بوده است (پارمحمودی و همکاران، ۱۳۸۸). به نظر می‌رسد تیمار تلفیقی مذکور علاوه بر بالابردن تحمل گیاه نسبت به کم آبی توانسته است جذب عناصر غذایی را از خاک افزایش دهد.

#### درصد روغن دانه

تیمارهای کم آبیاری و کودی اثر معنی‌داری روی درصد روغن گاوزبان داشتند (جدول ۲). بیشترین درصد روغن در شرایط کم آبیاری رویشی + زایشی و کمترین درصد روغن در آبیاری نرمال (شاهد) مشاهده گردید (جدول ۳). در تیمارهای کودی بیشترین درصد روغن در تیمار ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی و ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی و کمترین درصد روغن با مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی مشاهده شد (جدول ۳).

بر اساس نتایج آزمایش کم آبیاری موجب افزایش درصد روغن در گاوزبان شد. باتایب و همکاران<sup>۱</sup>

و در شرایط کم آبیاری رویشی + زایشی حاصل گردید (جدول ۴). همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می شود کم آبیاری موجب کاهش شاخص برداشت روغن گردید. از آنجایی که عملکرد روغن رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد دلیل افت این شاخص را در شرایط کم آبیاری می توان به کاهش عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری نسبت داد. بالاترین شاخص برداشت گاو زبان در آبیاری کامل حاصل گردید و با افزایش کم آبیاری شاخص برداشت دانه کاهش یافت. علت این موضوع را می توان به کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی در شرایط کمبود آب، به ویژه در زمان گلدهی نسبت داد. با توجه به جدول ۳ مصرف تلفیقی نیمی از کودهای شیمیایی + زیستی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی توانسته است عملکرد مطلوب تری نسبت به مصرف کامل ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی حاصل نماید. این برتری در بین تیمارهای کم آبیاری نیز مشهود است و چنین استنباط می گردد که مصرف باکتری های محرک رشد به همراه کودهای شیمیایی تا حدودی می توانند با بهبود فراهمی عناصر و بهبود مراحل ابتدایی رشد مانند جوانه زنی و گیاهچه ای علاوه بر بهبود عملکرد موجب افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش زا گردد (رامامورثای و همکاران، ۲۰۰۰). نتیجه مشابهی در آزمایشی روی ذرت حاصل گردید (بارمحمودی و همکاران، ۱۳۸۸).

#### کارایی مصرف آب (WUE)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل کم آبیاری و تیمارهای کودی بر کارایی مصرف آب وزن خشک کل، دانه گاو زبان معنی دار گردید (جدول ۲). در همین راستا بالاترین کارایی مصرف آب برای وزن خشک کل و دانه به ترتیب با ۱/۲۳، ۰/۰۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری بهینه و کمترین WUE در شرایط کم آبیاری رویشی + زایشی برای وزن خشک کل و دانه حاصل گردید (جدول ۳). در آزمایشی روی گیاه گوجه فرنگی نیز حداکثر عملکرد محصول و

(۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که کمبود آب بر رشد و اسیدهای چرب مریم گلی تأثیر معنی داری دارد. همچنین در گیاه مرزنجوش نیز در اثر کمبود آب، مقدار روغن بیشتر شد (ریزوپولو و دیامانتگلان<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱). از سوی دیگر استفاده از کودهای زیستی به همراه نیمی از کودهای شیمیایی همانند مصرف ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی از لحاظ تولید روغن عمل نمود (جدول ۳). دلیل این مسئله را می توان به نقش مفید این ریزجانداران در انحلال و افزایش عناصر قابل جذب موجود در خاک و تولید برخی ترکیبات محرک رشد گیاه نسبت داد (رامامورثای و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). با توجه به جدول ۲ ملاحظه می گردد که برهمکنش کم آبیاری و تیمارهای مختلف کودی برای درصد روغن معنی دار نبود.

#### شاخص برداشت روغن

شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی. در این پژوهش عملکرد روغن دانه گاو زبان به عنوان مهمترین بخش اقتصادی گیاه دارویی گاو زبان نسبت به سایر اندامها مورد بررسی قرار گرفت. در بین تیمارهای کم آبیاری بالاترین شاخص برداشت روغن (۱/۱۱ درصد) در شرایط آبیاری کامل و کمترین مقدار این شاخص (۰/۵۱ درصد) در کم آبیاری رویشی + زایشی مشاهده گردید (جدول ۳). در تیمارهای کودی بیشترین شاخص برداشت روغن (۰/۹۱ درصد) با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی و کمترین مقدار شاخص برداشت (۰/۷۱ درصد) با مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی حاصل گردید (جدول ۳). بنا بر نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تیمارهای کم آبیاری و کودی بر شاخص برداشت اثر معنی داری داشتند (جدول ۲). در این بین بالاترین شاخص برداشت روغن با مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی و در شرایط آبیاری کامل و کمترین شاخص برداشت با مصرف ۲۵ درصد کودهای شیمیایی + زیستی

1- Rizopoulou & Diamantoglou

2- Ramamoorthy et al.

همین رابطه نتایج پژوهش داگدلن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) روی پنبه و ذرت نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش راندمان مصرف آب گردید. آنها کاهش عملکرد دانه در شرایط کم آبی را دلیل کاهش راندمان مصرف آب بیان نمودند که نتیجه تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد. قابل ذکر است برخی گزارش کردند که کم آبیاری موجب بهبود کارایی مصرف آب می‌گردد (ساینی و همکاران، ۲۰۰۴). گوگسی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) نیز تغییرات معنی داری را بین تیمارهای مختلف کم آبیاری بر کارایی

حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) بدست آمد (گلکار و همکاران، ۱۳۸۷). در تیمارهای کودی بیشترین WUE برای وزن خشک کل و دانه با استفاده از نیمی از کودهای شیمیایی + زیستی به ترتیب با ۰/۹۷ و ۰/۰۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار نیز برای وزن خشک کل و دانه به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۰۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به برهمکنش تیمارهای آزمایش مشاهده می‌گردد که بالاترین WUE برای وزن خشک کل و دانه گاوزبان در شرایط آبیاری کامل و با استفاده از تیمار ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی حاصل گردید، از سوی دیگر کمترین WUE در شرایط کم آبیاری و با استفاده از تیمار ۲۵ درصد شیمیایی + زیستی حاصل شد (جدول ۴). نتایج حاصل از آزمایش حاکی از آن است که با اعمال کم آبیاری کارایی مصرف آب کاهش یافت. به طوری که کم آبیاری رویشی + زایشی کارایی مصرف آب و وزن خشک کل را به ترتیب ۱۹/۵ و ۳۹ درصد و WUE دانه را نیز به ترتیب ۱۳ و ۲۱ درصد کاهش داد. ملاحظه می‌گردد که میزان کاهش کارایی مصرف آب در شرایط کم آبیاری رویشی کمتر از کم آبیاری زایشی بود، این مسئله را می‌توان بدلیل مصادف شدن کم آبیاری زایشی به دمای بالای تیرماه نسبت داد که موجب تشدید اثر این کم آبیاری گردیده است. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) در آزمایشی روی کلزا گزارش کردند که میزان کاهش عملکرد دانه و ماده خشک کل به هنگام کم آبی، نسبت به کاهش آب مصرفی بیشتر بوده، این موضوع سبب شد تا کمترین میزان کارایی مصرف آب در تنش رطوبتی مشاهده گردد. شایان ذکر است که یکی از مشکلات جدی در زراعت گیاه دارویی گاوزبان گلدهی نامحدود و ریزش دانه‌های آن است (نقدی بادی و همکاران، ۱۳۸۶). کم آبیاری زایشی موجب تشدید این مسئله در گیاه گاوزبان گردید. می‌توان کاهش کارایی مصرف آب دانه در کم آبیاری زایشی را، به ریزش دانه‌های آن نسبت داد. در

1- Dagdelen *et al.*

2- Göksoy *et al.*



**جدول ۳ - مقایسه میانگین‌های تاثیر سطوح مختلف کم آبیاری و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گاوزبان**

تیمارها	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	عملکرد	درصد	شاخص	کارایی مصرف آب
	ساقه	برگ	کل	دانه	روغن	برداشت	(کیلوگرم بر متر مکعب)
	(گرم بر متر مربع)	(گرم بر متر مربع)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(%)	روغن (%)	دانه
کم آبیاری (رویشی)	۱۰۱/۱ b	۷۳/۲ b	۴۹۵۶/۰ b	۱۱۵/۴ b	۲۷/۹۱ c	۰/۸۸ b	۰/۲۰ b
کم آبیاری (زایشی)	۱۰۳/۵ b	۷۴/۹ b	۳۹۴۱/۲ c	۸۸/۹ c	۳۰/۸۸ b	۰/۶۹ c	۰/۱۸ c
کم آبیاری (رویشی + زایشی)	۸۰/۳ c	۵۹/۹ c	۳۱۱۳/۴ d	۶۸/۱ d	۳۳/۷۶ a	۰/۵۱ d	۰/۱۶ d
بدون کم آبیاری (شاهد)	۱۲۸/۳ a	۹۷/۶ a	۶۱۹۱/۱ a	۱۴۲/۲ a	۲۵/۷۸ d	۱/۱۱ a	۰/۲۳ a
۱۰۰٪ کود شیمیایی	۹۹/۴ b	۷۴/۴ b	۴۴۳۸/۱ b	۱۰۱ b	۲۹/۷۴ a	۰/۷۸ b	۰/۱۹ b
۵۰٪ کود شیمیایی + زیستی	۱۲۰/۱ a	۸۵/۴ a	۵۲۵۵/۰ a	۱۱۸/۲ a	۳۱/۱۵ a	۰/۹۱ a	۰/۲۳ a
۲۵٪ کود شیمیایی + زیستی	۸۵/۲ c	۶۱/۶ c	۳۹۵۷/۳ c	۹۱/۷ c	۲۷/۸۷ b	۰/۷۱ c	۰/۱۷ c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشند.

**جدول ۴ - مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف کم آبیاری و تیمارهای کودی در گیاه دارویی گاوزبان**

تیمارها	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	عملکرد	درصد	شاخص	کارایی مصرف آب
	ساقه	برگ	کل	دانه	روغن	برداشت	(کیلوگرم بر متر مکعب)
	(گرم بر متر مربع)	(گرم بر متر مربع)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(%)	روغن (%)	دانه
F <sub>1</sub>	۱۰۱/۵b	۷۳/۱b	۴۷۲۹/۶c	۱۱۰/۴ c	۲۷/۷۳ cde	۰/۸۵ c	۰/۰۲ cd
F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	۱۱۵/۷ ab	۸۴/۸ ab	۵۵۴۴/۵ b	۱۲۷ b	۲۹/۴۰ bcd	۱ b	۰/۲۴ b
F <sub>3</sub>	۸۲/۰ cd	۶۱/۵ c	۴۵۹۳/۹ cd	۱۰۹ c	۲۶/۶۰ def	۰/۸۰ cd	۰/۱۹ cd
F <sub>1</sub>	۱۱۲/۷ ab	۷۸/۹ ab	۴۰۷۳/۳ ed	۸۹/۱ de	۳۰/۹۰ bc	۰/۶۵ ef	۰/۱۸ cd
F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	۱۱۸/۴ ab	۸۶/۱ ab	۴۱۷۰/۳ cde	۹۰/۵ d	۳۱/۵۰ b	۰/۷۴ de	۰/۲۲ b
F <sub>3</sub>	۹۰/۵ c	۶۴/۶ c	۳۵۸۰/۰ ef	۸۷/۳ de	۳۰/۲۶ bc	۰/۷۰ de	۰/۱۶ d
F <sub>1</sub>	۶۹/۱ d	۵۳/۳ d	۳۰۳۲/۹ f	۷۴/۸ e	۳۴/۸۳ a	۰/۵۸ f	۰/۱۸ d
F <sub>2</sub> I <sub>3</sub>	۷۵/۴ cd	۷۲/۶ ab	۳۲۹۱/۹ f	۷۵/۳ e	۳۵/۸۳ a	۰/۶۳ ef	۰/۱۸ cd
F <sub>3</sub>	۶۱/۴ d	۴۹/۸ d	۳۰۱۵/۳ f	۵۴/۱ f	۳۰/۶۳ bc	۰/۳۳ g	۰/۱۳ e
F <sub>1</sub>	۱۲۰/۲ ab	۹۰/۴ ab	۵۹۱۶/۷ b	۱۲۹/۸ b	۲۵/۵۰ ef	۱/۰۵ b	۰/۲۱ c
F <sub>2</sub> I <sub>4</sub>	۱۲۸ a	۹۶ a	۸۰۱۶/۷ a	۱۸۰/۱ a	۲۷/۸۶ cde	۱/۲۶ a	۰/۲۹ a
F <sub>3</sub>	۱۱۹/ ab	۸۰/۵ b	۴۶۴۰/۰ cd	۱۱۶/۶ bc	۲۴ f	۱/۰۱ b	۰/۱۸ cd

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشند. I<sub>1</sub> (کم آبیاری در مرحله رویشی)، I<sub>2</sub> (کم آبیاری در مرحله زایشی)، I<sub>3</sub> (کم آبیاری در مراحل رویشی + زایشی) و I<sub>4</sub> (بدون کم آبیاری). F<sub>1</sub> (۱۰۰٪ کود شیمیایی)، F<sub>2</sub> (۵۰٪ کود شیمیایی + زیستی) و F<sub>3</sub> (۲۵٪ کود شیمیایی + زیستی)،

کارایی مصرف آب گردید که دلیل این مسئله را می توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و بهبود عملکرد گیاه نسبت داد که در نهایت موجب افزایش کارایی مصرف آب گاوزبان گردید. به‌طور کلی اگرچه با کم آبیاری کارایی مصرف آب کاهش یافت ولی مصرف کودهای زیستی

مصرف آب آفتابگردان مشاهده نکردند. تفاوت در نتایج آزمایش‌ها می‌تواند به دلیل اختلاف در شدت کم آبیاری به کار رفته و اختلاف بین گونه‌های گیاهی باشد. با توجه به برهمکنش تیمارهای آزمایش مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی + زیستی در شرایط کم آبیاری موجب بهبود

کر می و سپهری: اثر کم آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر...

از شدت آن کاسته و سبب بهبود وضعیت کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب گردید.

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که گاووزبان مانند بیشتر گیاهان عکس العمل فیزیولوژیک و مورفولوژیک به کم آبیاری نشان می‌دهد. به طوری که با افزایش کم آبیاری از بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گاووزبان کاسته می‌شود از سوی دیگر نتایج حاصل نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی نیتروژنه و فسفات‌ها تاثیر معنی داری روی بیوماس، عملکرد، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گاووزبان دارد به طوری که در بین تیمارهای کودی تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی بالاترین عملکرد را حاصل نمود. از طرفی نتایج نشان داد که این کودها با بهبود شرایط تغذیه ای گیاه در شرایط کم آبی می‌توانند نقش مفیدی در

کاهش خسارت‌های شرایط کم آبی داشته باشند و مهم‌تر از آن، جایگزینی کودهای زیستی با بخشی از کودهای شیمیایی، نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی های زیست محیطی می‌باشد. بنظر می‌رسد در صورت اجبار به انجام کم آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک، کم آبیاری در مرحله رویشی نسبت به مرحله زایشی از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار است از طرفی عملکرد را کمتر کاهش می‌دهد به همین دلیل در صورت نیاز کم آبیاری رویشی در مقایسه با زایشی توصیه می‌گردد و بنابر نتایج آزمایش مصرف تیمار کودی ۵۰ درصد شیمیایی + زیستی توصیه می‌گردد زیرا در شرایط کم آبیاری گرچه کارایی مصرف آب در گیاه دارویی گاووزبان کاهش یافت ولی مصرف کودهای زیستی از شدت آن کاسته و سبب بهبود وضعیت کارایی مصرف آب در شرایط کم آبی گردید.

### منابع

۱. بابائی، ک.، امینی‌دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع. م. و جباری، ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris L.*). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲ و ۴۸): ۲۳۹-۲۵۱.
۲. حمزه زاده، م.، فتحی، پ.، جوادی، ت. و حسنی، ع. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر کارایی مصرف آب در گیاه ریحان رقم کشکنی لولو با استفاده از تئوری آنالیز حاشیه ای. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۵): ۹۵۳-۹۶۰.
۳. دانشمند، ع.، شیرانی راد، ا. ح.، نورمحمدی، ق.، زارعی، ق. و دانشیان، ج. ۱۳۸۵. اثر تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، جذب نیتروژن و کارایی مصرف آب و نیتروژن در دو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۸ (۴ و ۳۲): ۳۲۳-۳۴۲.
۴. ربیعیان، ز.، رحیم زاده خویی، ف.، کاظمی اربط، ح. و یارنیا، م. ۱۳۸۸. اثر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفوری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم پیروز تحت سطوح مختلف آبیاری. مجله پژوهش در علوم زراعی، ۲ (۶): ۹۳-۱۰۲.

۵. رحمانی، ن.، ولدآبادی، س.ع.، دانشیان، ج. و بیگدلی، م. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک عملکرد در گیاه دارویی همیشه بهار تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴ (۱): ۱۰۱-۱۰۸.
۶. کریمی کاخکی، م. و سپهری، ع. ۱۳۸۸. اثر کم آبیاری در دوره زایشی بر کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام جدید آفتابگردان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. جلد ۱۳ (۵۰): ۱۶۳-۱۷۶.
۷. گلکار، ف.، فرهمند، ع. و فرداد، ح. ۱۳۸۷. بررسی، تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی، مجله مهندسی آب، ۱ (۱): ۱۳-۱۹.
۸. موسوی، غ.، میرهادی، م. ج.، سیادت، ع.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۸. تاثیر تنش کم آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب سورگوم و ارزن علوفه ای. مجله دانش نوین کشاورزی، ۵ (۱۵): ۱۰۰-۱۱۴.
۹. نقدی بادی، ح.، سروش زاده، ع.، رضازاده، ش.، شریفی، م.، فلاوند، ا. و امید، ح. ۱۳۸۶. مروری بر گیاه گاوزبان (گیاه دارویی با ارزش و غنی از گامالینولینیک اسید). فصلنامه گیاهان دارویی، ۶ (۲۴): ۱-۱۶.
۱۰. یارمحمدی، ز.، تدین، م. س. و جعفری حقیقی، ب. ۱۳۸۸. بررسی اثر کودهای بیولوژیک حاوی آمینواسیدها بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای رقم ماکسیم تحت شرایط تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱ (۲): ۳۷-۴۸.
11. Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu. O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7): 1163-1181.
12. Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E., and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120(2): 271-275.
13. Dagdelen, N., Yilmaz, E., Sezgin, F., and Gorbuz, T. 2006. Water yield relation and water use efficiency of cotton and season crop corn in Western Turkey. *Agricultural Water Management*, 82(1-2): 93-85.
14. Geerts, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water Productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, 96: 1275-1284.
15. Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87(2-3): 167-178.
16. Igbadun, H.E., Mahoo, H.F., Tarimo, A.K.P.R., and Salim, B.A. 2006. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin. Tanzania. *Agricultural Water Management*, 85(1-2): 141-150.

17. Nagananda, G. S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. *International Journal of Botany*, 6(4): 394-403.
18. Ramamoorthy, K., Natarajan, N., and Lakshmanan, A. 2000. Seed biofortification with *Azospirillum* spp. for improvement of seedling vigour and productivity in rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 28(3): 809-815.
19. Rizopoulou, S., and Diamantoglou, S. 1991. Water stress, induced diurnal variation in leaf water relation stomata conductance, soluble sugar, lipids and essential oil content of *Origanum majorana*. *Journal of Horticultural Science*, 66(1): 119-125.
20. Saini, V.K., Bhandari, S.C., and 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(1): 39-47.
21. Sasani, S., Jahansooz, M.R., and Ahmadi, A. 2004. The effects of deficit irrigation on water-use efficiency, yield and quality of forage pearl millet. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> international crop science congress*. Brisbane, Australia, 26 sep–1 Oct.
22. Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulture*, 107(3): 245-253.
23. Ucan, K., and Gencoglan, C. 2004. The effect of water deficit on yield and yield component of sugar beet. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 28: 163-172.