

اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره در شرایط تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و مواد مؤثره گیاه دارویی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

رامین رضائی^{۱*}، سید علیرضا ولدآبادی^۲، امیرحسین شیرانی راد^۲، سعید سیف زاده^۳ و اسماعیل حدیدی ماسوله^۴

*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

پست الکترونیک: ramini_rezaei65@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۳- استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره تحت تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و مواد مؤثره در گیاه دارویی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، آزمایشی طی دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح کم آبی به عنوان عامل اصلی در دو سطح، عدم تنش کم آبی (شاهد) و قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی، همچنین سطوح کود بیولوژیک در چهار سطح به عنوان عامل فرعی (عدم مصرف) (شاهد)، کاربرد ازتوباکتر (کروکوکوم)، کاربرد آزوسپیریلوم (برازیلنس) و تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بود. انواع کود اوره نیز در چهار سطح به عنوان عامل فرعی شامل عدم مصرف (شاهد)، مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی (۱۷۵ کیلوگرم در هکتار براساس توصیه کودی)، ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی (۱۳۱ کیلوگرم در هکتار) و مقدار توصیه شده کود اوره بدون پوشش (فرم رایج منطقه) به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی منجر به کاهش عملکرد گل، عملکرد بیولوژیک، میزان نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) و کارایی جذب نیتروژن گردید. اما منجر به افزایش کارایی مصرف نیتروژن، آلفا-کادینول و مورولول شد. همچنین در هر دو سال آزمایش کاربرد تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی منجر به افزایش میزان کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط عدم تنش کم آبی و استفاده از کود بیولوژیک تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کاربرد ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد. در سال دوم عدم تنش کم آبی و استفاده از کود بیولوژیک تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی نیز منجر به کاهش معنی دار کارایی مصرف نیتروژن گردید. در سال اول و دوم نیز عدم تنش کم آبی و کاربرد تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی منجر به افزایش عملکرد گل و عملکرد بیولوژیک شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد گل، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، کود اوره با پوشش گوگردی، کارایی مصرف نیتروژن.

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به عنوان مواد اولیه تولید دارو و اهمیت مواد مؤثره آنها در صنایع مختلف سبب کشت و تولید گیاهان دارویی شده است. گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاهی معطر و یکساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) می باشد و منشأ آن نواحی مدیترانه است. گل های این گیاه به رنگ زرد یا نارنجی و حاوی مواد مؤثره، اسانس، فلاونوئید، ساپونین و کاروتنوئید می باشد و یکی از گیاهان دارویی شناخته شده است که امروزه از گل و عصاره آن استفاده فراوانی در صنایع داروسازی و صنایع آرایشی و بهداشتی می شود (Omidbaigi, 2000)؛ اما مشکلاتی از جمله کمبود آب بیش از سایر عناصر بر کاهش تولید اثر می گذارد. به طور مشخص ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود، بنابراین نوعی از کشاورزی را باید پیاده نمود که بستر کشاورزی ایران و اقلیم نیمه خشک آن به ما دیکته می کند تا بدین ترتیب بتوان از تولیدی پایدار با کمترین عوارض زیست محیطی برخوردار شد. امروزه خاک های کشورمان نه تنها از نظر مواد آلی فقیر بوده بلکه به دلیل بالا بودن دما، ثابت نگه داشتن و حفظ ماده آلی خاک بسیار دشوار می باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2015). از سویی استفاده از کودهای شیمیایی در اکوسیستم های زراعی نه تنها باعث تخریب ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می شود، بلکه کیفیت محصولات تولید شده را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. اما کاربرد کود نیتروژن در زمانی که انتظار می رود گیاه زراعی به آن واکنش دهد، علاوه بر تأثیر مثبت بر تولید عملکرد، منجر به کاهش خطر استفاده بیش از حد نیتروژن نیز می شود (Guarda et al., 2004). در رابطه با پژوهش های انجام شده درباره کودهای نیتروژنی بر عملکرد و ماده مؤثره گیاهان دارویی، Ameri و همکاران (۲۰۰۷) تحقیقی را

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن روی صفات زراعی و اسانس گیاه دارویی انجام دادند. نتایج آنان نشان داد که استفاده از تیمارهای نیتروژنی روی صفات رویشی و عملکرد گل همیشه بهار تأثیر داشتند؛ به صورتی که بیشترین عملکرد گل خشک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان ۱۰۲/۸۶ گرم در مترمربع بدست آمد. در این میان بررسی روند تغییرات کارایی های جذب و مصرف نیتروژن و متغیرهای وابسته به آن در سطوح مختلف نیتروژن حائز اهمیت است. با این حال Renato و همکاران (۲۰۰۳) میزان فراهمی نیتروژن خاک به ویژه شکل نیتروژنی آن را دستخوش نوسانهای فصلی دانستند، زیرا فراهمی آن بستگی به عواملی همانند آب، اکسیژن و فعالیت میکروارگانیسم های خاک دارد. اما به یکباره نمی توان کودهای شیمیایی را از اکوسیستم های زراعی حذف نمود، زیرا لازمه پایداری، اطمینان از تولید مناسب، درآمد کافی و امنیت تولید است. در تحقیقی بر روی کودهای زیستی، Moradi و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) متوجه افزایش عملکرد اسانس در تیمار کود زیستی تثبیت کننده نیتروژن در مقایسه با شاهد شدند. آنان بیان کردند که آزادسازی تدریجی عناصر غذایی که متناسب با مراحل رشدی گیاه می باشد باعث افزایش میزان عملکرد اسانس و بهبود کیفیت آن گردید. به طور کلی از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیّت و کیفیت ماده مؤثره می باشد، کودهای زیستی می تواند به عنوان گزینه ای مکمل برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولیدات محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شوند (Pintea et al., 2003). هدف از این پژوهش بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی در کنار کودهای از دسته کندرو در گیاه همیشه بهار در شرایط تنش کم آبی است.

مواد و روش‌ها

کود براساس توصیه کودی انجام گردید. پس از برداشت، نمونه‌ها برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل و صفاتی مانند مقدار ماده مؤثره، میزان نیتروژن کل، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. عملکرد بالا در اثر کاربرد نیتروژن معمولاً توسط شاخصی به نام کارایی مصرف نیتروژن سنجیده می‌شود؛ بنا به تعریف، کارایی مصرف نیتروژن عبارت است از: مقدار عملکرد به ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده است و طبق این تعریف کارایی مصرف نیتروژن از حاصل ضرب دو مؤلفه، کارایی جذب نیتروژن و دیگری کارایی استفاده از نیتروژن بدست می‌آید. کارایی استفاده از نیتروژن از رابطه میزان تولید اندام اقتصادی به کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه بدست می‌آید؛ همچنین کارایی جذب نیتروژن، نسبت میان کل نیتروژن جذب شده در زیست‌توده به نیتروژن فراهم شده در خاک است و نشان می‌دهد از مجموع کود نیتروژن بکار رفته چه میزان از آن در بیوماس محصول تجمع یافته است (Moll *et al.*, 1982). محاسبه عملکرد گل و بیولوژیک نیز به ترتیب در مرحله رسیدگی گیاه پس از حذف حاشیه در سطح یک مترمربع، کل بوته برداشت و برای هر کرت به طور جداگانه شماره‌گذاری و وزن گردید؛ همچنین از سطح دو مترمربع از هر کرت در نظر گرفته شده و پس از توزین، عملکرد بیولوژیک در مترمربع برای هر کرت به طور جداگانه محاسبه گردید. عملکرد داده‌ها از طریق برنامه‌های آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند.

به منظور ارزیابی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره تحت شرایط تنش کم‌آبی در گیاه همیشه‌بهار، آزمایشی طی دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا اجرا گردید (جدول ۱). آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف کم‌آبی به عنوان عامل اصلی در دو سطح (عدم تنش کم‌آبی (شاهد) و قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی)، همچنین سطوح کود بیولوژیک در چهار سطح به عنوان عامل فرعی (عدم مصرف کود بیولوژیک (شاهد)، کاربرد از توباکتر، کاربرد آزوسپیریلوم و تلفیق باکتریایی بود. انواع کود اوره نیز در چهار سطح به عنوان عامل فرعی شامل (عدم مصرف (شاهد)، مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی (۱۷۵ کیلوگرم در هکتار)، ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی (۱۳۱ کیلوگرم در هکتار) و مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره (بدون پوشش) به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. باکتری‌ها از شرکت دانش بنیان تمیشه گرگان تهیه شد. برای تلقیح بذر با باکتری‌ها، هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی ۱۰۷ عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح استفاده شد و کلیه عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام گردید و بذرها پس از خشک شدن کشت و بلافاصله آبیاری انجام شد. کشت در هفته اول خرداد و مقدار مصرف

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه

B	Mn	Cu	Zn	Fe	K	P	N	OM	OC	TNV	pH	EC	Silt	Sand	Clay	نوع آزمایش
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(%)		(dS.M ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	
۱/۲۲	۹/۷۴	۰/۹۶	۰/۵۶	۳/۴۴	۴۰۶/۶	۱۲/۸	۰/۰۶	۱/۱۶	۰/۶۸	۲۱/۴	۷/۷۸	۱/۹۷	۴۲	۳۶	۲۲	نمونه خاک

نتایج

کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی)

براساس نتایج در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ و همچنین در سال اول اثر $S \times B$ ، $S \times N$ و $S \times B \times N$ در سطح ۱٪ و در سال دوم اثر $(B \times N)$ در سطح ۱٪ بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۲). تنش کم آبی در هر دو سال آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار این صفت شد. به طوری که کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط تنش کم آبی نسبت به عدم تنش کم آبی در سال اول و دوم به ترتیب ۳۴/۷٪ و ۲۲/۴٪ کاهش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و اوره نتایج نشان داد که در سال دوم استفاده از کود بیولوژیک تلفیق باکتریایی و کود اوره (گوگردی) منجر به افزایش کارایی زراعی نیتروژن گردید. به طوری که بیشترین کارایی استفاده از نیتروژن در تیمارهای تلفیق باکتریایی و ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) و همچنین تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) حاصل شد (شکل ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه عامل $(S \times B \times N)$ در سال اول بیشترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط عدم تنش کم آبی و استفاده از تلفیق باکتریایی و کاربرد ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) بدست آمد. در واقع شرایط عدم تنش کم آبی و کاربرد تلفیق باکتریایی و انواع کود اوره منجر به افزایش کارایی استفاده از نیتروژن گردید (جدول ۶). در این تحقیق استفاده از ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) منجر به افزایش کارایی استفاده از نیتروژن گردید و میزان کارایی استفاده از نیتروژن در کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) و کود اوره بدون پوشش کاهش یافت. نتایج Guarda و همکاران (۲۰۰۴) در همین راستا نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن شد. با توجه به قانون بازده نزولی در مورد مصرف عناصر غذایی مبنی بر اینکه واحدهای اولیه کود مصرفی تأثیر

بیشتری روی عملکرد دارند، بنابراین هر قدر مصرف نیتروژن افزایش یابد، کارایی استفاده از آن کاهش می‌یابد.

کارایی جذب نیتروژن

براساس نتایج این تحقیق در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ بر کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش کم آبی در هر دو سال آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید. به طوری که کارایی جذب نیتروژن در شرایط تنش کم آبی نسبت به عدم تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۹/۶٪ و ۹٪ کاهش یافت. کاربرد کود بیولوژیک در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی‌دار کارایی جذب نیتروژن گردید. در هر دو سال بیشترین میزان این صفت در شرایط کاربرد تلفیق باکتریایی حاصل شد (شکل ۲). ضمن اینکه در هر دو سال آزمایش بیشترین میزان کارایی جذب نیتروژن در مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد.

میزان نیتروژن کل

در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ بر میزان نیتروژن گیاه معنی‌دار شد. همچنین در سال اول اثر $(B \times N)$ در سطح ۱٪ بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کم آبی در هر دو سال آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید. به طوری که نیتروژن کل در شرایط تنش نسبت به عدم تنش کم آبی در سال اول و دوم به ترتیب ۹٪ و ۱۰/۱٪ کاهش یافت. کاربرد کود بیولوژیک در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی‌دار نیتروژن کل گردید. در هر دو سال بیشترین میزان این صفت در شرایط کاربرد تلفیق باکتریایی و کمترین در تیمار شاهد حاصل شد. در هر دو سال بیشترین میزان نیتروژن کل در کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) حاصل گردید. به طوری که نیتروژن کل در شرایط کاربرد مقدار

عدم تنش و استفاده از تلفیق باکتریایی همراه با مقدار توصیه شده اوره (گوگردی) منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید (جدول ۶). نتیجه‌ای که Lichtenthaler و Babani (۲۰۰۰) گرفتند این بود که کاربرد زیاد نیتروژن از طریق تحریک افزایش جذب نیترات و اشباع فرایند متابولیسم نیتروژن، منجر به کاهش نسبت C/N می‌شود و روی کارایی مصرف نیتروژن تأثیر منفی دارد.

عملکرد گل

در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم‌آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) و اثر متقابل $S \times N$ ، $S \times B$ و $B \times N$ در سطح ۱٪ بر عملکرد گل معنی‌دار شد. همچنین در سال اول اثر سه عامل $S \times B \times N$ بر این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کم‌آبی در هر دو سال آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید. به‌طوری‌که عملکرد گل در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به عدم تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۱۳/۷٪ و ۱۶/۴٪ کاهش یافت. کاربرد کود بیولوژیک در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گل گردید. در سال اول بین کاربرد آزوسپیریلوم به‌تنهایی و استفاده از تلفیق باکتریایی از نظر عملکرد گل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در سال دوم بیشترین میزان این صفت در شرایط کاربرد تلفیق باکتریایی (۵۴۲/۱۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (بدون پوشش) در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گل گردید. به‌طوری‌که عملکرد گل در کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) نسبت به تیمار شاهد در سال اول و دوم به ترتیب ۶۰/۸٪ و ۹۹/۱٪ افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و کود بیولوژیک نشان داد که در هر دو سال آزمایش در شرایط عدم تنش، استفاده از کود بیولوژیک منجر به افزایش معنی‌دار این صفت گردید. به‌طوری‌که در هر دو سال آزمایش بیشترین

توصیه شده کود اوره (گوگردی) نسبت به شاهد در سال اول و دوم به ترتیب ۲۲/۲٪ و ۲۱/۸٪ افزایش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و اوره، نتایج نشان داد که سال اول بیشترین نیتروژن کل در تیمارهای تلفیق باکتریایی و مقدار توصیه شده کود اوره (بدون پوشش) و همچنین تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) بدست آمد (شکل ۳). کود بیولوژیک بدون هر یک از سه تیمار کود اوره اثر معنی‌داری بر میزان نیتروژن کل نداشت. به‌طوری‌که افزایش نیتروژن با کاربرد کود نیتروژن با نتایج (Ameri et al., 2007) در همیشه‌بهار مطابقت داشت.

کارایی مصرف نیتروژن

در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم‌آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار شد. همچنین در سال دوم اثر $S \times B$ و $S \times B \times N$ در سطح ۱٪ و اثر $S \times N$ در سطح ۵٪ بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کم‌آبی در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی‌دار این صفت گردید. به‌طوری‌که کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به عدم تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۴ و ۱۱/۷ درصد افزایش یافت. کاربرد کود بیولوژیک در هر دو سال آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن در هر دو سال بیشترین میزان این صفت در شرایط عدم کاربرد کود بیولوژیک و کمترین در تیمار کاربرد تلفیق باکتریایی حاصل شد. در هر دو سال آزمایش استفاده از کود اوره منجر به کاهش معنی‌دار شد. بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در تیمار شاهد و کمترین در کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) و مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره یعنی بدون پوشش حاصل شد. در مقایسه اثر متقابل سه عامل $S \times B \times N$ در سال دوم بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی و عدم کود بیولوژیک و کود اوره بدست آمد. در کل

متقابل $S \times B$ ، $B \times N$ و $S \times B \times N$ در سطح ۱٪ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد. همچنین اثر $S \times N$ در سال دوم در سطح ۱٪ بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه عامل $S \times B \times N$ در سال اول بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم تنش و استفاده از تلفیق باکتریایی با کاربرد هر سه فرم کود آورده حاصل شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک در سال دوم در شرایط عدم تنش کم‌آبی و استفاده از تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۷۴۸۸/۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۷). نتایج تحقیقی توسط Sedghi و همکاران (۲۰۱۲) بر روی همیشه‌بهار نشان داد که تنش ملایم باعث تولید بیشترین عملکرد ماده خشک و عصاره شد.

آلفا-کادینول

در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم‌آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. در سال اول اثر $B \times N$ در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۴). آلفا-کادینول در شرایط تنش نسبت به عدم تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۸/۹٪ و ۸/۸٪ افزایش یافت. کاربرد کود بیولوژیک تلفیق باکتریایی در هر دو سال آزمایش نیز منجر به افزایش معنی‌دار میزان آلفا-کادینول گردید. به طوری که میزان آن در شرایط کاربرد کود بیولوژیک نسبت به شاهد در سال اول و دوم به ترتیب ۱۹/۴٪ و ۱۸/۵٪ افزایش یافت. همچنین کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) و کاربرد مقدار توصیه شده بدون پوشش در هر دو سال منجر به افزایش معنی‌دار این صفت شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و اوره نشان داد در سال اول بیشترین میزان آلفا-کادینول در تیمارهای تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره گوگردی (۲۰٪) حاصل شد (شکل ۴). افزایش آلفا-کادینول در اثر کاربرد کود زیستی با نتایج تحقیقات Sedghi و همکاران (۲۰۱۲) در همیشه‌بهار مطابقت دارد.

میزان این صفت در شرایط عدم تنش کم‌آبی و تلفیق باکتریایی به ترتیب به میزان ۶۵۳/۶ و ۵۷۲/۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۸). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و انواع کود اوره، بیشترین عملکرد گل در هر دو سال در شرایط عدم تنش و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) به ترتیب به میزان ۵۴۴/۴۷ و ۵۹۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. همچنین استفاده از کود بیولوژیک در شرایط تنش منجر به افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به عدم استفاده از کود بیولوژیک در همین شرایط تنش گردید. در مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و اوره نتایج نشان داد که در سال اول بیشترین عملکرد گل در تیمارهای تلفیق باکتریایی و مقدار توصیه شده کود اوره بدون پوشش (۶۱۱/۴۴ کیلوگرم در هکتار)، همچنین تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۶۰۲/۰۱ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد آزوسپریلوم و مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۵۸۱/۷۴ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. در سال دوم بیشترین عملکرد گل در تیمارهای تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۷۲۴/۶۲ کیلوگرم در هکتار) و همچنین کاربرد آزوسپریلوم و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۶۷۷/۸ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. در مقایسه اثر متقابل سه عامل ($S \times B \times N$) بیشترین عملکرد گل در سال اول در شرایط عدم تنش کم‌آبی و استفاده از تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) (۷۸۸/۲۸ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۸). نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد گل در گیاه همیشه‌بهار می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیقات روی همیشه‌بهار مطابقت دارد (Metwally et al., 2013).

عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج این تحقیق در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم‌آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) و اثر

مورولول

در هر دو سال آزمایش اثر تنش کم آبی (S)، کود بیولوژیک (B) و انواع کود اوره (N) در سطح ۱٪ بر میزان ماده مؤثره مورولول معنی دار شد. همچنین در هر دو سال اثر B×N در سطح ۱٪ و ۵٪ بر این صفت معنی دار گردید. تنش کم آبی در هر دو سال آزمایش منجر به افزایش معنی دار این صفت گردید. به طوری که میزان مورولول در شرایط تنش کم آبی نسبت به عدم تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۹٪ و ۱۲٪ افزایش یافت (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و اوره نتایج نشان داد که در سال اول بیشترین

میزان مورولول در تیمارهای تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی (۷/۲٪) و کاربرد تلفیق باکتریایی و کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره بدون پوشش (۷/۲٪) حاصل شد. در سال دوم استفاده از تلفیق باکتریایی همراه با کاربرد کود اوره (گوگردی) منجر به افزایش معنی دار این ماده مؤثره گردید. اما بین ۷۵٪ مقدار توصیه شده و مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) از نظر این صفت اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵). افزایش مورولول در اثر کاربرد کود زیستی با نتایج تحقیقات Sedghi و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه همیشه بهار مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره در شرایط تنش کم آبی بر گیاه دارویی گل همیشه بهار طی دو سال آزمایشی (۱۳۹۴-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶)

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
کارایی جذب نیتروژن		کارایی استفاده از نیتروژن			
سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول		
۱/۵۲ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۱ ns	۲	تکرار
۹۸/۱۴ **	۸۶/۰۷ **	۱۶/۳۵ **	۲۸/۰۵ **	۱	تنش کم آبی (S)
۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۸	۴/۰۴	۲	خطای اصلی
۷۲/۶۴ **	۳۱/۴۶ **	۱۷/۳۳ **	۱۶/۸۲ **	۳	کود بیولوژیک (B)
۰/۲۳ **	۰/۰۴ ns	۰/۲۲ ns	۵/۱۱ **	۳	S×B
۰/۴۷	۰/۷۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۱۲	خطای فرعی
۷/۸۲ **	۱۰ **	۲/۳۷ **	۱/۹۹ **	۲	انواع کود اوره (N)
۰/۷۱ **	۰/۴۴ ns	۰/۰۶ ns	۰/۴ **	۲	S×N
۰/۷۹ **	۰/۸۲ ns	۳/۱۲ **	۰/۰۶ ns	۶	B×N
۰/۴۲ ns	۰/۱۷ ns	۰/۲۷ ns	۰/۲ **	۶	S×B×N
۰/۵۸	۰/۹	۰/۱۳	۰/۰۴	۳۲	خطای فرعی فرعی
۳/۳	۴/۱	۹/۵	۶/۴	-	ضریب تغییرات (%)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع اوره در شرایط تنش کم آبی بر گیاه دارویی گل همیشه بهار طی دو سال آزمایشی

(۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵)

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد بیولوژیک		عملکرد گل		کارایی مصرف نیتروژن (کارایی فیزیولوژیک)		میزان نیتروژن		
سال دوم	سال دوم	سال اول	سال اول	سال اول	سال دوم	سال اول		
۷۱۵/۴ ns	۱۲۲۲/۵ ns	۲۱۱۴۸/۳۶ ns	۳۶۵۴۳/۴ **	۰/۰۱ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۲	تکرار
۲۹۰۴۳۹/۶ **	۱۴۹۷۴۷/۶۶	۸۵۸۸۴۵۳/۱۱ **	۸۷۱۸۵۱۹/۶ **	۳۵۱/۱۴ **	۱/۸۵۹ **	۱/۵۸۹ **	۱	تنش کم آبی (S)
۹۰۴/۵۲	۱۰۵۹/۸۴	۲۰۷۱۱/۴۲	۲۹۸۵۴/۲	۲/۷۴	۰/۰۱	۰/۰۰۷	۲	خطای اصلی
۳۱۵۵۳۴/۱۹ **	۱۹۹۵۵۷/۱۵	۲۸۷۷۰۴۵۷/۵۷ **	۳۳۷۲۳۵۴۸/۰ **	۶۸/۸۹ **	۱/۱۵ **	۰/۳۷۱ **	۳	کود بیولوژیک (B)
۴۰۷۴/۵۷ **	۳۴۶۰/۵۷	۱۱۸۵۳۸۶۴/۷۹ **	۲۷۲۲۳۱۱/۸ **	۱/۵۲ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۳	S×B
۹۱۷/۴۲	۵۵۱/۸۸	۱۸۰۶۶۰/۲۸	۱۹۱۸۷۹/۴	۲/۶۹	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۱۲	خطای فرعی
۸۶۶۷۱۸/۰۹ **	۳۳۲۸۹۸/۲۶	۱۵۳۵۹۳۹۹/۶۹ **	۹۱۵۲۳۷۹/۸ **	۲۹۳/۷۸ **	۱/۱۶۹ **	۱/۱۷۷ **	۳	انواع کود اوره (N)
۲۲۸۴۳/۴۱ **	۱۰۸۰۴/۲۲	۵۴۳۳۷۴/۳۳ **	۲۱۸۳۷۳/۳ ns	۳/۶۴ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۴ ns	۳	S×N
۷۱۷۰۵/۴۵ **	۵۴۷۵۸/۸۸	۸۷۹۱۳۴/۴۲ **	۱۷۵۳۴۲۸/۸ **	۵/۴۴ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۳۶ **	۹	B×N
۴۷۴۱/۳۳ **	۳۱۸۵/۸۵	۱۴۶۳۲۹۸/۸۵ **	۴۴۶۸۰۷/۱ **	۱/۰۲ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۰۴ ns	۹	S×B×N
۲۰۳۳/۳۴	۲۰۱۱/۸۶	۱۱۱۲۴۷/۳	۹۷۲۶۴/۴	۳/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۴۸	خطای فرعی فرعی
۹/۸	۱۰/۲	۸/۱	۷/۶	۴/۵	۰/۶	۳/۴	-	ضریب تغییرات (%)

ns. * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵٪ و ۱٪

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود آورده در شرایط تنش کم آبی بر گیاه دارویی گل همیشه بهار

طی دو سال آزمایشی (۱۳۹۴-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶)

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
مورولول		آلفا-کادینول			
سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول		
۰/۲۸ ns	۰/۴ ns	۳/۹۷ **	۱/۸۷ **	۲	تکرار
۹/۱۹ **	۷/۹۶ **	۴۷/۸۱ **	۴۶/۴۷ **	۱	تنش کم آبی (S)
۰/۴	۰/۰۲	۰/۶۸	۰/۰۵	۲	خطای اصلی
۱۰/۵ **	۱۲/۸۸ **	۳۸/۴۶ **	۳۷/۹۵ **	۳	کود بیولوژیک (B)
۰/۰۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۱۱ ns	۰/۵۳ ns	۳	S×B
۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۳۳	۱/۱۹	۱۲	خطای فرعی
۱۴/۸۷ **	۱۳/۵۷ **	۲۸/۸۶ **	۲۷/۲۲ **	۳	انواع کود آورده (N)
۰/۰۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۵۱ ns	۰/۴۲ ns	۳	S×N
۰/۳۱ ns	۰/۳۲ ns	۰/۷۵ ns	۲/۷۷ **	۹	B×N
۰/۰۳ ns	۰/۰۴ ns	۰/۱۸ ns	۰/۱۶ ns	۹	S×B×N
۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۶۵	۰/۸۵	۴۸	خطای فرعی فرعی
۷/۱	۶/۷	۴/۸	۵/۷	-	ضریب تغییرات (%)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵٪ و ۱٪

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره بر ماده مؤثره مورولول در گیاه دارویی گل همیشه بهار طی دو سال آزمایشی (۱۳۹۴-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶)

مورولول (%)		تیمارهای آزمایشی	
سال اول	سال دوم	منابع کود اوره	کود بیولوژیک
۴/۰۷g	۴/۱۲f	عدم مصرف (شاهد)	
۴/۵۶fg	۴/۶۱ef	۷۵٪ توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	عدم مصرف (شاهد)
۵/۳۵d	۵/۳۸cd	مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	
۴/۹۸de	۵/۳۹cd	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴/۲fg	۴/۲۷f	عدم مصرف (شاهد)	
۵/۳۷d	۴/۵۲f	۷۵٪ توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	ازتوباکتر
۶/۲۵bc	۵/۷۳c	مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	
۶c	۵/۵۹c	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴/۷۱e	۴/۳۹f	عدم مصرف (شاهد)	
۶/۰۵bc	۵/۴۸cd	۷۵٪ توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	آزوسپیریلوم
۶/۵۲b	۶/۲۶b	مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	
۵/۹۳c	۶/۳۳b	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۵/۴d	۵/۰۱de	عدم مصرف (شاهد)	
۶/۳۳bc	۶/۳۲b	۷۵٪ توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم
۷/۲a	۷/۰۸a	مقدار توصیه شده کود اوره با پوشش گوگردی	
۷/۰۶a	۶/۹۱a	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در بین میانگین تیمارهاست.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره در شرایط تنش کم آبی بر کارایی مصرف و کارایی استفاده از نیتروژن در گیاه دارویی گل همیشه بهار طی دو سال آزمایشی (۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵)

کارایی مصرف نیتروژن (سال دوم)		کارایی استفاده از نیتروژن (سال اول)		تیمارهای آزمایشی	
(گرم دانه بر گرم پروتئین)		(گرم دانه بر گرم پروتئین)			
عدم تنش	قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی	عدم تنش	قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی	انواع کود اوره	کود بیولوژیک
۴۲/۶۴cd	۵۴/۸۵a	-	-	عدم مصرف (شاهد)	
۴۰/۱۷def	۴۵/۵۲b	۱/۷۲kl	۲/۰۵jk	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	عدم مصرف
۳۸/۵۶ei	۴۲/۵cd	۱/۵۶l	۱/۷۴kl	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	(شاهد)
۳۹/۷defg	۴۲/۶۹cd	۱/۳۱l	۱/۴۴l	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴۲/۵cd	۴۶/۵۳b	-	-	عدم مصرف (شاهد)	
۳۶/۴۲hl	۴۰/۶۲de	۳/۰۷fg	۳/۶۵de	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	ازتوباکتر
۳۴/۵jn	۳۹/۲۳efgh	۲/۷۲ghi	۳/۴۲ef	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۳۵/۷۶im	۳۹/۰۹efgh	۲/۵۸hi	۲/۹۶gh	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴۰/۷۶de	۴۴/۴bc	-	-	عدم مصرف (شاهد)	
۳۴/۰۶klmn	۳۷/۲۵fj	۲/۶۱ghi	۴/۵۱c	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	آزوسپیریلوم
۳۳/۲۱mn	۳۶/۸۶gl	۲/۵۵hi	۳/۹۶d	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۳۳/۱mno	۳۷/۰۲gk	۲/۰۶jk	۳/۸۱de	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۳۸/۴۲ei	۴۲/۲۲cd	-	-	عدم مصرف (شاهد)	
۳۳/۸۸lmn	۳۶/۳۳hl	۲/۶۷ghi	۵/۹۷a	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	تلفیق ازتوباکتر و
۳۰/۴۳o	۳۴/۶۳in	۲/۴۷ij	۴/۹۸b	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	آزوسپیریلوم
۳۲/۶۶no	۳۵/۷۲im	۲/۸۷ghi	۴/۶۷bc	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارهاست.

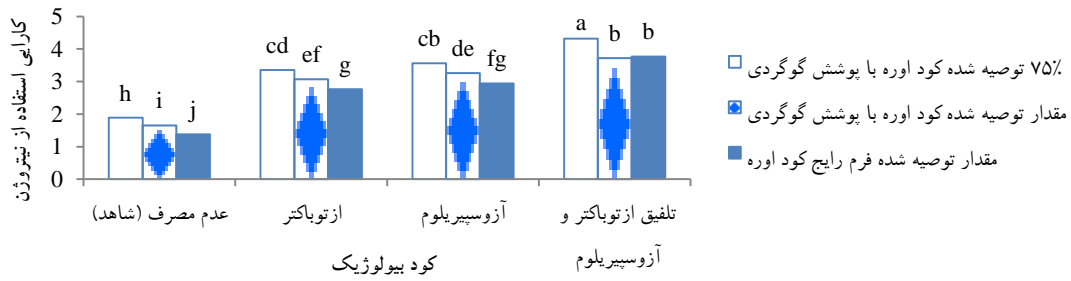
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره در شرایط تنش کم آبی بر عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی گل همیشه بهار طی دو سال آزمایشی (۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵)

عملکرد بیولوژیک سال اول (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد بیولوژیک سال دوم (کیلوگرم در هکتار)		تیمارهای آزمایشی	
عدم تنش کم آبی	قطع آبیاری (غنچه‌دهی)	عدم تنش کم آبی	قطع آبیاری (غنچه‌دهی)	انواع کود اوره	کود بیولوژیک
۱۹۷۳/۵۹no	۱۸۱۵/۷۵o	۱۹۷۳/۵۹pq	۱۷۰۵/۶۱q	عدم مصرف (شاهد)	
۲۸۷۱/۶۴kl	۲۶۰۱/۷klm	۲۶۹۴/۱۵mno	۲۳۰۴/۴۱op	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	عدم مصرف
۳۱۱۲/۲۴jk	۲۸۶۳/۲۶kl	۳۰۵۴/۹۶lmn	۳۴۰۴/۳۴jkl	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	(شاهد)
۲۴۱۳/۱۳lmn	۲۲۸۶/۶۷mno	۲۴۴۵/۴nop	۲۶۷۷/۳۶mno	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۳۷۵۶/۲۹hi	۳۰۸۰/۹۳jk	۳۶۸۳/۹۲hijk	۲۷۰۲/۸۸lmno	عدم مصرف (شاهد)	
۴۴۱۱/۲۹efg	۴۱۴۶/۶۱gh	۴۲۸۶/۹۳gh	۳۸۳۰/۹۶hij	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	از توباکتر
۵۵۰۴b	۵۲۲۸/۷۹c	۵۳۴۸/۰۴ed	۵۱۳۶/۸۱ef	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۴۴۹۱/۱۶defg	۴۱۹۱/۴۶fgh	۴۶۳۸/۳۳fg	۴۵۸۵/۹۴fg	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴۴۹۵/۰۶defg	۴۱۲۸/۶۴gh	۴۶۳۵/۹۳fg	۳۵۴۲/۹۷ijkl	عدم مصرف (شاهد)	
۳۹۸۹/۲۳ghi	۳۷۰۹/۹۸hi	۳۹۱۴hij	۵۰۹۱/۲ef	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	آزوسپیریلوم
۴۹۱۰/۳۶cde	۴۵۶۶/۶۴defg	۵۰۹۲/۹۵def	۵۹۶۰/۰۷c	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۴۰۲۴/۴۷ghi	۴۱۱۳/۱۷gh	۴۱۱۸/۲۵ghi	۵۷۲۹/۰۴cd	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۳۶۶۰/۶۶hi	۳۵۱۴/۲۴ij	۳۵۸۴/۶۷ijkl	۲۶۹۴/۶۸lmno	عدم مصرف (شاهد)	
۶۸۹۷/۴۵a	۴۸۲۸/۲۲cde	۶۷۳۵/۱۳b	۳۱۹۷/۷klm	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	تلفیق از توباکتر
۷۲۲۲/۶۵a	۵۰۵۵/۸۵bcd	۷۴۸۸/۶۵a	۳۹۴۹/۵۹hij	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	و آزوسپیریلوم
۶۸۰۷/۳۸a	۴۷۶۵/۱۶cdef	۷۰۲۸/۲۳ab	۴۵۸۹/۱۳fg	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارهاست.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کودهای بیولوژیک و مقادیر متفاوتی از انواع کود اوره در شرایط تنش کم آبی بر عملکرد گیاه دارویی گل همیشه بهار در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵

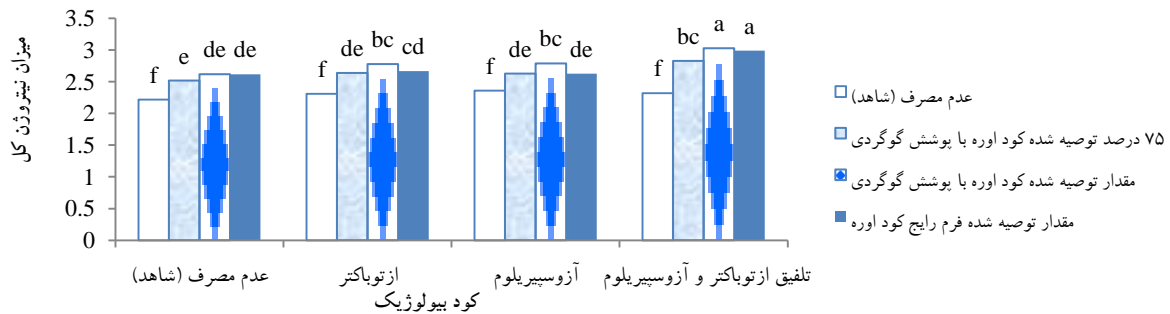
عملکرد گل سال اول (کیلوگرم در هکتار)		تیمارهای آزمایشی	
عدم تنش کم آبی	قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی	انواع کود اوره	کود بیولوژیک
۱۹۶/۶۷no	۱۷۳/۴۷o	عدم مصرف (شاهد)	
۲۷۵/۳۳klm	۲۳۴/۳۷mn	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	عدم مصرف
۳۱۲/۲۱jkl	۳۴۶/۲۳lj	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	(شاهد)
۲۴۹/۹۱lmn	۲۷۲/۳lm	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۳۲۷/۸۷hij	۲۷۳/۵۷lm	عدم مصرف (شاهد)	
۴۳۳/۹fgh	۳۸۷/۷۵hi	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	از تو باکتر
۵۴۱/۳d	۵۱۹/۹۲de	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۴۶۹/۴۷efg	۴۶۴/۱۶efg	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۴۸۸def	۳۷۲/۹۴hij	عدم مصرف (شاهد)	
۴۱۲gh	۵۳۵/۹۲d	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	آزوسپیریلوم
۵۳۶/۱d	۶۲۷/۳۸c	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	
۴۳۳/۵fgh	۶۰۳/۰۶c	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	
۳۷۷/۳۳hi	۲۸۳/۶۵klm	عدم مصرف (شاهد)	
۷۰۸/۹۶b	۳۳۶/۶ij	۷۵٪ توصیه شده کود اوره (گوگردی)	تلفیق از تو باکتر
۷۸۸/۲۸a	۴۱۵/۷۵gh	مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی)	و آزوسپیریلوم
۷۳۹/۸۱ab	۴۸۳/۰۷efg	مقدار توصیه شده فرم رایج کود اوره	



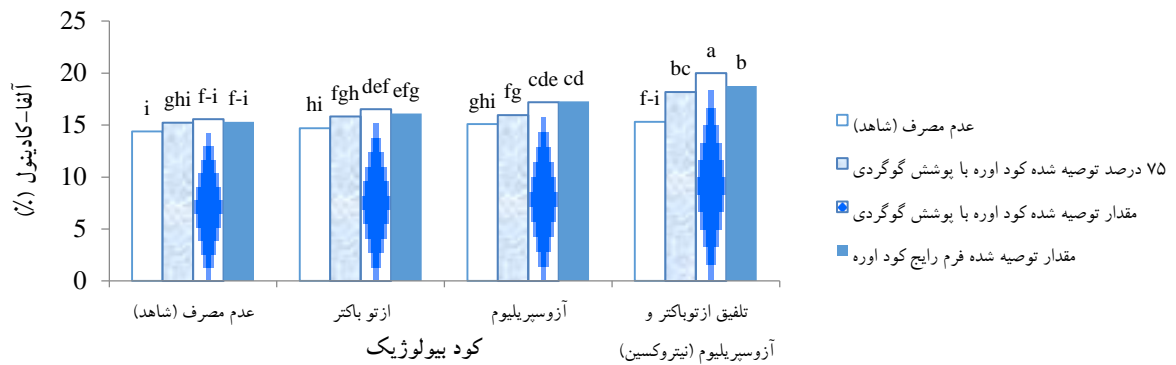
شکل ۱- نمودار اثر متقابل کود بیولوژیک و انواع کود اوره بر کارایی استفاده از نیتروژن در سال دوم در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارهاست.



شکل ۲- نمودار اثر کود بیولوژیک بر کارایی جذب نیتروژن در سال دوم



شکل ۳- نمودار اثر متقابل کود بیولوژیک و انواع کود اوره بر میزان نیتروژن کل در سال اول



شکل ۴- نمودار اثر متقابل کود بیولوژیک و انواع کود اوره بر آلفا-کادینول در سال اول

بحث

باید در طول فصل کشت به طور دقیق انجام شود. در این میان کود اوره با پوشش گوگردی (S.C.U) از یکسو تأمین‌کننده عنصر نیتروژن است که یکی از مهمترین عناصر غذایی گیاهان زراعی می‌باشد و به نظر می‌رسد افزایش مصرف نیتروژن با پوشش گوگردی تا ۱۵۷ کیلوگرم در هکتار (توصیه کودی) با تحریک رشد رویشی موجب افزایش عملکرد گل شد. به عبارتی دیگر افزایش نیتروژن فرم رایج منطقه (بدون پوشش) به میزان توصیه شده، با افزایش نسبت اندام رویشی، نسبت به مصرف کود اوره با پوشش گوگردی، کاهش عملکرد گل را به دنبال داشته است. به این ترتیب با توجه به اینکه همیشه بهار گیاهی گل نامحدود است و گل جزء اقتصادی این گیاه دارویی محسوب می‌شود (Omidbaigi, 2000)، بنابراین به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی باید نسبت اندام رویشی به زیستی در نظر گرفته شود. Zhukova و همکاران (۱۹۹۶) برهم خوردن نسبت اندام‌های رویشی به زیستی را بعد از اضافه نمودن مقادیر بالای نیتروژن به تأخیر در شروع گلدهی نسبت دادند و بیان کردند اگرچه واکنش رویشی گیاهان نسبت به مصرف نیتروژن مثبت می‌باشد، ولی اندام‌های زیستی واکنش متفاوتی نسبت به افزایش محتوای این عنصر پرمصرف در خاک نشان می‌دهند. به این ترتیب، این پژوهشگران توجه به مصرف مقادیر مناسب این عنصر را در خاک توصیه نمودند.

قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی در هر دو سال منجر به کاهش عملکرد گل به عنوان اندام اقتصادی گیاه گردید. همچنین کاهش میزان نیتروژن کل کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) را دربرداشت. استفاده از تلفیق باکتریایی نیز منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گل، میزان نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن و کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید. کاربرد مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) منجر به افزایش عملکرد گل، میزان نیتروژن و کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید. همچنین در سال اول، کارایی زراعی نیتروژن و در سال دوم کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل هر سه عامل قرار گرفت. در سال اول بیشترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط عدم تنش کم‌آبی و استفاده از تلفیق باکتریایی و کاربرد ۷۵٪ مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) بدست آمد. در سال دوم بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی و عدم کود بیولوژیک و کود اوره بدست آمد. در کل عدم تنش کم‌آبی و استفاده از تلفیق باکتریایی همراه با مقدار توصیه شده کود اوره (گوگردی) منجر به کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن گردید. از آنجا که بیشتر کودهای نیتروژنی مدت کوتاهی پس از مصرف هدر می‌روند، مدیریت نیتروژن و همچنین زراعی

اقتصادی گیاه در همیشه‌بهار شد. این کودها در مقایسه با مواد شیمیایی مزیت‌های قابل توجهی دارند، از جمله اینکه مواد سمی و میکروبی تولید نمی‌کنند و یا قابلیت تکثیر خودبه خودی دارند که باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود و گاهی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و از دیدگاه زیست محیطی قابل پذیرش‌اند (Darzi et al., 2016). از سوی نتایج بیشتر پژوهش‌ها گویای آن است که آزوسپیریلوم با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، رشد کمی و کیفی را در گیاهان تقویت می‌کند (Darzi & Haj Seyed Hadi, 2012). از توباکتر نیز با میکروارگانیسم‌های مختلف دارای رابطه هم‌افزایی است. به طوری که در آزمایشی اثرات تلقیح توأم از توباکتر و آزوسپیریلوم روی مقدار ماده مؤثره همیشه‌بهار مثبت گزارش شده است (Sedghi et al., 2012).

منابع مورد استفاده

- Ameri, A., Nassiri Mahalati, M. and Rezvani Moghadam, P., 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research, 5(2): 315-325.
- Cabello, P., Roldán, M.D. and Moreno-Vivián, C., 2004. Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. Microbiology, 150: 3527-3546.
- Darzi, M.T., Atapoor, R. and Haj Seyed Hadi, M.R., 2016. Effects of different manure and vermicompost rates on yield and essential oil contents of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 46(4): 711-721.
- Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M.R., 2012. Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 6(16): 3266-3271.
- Gastal, F. and Lemaire, G., 2002. N uptake and distribution in crops an agronomical and

بنابراین کمبود نیتروژن در فرایندها تأثیر منفی گذاشته که منجر به کاهش بازدهی فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد گل شده است. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات (Cabello et al., 2004) مطابقت داشت. از سوی دیگر با توجه به نقش ارزشمند گوگرد در تغذیه گیاهان و اصلاح خاک‌های کشاورزی به‌ویژه در کشور ما که بیش از ۷۰٪ از زمین‌های کشاورزی آهکی pH بالا دارند بسیار حائز اهمیت است. بنابراین توصیه می‌شود در تمام خاک‌های آهکی برای رفع مشکل تغذیه گیاه و بهبود کمی و کیفی محصولات، کود گوگرد مصرف شود. از سوی استفاده از کودهای زیستی مطلوب، از طریق تأثیر مثبتی که بر روی فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در خاک می‌گذارد، امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را توسط گیاه فراهم می‌آورد. همچنین رقابت برای جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن گسترده‌ترین شکل رقابت در گیاهان است، از این رو شناخت کارایی جذب نیتروژن در گیاهان می‌تواند یک ابزار کلیدی در بهبود راهبردهای مدیریتی باشد و تعیین میزان محتوای نیتروژن بافت‌های گیاهی، معیاری مناسب برای مقایسه مقدار نیتروژن جذب شده به‌ازای واحد نیتروژن مصرفی است (Gastal & Lemaire, 2002). این موضوع با نتایج تحقیقات Shokrani و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. تغذیه مناسب گیاهی با نیتروژن موجب افزایش قابل توجه رشد رویشی، دوام سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود که در نهایت باعث افزایش طول دوره رشد رویشی می‌شود و به‌دنبال بهبود فتوسنتز، عملکرد گل افزایش یافت. بنابراین به‌نظر می‌رسد در راستای مدیریت بهینه مصرف، استفاده از کود اوره با پوشش گوگردی با درصد پوشش‌های متفاوت (سرعت انحلال‌های متفاوت) برای تأمین به‌موقع نیتروژن مورد نیاز گیاه در دوره رشد مناسب خواهد بود. نتایج آزمایش Shokrani و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که کاربرد کود تلفیقی از ازتوباکتر و آزوسپیریلوم منجر به افزایش عملکرد گل به‌عنوان اندام

- HPLC analysis of carotenoids in four varieties of *Calendula officinalis* L. flowers. *Acta Biologica Szegediensis*, 47: 37-40.
- Renato, Y., Ferreira, M.E. and Cruz, M.C., 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Bioresource Technology*, 60: 59-63.
 - Rezvani Moghaddam, P., Akbarabadi, M. and Hasanzadeh, F., 2015. The Effects of organic fertilizers kinds and different sowing dates on yield and yield components of flower and seed of marigold (*Calendula officinalis*). *Journal of Agroecology*, 6(4): 730-740.
 - Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A.R. and Amanpour-Balaneji, B., 2012. Phytohormonal regulation of antioxidant systems in petals of drought stressed pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 869-878.
 - Shokrani, F., Pirzad, A., Zardoshti, M.R. and Darvishzadeh, R., 2012. Effect of irrigation disruption and biological nitrogen on growth and flower yield in (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science*, 11(21): 4795-802.
 - Zhukova, L.A., Voskresneskaya, O.L. and Grosheva, N.P., 1996. Morphological and physiological characteristics of ontogenesis in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants grown at different densities. *Russian Journal Ecology*, 27: 100-106.
 - ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53(170): 789-799.
 - Guarda, G., Padovan, S. and Delogu, G., 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 21(2): 181-192.
 - Lichtenthaler, K.L. and Babani, F., 2000. Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(11): 889-895.
 - Metwally, S.A., Khalid, A.K. and Abou-Leila, B.H., 2013. Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. *Bioscience*, 5: 65-69.
 - Moll, R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74: 562-564.
 - Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A. and Nejad Ali, A., 2011. The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science*, 25(1): 25-33.
 - Omidbaigi, R., 2000. *Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants* (Vol. 2). Astan Ghods Razavi Publications, Mashhad, 438p.
 - Pinteá, A., Bele, C., Andrei, S. and Socaciu, C., 2003.

Effects of biological fertilizers application and various amounts of urea fertilizers under water stress conditions on yield, nitrogen use efficiency and effective ingredients of *Calendula officinalis* L.

R. Rezaei^{1*}, S.A.R. Valadabadi², A.H. Shirani Rad³, S. Sayfzadeh² and E. Hadidi Masouleh²

1*- Corresponding author, Ph.D. student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran, E-mail: ramin_rezaei65@yahoo.com

2- Department of Agronomy, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

3- Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: January 2018

Revised: May 2018

Accepted: May 2018

Abstract

In order to investigate the effects of biological fertilizers application and various amounts of urea fertilizers under the water stress conditions on yield, nitrogen use efficiency, and effective ingredients of *Calendula officinalis* L., an experiment was implemented during the two cultivation years of 2015-2016 and 2016-2017. The study was conducted at the research farm of Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch. The experiment was performed in three replications as a split-split plot in a completely randomized blocks design. The experimental treatments included two levels of water stress as (the main factor): the absence of water stress (control) and irrigation cut off at the budding stage, as well as, four levels of biological fertilizers (as sub-factor) (no use), the application of Azotobacter (*Chroococum*), the application of Azospirillum (*Brasilense*), and combined application of Azotobacter and Azospirillum. Urea fertilizer sources were also classified (sub-factor) in four levels including no use (control), recommended amount of sulfur coated urea fertilizer (175 kg/ha of recommended amount of fertilizer), 75% of recommended amount of sulfur coated urea fertilizer (131 kg/ha), and the recommended amount of urea fertilizer without coating at 175 kg/ha. The results showed that irrigation cut off at budding stage resulted in reduced flower yield, biological yield, the amount of nitrogen, nitrogen use efficiency (crop efficiency), and nitrogen uptake efficiency. However, it resulted in the increased nitrogen use efficiency, α -cadinol, and morolol. In addition, in both years of experiment, the combined use of Azotobacter and Azospirillum, along with the recommended amount of sulfur coated urea fertilizer resulted in the increased content of α -cadinol. The highest nitrogen use efficiency was achieved under non-water stress conditions and the combined use of bio-fertilizer (Azotobacter and Azospirillum) and the use of 75% of the recommended amount of sulfur coated urea fertilizer. In the second year, the lack of water stress and the combined use of bio-fertilizer (Azotobacter and Azospirillum) and the recommended amount of sulfur coated urea fertilizer also resulted in a significant reduction in nitrogen use efficiency. In the first and second years, the lack of water stress and the combined use of Azotobacter and Azospirillum and the recommended amount of sulfur coated urea fertilizer resulted in increased flower yield and biological yield.

Keywords: Flower yield, Azotobacter, Azospirillum, sulfur coated urea fertilizer, nitrogen use efficiency.