به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۳۰۲-۲۸۹

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر انواع کود آلی و شیمیایی

سودابه نورزاد[۱]*، احمد احمدیان[۲]، محمد مقدم[۳] و الهام دانشفر[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهان دارویی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۳. استادیار، گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴. دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیرات تنش خشکی و کودهای آلی و شیمیایی (NPK) بر خصوصیات مورفولوژیکی، زراعی و مقدار اسانس گشنیز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه تربت حیدریه در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تنش خشکی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) و چهار سطح تیمار کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی کامل NPK (۶۰: ۶۰: ۴۰)، کود دامی (۲۵ تن در هکتار) و ورمی‌کمپوست (۲۵ تن در هکتار) بودند. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخهٔ فرعی، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک بوته، عملکرد اندام رویشی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس بود. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و کودی بر صفات ذکرشده تأثیر معنا‌داری داشت. بیشترین عملکرد اندام رویشی (۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۳۹۰۵ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای بدون تنش همراه با کود شیمیایی و تنش ملایم با کود شیمیایی مشاهده شد. بیشترین درصد اسانس (۰/۷۷ درصد) و عملکرد اسانس (۱۸/۴۹ کیلوگرم در هکتار) در وضعیت تنش ملایم با کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد. ازآنجا که استفاده از کود شیمیایی در تنش ملایم به افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه منجر می‌شود، کاربرد کود شیمیایی به‌منظور بهره‌برداری دارویی از گیاه گشنیز در وضعیت تنش ملایم آبی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تنش ملایم، خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد اسانس، عملکرد دانه، کود شیمیایی.

* نویسنده مسئول Email: kharif13@gmail.com

۱. مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان تحت تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی متعددی محدود می‌شود [۱]. کمبود آب بزرگ‌ترین چالش در تولید محصولات زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان [۳۷] از جمله ایران است که عملکرد گیاهان را در این نواحی با محدودیت مواجه کرده است [۱۰].

با بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک جمعیت های مختلف گیاه دارویی بادرشبو مشاهده شد که اثر جمعیت های مختلف گیاه، بر صفات مورفولوژیک تقریباً مؤثر نبوده و اختلافات به‌وجودآمده ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر گیاه است و تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، از تأثیر منفی کمبود رطوبت بر اندام هوایی گیاه حکایت دارد. در وضعیت تنش ملایم رطوبتی صفات مورفولوژیک با تیمارهای بدون تنش اختلاف معنادار نداشتند [۱۶].

اثر تنش خشکی بر متابولیت های ثانویه در برخی از گیاهان دارویی، اغلب موجب افزایش بعضی از ترکیب ها [۱۴] یا ثابت ماندن آنها می شود [۶] تأثیرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس در گیاه ریحان [۱۴]، آویشن [۳۲] و اکلیل کوهی [۴۷] گزارش شده است. همچنین تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه، وزن خشک، وزن ریشه و مقدار روغن تولیدی گشنیز شد [۳۹].

در کشاورزی، علاوه بر تأثیر مهم آبیاری بر مقدار تولید، استفادهٔ بهینه از کود نیز در تولید نهایی حائز اهمیت است. تأثیر کودهای شیمیایی بر کمیت، کیفیت، رشد، نمو و عملکرد گیاهان دارویی، متأثر از عوامل مختلف ژنتیکی و محیطی است و عملکرد کمّی تحت تأثیر وضعیت محیطی، عناصر غذایی و سایر عوامل قرار می‌گیرد [۵ ، ۶].

تولید موفق محصولات زراعی در وضعیت آب‌وهوایی خشک، مستلزم اعمال روش های مدیریتی مناسب است. استفاده از کودهای آلی به‌عنوان مکمل خاک و عاملی که سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می شود، می تواند یکی از راهکارهای کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی باشد [۹]. بدین منظور تحقیقات متعددی در زمینهٔ تأثیر کودهای آلی بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی انجام گرفته است [۵، ۸ ، ۹].

تنش‌های رطوبتی با تغذیهٔ گیاهان بسیار مرتبط است. یکی از مهم‌ترین تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه است [۴۰،۳۴]. گیاه با تغذیهٔ خوب، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت [۲۹]. مدیریت کودی می‌تواند تا حد زیادی تولید محصولات را در مناطق خشک تحت تأثیر قرار دهد [۳۵].

تحقیقات حاکی از وجود برهمکنش مثبت بین تنش‌های خشکی و مصرف انواع کود است، در بررسی اثر متقابل آبیاری و ورمی‌کمپوست گزارش شد که استفاده از ۱۵ درصد ورمی کمپوست به همراه آبیاری در فواصل چهارده روز، بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته، وزن خشک گل و زود گلدهی گیاه بابونهٔ آلمانی دارد [۱۷]. در بررسی اثر توأم مصرف کودهای شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی بابونه مشخص شد که با مصرف کودهای شیمیایی در وضعیت تنش ملایم، عملکرد گل و اسانس گیاه افزایش یافت و در سال دوم نیز مصرف کودهای دامی و کمپوست موجب افزایش معنا دار عملکرد کمّی و کیفی گیاه مذکور شد [۳]. در تحقیقات دیگری دربارهٔ برهمکنش کودهای دامی و شیمیایی و تنش خشکی بر اسانس، عملکرد و ترکیبات شیمیایی گیاهان زیرهٔ سبز و موسیلاژ اسفرزه، مصرف کودهای دامی در وضعیت تنش موجب افزایش عملکرد کمّی و بهبود عملکرد کیفی گیاهان مذکور شد [۹،۵].

باتوجه به موارد یادشده می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای شرایط را به گونه‌ای فراهم آورد که گیاه تحت آن وضعیت، پتانسیل بالقوهٔ خود را ظاهر کند و به حداکثر عملکرد کمّی و کیفی دست یابد [۱۹].

ازآنجا که گیاهان دارویی واکنش های متفاوتی به تنش خشکی و کاربرد کودهای مختلف در این وضعیت دارند، شایسته است که این موارد به‌دقت بررسی و مطالعه شوند.

هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تأثیر انواع مختلف کود بر خصوصیات زراعی و مقدار اسانس گشنیز در وضعیت تنش خشکی است. نتایج این آزمایش می تواند به‌توصیهٔ کودی مناسبی برای کشاورزان در وضعیت محدودیت رطوبت منجر شود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه گشنیز، آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقات دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه، واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقهٔ شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شرقی در ارتفاع ۱۴۵۰ متری از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ انجام گرفت. متوسط بارندگی سالانهٔ منطقه حدود ۲۷۵ میلی متر است و در مدت اجرای طرح (شش ماه نخست سال ۱۳۹۰) مقدار بارندگی ۱۳/۶ میلی‌متر گزارش شده است.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. آمار هواشناسی شهرستان تربت حیدریه (سال ۱۳۹۰)

ماه	دما (°C)	بارندگی (mm)	سرعت باد (m/s)
فروردین	۱۳/۶	۴۰	۷/۷
اردیبهشت	۱۸/۱	۱۹/۴	۷/۸
خرداد	۲۴	۴	۸/۳
تیر	۲۶/۵	۰/۸	۹/۴
مرداد	۲۳/۵	۰/۴	۸/۴
شهریور	۱۹/۶	۰/۸	۶/۹
مهر	۱۳	۵/۷	۷/۱
آبان	۶/۵	۱۳/۴	۵/۵
آذر	۳	۳۶/۶	۴/۹
دی	۲	۴۸	۴/۹
بهمن	۰	۵۰/۵	۶/۸
اسفند	۸	۵۵/۲	۷/۴

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	نیتروژن (ppm)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	رس (%)	لای (%)	شن (%)	(وزن ظاهری) g/cm^3	بافت خاک
۳۰-۰ (cm)	۷/۶	۱/۸	۰/۰۶	۱۲	۱۸۵	۳۲	۲۷	۴۱	۱/۴۹	لومی شنی

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. تیمار اصلی شامل سه سطح تنش خشکی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، و چهار سطح تیمار کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی کامل NPK، کود دامی و ورمی‌کمپوست) بود. کود شیمیایی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌نسبت ۶۰: ۶۰: ۴۰؛ کود دامی، کود گاوی کاملاً پوسیده به‌مقدار ۲۵ تن در هکتار؛ و ورمی‌کمپوست ۲۵ تن در هکتار در نظر گرفته شد. کوددهی کودهای آلی در شهریور ۱۳۸۹ همراه با شخم صورت گرفت، درحالی‌که کودهای شیمیایی قبل از کاشت به خاک اضافه شد. ابعاد هر کرت ۶ متر مربع بود. فاصلهٔ ردیف‌های کشت از یکدیگر ۳۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصلهٔ بین کرت‌ها ۱ متر و فاصلهٔ بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. کاشت به‌روش دستی در ۲۰ فروردین ۱۳۹۰ انجام گرفت.

به‌منظور مطالعهٔ تغییرات مقدار آب پروفیل خاک در تیمارهای مختلف، با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج TDR[1] رطوبت حجمی خاک در اعماق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. برای تعیین قدرت نگهداری آب خاک مزرعه به‌طور تصادفی شش نمونهٔ دست‌نخورده از مزرعه از دو عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی متری تهیه شد. نمونه برداری با استفاده از اوگر و حلقه‌های دَردار مخصوص انجام گرفت. نمونه‌ها پس از توزین به‌حالت رطوبت اشباع رسانده شد. مقدار آب ثقلی و مقدار رطوبت موجود در خاک در ظرفیت مزرعه و نقطهٔ پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری[2] و سپس خشک کردن در آون و محاسبهٔ درصد رطوبت باقی‌مانده در خاک تعیین شد.

تمام کرت‌ها به سیستم لوله‌کشی تحت فشار مجهز بود. به انتهای هر لولهٔ فرعی، کنتور آب حجمی شمارهٔ ۱/۵ نصب شد. به‌منظور اعمال تنش، آبیاری به‌صورت کرتی و غرقابی داخل هر کرت در طول دورهٔ رویش گیاه براساس ظرفیت زراعی به‌طور منظم و دقیق صورت پذیرفت.

قدرت نگهداری آب خاک محل اجرای آزمایش در نقاط ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم محاسبه شد. مقدار آب لازم در هر تیمار و در هر زمان از طریق اندازه گیری درصد رطوبت حجمی خاک با استفاده از دستگاه رطوبت سنج و درنتیجهٔ سنجش آب مورد نیاز برای رسیدن به ظرفیت زراعی، محاسبه شد. رژیم‌های آبیاری بعد از مرحلهٔ تنک کردن و استقرار کامل بوته ها اعمال شد. مبارزه با علف‌های هرز مزرعه به‌صورت مکانیکی و وجین دستی طی چهار مرتبه صورت گرفت.

صفات اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخهٔ فرعی، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک بوته، عملکرد اندام رویشی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس بود. برای تعیین عملکرد اندام رویشی در مرحلهٔ گلدهی و برای محاسبهٔ عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل دانه‌ها، نمونه‌ها به‌روش دستی از مساحت یک متر مربع از هر کرت برداشت شدند. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام گرفت. بدین منظور، ۱۰۰ گرم نمونهٔ بذری از هر کرت وزن شد و پس از آسیاب شدن مختصر با دوسوم آب بالن در داخل دستگاه کلونجر به‌مدت پنج ساعت جوشانده شد [۴، ۴۳].

تجزیهٔ واریانس داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت. میانگین‌ها به‌کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

1 .Time Domain Reflectometry

2. Pressure plate

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس بررسی اثر تیمار تنش خشکی و کودی و تأثیرات متقابل آنها در جدول ۳ آورده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تیمار تنش خشکی بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخهٔ فرعی، وزن خشک، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱ درصد، و بر صفات تعداد برگ، وزن تر بوته، عملکرد اندام رویشی و درصد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود؛ اما تیمار تنش خشکی بر وزن هزاردانه تأثیر معناداری نداشت (جدول ۳).

تیمار کودی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخهٔ فرعی، وزن خشک بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱ درصد، و بر صفات وزن تر بوته، عملکرد اندام رویشی و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود، ولی تیمار کودی بر صفات قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، وزن هزاردانه و درصد اسانس تأثیر معناداری نداشت (جدول ۳).

تأثیرات متقابل تیمار تنش خشکی و کود بر صفات وزن خشک بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱ درصد، و برای ارتفاع بوته و تعداد دانه در چتر در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات ارزیابی‌شدهٔ گشنیز تحت تأثیر تنش خشکی و انواع کود

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخهٔ فرعی	تعداد برگ در بوته	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	عملکرد اندام رویشی
تکرار	۲	۵۴/۶۱	۰/۰۰۰۴۱	۱/۸۲۲	۰/۵۶	۱/۲۲	۰/۰۰۱	۱۷۵۴۷/۸۸
تنش خشکی	۲	۶۴۳/۴۵**	۱/۲۴۸**	۲۱/۰۹**	۲۱/۰۹*	۹/۸۱*	۸۳/۳۶**	۱۴۱۲۷۸/۵۶*
اشتباه اصلی	۴	۲/۱۳	۰/۰۳۴۷	۰/۹۱۱	۰/۲۱۷	۱/۳۲	۴/۰۹	۱۹۰۶۵/۸۲
کود	۳	۱۸۵/۳۵**	۰/۱۴۰	۱۹/۲۹**	۱۹/۲۹	۳/۰۹*	۰/۰۰۷**	۴۴۵۶۸/۸۰*
خشکی × کود	۶	۲۰/۹۶*	۰/۰۲۶	۱/۲۳	۱/۲۳	۰/۸۸	۰/۰۰۶**	۱۲۶۵۹/۸۴
اشتباه فرعی	۱۸	۷/۱۱	۰/۱۲۵	۲/۰۲۵	۹/۹۵	۰/۹۶	۰/۰۰۰۵	۱۳۸۹۸/۷۲
ضریب تغییرات	–	۷/۵۶	۱۳/۵۰	۲۶/۳۵	۱۴/۱۶۶	۲۸/۲	۱۱/۰	۲۲/۸

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۰/۰۴۷	۰/۴۴	۴۵/۰۷	۱۳۵۲۵۴/۵۶	۰/۸۸	۰/۰۰۲	۴۷/۶۵
تنش خشکی	۲	۲۰/۸۴**	۱۴/۱۶**	۱۰۱۳۰/۹۶**	۱۰۸۷۵۱۶/۷۲**	۲/۶۹	۰/۰۵۳*	۲۷/۹۵**
اشتباه اصلی	۴	۰/۲۳	۰/۵۷	۱۱۲/۰۰	۶۳۳۵۷/۴۹	۰/۴۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲
کود	۳	۱۶/۱۴**	۶/۴۴**	۶۶۰۲/۴۹**	۸۳۴۵۰۷/۶۳*	۲/۴۴	۰/۰۰۹۶	۱۰/۱۵**
خشکی × کود	۶	۴/۵۸**	۱/۸۰*	۱۸۵۳/۰۲**	۵۳۲۰۱۸/۱۲	۰/۳۲	۰/۰۰۰۳	۱/۲۰**
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۵۱	۰/۶۰	۲۳۰/۶۱	۲۳۵۹۸۲/۸۶	۰/۸۸	۰/۰۰۴۴	۰/۰۳
ضریب تغییرات	–	۶	۵/۴۱	۸/۸۸	۱۶/۹۱	۱۳	۱۰	۱۱/۳

* و ** به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیرات سادهٔ عملکرد و اجزای عملکرد گشنیز تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و انواع کود

صفات	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخهٔ فرعی	تعداد برگ در بوته	وزن تر بوته (gr)	عملکرد اندام رویشی (Kg/h)
تنش خشکی					
تنش شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی)	۲/۹a	۴/۱c	۲۰/۹۶۳b	۴۲/۴۶b	۵۰۹۰/۴۰b
تنش ملایم (۶۰ درصد ظرفیت زراعی)	۲/۷a	۵/۴b	۲۲/۲۱۳ab	۴۲/۴۹b	۵۰۹۵/۲۰b
بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)	۲/۳b	۶/۷a	۲۳/۶۱۳a	۴۴a	۵۲۸۵/۲۰a
تیمار کودی					
شاهد	۲/۸a	۴/۲c	۲۱/۰۳a	۴۲/۳۰b	۵۰۷۵/۸۷b
کود شیمیایی	۲/۵a	۷/۳a	۲۴/۱۶a	۴۳/۶۴a	۵۲۳۷/۳۳a
کود دامی	۲/۶a	۵/۸b	۲۲/۶۶a	۴۲/۷۸ab	۵۱۳۳/۴۷ab
کمپوست	۲/۶a	۴/۳c	۲۱/۲۰a	۴۳/۲۷ab	۵۱۹۳/۰۷ab

صفات	عملکرد دانه (Kg/h)	وزن هزاردانه (gr)	درصد اسانس
خشکی			
تنش شدید	۲۵۲۹/۵b	۶/۶۸b	ab۰/۶۶۲
تنش ملایم	۲۹۹۸/۲a	۷/۲۰ab	a۰/۷۲۲
بدون تنش	۳۰۹۱/۲a	۷/۶۳a	b۰/۵۹۰
تیمار کودی			
شاهد	۲۵۹۰/۳b	۶/۴۱b	b۰/۶۱۷
کود شیمیایی	۳۲۹۳/۱a	۷/۴۶a	a۰/۶۹۷
کود دامی	۲۷۲۵/۷b	۷/۲۶ab	ab۰/۶۶۰
کمپوست	۲۸۸۲/۷ab	۷/۵۵a	ab۰/۶۶۰

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنادار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتایج مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل تیمارهای تنش خشکی و نوع کود بر صفات ارزیابی‌شده در جدول ۵ آورده شده است. در تیمار بدون تنش، بیشترین مقادیر عددی ارتفاع بوته، تعداد شاخهٔ فرعی، تعداد برگ بوته، وزن تر بوته، عملکرد اندام رویشی، تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه، درصد و عملکرد اسانس همراه با کاربرد کود شیمیایی مشاهده شد.

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار بدون تنش با

کاربرد کود شیمیایی با میانگین ۴۸/۵ سانتی متر بود. این مقدار با تیمار بدون تنش با کاربرد کود دامی با میانگین ۴۶ سانتی‌متر اختلاف معناداری نشان نداد. کمترین مقدار از تیمار تنش ملایم به‌همراه عدم مصرف کود با میانگین ۲۳ سانتی متر به‌دست آمد. ارتفاع بوته در تیمار کود شیمیایی و کود دامی بدون تفاوت معناداری بیشترین مقدار بود (جدول ۵).

دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به ویژه نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش ارتفاع بوته مؤثر است. کاهش ارتفاع بر اثر مواجه شدن با تنش خشکی در بابونه گزارش شده است [۲]. افزایش محتوای آب خاک و قابل دسترس شدن عناصر غذایی آن در صورت وجود آب کافی می تواند در بهبود رشد عمومی گیاه نقش بسزایی داشته باشد [۸]. محدودیت آبی موجب کاهش تقسیم و انبساط سلول‌ها می‌شود و از این طریق رشد اندام‌ها و ارتفاع بوته را کاهش می دهد. بنابراین از جمله تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش ارتفاع بوته بر اثر کاهش رطوبت در دسترس و قابلیت جذب عناصر و کاهش رشد است که در نتایج تحقیقات مختلف ذکر شده است [۱۷].

قطر ساقه (۳ میلی متر) در تنش شدید در مقایسه با تنش ملایم و شاهد، افزایش معناداری داشت. در تنش ملایم، حداکثر قطر ساقه به تیمارهای شاهد و کمپوست اختصاص یافت و کمترین مقدار در وضعیت بدون تنش تحت کود شیمیایی (۲ میلی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل تیمارهای تنش خشکی و انواع کود بر عملکرد و برخی اجزای عملکرد گشنیز

تیمارها		ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخهٔ فرعی	تعداد برگ در بوته	وزن تر بوته (gr)	وزن خشک بوته (gr)	عملکرد اندام رویشی (kg/h)
تنش خشکی	کود							
	شاهد	۲۲/۷۰g	۳/۱a	۳/۵۰de	۲۰/۳۶b	c۴۱/۴۸	۱۸/۴۰c	c۴۹۷۸
۳۰ درصد	شیمیایی	۲۶/۳۲fg	۲/۸ab	۵/۴۰bcde	۲۲/۲۶ab	abc۴۲/۸۹	۱۸/۴۵c	abc۵۱۴۶/۸۰
(تنش شدید)	دامی	۳۲/۲۵de	۲/۸ab	۴/۴۰cde	۲۱/۲۶ab	bc۴۲/۶۲	۱۸/۴۳c	bc۵۱۱۴/۴۰
	کمپوست	۳۰/۱۴def	۲/۸ab	۳/۱۰e	۱۹/۹۶ab	abc۴۲/۹۹	۱۸/۴۲c	abc۵۱۵۸/۴۰
	شاهد	۲۹/۲۵ef	۲/۸ab	۴/۲۰de	۲۱/۰۶b	bc۴۲/۳۳	۲۱/۷۶b	bc۵۰۷۹/۶۰
۶۰ درصد	شیمیایی	۳۸/۲۱bc	۲/۶abc	۶/۹۰bcd	۲۳/۷۶ab	abc۴۳/۲۹	۲۲/۳۱ab	abc۵۱۹۴/۴۰
(تنش ملایم)	دامی	۳۷/۷۹bc	۲/۶abc	۵/۸۰bcd	۲۲/۶۶ab	c۴۱/۴۱	۲۲/۳۰ab	c۴۹۶۹/۶۰
	کمپوست	۳۶/۸۰c	۲/۷ab	۴/۵۰cde	۲۱/۳۶ab	abc۴۲/۸۱	۲۲/۴۵ab	abc۵۱۳۷/۲۰
	شاهد	۳۴/۰۱cd	۲/۳bc	۴/۸۰bcde	۲۱/۶۶ab	abc۴۳/۰۸	۲۳/۷۷a	abc۵۱۷۰
۹۰ درصد	شیمیایی	۴۸/۴۹a	۲/۰c	۹/۶۰a	۲۶/۴۶a	a۴۴/۷۶	۲۳/۶۴a	a۵۳۷۰/۸۰
(بدون تنش)	دامی	۴۵/۹۱a	۲/۳bc	۷/۲۰b	۲۴/۰۶ab	ab۴۴/۳۰	۲۳/۶۱a	ab۵۳۱۶/۴۰
	کمپوست	۴۱/۵۶b	۲/۳bc	۵/۴۰bcde	۲۲/۲۶ab	ab۴۴/۰۳	۲۳/۶۲a	ab۵۲۸۳/۶۰

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنادار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ادامهٔ جدول ۵. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل تیمارهای تنش خشکی و انواع کود بر عملکرد و برخی اجزای عملکرد گشنیز

تیمارها		تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (Kg/h)	وزن هزاردانه (gr)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (kg/h)
تنش خشکی	کود							
	شاهد	۸/۴۷e	۱۱/۸۵d	۱۰۰/۲۴f	۲۲۲۳/۶c	۵/۴۲b	۰/۶۲bcd	۱۲/۳۴i
۳۰ درصد	شیمیایی	۱۰/۸۳d	۱۲/۴۵d	۱۳۵/۳۱e	۲۴۷۵/۷bc	۷/۰۷a	۰/۷۰abc	۱۵/۹۹c
(تنش شدید)	دامی	۱۱/۲۸d	۱۳/۱۸cd	۱۴۸/۶۱de	۲۵۱۳/۲bc	۷/۱۰a	۰/۶۶abcd	۱۴/۳۸f
	کمپوست	۱۱/۴۵cd	۱۴/۹۵b	۱۷۰/۷۵cd	۲۹۰۵/۵bc	۷/۱۳a	۰/۶۷abcd	۱۳/۰۴h
	شاهد	۹/۰۲e	۱۴/۶۸b	۱۳۲/۳۰e	۲۴۱۸/۲bc	۶/۶۹ab	۰/۶۷abcd	۱۶/۱۴c
۶۰ درصد	شیمیایی	۱۴/۲۳a	۱۶/۶۲a	۲۳۶/۶۰a	۳۹۰۵/۳a	۷/۳۲a	۰/۷۷a	۱۸/۴۹a
(تنش ملایم)	دامی	۱۰/۲۳d	۱۳/۹۶bc	۱۴۳/۳۸e	۲۳۹۸/۹bc	۷/۲۵a	۰/۷۳ab	۱۶/۲۷bc
	کمپوست	۱۳/۵۰ab	۱۵/۱۸b	۲۰۴/۸۹b	۳۲۷۰/۳ab	۷/۵۳a	۰/۷۲abc	۱۶/۵۵b
	شاهد	۱۲/۵۸bc	۱۴/۴۸bc	۱۸۲/۳۰bc	۳۱۲۹/۳ab	۷/۱۲a	۰/۵۶d	۱۳/۸۴g
۹۰ درصد	شیمیایی	۱۳/۵۷ab	۱۴/۳۲bc	۱۹۴/۳۱bc	۲۹۰۲/۰bc	۸/۰۵a	۰/۶۲bcd	۱۵/۳۳d
(بدون تنش)	دامی	۱۳/۱۰ab	۱۵/۳۹ab	۲۰۱/۳۸b	۳۲۶۴/۹ab	۷/۴۲a	۰/۵۹cd	۱۴/۸۳e
	کمپوست	۱۳/۳۳ab	۱۵/۱۸b	۲۰۲/۲۰b	۳۰۶۸/۵abc	۷/۹۲a	۰/۵۹cd	۱۴/۵۸ef

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنادار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

معمولاً قطر ساقه با ارتفاع گیاه رابطهٔ عکس دارد، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع گیاه در وضعیت رشدی مشابه، ساقه‌ها نازک‌تر و باریک‌تر می‌شوند و برعکس با کاهش ارتفاع، قطر ساقه افزایش می یابد [۴۶]. از طرفی از رشد سبزینگی گیاه کاسته می‌شود که در مجموع به افزایش قطر ساقه می‌انجامد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد [۴۴].

کمترین تعداد شاخهٔ فرعی (۳/۱ عدد) در کاربرد کمپوست، و بیشترین تعداد شاخهٔ فرعی در تیمار بدون تنش خشکی با کاربرد کود شیمیایی (۹/۶ عدد) به دست آمد (جدول ۵). کاهش تعداد شاخهٔ فرعی در اثر تنش در ریحان نیز گزارش شده است [۱۱]. نتیجهٔ تحقیق در گیاه کنف نشان داد که شاخه دهی زیاد تحت وضعیت خشکی، صفتی نامطلوب به‌حساب می‌آید، زیرا سبب مصرف بیهودهٔ رطوبت خاک و اتلاف آن می شود. اما محدود شدن شاخه‌دهی تحت وضعیت خشکی، نوعی سازوکار سازگاری به‌حساب می‌آید که گیاه به‌وسیلهٔ آن تلاش می‌کند آب را برای مراحل بحرانی‌تر نمو نظیر گلدهی حفظ کند [۳۸]. بنابراین کاهش تعداد شاخهٔ فرعی در وضعیت کم آبی را نیز شاید بتوان نوعی سازوکار سازگاری در گشنیز در نظر گرفت.

وزن تر بوته در تنش ملایم با کاهش ۳/۵ درصدی و در تنش شدید با کاهش ۳/۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد مواجه شد (جدول ۴). کمترین وزن تر (۴۱/۵ گرم) و وزن خشک (۱۸/۴ گرم) بوته در تیمار شاهد تحت تنش شدید حاصل شد (جدول ۵). تحت تنش شدید عملکرد اندام رویشی با کاهش ۳/۷ درصدی مواجه شد. بیشترین عملکرد اندام رویشی (۵۳۷۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بدون تنش تحت کود شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۵).

در این تحقیق، مصرف کودهای آلی و شیمیایی با تأمین عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه، سبب افزایش

سبزینگی و وزن تر بوته شد که مطابق نتایج برخی محققان است [۲۰، ۲۴،۲۷]. کاهش وزن تک بوته در طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه مربوط باشد [۴۸].

تنش خشکی شدید سبب کاهش معنادار تعداد چتر و تعداد دانه در چتر بوته گشنیز شد (جدول ۴). بیشترین تعداد چتر در بوته (۱۴/۲۳ عدد) مربوط به تیمار تنش ملایم تحت کود شیمیایی بود که با کاربرد کود کمپوست (۱۳/۵۰ عدد) اختلاف معناداری نداشت؛ کمترین تعداد چتر در بوته در وضعیت تنش شدید و بدون کود (۸/۴۷ عدد) به دست آمد. بیشترین تعداد دانه در چتر مربوط به تیمار تنش ملایم تحت کود شیمیایی (۱۶/۶۲ عدد) بود و کمترین آن (۱۱/۸۵ عدد) در وضعیت تنش شدید بدون تیمار کودی به‌دست آمد که با سایر کودها اختلاف معناداری داشتند (جدول ۵).

کمترین تعداد دانه در بوته (۱۳۲ عدد) در تنش شدید در تیمار شاهد و حداکثر تعداد دانه در بوته (۲۳۶ عدد) در تیمار تنش ملایم با کاربرد کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۵).

بیشترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار بدون تنش با کاربرد کود شیمیایی با میانگین هشت گرم بود. این مقدار با سایر تیمارها اختلاف معناداری نشان نداد. کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار تنش شدید به‌همراه کود شاهد با میانگین ۵/۴ گرم بود (جدول ۵).

تنش خشکی به‌طور بسیار مؤثری سبب کاهش عملکرد دانه (۱۸ درصد) در تنش شدید در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه در هکتار مربوط به تیمار تنش ملایم با کاربرد کود شیمیایی، و معادل ۳۹۰۵ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد دانه در تنش شدید و تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵). در شنبلیله نیز ارتفاع بوته و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه) در اثر تنش خشکی کاهش یافت [۷]. در اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه با تشدید تنش خشکی، از وزن اندام هوایی، ارتفاع بوته‌ها و عملکرد دانه کاسته شد [۳۰]. کمبود آب سبب کاهش عملکرد دانه، عملکرد اندام رویشی و همچنین کاهش رشد زیرهٔ سبز شد [۳]. کاهش مقادیر عددی صفات مورد مطالعه در اثر افزایش سطح تنش، با نتایج تحقیق مطابقت دارد.

کاربرد کود نیتروژن در سطح مناسب، افزایش رشد رویشی، تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد دانه را در پی داشت [۲۱]. کاربرد تلفیقی مقادیر مناسب کود دامی و نیتروژن معدنی، بهبود عملکرد و اجزای عملکرد را در گشنیز به‌همراه داشت [۲۲]. با مصرف ۲۰ تن کود دامی، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانهٔ گشنیز افزایش یافت [۴۲]. در گیاه شوید نیز نتیجهٔ مشابهی مشاهده شد، به‌طوری‌که مصرف کود سبب افزایش عملکرد شوید شد [۲۸]. کاربرد کود دامی و زیستی در افزایش تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانهٔ گشنیز، مفید گزارش شده است [۱۲].

بیشترین درصد اسانس (۰/۷۷ درصد) و عملکرد اسانس (۱۸/۴۹ کیلوگرم در هکتار) در تنش ملایم و با کاربرد کود شیمیایی، و کمترین درصد (۰/۵۶ درصد) و عملکرد اسانس تولیدی (۱۲/۳۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تنش شدید و بدون کاربرد کود مشاهده شد (جدول ۵).

در ریحان با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش می‌یابد [۴۱]. در گیاه ریحان [۱۱] و آویشن، بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه به دست آمد [۳۲]. افزایش عملکرد اسانس بابونه در اثر مصرف کودهای شیمیایی به تأثیر مثبت نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول های حاوی اسانس ارتباط داده شد

[۳۱]. تأثیرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس در ریحان [۱۱،۴۱]، آویشن [۳۲] و اکلیل کوهی [۴۷] نیز گزارش شده است.

باید در نظر داشت که همواره با افزایش تنش، درصد اسانس افزایش نمی یابد، چرا که در تنش‌های شدید، گیاه مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم‌کنندهٔ اسمزی نظیر پرولین، گلیسین‌بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می کند تا بتواند وضعیت لازم برای ادامهٔ حیات خود را در این وضعیت فراهم کند [۱۴]. این ترکیبات برای گیاه هزینه بر است و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد دانه جبران می‌کند [۳۶].

یافته‌های یادشده هم‌راستا با نتایج مطالعهٔ حاضر است که با افزایش سطوح تنش خشکی، رشد گیاه و عملکرد دانه کاهش یافت. هرچند این کاهش در تنش ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به افزایش اسانس و عملکرد آن منجر شد، باید در نظر گرفته شود که درصد اسانس همیشه با افزایش تنش، افزایش نمی‌یابد. در گیاه دارویی بادرشبو تنش خشکی در حد ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، موجب کاهش ارتفاع، طول و عرض برگ، طول میانگره، عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس می شود [۱۵]. در مطالعهٔ حاضر نیز، با اعمال تنش شدید، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده در مورد کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ و عملکرد با گزارش‌ها در بادرشبو [۱۰،۱۵]، اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه [۱۸] و نعناع [۳۴] مطابقت دارد.

کاربرد کود دامی در گیاه دارویی زنیان علاوه بر بهبود عملکرد دانه، در افزایش اسانس دانه مؤثر بود [۵]، به‌طوری‌که مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهد، اسانس بیشتری تولید کرد. مصرف کودهای دامی به‌علت داشتن اثر تغذیه‌ای، بهبود بخشیدن ساختمان فیزیکی خاک، افزایش توسعهٔ ریشه، کاهش فرسایش و جلوگیری از رواناب، نگهداری آب در خاک، فعالیت‌های بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک یکی از روش‌هایی است که به حفظ رطوبت در خاک منجر می شود [۵]. علت افزایش تولید محصول با کاربرد کود دامی را به بهبود فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مرتبط دانسته اند [۴۵،۲۳]. استفادهٔ کود دامی در بهبود خواص فیزیکی و حفظ رطوبت خاک و افزایش جذب عناصر توسط گیاهان زیرهٔ سبز [۳] و گشنیز مؤثر بود [۳۳].

تنش خشکی ضمن کاهش محتوای آب در بافت های گیاهان، سبب محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آنها می‌شود [۲۵]. تنش خشکی سبب اختلال و عدم تعادل تغذیه ای در گیاهان می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش خشکی تبادل دی‌اکسیدکربن را در برگ‌ها کاهش می‌دهد که در نتیجه، کاهش فتوسنتز، اندازهٔ برگ، سطح برگ، تولید بیوماس، اندازه و تعداد دانه را در پی‌دارد [۲۶]. بنابراین تنش خشکی و عوارض ناشی از آن موجب کاهش عملکرد می‌شود [۱۳].

نتیجه‌گیری

عملکرد در گیاه گشنیز در مجموع حاصل برهمکنش اجزایی است که هر یک از آنها در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی شکل می‌گیرد. در این بین، عملکرد مادهٔ خشک، ارتفاع بوته و تعداد ساقه در هر بوته را می توان مهم‌ترین اجزای عملکرد بیولوژیکی به‌شمار آورد. در این آزمایش مشاهده شد که با اعمال تنش خشکی اجزای عملکرد تغییرات متفاوتی داشتند، به‌طوری‌که بر اثر افزایش شدت تنش تعداد چتر در گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخهٔ فرعی، وزن تر و خشک بوته و عملکرد دانه به‌طور معناداری کاهش یافت. تأثیرات منفی تنش بر رشد گیاه

شامل محدودیت در جذب آب، مواد غذایی، تشدید تأثیرات منفی دما، کاهش رشد و تولید محصول است. در طی استفاده از سه نوع کود دامی، شیمیایی و کمپوست مشخص شد کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر صفات اندازه‌گیری‌شده، داشت، درحالی‌که اختلاف کود دامی با کمپوست در بیشتر صفات معنادار نبود. اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کودی در این آزمایش نشان داد که در زمان نبود تنش خشکی (تیمار شاهد)، کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر اجزای عملکرد میوه دارد، اما در طی بروز تنش خشکی و کاهش مقدار آن تا حد ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، کود دامی بیشترین تأثیر را بر اجزای عملکرد دانه می گذارد. در واقع کودهای آلی با حفظ رطوبت بیشتر در خاک، گیاه را در وضعیت تنش یاری می‌کنند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در وضعیت تنش شدید از کودهای آلی استفاده شود تا تأثیرات منفی تنش کاهش یابد. درحالی‌که در وضعیت معمول آبیاری که آب به‌طور کامل در دسترس گیاه قرار می گیرد، بهتر است از کودهای شیمیایی به منظور افزایش عملکرد و بهبود اجزای عملکرد گشنیز استفاده شود.

منابع

۱. ابوالحسنی زراعتکار م، لکزیان ا، غلامحسین‌پور جعفری ا و اخگرع (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی بر سیستم تثبیت نیتروژن باکتری *Sinorhizobium* و انباشت متابولیت‌های سازگار در گیاه یونجه (*Medicago sativa* sp.) رقم بمی. آب و خاک. ۲۴(۴): ۴۰۷-۴۱۶.

۲. احمدیان ا، قنبری ا، سیاه‌سر ب، حیدری م، رمرودی م و موسوی‌نیک س.م (۱۳۸۹) اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸۸(۴): ۶۶۸-۶۷۶.

۳. احمدیان ا، قنبری ا و گلوی م (۱۳۸۸) اثر متقابل تنش خشکی و کود دامی بر اجزای عملکرد، میزان اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.). گیاهان زراعی ایران. ۴۰(۱): ۱۷۳-۱۸۰.

۴. اکبری نیا ا، دانشیان ج و محمدبیگی ف (۱۳۸۵) اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد بذر، اسانس و روغن گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۴): ۴۱۰-۴۱۹.

۵. اکبری‌نیا ا، قلاوند ا، سفیدکن ف، رضایی م‌ب و شریفی‌عاشورآبادی ا (۱۳۸۲) بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه دارویی زنیان. پژوهش و سازندگی. ۶۱: ۳۲-۴۱.

۶. امیدبیگی ر (۱۳۸۴) الف. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول. انتشارات به نشر، آستان قدس رضوی، مشهد. ۳۴۷ صفحه.

۷. بزازی ن، خدامباشی م و محمدی ش (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۸(۳): ۱۱-۲۳.

۸. پورموسوی م، گلوی م، دانشیان ج، قنبری ا، بصیرائی ن و جنوبی پ (۱۳۸۸) تأثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی لاین ۱۱۷ سویا در تنش خشکی. گیاهان زراعی ایران. ۴۰(۱): ۱۳۳-۱۴۵.

۹. پوریوسف م (۱۳۸۶) بررسی تأثیر سیستم‌های حاصلخیزی خاک (ارگانیک و شیمیایی) بر روی محتوای عناصر، عملکرد، اجزای عملکرد و موسیلاژ

اسفرزه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. دانشگاه تهران، تهران. رسالهٔ دکتری.

۱۰. حسنی ع (۱۳۸۵) بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۳): ۲۵۶-۲۶۱.

۱۱. حسنی ع، امیدبیگی ر و حیدری شریف‌آباد ح (۱۳۸۱) تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر رشد، عملکرد و انباشت متابولیت‌های سازگاری در گیاه ریحان. آب و خاک. ۱۷(۲): ۲۱۰-۲۱۹.

۱۲. درزی م ت، حاج‌سیدهادی م ر و رجالی ف (۱۳۹۱) تأثیر کاربرد کود دامی و باکتری‌های محرک رشد بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۳): ۴۳۴-۴۴۶.

۱۳. شاهمرادی ش (۱۳۸۲) بررسی اثرات تنش خشکی بر روی صفات کمی و کیفی ارقام و لاین‌های پیشرفتهٔ سویا. دانشگاه تهران، تهران. رسالهٔ کارشناسی ارشد.

۱۴. صالحی‌ارجمند ح (۱۳۸۴) تأثیر تنش‌های محیطی در افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان. مجموعه مقالات همایش ملی توسعهٔ پایدار گیاهان دارویی: ۳۰۵-۳۰۷.

۱۵. صفی‌خانی ف (۱۳۸۵) بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). دانشگاه شهید چمران، اهواز. رسالهٔ دکتری.

۱۶. صفی‌خانی ف، حیدری‌شریف‌آباد ح، سیادت ع، شریفی‌عاشورآبادی ا، سیدنژاد م و عباس‌زاده ب (۱۳۸۶). تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۱): ۸۶-۹۹.

۱۷. عزیزی م، رضوانی ف، خیاط م ح، لکزیان ا و نعمتی ح (۱۳۸۷) تاثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونهٔ آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) رقم Goral. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۱): ۸۲-۹۳.

۱۸. لباسچی م و شریفی‌عاشورآبادی ا (۱۳۸۳) شاخص‌های رشد برخی از گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۰(۳): ۲۴۹-۲۶۱.

19. Abdalla MM and El-Khoshiban NH (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two Triticum aestivum cultivars. Applied Science Research. 3(12): 2062-2074.

20. Ashraf M, Shabaz M and Ashraf MY (2001) Influence of nitrogen supply and water stress on growth and nitrogen, Phosphorus, Potassium and calcium contents in pearl Millet. Biology Plantarum. 44(3):459-462.

21. Beech DF and Norman MJT (2002) The effect of wet-season land treatment and nitrogen fertilizer on safflower, linseed, and wheat in the Ord River Valley. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandary. 8: 72-80.

22. Carruba A (2009) Nitrogen fertilization in coriander (Coriandeum sativum L.): a review and meta-analysis. Science of Food and Agriculture. 89(6): 921-926.

23. Chatterjee SK (2002) Cultivation of medicinal and aromatic plants in India, a commercial approach. Proceeding of an International Conference on MAP. Acta Horticulture. 576: 191-202.

24. Dang TH, Cai GX, Guo SL, Hao MD and Heng LK (2006) Effects of nitrogen management on yield and water use efficiency of rainfed Wheat and Maize in northwest China. Pedosphere. 16(4): 495-504.

25. French RJ and Turner NC (1991) Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafed lupines. Australian Journal of Agriculture Research. 42: 471-484.

26. Grattan SR and Grieve CM (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae. 78: 127-157.

27. Johri AK, Srivastava LJ, Singh JM and Rana RC (1992) Effect of time of planting and level of nitrogen on flower and oil yields of german Chamomile (Matricaria recutita). Indian Journal of Agronomy. 37(2): 302-304.

28. Khalid KA and Shafei AM (2005) Productivity of dill (Anethum graveolens L.) as influenced by different organic manure rates and soueces. Arab Universities Journal of Agriculture Sciences. 13(3): 901-913.

29. Lal P, Chhipa BR and Kumar A (1993) Salt affected soil and crop production: a modern synthesis. Agro Botanical Publishers, India, 375 p.

30. Lebaschy MH and Sharifi Ashoorabadi E (2004) Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 20(3): 249-261. (In Farsi).

31. Letchamo W (1992) A comparative study of Chamomile yield essential oil and flavonoids content under two sowing seasons and nitrogen levels. Acta Horticulturae. 306: 375-384.

32. Letchamo W, Marquard R, Holz J and Gosselin A (1994) Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two Thymus vulgaris selections. Angewandte Botanic. 68: 83-88.

33. Mallanagouda B (1995) Effects of N.P.K and fym on growth parameters of onion, garlic and coriander. Medicinal and Aromatic Plant Science. 4: 916-918.

34. Misra A and Srivastava NK (2000) Influence of water stress on Japanese mint. Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7: 51-58.

35. Mohammadkhani N and Heidari R (2007) Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal of Biological Science. 10(22): 4022-4028.

36. Munns R (1993) Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. Plant Cell and Environment. 16: 15-24.

37. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress Trop. Agric. 25: 239-250.

38. Ogbonnaya CL, Nwalozie MC, Roy-Macauley H and Annerose DJM (1998) Growth and water relations of Kenaf (Hibiscus cannabinus L.) under water deficit on a sandy soil. Industrial Crops and Products. 8: 65-76.

39. Patra D, Anwar M, Saudan S, Prasad A and Singh DV (1999) Aromatic and medicinal plants for salt and moisture stress conditions. Proceeding of a Symposium Held in Indian. Pp. 347-350.

40. Pirzad A, Alyari H, Shakiba MR, Zehtab-Salmasi S and Mohammadi A (2006) Essential oil content and composition of german Chamomile (Matricaria chamomilla L.) at different irrigation regimes. Agronomy. 5(3): 451-455.

41. Refaat AM and Saleh MM (1997) The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo. 48: 515-527.

42. Salem AG and Awad AM (2005) Response of coriander plants to organic and mineral fertilizers fertigated in sandy soils. Egyptian Journal of Agricultural Research. 83(2): 829-858.

43. Sefidkon F (2001) Evaluation of Qualitative and Quantitative essential oil fennel (Foeniculum vulgare Mill) in different stages of growth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 7:85-104.

44. Serraj R and Sinclair TR (2002) Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions?. Plant Cell Environment. 25: 333-341.

45. Sharma AK (2002) A Handbook of organic farming. Publication Agrobios. India.

46. Sheteawi SA and Tawfik KM (2007) Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbean (Vigna radiate) growth and yield. Applied Sciences Research. 3(3): 251-262.

47. Solinas V and Deiana S (1996) Effect of water and nutritional conditions on the Rosmarinus officinalis L. phenolic fraction and essential oil yields. Italian Epos. 19: 189-198.

48. Sreevalli Y, Baskaran K, Chandrashekara R, Kuikkarni R, Sushil Hasan S, Samresh D, Kukre J, Ashok A, Sharmr Singh K, Srikant S and Rakesh T (2001) Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. Medicinal and Aromatic Plant Science. 22: 356-358.