DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.20344.1943

اثر کودهای آلی و زیستی بر رشد و عملکرد دو گونه لوبیا (*Phaseolus calcaratus* L. و *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) تحت تنش خشکی

(مقالۀ پژوهشی)

۱- مرضیه حسنی، دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۲- محمودرضا تدین*، استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
mrtadayon@gmail.com
۳- مجید اولیاء، دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

چکیده

کشاورزی ارگانیک یک سیستم کشاورزی تلفیقی مبتنی بر اصول و قوانین طبیعی بوده که در آن، کیفیت محصولات مهم‌تر از کمیت آن‌هاست. مطالعۀ حاضر به منظور بررسی اثر دو نوع کود زیستی و آلی بر رشد و عملکرد دو گونه لوبیا تحت تنش خشکی در مزرعۀ پژوهشی دانشگاه شهرکرد انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. مؤلفه‌های مورد بررسی شامل ۱) تنش خشکی در سه سطح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A؛ فاکتور دوم در چهار سطح: کود زیستی EM، کود آلی ویناس، ترکیبی از هر دو، و شاهد؛ و فاکتور سوم: گونه با دو سطح (لوبیا یام مکزیکی، لوبیا قرمز رقم گلی) بود. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، رطوبت نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشای سلولی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتورهای مورد بررسی و برهمکنش آن‌ها (به‌غیر از برهمکنش تنش×کود بر صفت تعداد غلاف در بوته و شاخص پایداری غشای سلولی) بر تمامی صفات معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین تأثیر را تیمار ترکیبی کودی (ویناس+EM) در گیاه لوبیا قرمز و تنش ۶۰ بر روی صفات عملکرد دانه (۸۸۳۴ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۶۴/۶۶٪)، ارتفاع بوته (۱۱۷ سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته (۳۲/۳۳)، تعداد شاخه فرعی (۱۴) داشت و در همین تیمار کودی و در تیمار شاهد تنش، بیشترین تأثیر بر روی صفت شاخص پایداری غشای سلولی در گیاه لوبیا قرمز (۵۷/۷٪) و رطوبت نسبی آب برگ (۹۱/۸۸٪) و عملکرد بیولوژیک (۳۵۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) در گیاه یام مکزیکی بود. به طور کلی می‌توان گفت که این آزمایش نشان‌دهندۀ برتری اثر تیمار کودی تلفیقی بر گیاه لوبیا قرمز تحت تنش خشکی نسبت به گیاه یام مکزیکی بود.

واژگان کلیدی: یام مکزیکی، لوبیای قرمز، کود زیستی EM، کود آلی ویناس، تنش خشکی.

مقدّمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندۀ تولید محصولات کشاورزی است [۱۷]. حساسیت گیاهان به تنش خشکی، بسته به شدت تنش، گونه‌های گیاهی و مراحل رشدونمو متفاوت است. تنش خشکی از طریق کاهش محتوای آبِ خاک، منجر به کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش آماس سلولی و در آخر، بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت رشدونمو سلول‌ها می‌شود [۲].

حبوبات به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین و به عنوان دومین منبع تأمین نیاز غذایی انسان در بین گیاهان زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. لوبیا از نظر سطح زیر کشت در ایران پس از نخود (۶۳/۵ ٪) و عدس (۱۶/۷٪) با ۱۳/۷ ٪ مقام سوم را داراست [۱].

حبوبات علاوه بر ارزش غذایی و تثبیت نیتروژن، نقش مهمی را در پایداری کشاورزی به دلیل بهبود ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بازی می‌کنند؛ از این‌رو، از حبوبات جهت تنوع‌بخشیدن به نظام‌های کشت در تناوب با غلات استفاده می‌شود. تولید حبوبات (از جمله انواع لوبیا) در ایران به تناسب افزایش سطح زیر کشت و تولید این گیاهان و اهمیت آن‌ها در حفظ پایداری تولید غلات و همچنین سبد غذایی خانواده‌ها، از توجه و امتیاز ویژه‌ای برخوردار است [۷].

لوبیا قرمز با نام علمی *Phaseolus calcaratus* L. و نام انگلیسی kidney beans و common bean گیاهی یکساله و گرمادوست است. ارقام مختلف آن از نظر شکل بوته، طول و غلاف و تعداد دانه در غلاف و اندازهٔ دانه با هم متفاوت هستند. یکی از این رقم‌ها لوبیا قرمز، رقم گلی رنگ بذر قرمز و کلاس تجاری Red Mexican است. این رقم نسبت به شرایط اقلیمی کشور، از سازگاری مناسبی برخوردار است. دارای تیپ رشد نامحدود و رونده، متوسط ارتفاع بوته ۷۰ سانتی‌متر، دوره رشدونمو ۹۵ روز و وزن صد دانه ۲۷-۲۵ گرم است [۲۰].

ارزش غذایی لوبیا قرمز به علت دارابودن پروتئین (حدود ۲۵٪) و کربوهیدرات (حدود ۶۰٪)، فیبر فراوان و برخی ریزمغذی‌ها و ویتامین‌ها نظیر فولات، مواد معدنی نظیر مس، کلسیم، آهن، منیزیم، منگنز و روی، آنتی‌اکسیدان‌ها و پلی فنل‌هاست [۱۵].

لوبیا یام مکزیکی با نام علمی (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) گونه‌ای از جنس *Pachyrhizus* از خانواده بقولات (Fabaceae) است. این گیاه یکساله و رونده و با دورهٔ رشدی ۱۲۰-۱۵۰ روز، بومی مکزیک و آمریکای مرکزی است. دلیل انتخاب کشت لوبیا یام از خانواده بقولات، سازگاری نسبتاً خوب با شرایط تنش خشکی، امکان رشد در زمین‌های حاشیه‌ای با خاک‌هایی با حاصلخیزی ضعیف و تحمل بالا به آفات و عوامل بیماری‌زا است. دانه‌های لوبیا یام مکزیکی دارای مقدار زیادی روغن (حدود ۲۰ تا ۲۸ ٪ وزن بذر) و پروتئین (حدود ۲۳ تا ۳۴ ٪ وزن بذر) هستند. عملکرد بذر این گیاه در شرایط دیم ۲۰-۶۰ کیلوگرم در هکتار و آبی ۴۸۰-۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در مکزیک گزارش شده است [۳۳].

کوددهی متناسب، به عنوان یک عملیات زراعی مهم در تولید گیاهان زراعی در شرایط زراعی مختلف، شناخته شده که باعث افزایش تقریباً ۱۲٪ در تولیدات کشاورزی می‌شود [۲۵]. از سوی دیگر، تنش‌های محیطی سبب به‌هم‌خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاهان می‌شود. در این شرایط، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از طریق کودها می‌تواند رشد گیاه را تا حدودی بهبود بخشد. بنابراین، برای افزایش تولید و کیفیت گیاهان زراعی، می‌بایست شرایط لازم جهت رشد گیاه، با توجه به عناصر مورد نیاز آن و با مصرف اصولی کود تأمین شود [۳۱].

یکی از انواع کودهای کم‌خطر برای محیط‌زیست، کودهای زیستی هستند که در آن‌ها، از تأثیر ریزجانداران بر روابط خاک و گیاه بهره بُرده می‌شود. کودهای بیولوژیک یا زیستی، از طریق مکانیسم‌های مختلف، مانند تجزیه ماده آلی، افزایش دسترسی به مواد غذایی و آب برای گیاه، بازچرخ مواد غذایی و کنترل آفات، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌بخشند [۵].

یکی از کودهای زیستی، کود EM است. EM علامت اختصاری واژه Effective Microorganisms (میکروارگانیسم‌های مؤثر)، ترکیبی ویژه از ۱۲۰ گونه مختلف میکروارگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی است که شامل جمعیت‌های غالب باکتری‌های اسیدلاکتیک، مخمرها و تعداد کمی از باکتری‌های فتوسنتزکننده و اکتنومیست‌ها است. همهٔ این ریزموجودات، دوبه‌دو با یکدیگر سازگارند و می‌توانند در کشت مایع به صورت همزیست وجود داشته باشند [۹].

یامادا و اکسیو [۳۴] بیان داشتند که کود زیستی EM حاوی هورمون‌های گیاهی و دیگر مواد فعال زیستی است که پیری در گیاه را به تأخیر می‌اندازد. مطالعات مختلف نیز نشان از افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف کشاورزی به وسیله تیمارهای EM دارد که از آن جمله می‌توان به گزارش‌هایی بر اثر این کود روی گیاهانی همچون نخودفرنگی و ذرت شیرین، بادام‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت، نخودفرنگی، سیب، ماش، پیاز اشاره کرد [۲۴].

برای تأمین مواد آلی در خاک، باید مقداری از بقایای گیاهی به زمین برگردانده شود و این مقدار بستگی به شرایط خاک و اقلیم منطقه دارد. در دهه اخیر استفاده از ضایعات با ماده آلی بالا، مانند کودهای حیوانی، فاضلاب، فضولات شهری، کمپوست، بقایای گیاهی و محصولات جانبی صنعتی و ویناس برای اصلاح خاک‌های فقیر از لحاظ مواد مغذی برای گیاه و همچنین برای حفظ سطوح مواد آلی خاک و جلوگیری از نابودی آن‌ها با هزینه‌ای پایین رواج یافته است [۲۸].

ویناس (Vinasse) ماده خامی و پساب حاصل از تولید الکل است و به طور متوسط، در ازای تولید هر لیتر الکل، ۱۲ لیتر ویناس تولید می‌شود. پساب کارخانه‌های الکل‌سازی در استرالیا، Dunder و در برزیل، Vinasse نامیده می‌شود. ویناس ماده‌ای با رنگ قهوه‌ای تیره و بوی شکر سوخته است که به علت دارابودن مواد آلی فراوان و غلظت بالای نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و مقادیری فسفر، منبع مهمی از عناصر غذایی، به ویژه برای کشاورزی ارگانیک به حساب می‌آید [۱۹].

نتایج نظری‌ناسی و همکاران [۲۱] نشان داد کاربرد EM در شرایط عدم‌تنش، بیشترین و تیمار شاهد کودی با تنش شدیدخشکی، کمترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ را نشان دادند. در بررسی برهمکنش تیمار آبیاری و کود زیستی مشخص شد که در سطوح تنش خشکی، کاربرد کود نسبت به تیمار عدم‌مصرف کود، برتری داشت. این نتایج نشان داد که کود زیستی با بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، از جمله افزایش ظرفیت آب در خاک می‌تواند تا حدودی از اثرات تنش خشکی بکاهد.

نتایج پژوهش رضایی‌نیا و همکاران [۲۳] نشان داد که تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود EM بر محتوای رطوبت نسبی برگ، رنگ‌دانه‌های فتوسنتز، درصد پروتئین، محتوای پرولین در گیاه کاسنی معنی‌دار بود و بیشترین تأثیر را در تیمار آبیاری پس از ۹۰٪ ظرفیت زراعی خاک همراه با کاربرد EM به دست آمد.

استفاده از ریزجانداران مؤثر در خاک، همراه با کودهای آلی، روش مناسبی برای تأمین و آزادسازی مواد غذایی از منابع کودی مورد استفاده در کشاورزی است. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که تلقیح خاک مزرعه با ریزجانداران مؤثر، علاوه بر افزایش کیفی و کمّی محصول، کیفیت خاک را نیز بهبود می‌بخشد. فعالیت میکروبی و آزادسازی عناصرغذایی موجود در کلوئیدهای خاک، اصلاح ویژگی فیزیکی خاک و در نتیجه تهویهٔ بهتر آن می‌تواند از دلایل افزایش عملکرد در روش‌های تغذیه تلفیقی و ارگانیک باشد [۱۱].

بررسی اثرات خشکی بر لوبیا نشان داده است که میانگین کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی ۶۰٪ و کاهش وزن دانه ۱۴٪ بوده و تعداد روز تا بلوغ در شرایط خشکی کاهش نشان می‌دهد؛ تنش خشکی متوسط، می‌تواند بیوماس، تعداد دانه در بوته، دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد [۲۵].

تنش خشکی، علاوه بر کاهش عملکرد دانه، باعث کاهش اجزای غیراقتصادی گیاه نیز می‌شود که نشان از تحلیل سلول‌های رویشی در ساقه و برگ و در نهایت، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در انتهای فصل رشد است. کمبود آب، موجب کاهش توانایی ارقام در جذب عناصر غذایی، ساخت و انتقال مواد پرورده‌شده و میزان زیست‌توده کاهش می‌یابد [۴]. همچنین پژوهشگران معتقدند تنش خشکی با کاهش سطح برگ، انسداد روزنه‌ها، کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گازکربنیک، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل کارایی فتوسنتز می‌شود [۲۶].

تورکان و همکاران [۳۲] در آزمایشی روی گونه‌ای از لوبیا نشان دادند که در شرایط تنش کمبود آب، محتوای نسبی آبِ برگ لوبیا کاهش می‌یابد. پایین‌آمدن محتوای نسبی آبِ برگ و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازهٔ نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

از آنجا که گیاه لوبیا یام مکزیکی گیاهی جدید در کشور است و اطلاعات کمی در مورد ویژگی‌های رشدونموی این گیاه، نیاز کودی، نیاز آبی و واکنش آن به کمبود آب و همچنین مقایسه عملکرد آن با لوبیا قرمز گلی در دسترس است، بنابراین، این پژوهش با هدف

بررسی اثر دو نوع کود زیستی و آلی بر رشد و عملکرد دو گونه لوبیای فوق، تحت تنش خشکی، انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر دو نوع کود زیستی و آلی بر رشد و عملکرد دو گونه لوبیا تحت تنش خشکی، آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خردشده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد (طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا) و میزان متوسط بارندگی ۳۱۱/۸ میلی‌متر در سال زراعی ۱۴۰۱ اجرا شد.

فاکتورهای مورد بررسی شامل ۱) تنش خشکی در سه سطح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A؛ فاکتور دوم) در چهار سطح: کود زیستی EM (۴۰ لیتر در هکتار)، کود آلی ویناس (۸۰ لیتر در هکتار)، ترکیبی از هر دو، و شاهد؛ و فاکتور سوم) گونه گیاهی با دو سطح (لوبیا یام مکزیکی، لوبیا قرمز رقم گلی) بود.

عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح با توجه به شرایط زمین انجام شد. کرت‌هایی به ابعاد ۳/۵×۴ متر ایجاد که در هر کرت ۴ ردیف کاشت به فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شدند. بوته‌ها با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و در عمق ۲ سانتی‌متر کاشته شدند که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و ۲ خط میانی برای اندازه‌گیری کلیه مراحل فنولوژیکی و عملکردی گیاه مورد استفاده قرار گرفت.

براساس شرایط آب‌وهوایی منطقه، کشت بذر در اواسط فصل بهار انجام شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر درنظر گرفته شد. کود زیستی EM استفاده‌شده در این پژوهش، از شرکت امکان‌پذیر پارس، کود آلی ویناس از شرکت الکل خرمشهر توسط شرکت تجهیزصنعت‌باران، بذور لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز رقم گلی به‌ترتیب از انگلستان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی تهیه شدند. میزان مصرف کودهای زیستی EM و کود آلی ویناس بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، نیاز تغذیه‌ای گیاه و محتوای عناصر موجود در دو کود مصرفی (جدول ۲) مشخص خاکشناسی و همراه با آبیاری مصرف شدند.

صفت محتوای نسبی آب برگ (RWC) بر اساس روش سارام و ساکسنا [۲۹] اندازه‌گیری شد. بدین منظور نمونه برگ در مرحله آغاز گلدهی، به گونه تصادفی جدا و بلافاصله وزن‌تر (FW) با ترازوی دقیق دیجیتالی اندازه‌گیری شد. نمونه‌های وزن‌شده به‌مدت ۶ ساعت درون آب مقطر قرار گرفتند تا به‌حالت آماس برسند، سپس با استفاده از یک پارچه، بدون اِعمال هیچ‌گونه فشاری، رطوبت سطح نمونه گرفته شده و نمونه‌ها توزین گردید تا وزن آماس (TW) به‌دست آید.

به منظور به دست آوردن وزن خشک (DW) نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و مجدداً وزن شدند. با استفاده از رابطه ۱ میزان آب نسبی برگ برحسب درصد محاسبه شد.

$$RWC = [(FW - DW) / (SW - DW)] \times 100 \quad (۱)$$

شاخص پایداری غشای سلولی (EC) براساس روش بیان و جیانگ [۶]، از سلول‌های برگ مطابق رابطه زیر محاسبه شد.

$$EC = [(C1 / C2)] \times 100 \quad (۲)$$

که در آن، C1= هدایت الکتریکی محلول قبل از جوشاندن و C2= هدایت الکتریکی محلول بعد از جوشاندن است.

ارتفاع بوته لوبیا و یام مکزیکی، با متر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در زمان برداشت اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، پس از کف‌بُرنمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی، قبل از جداکردن دانه از غلاف، وزن خشک کل بوته‌ها (برگ، ساقه، غلاف و دانه) پس از قرارگرفتن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت تعیین شد و عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک،

شاخص برداشت به‌صورت درصد محاسبه شد [۳۰]. در آخر، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

جدول ۱- نتایج ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

اسیدیته خاک	شوری $dS.m^{-1}$	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (٪)	آهن ($mg.kg^{-1}$)	روی ($mg.kg^{-1}$)	بور ($mg.kg^{-1}$)
۷/۸۸	۰/۸۲۳	۲۸/۷	۴۷۱	۰/۰۹۹	۳/۶۲	۰/۶۶	۱/۸۲
مس ($mg.kg^{-1}$)	منگنز ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی (٪)	شن (٪)	لای (٪)	رس (٪)	درصد آهک (٪)	بافت خاک
۰/۹۱	۸/۴۱	۰/۸۹۷	۲۰/۵	۴۴	۳۵/۵	۲۹	لومی رسی

جدول ۲- جدول عناصر آنالیز شده در کود آلی ویناس

BOD (g/L)	COD (g/L)	نیتروژن (g/kg)	فسفر (g/kg)	پتاسیم (meq/L)	کربن کل (٪)	منیزیم (mg/kg)	روی (mg/kg)	کلسیم (mg/kg)	سدیم (meq/L)	پروتئین کل (٪)	pH
۳۹/۵	۸۴/۹-۹۵	۱۴	۳۸	۶۳۳/۳۳	۲۵	۴۷۸	۳/۵	۲۱۱	۱۹۷/۰۵	۳۵/۷	۴/۴۶

BOD: Biochemical Oxygen Demand; COD: Chemical Oxygen Demand

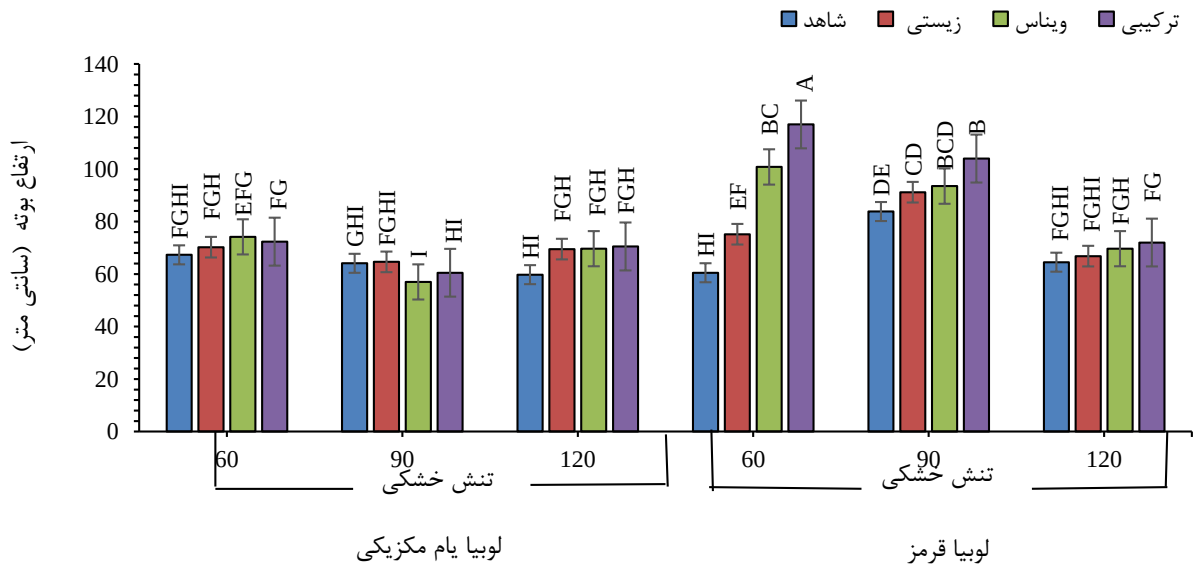
نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش خشکی، کود و گونه، همچنین اثر برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بوده است (جدول ۳). نتایج حاصل از اثر برهمکنش سه گانه فاکتورها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار لوبیا × کود ترکیبی × تنش ۶۰ با ۱۱۷سانتی‌متر؛ و کمترین این صفت در یام مکزیکی، ویناس و تنش ۹۰ بدست آمد (شکل ۱).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در گیاه لوبیا قرمز و لوبیا یام مکزیکی

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۵۴۵/۷۳	۴/۶۸	۲۴/۵۴	۲۴/۹۷
تنش خشکی	۲	۹۵۱/۹۱**	۱۲۱/۷۲**	۵۰۸/۷۹**	۱۱۳۴/۱۲**
خطای A	۴	۴۸/۱۰	۰/۲۲	۳/۲۰	۵۱/۵۳
تیمار کودی	۳	۸۳۶/۲۸**	۲۲/۵۳**	۳۵/۳۸**	۴۳۰/۰۱**
تنش × کود	۶	۲۵۲/۶۳**	۲/۳۱*	۴/۱۰ns	۸۶/۵۹*
خطای B	۶	۱۲/۲۸	۰/۵۵	۲/۴۶	۱۹/۲۷
گونه	۱	۴۹۶۱/۷۴**	۲۶۴/۵۰**	۲۶۲۸/۱۲**	۴۸۶۳/۲۴**
تنش × گونه	۲	۱۴۱۳/۲۳**	۳۱/۵۰**	۲۴/۱۲**	۵۷۶/۶۳**
کود × گونه	۳	۵۴۰/۸۵**	۱۷/۲۷**	۲/۱۹ns	۲۳۳/۲۸**
تنش × کود × گونه	۶	۲۱۲/۸۳**	۳/۵۰**	۴۳/۱۴**	۱۰۲/۱۹*
خطای کل	۳۶	۶۶/۲۲	۰/۵۸	۳/۱۶	۴۲/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۸۵	۱۲/۷۰	۱۲/۳۷	۸/۴۰



شکل ۱- اثر تیمارهای کودی×تنش خشکی×گونه بر ارتفاع بوته گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.)

با افزایش سطوح تنش از میزان ارتفاع بوته در هر دو گونه لوبیا کاسته شد که این روند کاهشی نسبت به شاهد در لوبیا یام مکزیکی نشان‌دهنده حساس‌بودن آن نسبت به شرایط تنش خشکی و برتری لوبیا قرمز نسبت به لوبیا یام مکزیکی را نشان داد.

پژوهشگران زیادی از جمله جالوت و همکاران [۱۴] بیان داشتند که تنش آبی از بزرگ‌شدن سلول‌ها، بیش‌تر از تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند و با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مثل فتوسنتز، تنفس، انتقال مجدد، جذب یونی، کربوهیدرات‌ها، سوخت‌وساز مواد اندوخته‌ای موجب کاهش رشد گیاه می‌شود. همچنین ثابت شده است که تنش خشکی یک عامل محدودکننده در مرحله اولیه رشد گیاه و استقرار آن است که هم در ارتفاع و هم در رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. با توجه به این دلایل، اگرچه تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته می‌شود اما نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش، استفاده از کودهای زیستی و آلی منجر به تأمین عناصر غذایی و بهبود محیط ریزوسفری خاک شده و در آخر، اثر تنش خشکی در گیاه را تعدیل می‌کند. این نتایج با یافته‌های جهانبان و لطفی‌فر [۱۲] مطابقت دارد.

محتوای نسبی آب برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که اثر فاکتورهای مورد بررسی و برهمکنش دو گانه آن‌ها (تنش×گونه و کود×گونه) در سطح احتمال یک درصد و اثر برهمکنش تیمارهای تنش×کود و تنش×کود×گونه در سطح احتمال پنج درصد بر صفت محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بودند (جدول ۳).

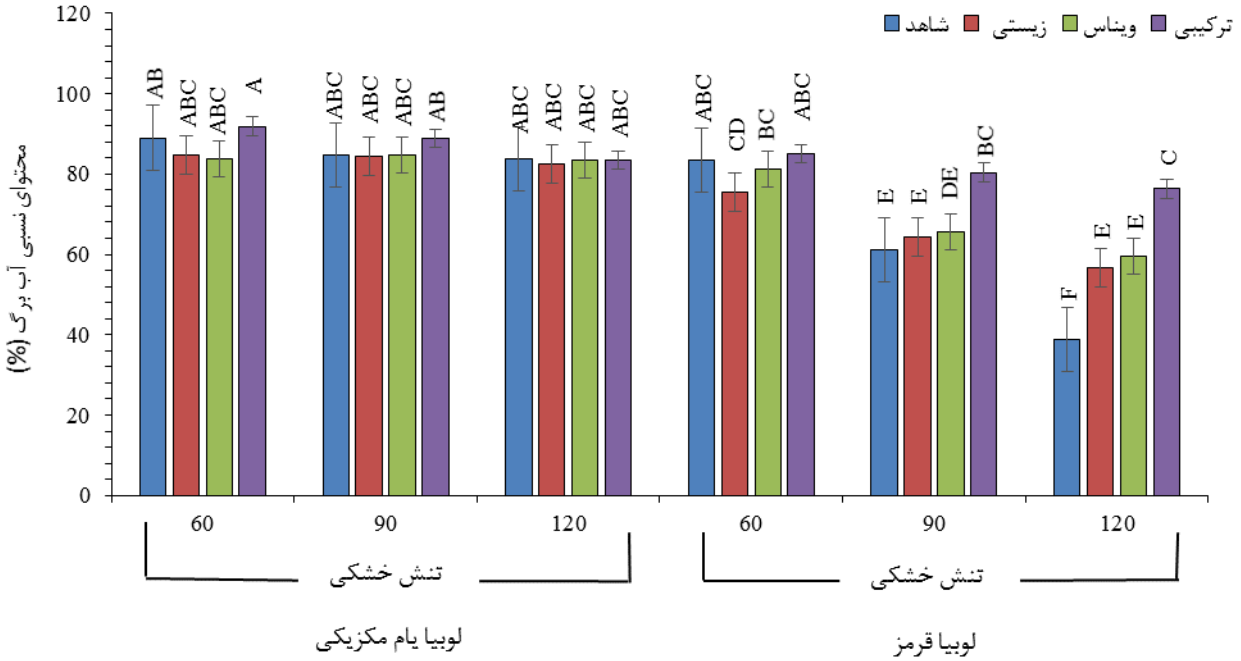
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آبِ برگ در برهمکنش سه گانه تیمارهای یام مکزیکی × کود ترکیبی × تنش ۶۰؛ و کمترین آن در تیمار لوبیا × شاهد کودی × تنش ۱۲۰ بود (شکل ۲).

در شرایط تنش خشکی و با افزایش سطوح تنش، محتوای نسبی آبِ برگ در هر دو گونه لوبیا نسبت به شاهد، روند کاهشی را نشان دادند. مقدار نسبی آبِ برگ به طور مستقیم با آماس یاخته و پتانسیل آب گیاه ارتباط دارد. از طرف دیگر، آماس برگ، در ارتباط مستقیم با توسعه و تقسیم سلولی است و بدین ترتیب، ارتباطی بین میزان نسبی آبِ برگ و ماده خشک تولیدی وجود دارد. در بررسی‌های انجام شده مشخص شده است که ارقام مقاوم به خشکی از محتوای نسبی آب برگ بالاتری در شرایط تنش خشکی برخوردار هستند. [۲۵]. محتوای نسبی آب برگ، جذب آب به وسیله بافت‌ها و سلول‌ها را نشان

می‌دهد و منعکس‌کنندهٔ فعالیت متابولیک در بافت‌های گیاه بوده و به عنوان شاخصی مناسب به منظور شناسایی لگوم‌ها در تحمل کم آبی استفاده می‌شود. همچنین گزارش شده است که گیاهان متحمل به خشکی با جذب آب از پروتوپلاست، آب بیشتری را در خود نگهداری می‌کنند؛ بنابراین دارای مقدار بالاتری محتوای نسبی آب می‌باشند.

سوزا و همکاران [۲۸] بیان نمودند اگرچه لوبیا قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش خشکی است و این موضوع می‌تواند از پسابیدگی بافت‌ها جلوگیری کند ولی، تحت چنین شرایطی روزنه‌ها بسته می‌شوند و باعث کاهش آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن، کاهش رشد و عملکرد دانه می‌شود. با این حال مشخص شد که با مصرف کود آلی در مقایسه با تیمار شاهد، می‌توان باعث کاهش اثر سوء تنش آبی شد. به‌عبارت دیگر، مصرف کود آلی با حفظ بهتر آب در خاک، بهبود سطح تغذیه، بالابردن نفوذپذیری، افزایش تهویه و فعالیت‌های میکروبی در ناحیه ریشه، تحمل گیاه لوبیا را به تنش آبی افزایش می‌دهد.

در تأیید نتایج این پژوهش، نتایج دیگر پژوهشگران [۲۵ و ۱۰] نیز نشان داده است که کودهای زیستی با تولید ترکیبات مختلف محرک رشد از جمله هورمون‌های گیاهی موجب بهبود رشد ریشه می‌شود. افزایش رشد ریشه در وضعیت تنش خشکی، مزیتی عمده به شمار می‌رود. چون باعث افزایش جذب آب و بهبود محتوای رطوبت نسبی آب در وضعیت تنش خشکی می‌شود و گیاه را به تنش خشکی سازگار می‌کند. نتایج این آزمایش با یافته‌های قنبری و همکاران [۱۰] مطابقت داشت.



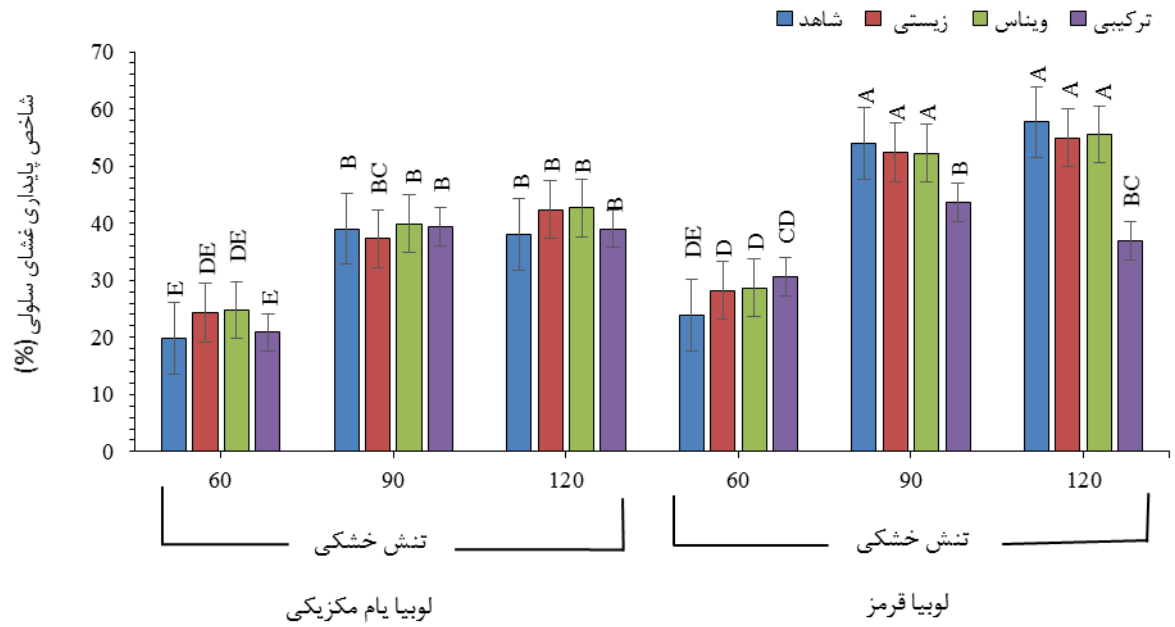
شکل ۲- اثر برهمکنش تیمارهای کود×تنش×گونه بر محتوای نسبی آب برگ گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.)

شاخص پایداری غشای سلولی

براساس جدول تجزیه واریانس ۴، اثر فاکتورهای تنش خشکی، گونه، اثر برهمکنش فاکتورهای تنش خشکی×کود×گونه در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر کود، اثر برهمکنش تیمارهای تنش خشکی×گونه، کود×گونه در سطح احتمال پنج درصد بر صفت شاخص پایداری غشای سلولی معنی‌دار شدند و اثر برهمکنش تیمارهای تنش خشکی×کود عدم معنی‌داری را بر این صفت نشان دادند.

بیشترین شاخص پایداری غشای سلولی از برهمکنش سه گانه تیمار لوبیا × شاهد × تنش ۱۲۰ بود و کمترین شاخص پایداری غشا در این برهمکنش تیمار یام مکزیکی

× شاهد × تنش ۶۰، به دست آمد (شکل ۳). با افزایش شدت تنش، شاخص پایداری غشای سلولی افزایش یافت که این میزان آسیب به غشای سلولی بستگی به سطوح تنش و مدت زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد مؤثر می‌باشد که بیشترین میزان نشت الکترولیتی در بین این دو گونه مربوط به لوبیا بود که نشان‌دهندهٔ این است نسبت به تنش خشکی حساس‌تر از لوبیا یام مکزیکی بوده و آسیب بیشتری به غشای سلولی آن وارد می‌گردد. این افزایش آسیب به غشای سلولی در دو گونه لوبیا قرمز و لوبیا یام مکزیکی نسبت به شاهد مشاهده شد. غشای سلولی از نخستین اندام‌هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب می‌بیند و تراوایی آن افزایش یافته و نشت الکترولیتی از سلول باعث مرگ آن می‌شود. پایداری غشای سلولی می‌تواند به عنوان معیاری از تحمل به تنش خشکی در نظر گرفته می‌شود [۲۱].



شکل ۳- اثر تیمار کود×تنش×گونه بر شاخص پایداری غشای سلولی گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

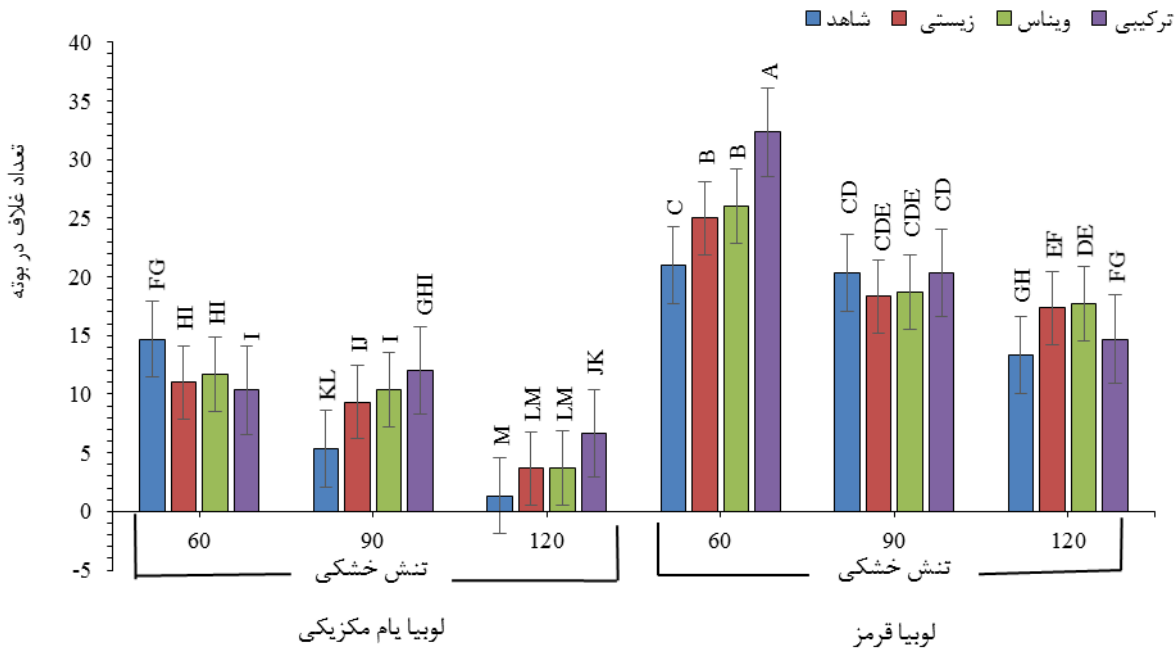
نتایج پژوهش بروجردنیا و همکاران [۳] نشان داد که در لوبیا قرمز ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس حتی در شرایط بدون تنش حاوی محتوای نسبی آب بیشتری بوده و قادر هستند در سطوح تنش بالا محتوای نسبی آب خود را در سطح بالایی نگه دارند و از صدمات کمتری ناشی از پسابیدگی و کاهش محتوای آب برخوردار گردند. تفاوت در محتوای نسبی آب در ارقام مختلف می‌تواند به توانایی آن‌ها در جذب آب از خاک یا توانایی بستن روزنه‌ها و تعرق کمتر در شرایط تنش خشکی مربوط باشد.

نتایج پژوهش نشان داد افزایش شدت و مدت زمان تنش خشکی باعث ایجاد اختلال شدیدتر در فعالیت‌های بیولوژیک غشای سلولی، کاهش سیالیت آن و غیرفعال‌سازی یا کاهش سرعت پمپ‌شدن یون‌های غشایی می‌شود، بنابراین بر میزان نشت یون‌ها نیز افزوده شد. تنش خشکی یک سری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشا ایجاد می‌کند و اسیدهای چرب غیراشباع، افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دو لایه‌ای غشا، حالت شش وجهی پیدا کرده و ساختار غشا به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد. به‌گونه کلی تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در آخر، کاهش شاخص پایداری غشای سلول در گیاهان مختلف می‌شود [۲۵].

تعداد غلاف در بوته

تیمارهای تنش خشکی، کود و گونه همچنین اثر برهمکنش آن‌ها (به جز اثر برهمکنش تیمارهای

تنش×کود؛ کود×گونه) بر صفت بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار شدند. بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار برهمکنش سه‌گانه لوبیا × کود ترکیبی × تنش ۶۰؛ و کمترین آن تیمار برهمکنش سه‌گانه یام مکزیکی × شاهد × تنش ۱۲۰ بوده است (شکل ۴).



شکل ۴- اثر برهمکنش تیمارهای کود×تنش×گونه بر تعداد غلاف در بوته گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

شرایط تنش خشکی شدید تعداد غلاف در بوته را در هر دو گونه لوبیا نسبت به تیمار بدون تنش خشکی کاهش داد. تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در تعیین عملکرد لوبیا است که تابع ویژگی ژنتیکی گیاهان بوده، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرد. تنش خشکی می‌تواند باعث فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی در گیاه می‌شود. این مکانیسم‌های دفاعی شامل افزایش تولید هورمون‌های رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی)، افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها و تنظیم فعالیت ژن‌های مرتبط با تحمل به تنش هستند. همچنین در شرایط تنش کم‌آبی در تیمارهایی که به صورت تلفیقی از کودها استفاده شده باعث افزایش فعالیت ریشه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی مثل فسفر، پتاسیم و برخی عناصر ریزمغذی، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی، تأثیر مثبت بر روی برخی میکروارگانیسم‌های خاکزی و همچنین بهبود خصوصیات کیفی و کمی محصولات زراعی می‌شود که این موضوع منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود.

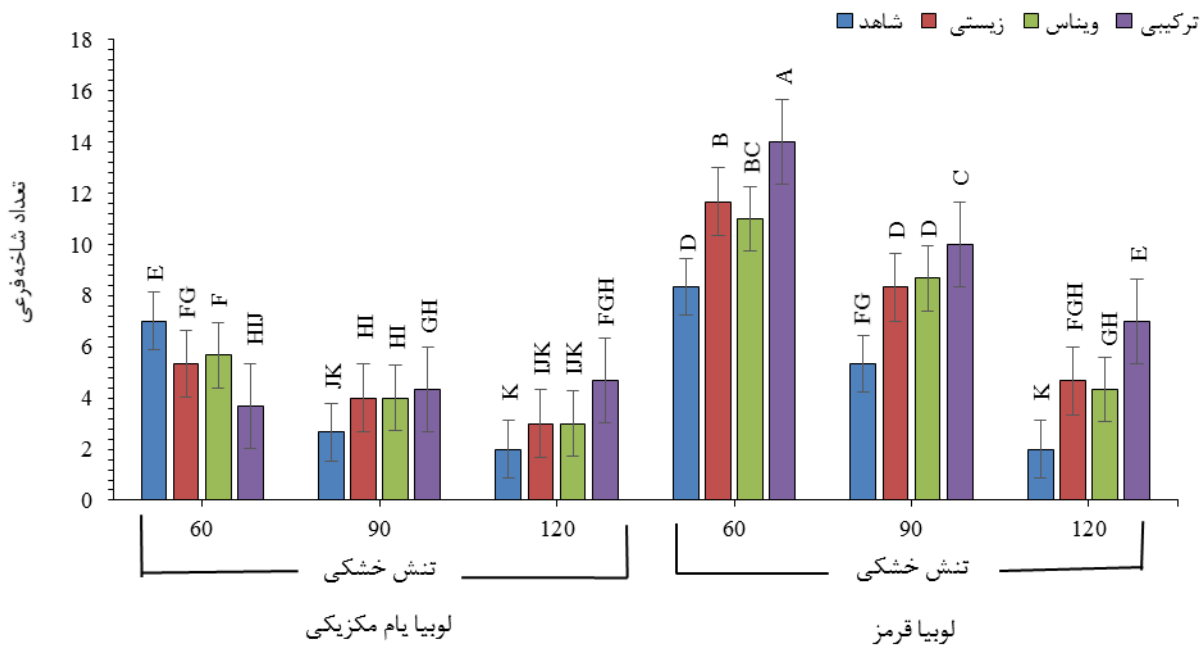
استفاده توأم از انواع کود نیز می‌تواند بهبود عملکرد گیاه را تحت تنش خشکی افزایش دهد. کودهای متنوع، حاوی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌توانند رشد و تولید گیاه را بهبود بخشند. از آنجا که در شرایط تنش خشکی، گیاه به علت کمبود آب قادر به جذب عناصر غذایی از خاک نیست و این باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود می‌توان با استفاده از کاربرد کود، عناصر غذایی با فراهمی بیشتری در اختیار گیاه قرار داد که منجر به افزایش صفات عملکردی گیاه می‌شود [۲۲].

افزایش تعداد غلاف با مصرف کودآلی در زمان رویشی ممکن است به‌دلیل جلوگیری از ریزش غلاف‌ها از طریق افزایش تحمل به‌تنش خشکی باشد. با افزایش جذب عناصر، رشد گیاه بیشتر شده و گیاه دارای کانوپی بزرگ‌تری می شود که قادر است مخازن زایشی بزرگ‌تری را تغذیه نماید و به‌میزان کافی ماده‌ی خشک و غلاف در

بوته تولید کند [۱۴] که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

تعداد شاخه فرعی

اثر فاکتورهای اصلی و اثر برهمکنش سه گانه آن‌ها بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد و اثر برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و تیمارهای کودی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی در برهمکنش سه گانه مربوط به تیمار لوبیا × کود ترکیبی × تنش ۶۰ با ۱۴ و کمترین آن در تیمار یام مکزیکی و لوبیا × شاهد کودی × تنش ۱۲۰ بوده است (شکل ۵).



شکل ۵- اثر تیمار کود×تنش×گونه بر تعداد شاخه فرعی گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

گونه لوبیا یام مکزیکی نسبت به تنش حساسیت بیشتری نشان داد به طوری که در شرایط تنش شدید تعداد شاخه فرعی نسبت به تیمار شاهد روند کاهشی مشاهده گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تیمارهای ترکیبی کود بر تعداد شاخه فرعی هر دو گونه لوبیا مؤثر بوده است. پژوهش کومار و همکاران [۱۶] نشان داد، کاربرد تلفیقی کودها اثری به مراتب بیشتر بر وضعیت رشدی لوبیا قرمز داشت، این مسأله را می‌توان به تأمین مقادیر کافی عناصر غذایی و نقش مکملی این عناصر در تأمین نیازهای غذایی گیاه زراعی نسبت داد.

سوزا و همکاران [۲۹] گزارش نمودند که صفت تعداد شاخه‌های فرعی اگرچه با مصرف کود افزایش یافتند ولی افزایش آن‌ها قابل توجه و چشم‌گیر نبود. به طور کلی، کود آلی باعث افزایش عناصر پرنیاز و کم‌نیاز در خاک شده که این موضوع، باعث افزایش میزان جذب این عناصر در گیاهان شده و در نتیجه باعث بهبود رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود. چاوشی و همکاران [۸] بیان داشتند که کاربرد کود زیستی می‌تواند به طور معنی‌داری تعداد شاخه فرعی را تحت تأثیر قرار دهد.

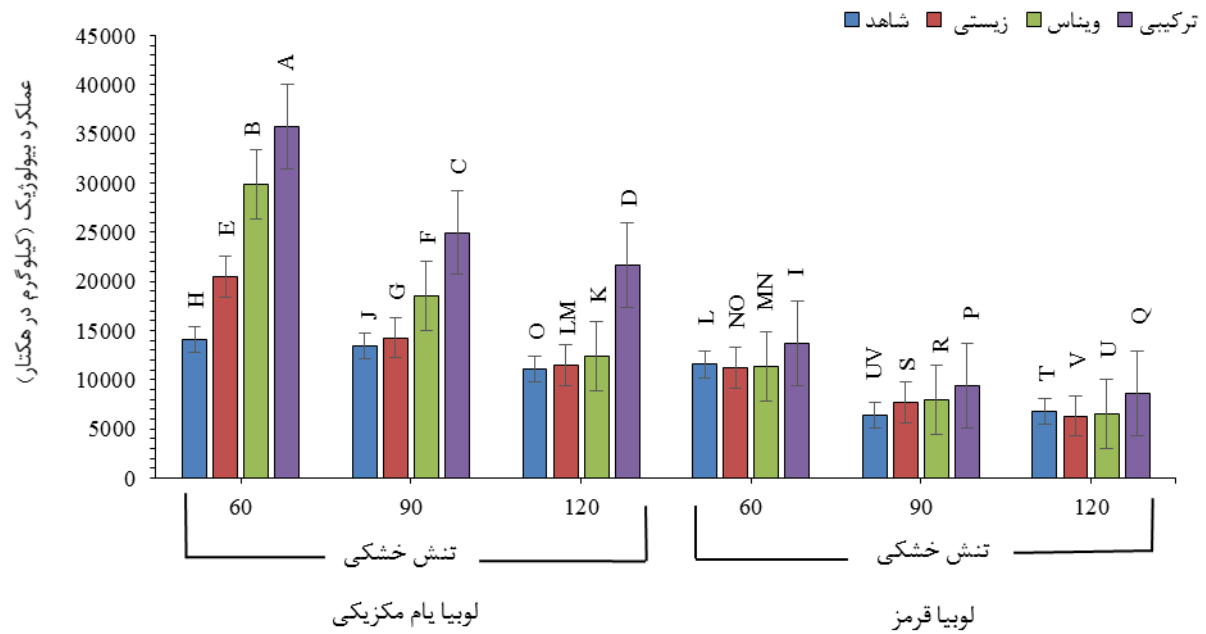
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در گیاه لوبیا قرمز و لوبیا یام مکزیکی

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص پایداری غشای سلولی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲۹/۲۹	۸۴۰۲۷۹۸	۱۲۰۶۵۴۷	۱۶/۹۵
تنش خشکی	۲	۳۲۶۲/۴۰**	۳۹۴۴۹۷۰۹۱**	۴۷۷۳۷۴۶۴/۳**	۱۷۰۳/۸۳**
خطای A	۴	۵۲/۸۷	۲۵۱۴۷۸۲	۶۳۴۷۱۰/۷	۲۲/۷۲
تیمار کودی	۳	۱۱۰/۳۷*	۲۴۷۴۵۷۶۶۲**	۶۱۴۷۷۵۹/۳**	۱۰۷/۲۸**
تنش × کود	۶	۵۹/۵۸^{ns}	۱۶۴۰۹۳۷۳**	۱۱۵۷۱۶۰/۲**	۸۱/۰۱**
خطای B	۶	۱۷/۸۹	۲۳۱۷۰۷۵	۶۳۰۱۰/۹	۱۱/۸۱
گونه	۱	۱۵۵۱/۵۳**	۱۸۱۰۷۲۹۴۴۲**	۱۰۷۵۰۳۱۴۰/۸**	۱۷۸۴۰/۱۲**
تنش × گونه	۲	۶۹/۳۳*	۵۳۷۷۶۱۱۵**	۸۴۰۹۶۸۵/۸**	۶۲۸/۹۰**
کود × گونه	۳	۶۴/۸۸*	۱۳۲۳۲۷۳۰۱**	۴۲۴۰۵۶۴/۱**	۲۴۱/۳۳**
تنش × کود × گونه	۶	۵۶/۹۴**	۱۸۱۱۴۷۳۰**	۵۳۰۴۱۷۶/۹**	۳۷۵/۸۱**
خطای کل	۳۶	۱۸/۹۴	۱۴۸۷۵۸۰	۲۰۰۱۰۴/۹	۹/۸۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۲۸	۸/۷۱	۱۹/۵۵	۱۴/۷۵

ns عدم معنی‌داری، * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱٪

عملکرد بیولوژیک

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثرات اصلی فاکتورها و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک در برهمکنش سه گانه را تیمارهای یام مکزیکی × کود ترکیبی × تنش ۶۰؛ و کمترین آن تیمار لوبیا × کود زیستی × تنش ۱۲۰ بود (شکل ۶).



شکل ۶- اثر برهمکنش تیمارهای کود×تنش×گونه بر عملکرد بیولوژیک گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

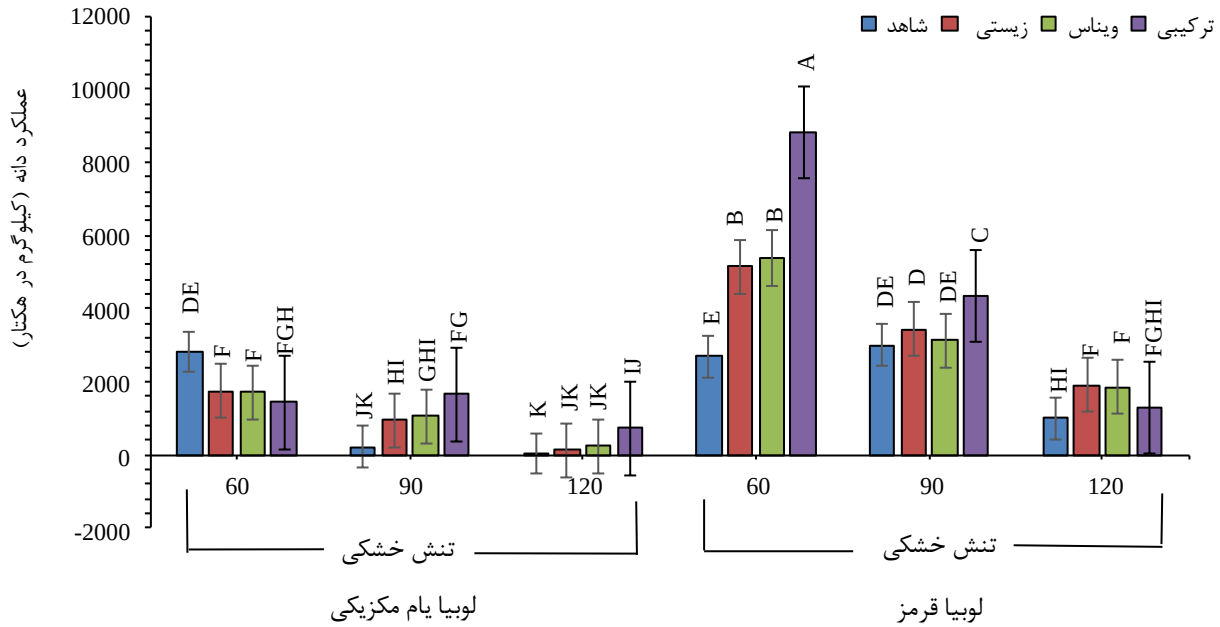
در شرایط تنش خشکی واکنش دو گونه در عملکرد بیولوژیک با افزایش سطوح تنش روند کاهشی نشان دادند به طوری که هر دو گونه لوبیا به ویژه لوبیا قرمز روند کاهشی نسبت به شاهد را نشان دادند. تنش علاوه بر

کاهش در عملکرد دانه، باعث کاهش اجزای غیراقتصادی نیز می‌شود که نشان از تحلیل سلول‌های رویشی در ساقه و برگ و در آخر، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در انتهای فصل رشد است. همچنین کمبود آب، موجب کاهش توانایی ارقام در جذب عناصر غذایی، ساخت و انتقال مواد پرورده‌شده و میزان زیست‌توده کاهش می‌یابد [۴].

بر اساس نتایج، استفاده از کود زیستی EM، تنها در صورت استفاده همزمان با کود آلی قادر به افزایش جذب عناصر مورد نیاز گیاه شده و به دنبال آن، با بهبود شرایط رشدی گیاه، عملکرد علوفهٔ تر و خشک را افزایش داد. بر اساس نتایج، استفاده از میکروارگانیسم‌های مؤثر منجر به افزایش کارایی کود آلی شده که علاوه بر افزایش عملکرد، از آلودگی شیمیایی حاصل از استفاده از کود شیمیایی جلوگیری کرد [۱۲].

عملکرد دانه

جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر فاکتورهای اصلی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در برهمکنش سه گانه بیشترین عملکرد دانه را تیمار لوبیا × کودترکیبی × تنش ۶۰؛ و کمترین آن برهمکنش تیمارهای یام مکزیکی × شاهد کودی × تنش ۱۲۰ بود (شکل ۷).



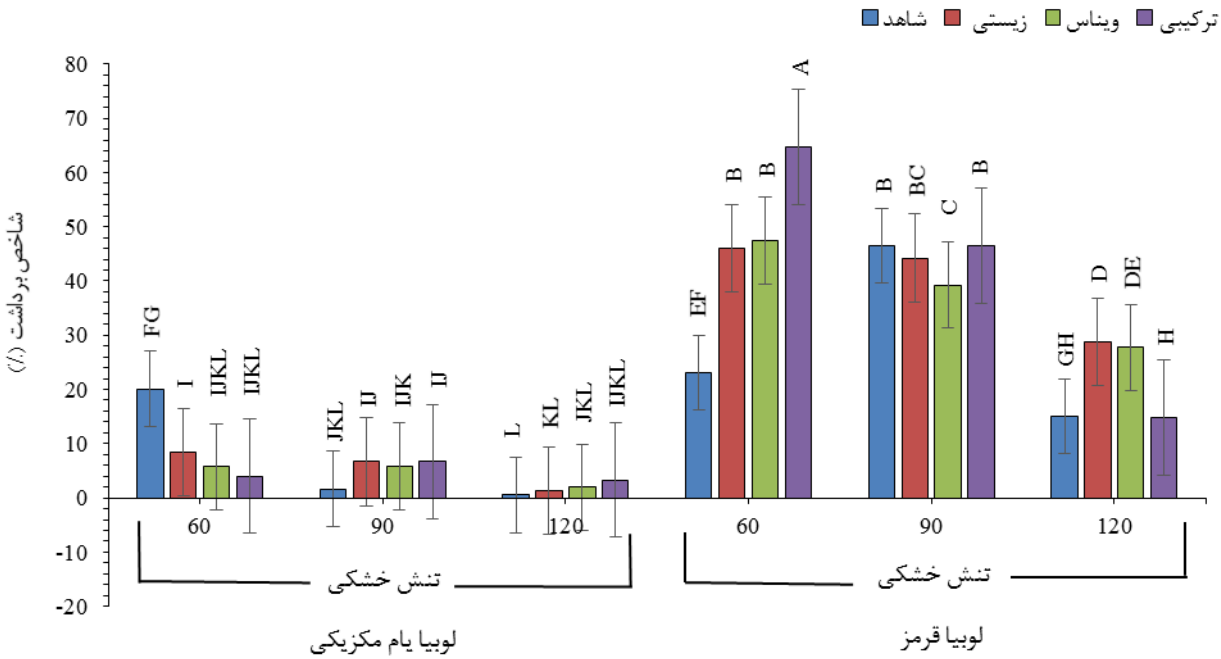
شکل ۷- اثر برهمکنش تیمارهای کود×تنش×گونه بر عملکرد دانه گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

با افزایش سطح تنش از میزان عملکرد دانه کاسته شد. این میزان کاهش در سطح تنش ۱۲۰، برای دو گونه لوبیا قرمز و لوبیا یام مکزیکی مشاهده شد که این کاهش برای لوبیا یام مکزیکی نسبت به تیمار شاهد، چشمگیرتر بود. ایجاد اختلال در متابولیسم گیاه از دلایل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی است، به علاوه تأثیر کاهش انتقال مواد غذایی تحت تأثیر کمبود آب، از جمله عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد دانه لوبیا تحت شرایط تنش آبی است. بر این اساس جاوید و باجوا [۱۳] ضمن بررسی اثر کود زیستی EM بر کارآیی کود آلی و حیوانی در کشت ماش گزارش کردند که استفاده از EM در تیمار استفاده از کود دامی، باعث افزایش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم و وزن ماده خشک اندام هوایی شده و پیرو آن، عملکرد

دانه را نیز افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش با مطالعه چاووشی و همکاران [۸] مطابقت دارد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس برای صفت شاخص برداشت نشان داد که اثر فاکتورهای اصلی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). برهمکنش سه گانه تیمارهای لوبیا × کود ترکیبی × تنش ۶۰ و تیمار یام مکزیکی × شاهد کودی ۱۲۰ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را نشان دادند (شکل ۸).



شکل ۸- اثر برهمکنش تیمار کود×تنش×گونه بر شاخص برداشت گیاه لوبیا یام مکزیکی و لوبیا قرمز (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

با افزایش سطوح تنش، از میزان شاخص برداشت در هر دو گونه لوبیا کاسته شد که این کاهش نسبت به شاهد برای لوبیا یام مکزیکی بیشتر بود. با توجه به مفهوم شاخص برداشت، هر عاملی که سبب بیشترشدن عملکرد دانه نسبت به وزن خشک کل گیاه گردد سبب افزایش این شاخص می‌گردد که خود نشان‌دهنده تخصیص مناسب‌تر مواد فتوسنتزی و عناصر غذائی به دانه است. در بررسی مقانی‌باشی و رزمجو [۱۸] با افزایش میزان رطوبت قابل استفاده برای گیاه، میزان شاخص برداشت نیز افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش مشکلات کم آبی در زمین‌های زراعی کشور و اهمیت مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در شرایط تنش خشکی، استفاده از کودهای آلی و زیستی راهکار مناسبی در جهت افزایش عملکرد گیاهان به ویژه لوبیا محسوب می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش بیشتر صفات مورد بررسی شد، اما تیمارهای کودی توانست اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. بیشترین تأثیر را تیمار ترکیبی کودی (ویناس+EM) در گیاه لوبیا قرمز و در شرایط تنش ۶۰، بر روی صفات عملکرد دانه (۸۸۳۴ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۶۴/۶۶ ٪)، ارتفاع بوته (۱۱۷ سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته

(۳۲/۳۳)، تعداد شاخه فرعی (۱۴) داشت و در همین تیمار کودی و در تیمار شاهد تنش، بیشترین تأثیر بر روی صفت شاخص پایداری غشای سلولی در گیاه لوبیا قرمز (۵۷/۷٪) و رطوبت نسبی آب برگ (۹۱/۸۸ ٪) و عملکرد بیولوژیک (۳۵۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) در گیاه یام مکزیکی بدست آمد.

به نظر می‌رسد که گیاهان مقاوم، با کاهش سطح اندام هوایی و افزایش نسبت ریشه به کل گیاه، شرایط خشکی را بهتر تحمل می‌کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که با توجه به صفات بررسی شده و پاسخ به تیمارها، گونه لوبیا قرمز نسبت به لوبیا یام مکزیکی برتری داشت. بنابراین، تلفیق کودهای زیستی و آلی و محصولی با کیفیت و کمیت بهتر را تولید نمود.

References

[1]. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpoor, R., Abdeshah, H., Kazemian, A., & Rafiei, M. (2017). Agricultural Statistics during 2016-7. *Ministry of Jihade Keshavarzi,* Vol. 1: Crops Retrieved Sept. doi: 10.22077/escs.2019.1807.1434 [in Farsi]

[2]. Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(9), 2026-2032.

[3]. Boroujerdnia, M., Bihamta, M., AlamiSaid, K., & Abdossi, V. (2016). Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (Phaseolus vulgaris L.). *Scientific Journal of Plant Physiology*, *8*(29), 23-41. [in Farsi]

[4]. Berari, M., Kordi, S., & Gerami, L. (2015). Improving tolerance to water deficit using Zn foliar spraying in two common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Journal of Agronomy*, *16*(3), 641-652.

[5]. Berg, G., Zachow, C., Phillips, J., & Tilcher, R. (2013). Next-generation bio products sowing the seeds of success for sustainable agriculture. *Agronomy Journal*, 3, 648–656.

[6]. Bian, S., & Jiang, Y. (2008). Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae*, 120, 264-270.

[7]. Bagheri, A. R. (2011). Legumes: challenges and opportunities. The 4th Iranian Legumes National Conference, February 19-20, Central Province Agriculture and Natural Resources Research Center, pages 1-12. [in Farsi]

[8]. Chavoshi, S., Nourmohamadi, G. H., Madani, H., Heidari Sharifabad, H., & Alavi Fazel, M. (2019). Evaluation of the effect of application of bio fertilizers plant growth stimulus on agronomic traits and physiological characteristics of red beans genotype (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop physiology*, *11*(1), 63-79. [in Farsi]

[9]. Emkanpazir-pars. What is EM? (2021). https://www.emkanpazir.com/emkanpazir-pars-co/.

[10]. Ghanbari, A. A., Mosavi, S. H., Gorji, A. M., & Rao, I. (2013). Effects of water stress on leaves and seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, *18*(1), 73-77.

[11]. Higa, T., & Parr, J. F. (1995). Beneficial and Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. *International Nature Farming Research Centre, Atami, Japan*, 160 pp.

[12]. Jahanban, L., & Lotfifar, O. (2012). Study of the effective organism (EM) application effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (Zea maiz S.C 704). *Plant products technology (Agricultural reseaech)*, *11*(2), 43-52. [in Farsi]

[13]. Javid, A., & Bajwa, R. (2011). Effect of effective microorganism application on crop growth, yield and nutrition in Vigna radiate L. wilczek in different Soil amendment systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *42*(17), 2112-2121.

[14]. Jalota, S., Sood, A., Vitale J., & Srinivasan R. (2007). Simulated crop yields response to irrigation water and economic

analysis. *Agronomy Journal*, 99(4), 1073-1084.

[15]. Kumar, S., Verma, A. K., Das, M., Jain, S. K., & Dwivedi, P. D. (2013). Clinical complications of kidney bean (*Phseolus vulgaris* L.). *Nutrition Journal*, 29, 821-827.

[16]. Kumar, T. S., Swaminathan, V., & Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizer on growth, yield and essential oil constituents in Raton crop of davana (*Artemisia pallens* Wall.). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, *8*(2), 86-95.

[17]. Mahrokh, A., & Azizi, F. (2014). The Effect of Natural Zeolite Usage on Deficit Irrigation Stress Tolerance in Maize (Zea mays). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(2), 296-304. [in Farsi]

[18]. Moghani Bashi, M., & Razmjoo, J. (2012). The effect of seed treatment with polyethylene glycol and irrigation regimes on yield, yield components and sesame seed oil. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *10*(1), 91-99.

[19]. Madejon, E., Lopez, R., Murillo, J. M., & Cabrera, F. (2001). Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: Effect on crops and chemical properties of a cambisoil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment Journal*, 84, 53–65.

[20]. Najarzadeh, M., Mozafari, H. & Hasanpour Darvish, H. (2014). Investigating the use of zeolite in drought stress on red bean plant. *Master's thesis in agriculture. School of Agriculture. Azadshahr Quds University. Iran*. [in farsi]

[21]. Nazari nasi, H., Jabari, F., Azimi, M. R., & Norouzian, M. (2012). Effect of Drought Stress on Cell Membrane Stability, Photosynthesis Rate, Relative Water Content and Grain Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *43*(3), 491-499. doi: 10.22059/IJFCS.2012.29045 [in Farsi]

[22]. Rezvani Moghaddam, P., & Sadeghi Samarjan, R. (2008). Effect of different planting dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) ILC3279 cultivars in the climatic conditions Neyshabur. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 2, 315-325. doi: 10.22067/GSC.V6I2.2438 [in Farsi]

[23]. Rezaeinia, N., Ramroudi, M., Glovi, M., & Faruzandeh, M. (2016). The effect of biological fertilizers on some physiological characteristics and absorption of phosphorus and potassium in the medicinal plant chicory (Cichorium intybus) in response to drought stress. *Iranian Agricultural Research Journal*, *15*(4), 925-938. doi: 10.22067/GSC.V15I4.59774 [in Farsi]

[24]. Shokouhian, A. A., Einizadeh, S., Nazari, H., & Ghavidel, A. (2019). The effect of EM bio-fertilizer and Urea on yield and nutritional elements of Strawberry (Fragaria ananassa cv. Paros) leaves. *Journal of water and soil conservation* (*Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*), *26*(2), 263-268. [in Farsi]

[25]. Singh, S. K., & Lal, S. S. (2012). Effect of potassium nutrition on potato yield, quality and nutrient use efficiency under varied levels of nitrogen application. *Potato Journal*, *39*(2), 155-165.

[26]. Singh, S. H. (2007). Drought Resistance in the Race Durango Dry Bean Landraces and Cultivars. *Agronomy Journal*, 99, 1919-1225.

[27]. Silva, M. A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A. G., & Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 193-201.

[28]. Souza, R. P., Machado, E. C., Silva, J. A. B., Lagoa, A. M. A., & Silveira, J. A. G. (2004). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, *51*(1), 45–56.

[29]. Sairam, R. K., & Saxena, D. C. (2001). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184, 55-61.

[30]. Shirani Rad, A. H. (2014). Physiology of agricultural plants. *Publications of Dibagaran Cultural and Artistic Institute of Tehran*. Pp 358. [in Farsi]

[31]. Tejada, M., & Gonzalez, L. Z. (2005). Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. *European Journal of Agronomy*, 23(4), 336-347.

[32]. Turkan, I., Boar M., Filiz, O., & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid per oxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant p. acutifolius gray and drougt sensitive p. vulgarism L. subjected to polyethylene glycol mediated water stresss. *Plant Science*, 168, 223-231.

[33]. Yaseen, M., Ahmad, W., Arshad, M., & Ali, Q. (2011). Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to foliar feeding of micronutrients. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, *5*(2), 209-220.

[34]. Yamada, K., & Xu, H. (2000). Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with Effective Microorganisms. *Nature Farming and Microbial Applications, New York*. pp: 255-268.

The effect of organic and biological fertilizers on the growth and yield of two bean species (*Phaseolus calcaratus* L. and *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) under drought stress
(Research Paper)

1- Marzieh Hasani, PhD Student in Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2- Mahmoud Reza Tadayon*, Professor of the Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
mrtadayon@gmail.com
3- Majid Olia, Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Received: 09 Dec. 2022
Accepted: 13 Mar. 2023

Abstract
Organic agriculture is an integrated farming system, based on natural principles and laws, where the quality of products is more important than their quantity. Therefore, the present study was conducted in order to investigate the effect of two types of biological and organic fertilizers on the growth and yield of two types of beans under drought stress in the research farm of Shahrekord University. The experiment was carried out in the form of split split plots in the form of a completely randomized block design, and in three replications. The investigated factors include 1-drought stress at three levels of 60, 90 and 120 mm of evaporation from the surface of the class A pan and the second factor at four levels: EM biological fertilizer, Vinas organic fertilizer, a combination of both, and control; and the third factor: species of two levels (Mexican yam beans, red beans of the flower variety). In this experiment, the traits of plant height, number of secondary branches, relative humidity of leaf water, cell membrane stability index, number of pods per plant, biological yield, seed yield and harvest index were measured. The results of variance analysis of the data showed that the effect of the studied factors and their interaction (except for the interaction of stress × fertilizer on the number of pods per plant and cell membrane stability index) was significant on all traits. The results showed that the combined fertilizer treatment (vinas + EM) in red bean plant and stress 60 had the greatest effect on the characteristics of seed yield (8834 kg/ha), harvest index (64.66%), plant height (117 cm), the number of pods per plant was (32.33), and the number of sub-branches (14). In the same fertilizer treatment and in the control stress treatment, the greatest effect was on the trait of cell membrane stability index in red bean plant (57.7%) and relative humidity. Leaf water (91.88%) and biological yield (35710 kg/ha) were in Mexican yam plant. Generaly, it can be said that this experiment showed the superiority of combined fertilizer treatment on red bean plant under drought stress compared to Mexican yam plant.

Keywords: Mexican yam, Red bean, EM biofertilizer, Vinas organic fertilizer, Drought stress.