"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

اثر مصرف زئولیت و کود نیتروژن بر رشد، عملکرد دانه و بهره‌وری آب شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در شرایط تنش خشکی

Effect of application of zeolite and nitrogen fertilization on growth, seed yield and water productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under drought stress conditions

ابوالفضل باغبانی آرانی[۱]، سید علی محمد مدرس ثانوی [۲]، مسعود مشهدی اکبر بوجار[۳] و علی مختصی بیدگلی[۴]

چکیده

باغبانی آرانی، ا.، س. ع. م. مدرس ثانوی، م. مشهدی اکبر بوجار و ع. مختصی بیدگلی . ۱۳۹۶. اثر مصرف زئولیت و کود نیتروژن بر رشد، عملکرد دانه و بهره‌وری آب شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در شرایط تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۳): ۲۵۴-۲۳۹.**

به‌منظور ارزیابی اثر مصرف زئولیت و کود نیتروژن بر صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و زراعی شنبلیله در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح آبیاری (بدون تنش، تنش خفیف در مراحل رویشی و زایشی و تنش شدید در مراحل رویشی و زایشی) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریلی سه تیمار کودی بر اساس نیتروژن مورد نیاز گیاه (شاهد، ورمی‌کمپوست به میزان ۲/۷ تن در هکتار و کود اوره به میزان ۱۱ کیلوگرم در هکتار) و دو مقدار زئولیت (صفر و نه تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلیه صفات گیاهی مورد مطالعه نسبت به شاهد بدون تنش شده و مصرف زئولیت و ورمی‌کمپوست اثر منفی تنش خشکی را کاهش داد. بیشترین عملکرد دانه شنبلیله در برهمکنش تیمارهای آبیاری و زئولیت با کود نیتروژن، در تیمار بدون تنش همراه با ورمی‌کمپوست (۹۰۳/۱ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار زئولیت همراه با ورمی‌کمپوست (۵۶۸/۰۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با افزایش شدت تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی، عملکرد دانه در سال اول به‌ترتیب ۲۴ و ۷۶ درصد و در سال دوم به‌ترتیب ۳۱ و ۵۴ درصد، نسبت به شاهد بدون تنش، کاهش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که در اکثر تیمارهای آبیاری، مصرف زئولیت و ورمی‌کمپوست با افزایش دسترسی آب و عناصر غذایی، سبب افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب دانه شنبلیله گردید.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ورمی‌کمپوست، اوره، بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۹ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: modaresa@modares.ac.ir)
۳- دانشیار دانشگاه خوارزمی
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گیاهی است یک‌ساله و متعلق به خانواده بقولات که به‌طور وسیعی در مناطق معتدله و گرمسیری مدیترانه‌ای، اروپا، آسیا و آفریقا کشت می‌شود. این گیاه در ایران به‌صورت خودرو در استان‌های اصفهان، اردبیل، لرستان، فارس، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان، سمنان، آذربایجان‌غربی و شرقی می‌روید. در ایران شنبلیله، علاوه برمصرف به صورت سبزی، به‌عنوان گیاه ادویه‌ای و دارویی (ضد فشار خون، دیابت و ...) و آرایشی مورد استفاده قرار گرفته و بعلاوه به‌عنوان کود سبز نیز می‌توان از آن استفاده کرد. سطح زیر کشت شنبلیله در ایران حدود ۴۰۰ هکتار و تولید سالانه آن ۸۰۰ تن در هکتار (ماده خشک) و ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار (دانه) می‌باشد (Sadeghzadeh-Ahari *et al*., 2010). با توجه به گستردگی کشت شنبلیله در ایران و جهان، این گیاه با تنش‌های مختلف غیر زنده محیطی از جمله تنش خشکی، در طول فصل رشد مواجه می‌شود (Dadrasan *et al*., 2015; Sadeghzadeh-Ahari *et al*., 2010). نتایج برخی آزمایش‌ها نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب در شنبلیله باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی، کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و عملکرد علوفه و دانه خواهد شد (Bazazi *et al*., 2013; Dadrasan *et al*., 2015).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی است که کمبود آن رشد و توسعه گیاهان را محدود کرده و استفاده از آن برای حصول به عملکرد مناسب ضروری است. اثر مثبت کودهای شیمیایی نیتروژنی بر عملکرد شنبلیله گزارش شده‌است (Tunctürk *et al*., 2011; Dadrasan *et al*., 2015).

استفاده از روش‌های به‌زراعی جهت مدیریت موثر مصرف آب و توسعه کشاورزی پایدار مورد تاکید قرار گرفته است. استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست که باعث بهبود شرایط بیولوژیک خاک شده و همچنین مصرف زئولیت به‌دلیل نقش آن در کاهش اثرات تنش کم‌آبی، از جمله این روش‌ها است. استفاده از مواد معدنی طبیعی مانند زئولیت باعث بهبود ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک که منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک به مدت طولانی و صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود، توصیه شده‌است (Ippolito *et al*., 2011). نتایج یک آزمایش نشان داد که مصرف ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک باعث افزایش تعداد، طول، قطر، وزن تر و وزن خشک ریشه و سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شنبلیله شد (Karimi *et al*., 2013). محققین گزارش کردند که در تیمارهای دارای زئولیت، کاربرد کود آلی ظرفیت نگهداری آب را افزایش داد و این به خاطر ترکیبات آبدوستی است‌که در مواد آلی است (Lima *et al*., 2009). علاوه بر این زئولیت رشد و نمو گیاهان را بهبود می‌بخشد و تولید ماده خشک را از طریق فراهمی طولانی مدت نیتروژن افزایش می‌دهد. بنابراین راندمان مصرف آب بالاتر در تیمار تلفیقی با زئولیت، در دو مرحله جداگانه می‌تواند توضیح داده شود. افزایش نگهداری آب به‌دلیل ترکیبات موجود در مواد آلی و رشد و نمو بهتر گیاه به‌دلیل حضور زئولیت (Gholamhoseini *et al*.,2013).

در خصوص رفتار گیاه دارویی شنبلیله در پاسخ به شرایط مختلف رطوبتی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و زئولیت مطالعات محدودی صورت گرفته‌است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، زئولیت و برهمکنش آن‌ها بر صفات مرتبط با فنولوژی، مورفولوژی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب دانه شنبلیله بود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران- کرج در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به دانشکده کشاورزی (چیتگر)، این منطقه با ۲۴۲ میلی‌متر بارندگی سالانه دارای رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک بوده و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح آبیاری (I_1= بدون تنش در مرحله رویشی و زایشی: آبیاری پس از تخلیه ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک، I_2= آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله رویشی، I_3= آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله زایشی، I_4= آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله رویشی و I_5= آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله زایشی) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریلی از سه تیمار کودی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه (F_1= بدون کود دهی، F_2=ورمی‌کمپوست به میزان ۲/۷ تن در هکتار و F_3= اوره به میزان ۱۱ کیلوگرم در هکتار) و دو مقدار زئولیت (Z_1= صفر و Z_2= ۹ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی بودند. قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌برداری از خاک در زمان‌های مختلف، با استفاده از روش وزنی، درصد حجمی رطوبت خاک تعیین شد (Mokhtassi-Bidgoli *et al*., 2013) و درصد حجمی رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR (TRIM-FM TDR 10776, IMCO, Germany) اندازه گیری شد و سپس یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده‌های اندازه‌گیری شده برای کالیبره کردن دستگاه TDR مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر اندازه‌گیری شده با دستگاه TDR در طول دوره رشد گیاه به‌طور روزانه ثبت شد. نتایج این روش با استفاده از روش وزنی کنترل و به رطوبت حجمی تبدیل گردید. مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار بر اساس روش مختصی بیدگلی و همکاران (Mokhtassi-Bidgoli *et al*., 2013) محاسبه و به روش جوی و پشته‌ای در اختیار گیاه قرار داده شد.

در هر دو سال کشت در تاریخ ۲۰ اردیبهشت در زمین اصلی با تراکم ۲۷ بوته در مترمربع (فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌ها ۱۲/۵ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی به‌ترتیب ۳ و ۲ متر) انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲/۵×۳ با هشت خط کاشت بود. تیمارهای تنش خشکی در مرحله رویشی، پس از استقرار کامل گیاه (۱۷ خرداد) تا مرحله گلدهی (۱۶ تیر) و تیمار تنش خشکی در مرحله زایشی در هنگام گلدهی تا انتهای دوره رشد گیاه بر اساس ظرفیت زراعی خاک، اعمال گردید. مبنای تعیین مقدار مورد نیاز کود ورمی‌کمپوست با در نظر گرفتن محتوای نیتروژن خاک و کود (جدول ۱) ، مقدار کود نیتروژن لازم برای گیاه شنبلیله (۴۰ کیلوگرم در هکتار) و مقدار آزادسازی نیتروژن کود ورمی‌کمپوست (۳۰ درصد) بود (Mehrafarin *et al*., 2011). بر این اساس مقدار مورد نیاز کود ورمی‌کمپوست ۲/۷ تن در هکتار تعیین شد. زئولیت مصرفی از نوع کلینوپتیلولیت بوده و ویژگی‌های شیمیایی آن در جدول ۲ ارائه شده‌است. زئولیت و ورمی‌کمپوست قبل از کاشت با خاک هر کرت به‌طور کامل مخلوط شدند. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. ژنوتیپ آزمایشی اکوتیپ بومی منطقه اصفهان (توده اردستانی) بود که بذر آن از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. برزازی و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی و خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 1. Physico-chemical properties of soil in the experimental site and chemical properties of vermicompost

	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	مواد آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (%)	کربن به نیتروژن C:N	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)
خاک Soil	لومی شنی Sandy loam	1.82	7.35	1.98	0.06	0.099	35	320	3.86	0.84
ورمی‌کمپوست Vermicompost	-	9.25	7.65	-	0.84	16.5	48	72	14000	170

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده (درصد)

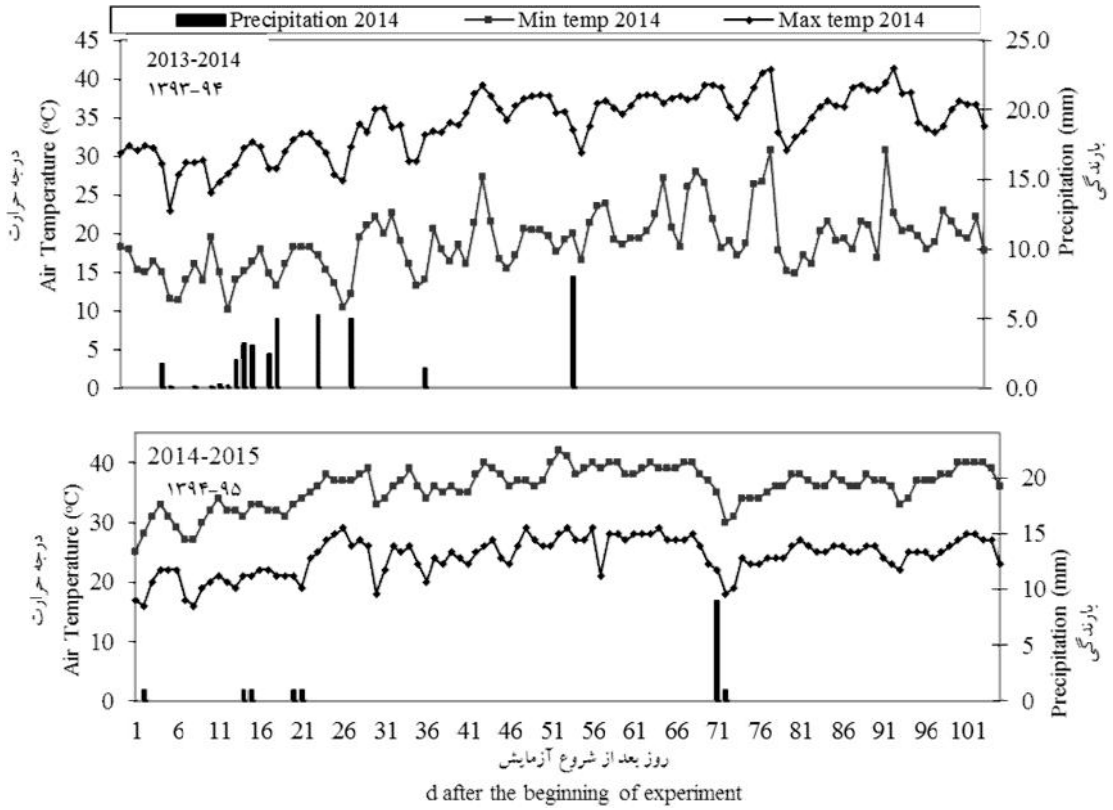
Table 2. Chemical composition of the used zeolite (%)

اکسید تیتانیوم TiO_2	اکسید منگنز MnO	تری اکسید آهن Fe_2O_3	کلر Cl	تری اکسید گوگرد SO_3	پنتا اکسید فسفر P_2O_5	دی اکسید سیلیسیوم SiO_2	تری اکسید آلومینیوم AL_2O_3	اکسید پتاس K_2O	اکسید سدیم Na_2O	اکسید منیزیم MgO	اکسید کلسیم CaO
0.03	0.04	1.5	–	–	0.01	65	12.02	3	1.08	0.1	2.3

ظرفیت تبادل کاتیونی= ۲۰۰ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم CEC= 200 $meq.100g^{-1}$

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]



شکل ۱- حداکثر و حداقل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) و بارندگی (میلی‌متر) طی فصل رشد شنبلیله (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Fig. 1. Maximum and minimum air temperatures (°C) and precipitation (mm) during the growing season of fenugreek (2014 and 2015)

همکاران (Bazazi *et al*., 2013) گزارش کردند که از بین شش توده شنبلیله (شیراز، اردستان، تیرانچه، یزد، جهرم و هندی) که در ایران کشت می‌شوند، توده اردستانی بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه را در شرایط خشکی داشته و کشت این توده برای مناطق خشک توصیه کردند.

جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت برداشت و برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های دو ردیف میانی با رعایت اثر حاشیه، برداشت شدند. برای اندازه‌گیری ماده خشک گیاهی و محاسبه شاخص برداشت، نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشکانده و توزین شدند. بهره‌وری آب برای تولید دانه، با استفاده از نسبت عملکرد دانه به مقدار آب مصرفی، بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، محاسبه شد (Hatfield *et al*., 2001).

نتایج آزمون بارتلت برای اکثر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود، به همین دلیل تجزیه آماری سال‌ها به‌طور جداگانه انجام شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها (با استفاده از رویه Univariate) اطمینان حاصل شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از رویه GLM (مدل خطی تعمیم یافته) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که در هر دو سال، اثر اصلی تیمارهای آبیاری، کود و اثر برهمکنش آبیاری با کود بر ارتفاع بوته شنبلیله معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال، با افزایش شدت تنش خشکی، ارتفاع بوته کاهش یافت. در اکثر ترکیبات تیمار آبیاری استفاده از کود نیتروژن (اوره و ورمی‌کمپوست) باعث افزایش ارتفاع بوته شد، به‌گونه‌ای‌که کود اوره در تیمارهای بدون تنش خشکی (I_1) و در اکثر ترکیبات تیماری تنش خفیف در مرحله رویشی و زایشی (I_2 و I_3)، بالاترین ارتفاع بوته را داشتند، ولی در تنش‌های شدید خشکی در مرحله رویشی و زایشی (I_4 و I_5)، تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست، بیشترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳).

بزازی و همکاران (Bazazi *et al.*, 2013) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شنبلیله (توده اردستانی) شده و با افزایش شدت تنش، کاهش بیشتری یافت. علت کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی، کاهش فشار آماس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌باشد (Baghalian *et al.*, 2011). با افزایش تنش آب و کاهش فشار آماس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ای کاهش یافته و در اثر آن ارتفاع بوته، سرعت رشد، فتوسنتز و زیست تودهٔ گیاه کاهش می‌یابد (Baghalian *et al.*, 2011). نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شنبلیله می‌شود (Khosravi *et al.*, 2014; Dadrasan *et al.*, 2015; Baradaran *et al.*, 2013; Shafighi *et al.*, 2014).

محققان گزارش کرده‌اند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش ارتفاع بوته شنبلیله (Dadrasan *et al*, 2015; Baradaran *et al.*, 2013) می‌شود. همچنین گزارش شده است که کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته لوبیا می‌شود (Manivannan *et al.*, 2009). ورمی‌کمپوست از طریق افزایش جذب آب و تأثیر بر قابلیت تحریک‌کنندگی فعالیت میکروب‌های مفید خاک و توانایی آن در افزایش جذب مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک مؤثر واقع شده و باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها می‌شود (Manivannan *et al.*, 2009; Haj Seyed Hadi and Rezaee Ghale, 2016).

تعداد شاخه‌های جانبی در هر دو سال آزمایش تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و کود قرار گرفت و در سال دوم علاوه بر آن‌ها، اثر زئولیت و برهمکنش آبیاری × کود نیز بر تعداد شاخه‌های جانبی شنبلیله معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال، با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد شاخه‌های جانبی کاهش یافتند، به‌گونه‌ای‌که کمترین تعداد شاخه رویشی در تیمارهای تنش شدید خشکی در مراحل رویشی و زایشی مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴).

در سال ۱۳۹۳ بیشترین تعداد شاخه جانبی با مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد و در سال ۱۳۹۴ نیز در تمامی ترکیبات تیماری آبیاری و کود، تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست، بیشترین تعداد شاخه جانبی را داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). در سال ۱۳۹۴، تیمارهای دارای زئولیت بیشترین تعداد شاخه رویشی را داشتند (جدول ۳). گزارش شده است که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن گیاه شنبلیله کاهش می‌یابد (Shafighi *et al.*, 2014). نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد شاخه‌های جانبی گیاه لوبیا (Manivannan *et al.*, 2009) و عدس (Eskandari and Astarayi, 2006) را افزایش داد. شفیقی و همکاران (Shafighi *et al.*, 2014) گزارش دادند که استفاده از کود زیستی در سطوح مختلف آبیاری، باعث افزایش تعداد شاخه جانبی در شنبلیله گردید. خسروی و همکاران (Khosravi *et al.*, 2014) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن از صفر به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

جدول ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، عملکرد دانه و اجزای عملکرد شنبلیله در برهمکنش تیمارهای آبیاری و کود

Table 3. Mean comparison of plant height, seed yield and yield components of fenugreek in irrigation × fertilizer treatments

۱۳۹۳ 2014					۱۳۹۴ 2015				
تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod.plant $^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed.pod $^{-1}$	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of branches	تعداد غلاف در بوته Pod.plant $^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed.pod $^{-1}$	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})
I_1F_1	42.2cde	17.5b	5.5ef	605.2b	40.9def	13.3bc	16.7ab	6.1bcde	714.8b
I_1F_2	46.7ab	20.3a	7.7ab	903.1a	45.0bc	14.2ab	19.5a	7.7a	959.6a
I_1F_3	47.2ab	17.3 b	5.4ef	554.6b	46.2ab	14.2ab	15.3b	6.0bcde	601.2c
I_2F_1	39.7def	13.2c	7.2abcd	502.4bc	38.9efg	10.5def	14.5bc	5.8cde	481.1d
I_2F_2	43.3bcd	17.0 b	6.1cde	604.9b	41.8de	11.7cd	14.7bc	5.8cde	495.6 cd
I_2F_3	48.0a	17.8b	5.8def	442.2c	48.4a	12.2cd	14.5bc	5.3e	415.4 de
I_3F_1	39.3ef	6.2 e	4.4f	124.2f	36.6gh	12.7bc	9.7ef	6.8abc	329.6efg
I_3F_2	43.8bc	10.8d	5.7ef	301.8d	39.8def	15.3a	11.8cde	5.8cde	420.0de
I_3F_3	44.3abc	10.5d	5.3ef	273.2de	42.4cd	10.8de	10.3def	5.5de	278.2fgh
I_4F_1	36.7fg	9.7d	7.9a	416.24c	34.9h	8.8fgh	11.5cde	5.4de	330.2efg
I_4F_2	42.7cde	14.7c	7.3abc	515.4bc	38.9efg	9.7efg	13.5bcd	6.3bcde	394.9de
I_4F_3	37.3fg	11.0 d	5.4ef	306.5d	40.5def	8.8fgh	10.0 ef	6.4bcd	340.5ef
I_5F_1	34.7gh	3.7f	6.2cde	147.5f	33.5hi	7.7h	6.2g	5.8cde	141.7i
I_5F_2	41.8cde	7.0e	6.2bcde	266.2de	38.1fg	10.5def	6.2g	6.9ab	224.3ghi
I_5F_3	31.2h	6.8e	5.2ef	181.7ef	30.8i	8.5gh	7.0fg	5.9bcde	195.5hi

I_1= بدون تنش، آبیاری پس از تخلیه ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_2 و I_3 = به‌ترتیب تنش خفیف خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_4 و I_5= تنش شدید خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک.F_1 و F_2 وF_3: (بدون کود نیتروژن، ۲/۷ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۱۱ کیلوگرم در هکتار اوره)

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

I_1: unstressed at vegetative and reproductive stages, Irrigation at 60% of ASW; I_2, I_3: mild stress and irrigation at 40% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; I_4, I_5: severe stress irrigation at 20% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; F_1, F_2, F_3: (Zero nitrogen, 2.7 ton.ha^{-1} vermicompost, 11 kg.ha^{-1} Urea)

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد شاخه‌های اصلی را به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۲۳/۵ درصد افزایش داد و افزایش دور آبیاری از ۵ به ۱۰ روز، اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه اصلی در شنبلیله نداشت. آن‌ها بیان نمودند که افزایش مصرف نیتروژن به علت افزایش قابلیت دسترسی ریشه شنبلیله به این عنصر ضروری، پتانسیل شاخه‌دهی گیاه را افزایش داده و می‌تواند با تولید شاخه و برگ بیشتر و افزایش دوام و شاخص سطح برگ، مواد فتوسنتزی کافی برای عملکرد دانه شنبلیله را فراهم کند.

در هر دو سال، تعداد روز تا رسیدگی تنها تحت تاثیر اثر اصلی تیمارهای آبیاری قرار گرفت. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، با افزایش شدت تنش خشکی (به خصوص در مراحل زایشی)، تعداد روز تا رسیدگی کاهش یافت. بیشترین تعداد روز تا رسیدگی در سال اول در تیمار شاهد (I_1) با ۱۰۵ روز و در سال دوم در تیمارهای (I_1، I_2 و I_4) با ۹۹ روز و کمترین آن در سال اول در تیمار (I_5) با ۸۳ روز و در سال دوم در تیمارهای (I_3 و I_5) با ۹۴ روز مشاهده گردید. کمبود رطوبت بازتاب گسترده‌ای در رشد، پیشرفت و عملکرد اقتصادی گیاه داشته و با تغییر در ساختمان بافت‌ها و اعضای گیاهی، ساختمان ماکرومولکول‌ها و هورمون‌های گیاهی، باعث تسریع چرخه زندگی گیاه برای بقای آن می‌شود (Blum, 1988).

بزازی و همکاران (Bazazi *et al.*, 2013) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی در شنبلیله گردیده و با افزایش شدت تنش خشکی، زمان برداشت محصول ژنوتیپ‌های آزمایشی زودتر حاصل شد. پارسا و همکاران (Parsa *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند که تنش خشکی به علت کاهش شاخص سطح برگ و پیری زودرس گیاه، تعداد روز تا رسیدگی در نخود را کاهش داد.

در هر دو سال تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر اثر اصلی تیمارهای آبیاری، زئولیت و کود و برهمکنش آبیاری با زئولیت و آبیاری با کود قرار گرفتند، به‌جز در سال ۱۳۹۴ که اثر اصلی زئولیت بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال، در اکثر ترکیبات تیماری آبیاری، استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گردید، به‌گونه‌ای‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط بدون تنش همراه با مصرف ورمی‌کمپوست و زئولیت به‌دست آمد (جدول‌های ۳ و ۵). بزازی و همکاران (Bazazi *et al.*, 2013) نیز گزارش کردند که بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در شنبلیله در شرایط بدون تنش به‌دست آمد و با افزایش شدت تنش، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در میان اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته بیشترین کاهش را داشت. قابل ذکر است که تعداد غلاف در بوته می‌تواند علاوه بر اثر مستقیم، به‌طور غیر مستقیم، از طریق تعداد دانه در بوته بر عملکرد دانه تاثیر بگذارد (Dadrasan *et al*, 2015). کاهش تعداد غلاف در بوته می‌تواند ناشی از عدم تلقیح تعدادی از گل‌ها و ریزش آن‌ها در اثر کمبود آب باشد و کاهش تعداد دانه در غلاف می‌تواند ناشی از ناکافی بودن فتوسنتز و تولید مواد لازم برای رشد دانه‌ها در شرایط کمبود آب باشد (Bazazi *et al.*, 2013). دادرسان و همکاران (Dadrasan *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه و اجزای عملکرد شنبلیله به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم آبیاری، کود و برهمکنش کود و آبیاری قرار گرفتند و تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه و وزن هزار دانه شنبلیله می‌شود. در آزمایش آنها تیمارهایی که در آنها ۵۰ درصد کود بیولوژیک و ۵۰ درصد کود شیمیایی مصرف شده بود، بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه را تولید کردند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد شنبلیله در تیمارهای آبیاری، زئولیت و کود نیتروژن

Table 4. Means comparision of seed yield and yield components of fenugreek in irrigation, zeolite and nitrogen fertilizer treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد شاخه جانبی No. of branches		شاخص برداشت Harvest index (%)		وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)		عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})		بهره‌وری آب Water productivity (kg.ha^{-1}.mm^{-1})		روز تا رسیدگی Days to maturity	
	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015
I_1	15.4a	–	35.4a	48.5a	9.0a	9.9a	–	–	1.1a	1.2a	105a	99a
I_2	13.6a	-	37.5a	42.9b	7.9b	8.9b	–	–	1.0ab	0.9b	97b	99a
I_3	15.7a	-	17.9b	30.7c	7.5b	7.9c	–	–	0.6c	0.88bc	92c	94b
I_4	10.1b	-	37.3a	35.7b	7.8b	7.9c	–	–	0.9b	0.8c	92c	99a
I_5	10.6b	-	18.8b	19.6d	8.7a	7.5c	–	–	0.6c	0.59d	83d	94b
Z_1	–	10.5b	27.4b	33.4b	–	–	372.5b	–	0.7b	0.7b	-	-
Z_2	–	12.0a	31.3a	38.3a	–	–	446.9a	–	0.9a	1.0a	-	-
F_1	13.3a	-	–	30.4b	8.5a	–	–	–	0.7b	0.8b	-	-
F_2	13.8a	-	–	39.9a	8.4a	–	–	–	1.1a	1.1a	-	-
F_3	12.1b	-	–	34.2b	7.7b	–	–	–	0.7b	0.76b	-	-

I_1= بدون تنش، آبیاری پس از تخلیه ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_2 و I_3 = به‌ترتیب تنش خفیف خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_4 و I_5= تنش شدید خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک.F_1 و F_2 وF_3: (بدون کود نیتروژن، ۲/۷ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۱۱ کیلوگرم در هکتار اوره)

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

I_1: unstressed at vegetative and reproductive stages, Irrigation at 60% of ASW; I_2, I_3: mild stress and irrigation at 40% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; I_4, I_5: severe stress irrigation at 20% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; F_1, F_2, F_3: (Zero nitrogen, 2.7 ton.ha^{-1} vermicompost, 11 kg.ha^{-1} Urea).

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مقایسه با وزن دانه به تنش خشکی حساس‌تر است. در این آزمایش، مصرف زئولیت باعث کاهش اثر سوء تنش خشکی شد. در رابطه با برهمکنش زئولیت و تنش خشکی می‌توان گفت که مصرف زئولیت در شرایط تنش خشکی احتمالاً از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ذخیره رطوبت و جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی (از جمله نیتروژن)، باعث افزایش کارایی کودها شده و در نتیجه رشد گیاه نیز بهبود یافته است (Karimi *et al*., 2013).

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شنبلیله در برهمکنش تیمارهای آبیاری و زئولیت

Table 5. Means comparison of number of pod.plant^{-1} and number of seed.pod^{-1} of fenugreek in irrigation × zeolite treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments	۱۳۹۳ 2014		۱۳۹۴ 2015	
I×Z	تعداد غلاف در بوته Pod.plant $^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed.pod $^{-1}$	تعداد غلاف در بوته Pod.plant $^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed.pod $^{-1}$
I_1Z_1	17.7a	5.8bcd	16.1a	6.8ab
I_1Z_2	19.1a	6.6abc	18.2a	6.4abc
I_2Z_1	14.4b	6.5abc	12.8b	6.1abcd
I_2Z_2	17.5a	6.3abc	16.3a	5.2e
I_3Z_1	8.0e	5.4cd	9.9c	5.6cde
I_3Z_2	10.3d	4.9d	11.3bc	6.5abc
I_4Z_1	12.0c	6.4abc	11.2bc	5.9cde
I_4Z_2	11.5cd	7.4a	12.1bc	6.1bcd
I_5Z_1	5.8f	4.9d	6.5d	5.4de
I_5Z_2	5.9f	6.9ab	6.3d	6.9a

I_1= بدون تنش، آبیاری پس از تخلیه ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_2 و I_3 = به‌ترتیب تنش خفیف خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ؛ I_4 و I_5= تنش شدید خشکی در مرحله رویشی و زایشی، آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک. Z_2 و Z_1: (صفر و نه تن زئولیت در هکتار).

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

I_1: unstressed at vegetative and reproductive stages, Irrigation at 60% of ASW; I_2, I_3: mild stress and irrigation at 40% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; I_4, I_5: severe stress irrigation at 20% of ASW during the vegetative and reproductive stages respectively; Z_1 and Z_2 (0 and 9 t ha^{-1}).

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

اثر اصلی تیمارهای آبیاری در هر دو سال بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و علاوه بر این، در سال اول تحت تاثیر تیمارهای کود نیز قرار گرفت. در مقایسه میانگین سطوح آبیاری در هر دو سال و مقادیر کود نیتروژن در سال ۱۳۹۴ برای این صفت، بیشترین مقدار وزن هزار دانه متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که به‌دلیل اثر منفی تنش خشکی بر میزان فتوسنتز و تولید ناکافی مواد لازم برای پر شدن دانه‌ها، میانگین وزن هر دانه کاهش یافته و باعث کاهش وزن هزار دانه شده‌است. همچنین تنش خشکی احتمالاً باعث کاهش طول دوره پرشدن دانه و در نتیجه وزن دانه گردیده است. این نتایج با یافته‌های سایر محققان در مورد کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در شنبلیله مطابقت دارد (Bazazi ; Dadrasan *et al*., 2015 .(*et al*., 2013

در هر دو سال، بیشترین مقدار عملکرد دانه در برهمکنش تیمارهای آبیاری با کود، در تیمار بدون تنش همراه با مصرف کود ورمی‌کمپوست (I_1F_2)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

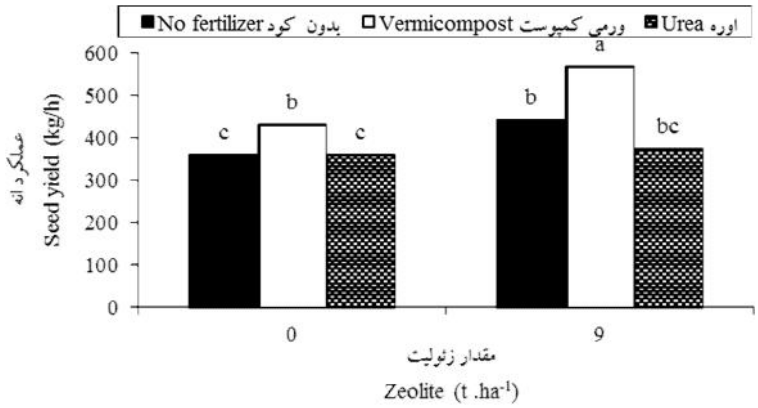
بدست آمد و کمترین مقدار آن در سال ۱۳۹۳ در تیمار I_3F_1 به‌دست آمد که به‌ترتیب با تیمارهای I_5F_1 و I_5F_3 تفاوت معنی‌داری نداشتند و در سال ۱۳۹۴ در تیمار I_5F_1 به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در سال ۱۳۹۴، بیشترین مقدار برهمکنش اثر زئولیت و کود برای عملکرد دانه در تیمار Z_2F_2 (۵۶۸/۰۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تیمار Z_1F_1 (۳۵۷/۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۲). در سال ۱۳۹۳ بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار مصرف زئولیت (۴۴۶/۹ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). مقدار عملکرد دانه شنبلیله در این آزمایش مشابه مقدار عملکرد گزارش شده توسط حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh *et al*., 2011) برای اکوتیپ‌های بومی شنبلیله در ایران می‌باشد. این نتایج مشابه با نتایج سایر محققان است که گزارش کردند ارتباط قوی بین تنش خشکی و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک وجود دارد (Movahhedy-Dehnavy *et al*., 2009; Mokhtassi-Bidgoli *et al*., 2013). بزازی و همکاران (Bazazi *et al*., 2013) گزارش کردند که در شنبلیله با افزایش شدت تنش خشکی (آبیاری پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) نسبت به شاهد (آبیاری پس از تخلیه ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک)، عملکرد دانه به میزان ۴۲/۳ درصد کاهش می‌یابد. گزارش شده‌است که مرحله زایشی حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارد (Movahhedy-Dehnavy *et al*., 2009; Parsa *et al*., 2011). کم‌آبی در این مرحله، باعث کاهش در اجزای عملکرد دانه و کاهش طول دوره رسیدگی دانه در نخود می‌شود، در نتیجه کاهش ظرفیت مخزن و کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Parsa *et al*., 2011). در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، عملکرد دانه در تیمار بدون تنش با کود ورمی‌کمپوست (I_1F_2) در مقایسه با تیمار شاهد (I_1F_1)، به‌ترتیب ۳۳ و ۲۵ درصد افزایش داشت. این موضوع اثر مثبت کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه را نشان می‌دهد. گزارش شده‌است که کود ورمی‌کمپوست با بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و فرام ساختن مداوم و پایدار عناصر معدنی، به‌ویژه نیتروژن، باعث افزایش دوام و شاخص سطح برگ شده و این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Roy *et al*., 2010). حبیب پور کاشفی و همکاران (Habibpour-Kashafi *et al*., 2015) نشان دادند که مصرف زئولیت بر خواص رویشی لوبیا قرمز اثر مثبت دارد و گزارش کردند که افزایش رشد گیاهان در تیمارهای حاوی زئولیت ممکن است مربوط به توانایی جذب و نگهداری آب در خاک و افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی باشد. محققان بسیاری گزارش نموده‌اند که زئولیت نقش موثری در بهبود ساختار فیزیکی خاک، از طریق اصلاح ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد که این موضوع به‌دلیل کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش حضور کودها در ناحیه ریشه می‌باشد. بعلاوه زئولیت می‌تواند باعث افزایش مقدار آب قابل دسترس برای گیاه شود (Ippolito *et al*., 2011; Karimi *et al*., 2013; Hazrati *et al*., 2015).

شاخص برداشت در هر دو سال تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و زئولیت قرار گرفت و علاوه بر این، در سال ۱۳۹۴ نیز تحت تاثیر تیمارهای کود نیز قرار گرفت. در مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری در سال ۱۳۹۳ برای این صفت (جدول ۴)، بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار I_2 به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای (I_4 و I_1) نداشت و کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار I_3 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار I_5 نداشت. در سال ۱۳۹۴ به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت در تیمارهای بدون تنش (I_1) و (I_5) دیده شد. در هر دو سال، بیشترین مقدار شاخص برداشت در کرت‌هایی که با زئولیت تیمار شده بودند، به‌دست آمد. در سال ۱۳۹۴ بیشترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

مقدار شاخص برداشت مربوط به تیمارهای کودی در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. دادرسان و همکاران (Dadrasan *et al*, 2015) گزارش کردند که شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی در شنبلیله کاهش یافت که این موضوع نشان‌دهنده تجمع کمتر مواد فتوسنتزی در دانه‌ها در شرایط تنش است. فلاح و نظری (Fallah and Nazari, 2012) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شنبلیله گردید. محققان دیگر نیز گزارش کرده‌اند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود (Dadrasan *et al*., 2015; Mokhtassi-Bidgoli *et al*., 2013). بهره‌وری آب در هر دو سال تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، کود و زئولیت قرار گرفت. در هر دو سال تنش خشکی باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب گردید، به‌گونه‌ای‌که با افزایش شدت تنش خشکی، بهره‌وری آب کاهش بیشتری یافت و در هر دو سال، بیشترین میزان بهره‌وری آب در کرت‌هایی به‌دست آمد که با ورمی‌کمپوست یا زئولیت تیمار شده بودند (جدول ۴). بهره‌وری آب برای نشان دادن رابطه کمّی میان رشد گیاه و مصرف آب به‌کار برده می‌شود و به‌صورت مقدار ماده گیاهی تولید شده به ازای واحد آب مصرفی تعریف می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده‌است که هر عامل مدیریتی که بدون افزایش تبخیر و تعرق محدودیت‌های رشد گیاه را کاهش دهد، باعث افزایش کارایی مصرف آب خواهد شد (Hatfield *et al*., 2001). استفاده از کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک شد. زئولیت نیز از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن، باعث فراهمی طولانی مدت این عنصر برای گیاه و بهبود رشد آن و افزایش عملکرد دانه و در نهایت افزایش بهره‌وری آب شد. افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک ناشی از افزایش کود دامی و زئولیت در شرایط تنش خشکی توسط غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini *et al*., 2013) نیز گزارش شده است. آن‌ها گزارش کردند که اگر چه در شرایط کم آبیاری در مصرف آب صرفه‌جویی شد، اما بهره‌وری آب کاهش پیدا کرد. کاهش بهره وری آب در شرایط کم‌آبیاری توسط محققان دیگری نیز گزارش شده‌است (Kar *et al*., 2007; Nazarideljou and Heidari, 2014).



شکل ۲- برهمکنش زئولیت و کود بر عملکرد دانه شنبلیله (۱۳۹۴)

Fig. 2. Interaction effect of zeolite and fertilizer on seed yield of fenugreek (2015)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

خسروی و همکاران (Khosravi *et al*., 2014) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن باعث بهبود کارایی مصرف آب برای تولید دانه شنبلیله شد و افزایش فاصله آبیاری نیز باعث افزایش آن گردید. آن‌ها اظهار داشتند که احتمالاً فراهم بودن نیتروژن، به‌عنوان پر مصرف‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه و عدم محدودیت آن، سهم عمده‌ای در رشد رویشی و زایشی بهینه گیاه و در نتیجه بهبود کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک گیاه شنبلیله دارد.

نتیجه‌گیری

آب و نیتروژن دو عامل خیلی مهم در رشد و افزایش تولیدات گیاهی می‌باشند. با توجه به ضرورت استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، تأمین مواد غذائی مورد نیاز گیاه، مخصوصا نیتروژن، از طریق منابع آلی و جلوگیری از آبشویی آن، حائز اهمیت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار صفات گیاهی و شاخص‌های مورد ارزیابی نسبت به تیمار شاهد شد و مصرف کود ورمی‌کمپوست و زئولیت در ت خفیف اثر منفی تنش خشکی موثر واقع شدند. وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد تا رسیدگی و کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در گیاه و احتمالاً اختلال و تسریع در روند پرشدن دانه، تاثیر بیشتری بر کاهش عملکرد دانه شنبلیله داشت.

منابع مورد استفاده

Reference

Baghalian, K., Sh. Abdoshah, F. Khalighi-Sigaroudi and F. Paknejad. 2011. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant Physiol. Biochem. 49: 201-207.

Baradaran, R., M. Shokhmgar, Gh. Mousavi and E. Arazmjo. 2013. Effects of irrigation regime and nitrogen on yield and grain component yield of fenugreek. J. Hort. Sci. 27(3): 295-300. (In Persian with English abstract).

Bazazi, N., M. Khodambashi and Sh. Mohammadi. 2013. Effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of fenugreek. Journal of Crop Production and Processing. 3(8): 11-22. (In Persian with English abstract).

Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.

Dadrasan, M., M. R. Chaichi, A. A. Pourbabaee, D. Yazdani and R. Keshavarz-Afshar. 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. Ind. Crops Prod. 77: 156–162.

Eskandari, M., and A. Astarayi. 2006. Effect of different organic materials on plant growth characteristics and total biomass and grain weight of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Iranian Agronomy Research. 5(1): 19-27. (In Persian with English abstract).

Fallah, S. and M. Nazari. 2012. The effect of biofertilizers and zinc sulfate on growth and yield drug plant fenugreek under drought conditions in Shahrekord region. Environ. Stresses Crop Sci. 5(2): 147-159. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

Gholamhoseini, M., A. Ghalavand, A. Khodaei-Joghan, A. Dolatabadian, H. Zakikhani and E. Farmanbar. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil Till. Res. 126 (2013): 193–202.

Habibpour-Kashafi, E., M. H. Gharineh, A. Shafeinia and M. Rozrokh. 2015. Effect zeolite levels on chlorophyll fluorescence red bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) under drought stress. Crop Physiol. J., Islamic Azad University Ahvaz, 7(28): 19-32. (In Persian with English abstract).

Haj Seyed, M. R., Hadi and H. Rezaee Ghale. 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iran. J. Medic. Arom. Plants. 31(6): 1058-1070. (In Persian with English abstract).

Hassanzadeh, E., M. R. Chaichi, D. Mazaheri, S. Rezazadeh and H. Naghdi Badi. 2011. Physical and chemical variabilities among domestic Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graceum*) seeds. Asian J. Plant Sci. 10(6): 323–330.

Hatfield, J., T. J. Sauer and J. H. Pruger. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency. A Review. Agronomy. 93: 271– 280.

Hazrati, S., Z. Tahmasebi-Sarvestani, S. A. M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi-Bidgoli and S. Nicola. 2015. Evaluation of light intensity and water deficiency stress with application of zeolite on physiological and phytochemical functions of *Aloe Vera* medicinal plant, Ph. D Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran. (In Persian with English abstract).

Ippolito, A. J., D. D. Tarkalson and G. A. Lehrsch. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. Soil Sci. 176(3): 136-142.

Kar, G., A. Kumar and M. Martha. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agric. Water Manage. 87: 73 – 82.

Karimi, S., M. Nasri and F. Ghoshchi. 2013. Investigation of drought stress on agro-physiological indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with zeolite application tested in the region of Varamin. Int. J. Agric. Sci. 3(12): 894-903.

Khosravi, M., S. Gh. Mousavi and M. J. Seghatoleslami. 2014. Effect of irrigation interval, Nitrogen fertilizer rate and plant density on morphological traits, yield and water use efficiency of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Iran. J. Medic. Aroma. Plants 30(5): 673-691. (In Persian with English abstract).

Lima, D. L. D., S. M., Santos W. H., Scherer R. J., Schneider A. C., Duarte E. B. H Santos and V. I. Esteves. 2009. Effect of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. Geoderma. 150: 38–45.

Manivannan, S., M. Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran and L. S. Ranganathan. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity - beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Environ. Biol. 30(2): 275-281.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

Mehrafarin, A., Sh. Rezazadeh, H. Naghdi-Badi, Gh. Noormohammadi, E. Zand and A. Qaderi. 2011. A review on biology, cultivation and biotechnology of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a valuable medicinal plant and multipurpose**.** J. Medic. Plants. 10(37): 6-24**.**

Mokhtassi-Bidgolia, A., M. Agha Alikhania, M. Nassiri-Mahallati, E., Zand, J. L. Gonzalez-Andujard and A. Azarie. 2013. Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. Ind. Crops Prod, 44: 583– 592.

Movahhedy-Dehnavy, M., S. A. M. Modarres-Sanavy and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of sunflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Ind. Crops Prod. 30: 82–92.

Nazarideljou, M. J. and Z. Heidari. 2014. Effects of vermicompost on growth parameters, water use efficiency and quality of zinnia bedding plants (*Zinnia elegance* 'Dreamland Red') under dsifferent irrigation regimes. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1(2): 141-150.

Parsa, M., A. Ganjali, E. Rezaeianzadeh and A. Nezami. 2011. The effect of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad. Iran. J. Field Crops Res. 9(3): 310-321. (In Persian with English abstract).

Roy, S., K. Arunachalam, B. Kumar Dutta and A. Arunachalam. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. Appl. Soil Ecol. 7: 39-46.

Sadeghzadeh-Ahari, D., M. R. Hassandokht A. K. Kashi, A. Amri and K. H, Alizadeh. 2010. Genetic variability of some agronomic traits in the Iranian fenugreek landraces under drought stress and non-stress conditions. Afr. J. Plant Sci. 4(2): 12 – 20.

Shafighi, A., A. Pazouki and D. Eradatmande Asli. 2014. Alleviation of water stress in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) using different PGPR application methods. Adv. Environ. Biol. 8(24): 275-280.

Tunctürk, R., A. E. Celen and M. Tunctürk. 2011. The effects of nitrogen and sulphur fertilizers on the yield and quality of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.).Turk. J. Field Crops. 16, 69–75.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]

Effect of application of zeolite and nitrogen fertilization on growth, seed yield and water productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under drought stress conditions

Baghbani Arani, A.[1], S.A.M. Modarres-Sanavy [2], M. Mashhadi Akbar Boojar [3] and A. Mokhtassi Bidgoli[4]

ABSTRACT

Baghbani Arani, A., S.A.M. Modarres-Sanavy, M. Mashhadi Akbar Boojar and A. Mokhtassi Bidgoli. 2017. Effect of application of zeolite and nitrogen fertilization on growth, seed yield and water productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(3): 239-254. (In Persian).**

To study the effects of drought stress, nitrogen fertilization and zeolite on some morphological, phenological and agronomic traits of fenugreek, a split factorial experiment was laid out in randomized complete block design with three replications in 2014 and 2015 growing seasons at research field of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Five irrigation regimes (non drought stress; mild drought stress during the vegetative and reproductive stages, respectively; severe drought stress during the vegetative and reproductive stages, respectively) were randomized in main plots. Subplots were six factorial combinations of three nitrogen fertilization levels (untreated plots, vermicompost fertilizer at a rate of 2.7 ton.ha^{-1} and Urea fertilizer at rate of 11 kg.ha^{-1}) and two zeolite levels (0 and 9 ton.ha^{-1}). Results showed that in both growing seasons, drought stress significantly decreased all traits in comparision with control, and vermicompost fertilizer and zeolite reduced the negative effects of dought stress. The highest seed yield was obtained in non-water stress with vermicompost (903.1 kg.ha^{-1}) and application of zeolite and vermicompost (568. 09 kg.ha^{-1}). In the first growing season, grain yield declined by 24% and 76% with increasing deficit water stress in vegetative and reproductive stages, respectively.In the second growing season, these decreases were 31% and 54%, respectively. It was concluded that application of vermicompost and zeolite extended the duration of availability of water and nitrogen and led to increase seed yield and its component as well as water productivity in fenugreek.

Key words: Drought stress, Seed yield, Urea, Vermicompost, Water productivity and Yield components.

Received: May 2017 **Accepted:**

1. Ph.D Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Prosessor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: modaresa@modares.ac.ir)
3. Associate Prof., Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Assistant Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.5.5]