"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷

اثر کود دامی، زئولیت و آبیاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

محمد قاسم جامی[۱]، امیر قلاوند[۲]، سید علی محمد مدرس ثانوی [۳]، علی مختصی بیدگلی [۴]، ابوالفضل باغبانی آرانی [۵] و امین نامداری [۶]

چکیده

جامی،م.ق.، ا. قلاوند، س. ع. م. مدرس ثانوی ، ع. مختصی بیدگلی، ا. باغبانی آرانی و ا. نامداری. ۱۳۹۷. اثر کود دامی، زئولیت و آبیاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۲۰(۲): ۱۶۷-۱۵۱.**

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر سطوح کود دامی، زئولیت و آبیاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد و روغن دانه آفتابگردان به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. سطوح آبیاری (آبیاری پس از تخلیه ٤۰، ٦۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) به عنوان عامل اصلی و ترکیب تیمارهای کودی (۱۰۰ درصد کود دامی، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی) و زئولیت (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که استفاده از کود دامی باعث افزایش کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در پایان دو سال آزمایش شد. کود دامی همراه با سطوح بالاتر زئولیت، میزان کربن آلی خاک را بهبود بخشیده و باعث تولید بالاترین عملکرد دانه آفتابگردان (۱۷۸۱ کیلوگرم در هکتار) و بهره‌وری مصرف آب (به ترتیب ۳/۰۱ و ۳/۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر در سال اول و دوم) گردید. بیشترین میزان روغن دانه در شرایط آبیاری کامل، با مصرف ۱۰ تن زئولیت و ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳۷/۹ درصد) در سال اول بدست آمد. در کلیه سطوح آبیاری، تیمارهای حاوی ۱۰۰ درصد یا ۵۰ درصد کود دامی همراه با ۵ یا ۱۰ تن زئولیت در هکتار، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب بالاتری داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد که در اکثر تیمارهای آبیاری، مصرف زئولیت و کود دامی با افزایش دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی، باعث افزایش عملکرد، روغن دانه و بهره‌وری آب در آفتابگردان شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آفتابگردان، اصلاح کننده‌های خاک، روغن دانه، کربن آلی و کود دامی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۳ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱-دانشجوی سابق دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و استادیار گروه کشاورزی دانشگاه هرات افغانستان

۲-استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳-استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: modaresa@modares.ac.ir)

۴-استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۵-استادیار و عضو هیات علمی گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران

۶-استادیار و عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

مقدمه

افزایش تولید در واحد سطح، کاهش هزینه‌های تولید و کارایی مصرف بالاتر نهاده‌ها، بدون وارد شدن آسیب به خاک، آب، محیط زیست و کیفیت محصول، اهداف اصلی یک نظام زراعی می‌باشند (Singh *et al*., 2010; Mengistu *et al*., 2017). در مناطق گرم و خشک، از جمله ایران، میزان مواد آلی خاک اغلب بسیار پایین است، بنابراین محافظت و بهبود مواد آلی خاک برای حفظ سلامتی خاک و کشاورزی پایدار در این نواحی بسیار حائز اهمیت است (Keshavarz Afshar *et al*., 2014). با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های صنعتی از جمله کودهای شیمیایی، دائماً بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده می‌شود (Das *et al*., 2015). تولید موفق محصولات زراعی، نیاز به جایگزینی عناصر غذایی کافی برداشت شده از خاک از طریق اضافه کردن کودهای آلی و یا کودهای شیمیایی دارد. استفاده مداوم از کودهای شیمیایی به علت افت ویژگی‌های مطلوب فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در این کودها، باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Keshavarz Afshar *et al*., 2014).

کود دامی از جمله مواد آلی است که تبدیل شدن آن به کمپوست، در اثر فرآیند پوسیده شدن، علاوه بر عدم جذب نیتروژن از خاک، باعث از بین رفتن بذرهای گیاهی موجود در کود و همچنین کاهش آلودگی و بوی نامطبوع آن می‌شود. کمپوست به‌علت دارا بودن هوموس فراوان باعث افزایش کربن آلی، بهبود حاصلخیزی و حفظ رطوبت خاک و افزایش رشد گیاه، بدون ایجاد عارضه جانبی، شده و خطر فرسایش و بیان‌زایی را کاهش می‌دهد (Qian *et al*., 2014). استفاده از زئولیت‌ها که عمدتا از آلومینیوسیلیکات‌ها تشکیل شده‌اند، باعث افزایش کارایی کودها می‌شود. بعلاوه زئولیت‌ها از آبشویی عناصر غذایی از جمله نیتروژن نیز جلوگیری می‌کنند (Gholamhoseini *et al*., 2013; Baghbani- Arani *et al*., 2017a). کلینوپتیلولیت‌ها از مهم‌ترین زئولیت‌های طبیعی هستند که با توجه به وفور آن در کشورهای ایران، چین، مجارستان، بلغارستان، ژاپن، آمریکا و استرالیا، استفاده از آن مقرون به صرفه بوده و به‌علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و توانایی نگهداری آب باعث صرفه جویی در مصرف آب شده و به‌عنوان اصلاح کننده خاک محسوب می‌شوند (Zaghloul *et al*., 2016).

گزارش شده است که اصلاح خاک با استفاده از کود دامی و زئولیت راهکار مفیدی برای کاهش مصرف کود شیمیایی و بهبود سامانه‌های کشاورزی، به‌خصوص در خاک‌های شنی، محسوب می‌شود (Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017; Gholamhoseini *et al*., 2013). با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش فتوسنتز و عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌رود، استفاده از روش‌های زراعی شامل مصرف کودهای آلی و زئولیت‌ها و یا بهبود شرایط زیستی خاک، می‌تواند در کاهش اثرات سوء تنش خشکی موثر واقع شود (Baghbani- Arani *et al*., 2017a). محققان گزارش کرده‌اند که در تیمارهای حاوی زئولیت، استفاده از کود آلی، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب شده و دلیل آن وجود ویژگی‌های آبدوستی در مواد آلی است (Lima *et al*., 2009). گزارش شده است که زئولیت باعث بهبود رشد و نمو گیاه آفتابگردان شده و تولید ماده خشک گیاه را از طریق فراهمی طولانی مدت نیتروژن افزایش داد، بر همین اساس کارایی مصرف آب بالاتر در تیمار تلفیقی کود دامی با زئولیت، به دو موضوع؛ افزایش نگهداری آب در خاک به‌دلیل ویژگی‌های آبدوستی مواد آلی و رشد بهتر گیاه به‌دلیل حضور زئولیت، نسبت داده شد (Gholamhoseini *et al*., 2013). آفتابگردان یکی از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان است که در شرایط متنوع آب و هوایی و پایین بودن میزان مواد غذایی خاک، به‌دلیل قدرت سازگاری بالا، از رشد مناسبی برخوردار است. آب و نیتروژن مهم‌ترین نهاده‌های موثر در تولید آفتابگردان بوده (Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017) و بنابراین ارزیابی اثرات مدیریت نیتروژن در شرایط کم‌آبی در این گیاه لازم می‌باشد. نتایج یک پژوهش روی آفتابگردان نشان داد که اثر متقابل تیمارهای آبیاری و حاصلخیزی خاک بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، میزان و عملکرد روغن، اسید لینولئیک، اسید پالمتیک و اسید استئاریک دانه معنی‌دار بود (Khodaii Joghan, 2015).

با توجه به ناکافی بودن اطلاعات جامع در خصوص اثر مصرف توام کود دامی (گوسفندی و مرغی) و کود شیمیایی در تلفیق با زئولیت بر ویژگی‌های خاک، عملکرد و روغن دانه و کارایی مصرف آب آفتابگردان در سطوح آبیاری، این آزمایش طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل با نمونه‌برداری از ۲۰ نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تعیین شد (جدول ۱). آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری (آبیاری پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در عمق توسعه ریشه) به عنوان عامل اصلی و ترکیب تیمارهای کودی (۱۰۰ درصد کود دامی، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره) و زئولیت (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. کود دامی تلفیقی از ۳۵ درصد کود مرغی + ۶۵ درصد کود گوسفندی (معادل ۱۴/۶ تن کود مرغی و ۲۸/۲ تن کود گوسفندی در هکتار) به‌عنوان تأمین کننده ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع آلی و سایر تیمارهای کودی نیز به صورت؛ تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع آلی + ۵۰ درصد از منبع اوره، تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره بودند. ویژگی‌های کودهای دامی استفاده شده در جدول ۲ ارائه شده است.

هر کرت آزمایشی متشکل از شش ردیف چهار متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود و بین کرت‌های آزمایشی ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آزمون خاک، نیازی به مصرف کودهای فسفر و پتاسیم در آزمایش نبود. نیتروژن خالص نیاز گیاه آفتابگردان (طبق توصیه کودی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نیمی از کود اوره در مرحله رشد رویشی (مرحله V_6-V_8، ۶ تا ۸ برگی) و نیمی دیگر به صورت سرک در مرحله ابتدایی تشکیل اندام‌های زایشی (مرحله R_2) (Schneiter and Miller, 1981) به خاک داده شد.

کود دامی و زئولیت قبل از کاشت با خاک هر کرت به‌طور کامل مخلوط گردید. مقدار کود دامی برای تأمین ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با فرض بر اینکه ۳۵ و ۵۰ درصد از کل نیتروژن کود آلی (گوسفندی و مرغی) در سال اول مصرف، برای گیاه قابل دسترس است (Dolabridze *et al.,* 2002) با استفاده از رابطه زیر برای هر تیمار تعیین شد:

(رابطه ۱) $A \times B \times C$= مقدار نیتروژن مورد نیاز از کود دامی (۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

A: وزن خشک کود دامی، B: درصد نیتروژن قابل دسترس، C: درصد نیتروژن کود

بذرهای آفتابگردان هیبرید ایرانی فرخ که یک رقم زودرس است با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از هم (روی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

ردیف‌های کاشت) در اوایل تیرماه به صورت هیرم‌کاری کشت شد. در سال دوم آزمایش نیز کشت آفتابگردان در همان زمین قبلی انجام و میزان مصرف کود دامی بر اساس رابطه ۱ محاسبه و به خاک اضافه شد. زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در منطقه ریشه و عمق مدیریت آبیاری برای آفتابگردان حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (روابط ۲ و ۳) (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013). مقدار آب خاک ابتدا به روش وزنی و سپس با استفاده از TDR (Trime-FM, IMKO Gmbh, D-76275, Germany) در عمق ذکر شده تعیین گردید. برای تعیین رابطه بین مقدار عددی اندازه‌گیری شده به وسیله TDR و درصد حجمی رطوبت خاک اندازه‌گیری شده به روش وزنی، از منحنی کالیبراسیون استفاده شد. برای استفاده از TDR، در مرکز هر واحد آزمایشی یک لوله دسترسی از جنس پی وی سی تعبیه شد. برای تعیین مقدار آب آبیاری نیز از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده گردید. با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و رابطه ۲ ، درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه مؤثر ریشه محاسبه شد:

(رابطه ۲) (FC-θ)/(FC-PWP)= حداکثر تخلیه مجاز (MAD)

FC و PWP: به‌ترتیب درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم (جدول ۱) و θ درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری می‌باشند. θ برای تیمارهای آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده خاک به‌ترتیب ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد رطوبت حجمی خاک در نظر گرفته شد. مقدار آب آبیاری با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$V_d = MAD \times ASW \times R_z$$ (رابطه ۳)

V_d: حجم آب آبیاری (میلی‌متر)، ASW: آب قابل دسترس خاک (۱۲۰ میلی‌متر در هر متر از عمق خاک) و R_z: عمق مؤثر ریشه (۰/۳ متر) می‌باشند. آب قابل دسترس خاک عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه در محدوده بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است. مقدار آب آبیاری همه تیمارها در مرحله رشد رویشی (مرحله V_6-V_8، ۶ تا ۸ برگی) یکسان و بعد از آن متفاوت بود (Moradi-Ghahderijani *et al.*, 2017).

در طول آزمایش علف‌های هرز در سه نوبت با دست وجین شدند. در مرحله رسیدگی (۷ مهر) با رعایت اثر حاشیه، تمامی بوته‌های دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی (معادل سه مترمربع) از سطح خاک کف‌بر شدند. طبق‌ها در سایه خشک و دانه‌ها جدا و عملکرد دانه (با ۲۵ درصد رطوبت) تعیین شد. بهره‌وری آب با استفاده از رابطه ۴ (بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب) محاسبه شد (Hatfield *et al.*, 2001):

(رابطه ۴) آب آبیاری / عملکرد دانه =بهره‌وری آب (کیلوگرم دانه در هکتار بر میلی‌متر)

میزان روغن دانه‌ها با روش سوکسله و با استفاده از حلال پترولیوم بنزن اندازه‌گیری شد (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013). پس از برداشت محصول در سال دوم، نمونه خاک از کرت‌های مربوط به هر کدام از تیمارها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در سه تکرار تهیه و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها اندازه‌گیری شد. قابلیت هدایت الکتریکی محلول خاک با استفاده از روش هس (Hesse, 1971) اندازه‌گیری شد. جرم مخصوص ظاهری به روش نمونه‌برداری دست نخورده و خشکاندن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و توزین (Blake and Hartge, 1986)، میزان نیتروژن با روش کجلدال (Bremmer and Mulvancey, 1982)، فسفر قابل جذب با روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982)، پتاسیم قابل جذب با روش فلیم فتومتری و کربن آلی به روش والکلی بلک (Nelson and Sommers, 1982) اندازه‌گیری شدند. کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. قبل از تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها (با استفاده از رویه یونیوریت) اطمینان حاصل شد. تجزیه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in experimental site

رطوبت در نقطه پژمردگی دائم PWP (%V)	رطوبت در ظرفیت زراعی FC (%V)	آهن قابل جذب Fe (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب P (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب K (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm^{-3})	کربن آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	بافت خاک Soil Texture
9	21	5.334	16	802	0.1	1.44	1.34	7.29	1.87	Loamy sand

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کودهای دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Chemical properties of animal manure used in experiment

نوع کود Manure	کربن آلی OC (%)	منگنز Mn (mg.kg^{-1})	مس Cu (mg.kg^{-1})	روی Zn (mg.kg^{-1})	آهن Fe (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم کل K (%)	فسفر کل P (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
Sheep گوسفندی	64.1	289.5	16.7	114.9	7962.8	1.3	1.2	0.7	7.7	4.6
Chicken مرغی	45.2	763.1	54.8	520.8	14472.7	1.7	1.8	2.9	7.9	5.6

جدول ۳- ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده (درصد)

Table 3. Chemical composition of the used zeolite (%)

اکسید کلسیم CaO	اکسید منیزیم MgO	اکسید سدیم Na_2O	اکسید پتاسیم K_2O	تری‌اکسید آلومینیوم Al_2O_3	دی‌اکسید سیلیسیوم SiO_2	پنتااکسید فسفر P_2O_5	تری‌اکسید آهن Fe_2O_3	اکسید منگنز MnO	اکسید تیتانیوم TiO_2
2.3	0.1	1.08	3	12.02	65	0.01	1.5	0.04	0.03

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

واریانس داده‌ها با استفاده از رویه (مدل خطی تعمیم یافته) انجام شد. نتایج آزمون بارتلت نشان داد که برای اکثر صفات و شاخص‌ها، واریانس بین سال‌ها یکنواخت نبوده و بنابراین داده‌های هر سال جداگانه تجزیه شدند (Baghbani- Arani *et al*., 2017a). تجزیه اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی حاوی تیمارهای آبیاری بر پایه روش برش‌دهی فیزیکی و با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کربن آلی خاک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کوددهی و زئولیت (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی بالاترین میزان کربن آلی خاک را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی با کمترین درصد کربن آلی خاک، ۵۳/۹ درصد برتری داشت (جدول ۴). با افزایش مقدار زئولیت، میزان کربن آلی خاک افزایش یافت و بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در تیمار ۱۰ تن زئولیت در هکتار و بدون زئولیت مشاهده شد. بین سطوح صفر و پنج تن در هکتار زئولیت، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

کربن آلی یک جزء مهم در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک محسوب می‌شود. در مناطق خشک و نیمه خشک میزان ماده آلی خاک‌ها پایین بوده و وجود آن برای پایداری تولید مهم است (Barzegar *et al*., 2002). معمولا به کربن آلی، ماده آلی اطلاق می‌شود، زیرا کربن آلی بطور متوسط ۵۸ درصد ماده آلی است. میزان ماده آلی را می‌توان با ضرب کردن کربن آلی در عامل وان- بملن (Van Bemmelen factor) یا ضریب ۱/۷۲۴ بدست آورد (Mahmoudi and Hakimian, 2002). میزان کربن آلی خاک قبل از شروع آزمایش ۱/۳۴ درصد بود (جدول ۱) که بعد از دو سال آزمایش، تنها تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی باعث افزایش میزان کربن آلی خاک تا ۲/۵۸ درصد شد (جدول ۴) (۲/۳۱=۱/۷۲۴×۱/۳۴). با توجه به اینکه مقدار زیادی ماده آلی در تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی در سال اول و دوم به خاک اضافه گردید، وجود بقایای تجزیه نشده کود آلی سال اول و در نتیجه افزایش ماده آلی خاک قابل انتظار است. ورود مقدار زیادی کود دامی به خاک باعث ایجاد محیط مطلوب برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده که در اثر آن کربن آلی خاک افزایش می‌یابد، ولی در تیمار شاهد و همچنین تیمار کود شیمیایی، به‌علت کاهش ورود مواد آلی و همچنین کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های دخیل در چرخه کربن، میزان کربن آلی خاک کاهش می‌یابد. میکروارگانیسم‌های دخیل در چرخه عناصر غذایی از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها و کرم‌های خاکی وابسته به مواد آلی خاک هستند، بنابراین در اکوسیستم‌های زراعی که از میزان مواد آلی خاک کاسته شود، چرخه عناصر غذایی آنها به‌دلیل حذف فون و فلور خاک دچار اختلال می‌شود (Araujo *et al*., 2009). در رابطه با افزایش معنی‌دار کربن آلی در استفاده از کودهای آلی در مقایسه با شیمیایی نتایج مشابهی توسط (Liu *et al*., 2017) گزارش شده‌است. نتایج نشان داده است که مصرف کود دامی، کمپوست و تلفیق مایکوریزا و کمپوست در طولانی مدت، میزان ماده آلی خاک را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره، ۶۹ درصد افزایش داد (Behera and Panda, 2009). زئولیت نیز به‌دلیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا و ساختمان متخلخل آن، علاوه بر اینکه شرایط تهویه برای فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی را فراهم می‌کند، باعث جذب مواد مغذی مواد آلی خاک مخصوصا نیتروژن آن شده (Gholamhoseini *et al*., 2013) و به نظر می‌رسد که به همین علت باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی و به تبع آن افزایش کربن آلی خاک می‌شود. گزارش شده‌است که استفاده توام زئولیت و کودهای

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

آلی، به خصوص در خاک‌های شنی، باعث جلوگیری از هدرروی قسمت زیادی از مواد غذایی، به‌ویژه نیتروژن موجود در کودهای آلی طی فرآیند تهیه کمپوست شده و همچنین باعث کاهش آبشویی نیتروژن آزاد شده از آن می‌شود. به نظر می‌رسد که زئولیت با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، به‌دلیل ساختمان متخلخل آن، از هدرروی نیتروژن و سایر عناصر غذایی آزاد شده از کود دامی جلوگیری کرده که این موضوع باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و در نتیجه موجب فعال شدن واکنش‌های بیوشیمیایی (تجزیه ترکیبات پیچیده آلی و تبدیل آن به هوموس) می‌شود و در نهایت باعث افزایش ماده آلی خاک می‌گردد (Gholamhoseini *et al.*, 2013).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مصرف کود دامی بر هدایت الکتریکی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک گردید، به‌گونه‌ای‌که در تیمار کود دامی ۱۰۰ درصد، بالاترین هدایت الکتریکی خاک (به‌ترتیب ۱۳/۶ و ۳۱/۲ درصد نسبت به تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد کود آلی + ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی) مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که در پایان سال دوم آزمایش، میزان هدایت الکتریکی خاک در تیمارهای کود دامی ۱/۰۹ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت. بر اساس گزارش سایر محققان از علت‌های افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر استفاده از کود آلی می‌توان به افزایش میزان کلسیم، منیزیم و پتاسیم حاصل از تجزیه کودها اشاره کرد (Courtney and Mullen, 2008; Kapoor *et al.*, 2004).

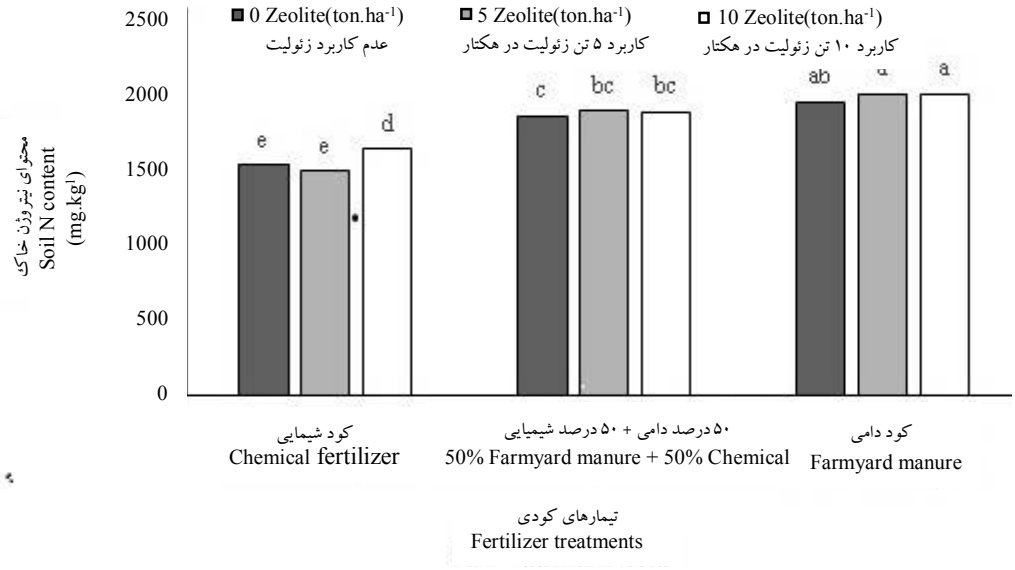
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نوع کود بر جرم مخصوص ظاهری خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش میزان مصرف کود دامی باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید و به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آن در تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و دامی مشاهده شد (جدول ۴). محققان گزارش کرده‌اند که افزودن کود آلی به دلیل افزایش خلل و فرج خاک، باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Celik *et al.*, 2010; Tejada and Gonzalez, 2008). کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر مصرف کود آلی به دلیل اختلاط خاک با یک ماده آلی با چگالی کمتر، قابل انتظار است. نتایج یک آزمایش نشان داد که استفاده از مقادیر بالای کود آلی و کمپوست در مقایسه با شاهد و تیمار کود شیمیایی، باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک شد و نشان داده شد که یک رابطه مستقیم بین کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش کربن آلی خاک وجود دارد (Evanylo *et al.,* 2008). نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که مصرف کمپوست، کود دامی و مایکوریزا در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک (به‌ترتیب ۱۹، ۱۲ و ۱۱ درصد نسبت به تیمار شاهد) گردید (Celik *et al.,* 2010). محققان به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای کود آلی در مقایسه با تیمارهای کودی شیمیایی اشاره داشته و علت آن را کاهش کربن آلی خاک در سامانه شیمیایی (کشاورزی متداول) دانسته‌اند (Araujo *et al.,* 2009).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان نیتروژن خاک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی و برهمکنش کود و زئولیت (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. اثر تیمارهای کودی همراه با زئولیت، باعث افزایش میزان نیتروژن خاک گردید، به‌طوری‌که در اکثر ترکیبات تیمارهای کودی، مصرف ۱۰ تن زئولیت، بیشترین میزان نیتروژن خاک را داشت و اثر استفاده از کود دامی بر میزان نیتروژن خاک به مراتب بیشتر از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

اثر زئولیت بود. نتایج نشان داد که تیمارهای ۱۰۰ درصد کود دامی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان نیتروژن خاک را داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- برهمکنش تیمارهای کودی و زئولیت بر محتوای نیتروژن خاک

Fig. 1. Interaction effect of fertilizer and zeolite treatments on nitrogen content of soil

مصرف توام کود دامی و زئولیت، احتمالا به‌دلیل رهاسازی تدریجی نیتروژن از کود دامی، میزان نیتروژن کل خاک را افزایش داد. نیتروژن کل خاک در تیمار کود شیمیایی، به‌دلیل جذب سریع آن توسط گیاه و یا شستشو و خارج شدن آن از دسترس گیاه، در مقایسه با کود دامی، کمتر بود. در مصرف تلفیقی کود شیمیایی با کود دامی، نیتروژن با سرعت کمتری از محیط رشد ریشه گیاه خارج می‌شود و در نتیجه میزان نیتروژن کل در تیمارهای تلفیقی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی، بیشتر بود، به‌عبارت دیگر با مصرف کود دامی سرعت خروج نیتروژن کاهش می‌یابد (Gholamhoseini *et al*., 2013; Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017). در همین رابطه گزارش شده است که مصرف کمپوست و تلفیق کمپوست با کود شیمیایی در مقایسه با تیمار شیمیایی، میزان نیتروژن کل خاک را افزایش می‌دهد (Mengistu *et al*., 2017). غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini *et al*., 2013) گزارش نمودند که زئولیت به دلیل خصوصیات منحصر به فرد شیمیایی و ساختمانی آن، با جلوگیری از آبشویی نیتروژن، باعث افزایش محتوای نیتروژن خاک، جذب بیشتر آن توسط گیاه و افزایش کارایی نهاده‌ها می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان فسفر خاک، فقط تحت تأثیر تیمارهای کودی (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی بالاترین میزان فسفر خاک را داشت که نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (با کمترین میزان فسفر خاک)، ۲/۲ برابر بیشتر فسفر در خاک به جای گذاشت (جدول ۴). کودهای آلی یک منبع غنی از فسفر بوده و افزودن آنها به خاک یک منبع انرژی برای خاک‌ها محسوب شده و باعث افزایش فعالیت باکتری‌ها می‌شود که این افزایش فعالیت منجر به افزایش میزان فسفر خاک می‌گردد. افزودن کود آلی به خاک باعث تکثیر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های حل کننده فسفات شده و با تولید انواع اسیدهای آلی توسط باکتری‌ها و کاهش موضعی اسیدیته خاک، حلالیت فسفر نامحلول بیشتر شده و با آزاد شدن و افزایش نیتروژن و فسفر، رشد گیاه بهبود می‌یابد. در اثر افزایش فسفر خاک، رشد و توسعه ریشه نیز افزایش یافته و باعث افزایش دسترسی و جذب پتاسیم توسط ریشه گیاه می‌شود (Courtney and Mullen, 2008). در واکنش به افزودن کودهای آلی کمپوستی به خاک، حلالیت فسفر در اثر فعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها و تولید اسیدهای آلی و یا در اثر افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز، افزایش می‌یابد (Mengistu *et al*., 2017).

نتایج نشان داد که مصرف کود دامی ۱۰۰ درصد نسبت به تیمار کودی تلفیقی و ۱۰۰ درصد شیمیایی، به‌ترتیب باعث افزایش ۸/۱ و ۱۷/۲ درصدی میزان پتاسیم قابل تبادل در خاک گردید (جدول ۴). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh *et al*., 2015) گزارش کردند که بقایای مواد آلی باعث افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم قابل دسترس خاک نسبت به شاهد گردید که این موضوع باعث بهبود کارکردهای مختلف گیاه می‌شود، زیرا پتاسیم در پایداری اسیدیته خاک، تنظیم اسمزی، فعالیت‌های آنزیمی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، توسعه سلولی و حرکات روزنه‌ها نقش مهمی دارد (Marschner, 1995). بدین ترتیب استفاده از مواد آلی، ضمن بهبود فعالیت‌های بیولوژیکی و میکروبی خاک، با افزایش انحلال و تحرک عناصر غذایی، دسترسی به آن‌ها را برای گیاه تسهیل می‌کند (Mengistu *et al*., 2017).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه آفتابگردان در هر دو سال، تحت تاثیر اثر اصلی تیمارهای آزمایشی و برهمکنش بین آنها (به جز برهمکنش دوگانه آبیاری با کود و آبیاری با زئولیت و برهمکنش سه گانه آبیاری، زئولیت و کود در سال ۱۳۹۴) قرار گرفت. در سال دوم نیز عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت، برهمکنش کود و زئولیت، آبیاری و کوددهی، آبیاری و زئولیت و اثر سه گانه آبیاری، کود و زئولیت (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول در تیمار آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به تیمار ۴۰ درصد، عملکرد دانه (۱۲۷ درصد) کمتر بود (جدول ۵). در سال دوم در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و کوددهی تلفیقی و پنج تن زئولیت در هکتار، بیشترین عملکرد دانه (۲۷۱۳/۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که حدوداً شش برابر بیشتر از کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم مصرف زئولیت (۴۲۷/۲ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶). کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در اثر تنش آبی و یا شرایط کم آبیاری توسط سایر پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017). مقایسه میانگین برهمکنش زئولیت و تیمارهای کودی نشان داد که در سال اول در کلیه تیمارهای کودی، با مصرف زئولیت عملکرد دانه آفتابگردان افزایش یافت، به‌گونه‌ای‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار (۱۷۸۱/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصدکود شیمیایی و عدم مصرف زئولیت (۷۷۲/۴ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۷). بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود دامی می‌تواند به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای فصل رشد و رهاسازی تدریجی آن و تطابق با با نیازهای گیاه باشد (Gholamhoseini *et al*., 2013; Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017). نتایج یک آزمایش نشان داد که مصرف کود آلی همراه با زئولیت، علاوه بر فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه، باعث دسترسی بهتر گیاه به آب در طول فصل رشد می‌شود (Baghbani- Arani *et al*., 2017a). به نظر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

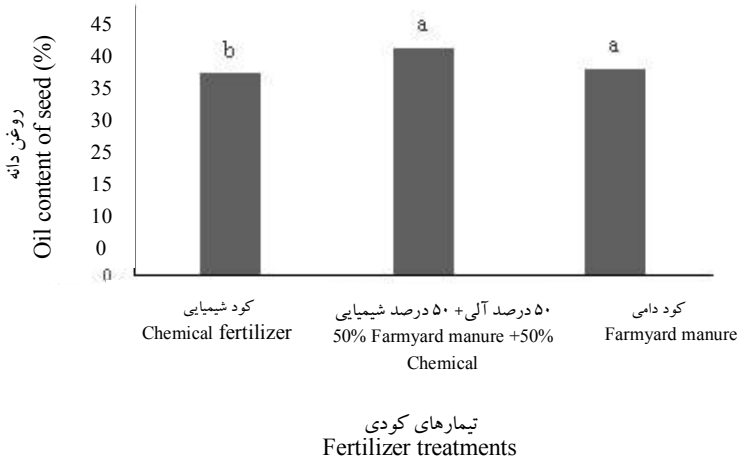
می‌رسد که مصرف کودهای آلی به‌دلیل بالا بودن میزان کربن آلی و کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل و بهبود وضعیت تهویه خاک، باعث افزایش رشد ریشه‌ها شده و در اثر تسهیل در جذب مواد غذایی و آب، رشد نمو و عملکرد گیاه افزایش پیدا خواهد کرد (Mengistu *et al*., 2017; Hendawy, 2008). زئولیت‌ها به‌دلیل تخلخل و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ساختار کریستالی‌شان قادر هستند بیش از ۶۰ درصد وزن خود آب را نگهداری کنند که به‌تدریج جذب گیاه می‌شود (Ippolito *et al*., 2011). زئولیت با افزایش ظرفیت نگهداری آب، باعث بهبود دسترسی گیاه آفتابگردان به رطوبت در مراحل مختلف رشد و موفقیت آن در تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش می‌شود (Gholamhoseini *et al*., 2013; Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017).

نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش، بهره‌وری آب به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و برهمکنش کود و زئولیت (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. در سال اول و دوم، کمبود شدید آب (آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) نسبت به شاهد، به‌ترتیب باعث کاهش ۴۳/۱ و ۴۴ درصدی بهره‌وری آب گردید (جدول ۵). در سال اول و دوم، اثر تیمارهای کودی همراه با زئولیت باعث افزایش بهره‌وری آب گردید، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود آلی همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار (به‌ترتیب ۳/۰۱، ۳/۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و عدم مصرف زئولیت (به‌ترتیب ۱/۴، ۱/۶ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) حاصل شد (جدول ۷). باغبانی آرانی و همکاران (Baghbani- Arani *et al*., 2017b) گزارش کردند که بهره‌وری آب در هر دو سال آزمایش در شنبلیله، تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، کود ورمی‌کمپوست و زئولیت قرار داشت. 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. نتایج تحقیقات نشان داده است که هر عاملی که بدون افزایش تبخیر و تعرق، محدودیت‌های رشد گیاه را کاهش دهد، باعث افزایش بهره‌وری آب خواهد شد (Hatfield *et al*., 2001). در آزمایش حاضر استفاده از کود دامی با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و زئولیت نیز با 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 آب خاک در اثر افزایش کود دامی و زئولیت در شرایط تنش خشکی در آفتابگردان، 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 بهره‌وری آب در شرایط کم آبیاری توسط محققان دیگری نیز گزارش شده‌است (Kar *et al*., 2007; Nazarideljou and Heidari, 2014).

نتایج نشان داد که در سال اول آزمایش اثر اصلی تیمارهای آبیاری، کود و زئولیت و برهمکنش سه‌گانه آنها بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود، ولی در سال دوم، فقط اثرات اصلی آبیاری و کود معنی‌دار بودند. در سال اول بیشترین میزان روغن دانه از تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، کوددهی تلفیقی و ۱۰ تن زئولیت در هکتار حاصل شد که ۱۱/۳ درصد بیشتر از مقدار آن در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصد رطوبت، تیمار کودی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم مصرف زئولیت بود (جدول ۶). در سال اول در تمام تیمارهای آبیاری و کودی، افزایش مصرف زئولیت باعث افزایش میزان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]



شکل ۲- اثر تیمارهای کودی بر میزان روغن دانه آفتابگردان (۱۳۹۴)

Fig. 2. Effect of fertilizer treatments on oil content of seed in sunflower (2015)

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تیمارهای زئولیت و کودهای دامی و شیمیایی

Table 4. Mean comparison of physical and chemical properties of soil in manure and chemical fertilizer and zeolite treatments

زئولیت Zeolite (ton.ha^{-1})	کربن آلی OC (%)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm^{-3})	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})
10	2.01a	1.40	1.35	1181.44	173.07
5	1.86b	1.39	1.33	1180.99	173.45
0	1.81b	1.39	1.25	1172.67	163.86
تیمارهای کودی Fertilizer treatments					
۱۰۰ درصد دامی 100% Manure	2.58a	1.31c	1.54a	1317a	237.3a
۵۰ درصد دامی + ۵۰ درصد شیمیایی 50% Manure + 50% Chemical	1.92b	1.43b	1.33b	1210b	163.3b
۱۰۰درصد شیمیایی 100% Chemical	1.19c	1.45a	1.06c	1007c	109.8c

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

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

جدول ۵- اثر تیمارهای آبیاری و کود بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در آفتابگردان

Table 5. Mean comparison seed yield and water productivity of sunflower in irrigation and fertilizer treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})		بهره‌وری آب Water productivity (kg.ha^{-1}.mm^{-1})		روغن دانه Oil content of seed (%)	
تیمارهای آبیاری Irrigation treatments (% of water depletion)	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015
40	1652.0a	2054.5	2.60a	2.50a	32.7	37.7a
60	1340.0b	1457.7	2.36a	2.20a	30.1	35.5b
80	725.0c	829.3	1.48b	1.40b	29.7	32.9c

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

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

جدول ۶- برش دهی اثر برهمکنش تیمارهای آبیاری، زئولیت و کود بر عملکرد و روغن دانه آفتابگردان

Table 6. Slicing interaction effect of irrigation×zeolite×fertilizer treatments on seed yield and oil content in sunflower

تیمارهای آزمایشی Treatments	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1}) ۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	روغن دانه Oil content of seed (%) ۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015
$I_1Z_1F_1$	1551.0	1821.3f	31.0c	30.9
$I_1Z_1F_2$	1458.3	2243.6bc	31.8c	33.8
$I_1Z_1F_3$	1153.3	1539.6h	30.2e	30.7
$I_1Z_2F_1$	1751.0	2137.6d	32.4bc	32.4
$I_1Z_2F_2$	2166.7	2713.8a	34.8ab	34.7
$I_1Z_2F_3$	1483.7	1619.6g	31.6c	32.6
$I_1Z_3F_1$	1966.0	2190.0cd	32.4bc	32.2
$I_1Z_3F_2$	1749.0	2307.6b	37.9a	36.9
$I_1Z_3F_3$	1589.7	1917.3e	32.0bc	31.7
$I_2Z_1F_1$	1263.7	1521.8b	29.2c	33.3
$I_2Z_1F_2$	1184.0	1374.2de	30.7bc	36.7
$I_2Z_1F_3$	871.67	1297.8f	27.7d	33.1
$I_2Z_2F_1$	1330.7	1424.4cde	29.6c	34.5
$I_2Z_2F_2$	1590.7	1453.3c	31.8ab	37.7
$I_2Z_2F_3$	1184.0	1367.0e	29.6c	33.3
$I_2Z_3F_1$	1942.0	1621.3a	30.3bc	35.6
$I_2Z_3F_2$	1421.0	1627.6a	33.1a	39.6
$I_2Z_3F_3$	1273.7	1431.1cd	29.9c	35.6
$I_3Z_1F_1$	547.3	988.4b	28.8c	36.4
$I_3Z_1F_2$	595.7	710.1d	30.0bc	41.0
$I_3Z_1F_3$	292.3	427.2e	26.4d	34.9
$I_3Z_2F_1$	934.3	1090.0a	29.4c	38.1
$I_3Z_2F_2$	854.3	794.3c	31.2ab	42.4
$I_3Z_2F_3$	577.7	776.3d	29.4c	36.1
$I_3Z_3F_1$	1437.0	1146.7a	31.1ab	36.3
$I_3Z_3F_2$	690.7	923.5b	32.4a	40.3
$I_3Z_3F_3$	601.7	707.6d	30.1bc	36.1

I_1، I_2 و I_3: به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد رطوبت خاک؛ Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب صفر، ۵ و ۱۰ تن زئولیت در هکتار)؛ F_1، F_2 و F_3: به ترتیب ۱۰۰ درصد کود آلی، ۵۰ درصد کود آلی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی. در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

I_1, I_2 and I_3: Irrigation after depletion of 40, 60 and 80% of soil water content; Z_1, Z_2 and Z_3 (0, 5 and 10 ton.ha^{-1} zeolite); F_1, F_2 and F_3: (100% Manure, 50% Manure + 50% Chemical and 100% Chemical fertilizer), respectively. Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۷- برهمکنش تیمارهای کود و زئولیت بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در آفتابگردان

Table 7. Interaction effect of fertilizer×zeolite treatments on seed yield and water productivity of sunflower

تیمارهای کودی Fertilizer treatments	زئولیت Zeolite (ton.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1}) ۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	بهره‌وری آب Water productivity (kg.ha^{-1}.mm^{-1}) ۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015
۱۰۰درصد دامی 100% Manure	10	1781.7a	1652.7	3.01a	3.30a
	5	1339.0bc	1550.7	2.25bc	2.50d
	0	1121.0bcd	1443.8	1.97cd	2.2bc
۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی 50% Manure + 50% Chemical	10	1287.0bc	1619.5	2.15bc	2.70ab
	5	1538.0ab	1653.8	2.60ab	2.90ab
	0	1080.0cd	1442.6	1.91cd	2.10bc
۱۰۰درصد شیمیایی 100% Chemical	10	1155.0bcd	1352.0	2.01cd	2.20bc
	5	1082.0cd	1221.3	1.96cd	2.20bc
	0	772.4d	1088.2	1.40d	1.60c

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

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

روغن دانه گردید. بیشترین و کمترین میزان روغن در کلیه تیمارهای آبیاری به‌ترتیب در تیمار تلفیقی کودی با مصرف ۱۰ تن زئولیت و تیمار شیمیایی و عدم مصرف زئولیت ثبت شد (جدول ۶). در سال دوم میزان روغن در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (شاهد) نسبت به تیمار آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (تنش شدید خشکی)، ۷۵ درصد بیشتر بود (جدول ۵). استفاده از کود تلفیقی نسبت به کود شیمیایی باعث افزایش ۱۳ درصدی میزان روغن دانه در سال دوم گردید (شکل ۲). گزارش شده‌است که با افزایش مقدار آب در دسترس گیاه، میزان روغن دانه افزایش می‌یابد. محققان کاهش میزان روغن در اثر تنش خشکی را به علت انتقال اسید آبسیزیک تولید شده در برگ‌های گیاهان تحت تنش به دانه اعلام کرده‌اند. گزارش شده است که وقوع تنش رطوبتی، به خصوص در هنگام رسیدگی، میزان روغن دانه آفتابگردان را کاهش داد (Gholamhoseini *et al.*, 2013). رهاسازی آهسته نیتروژن از کود آلی و قابل دسترس بودن آن به هنگام نیاز گیاه و همچنین متعادل بودن عناصر غذایی به‌دلیل حضور عناصر ریز مغذی از یک‌سو و بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک از سوی دیگر، با ایجاد بستر مناسب برای رشد و فتوسنتز گیاه، باعث افزایش میزان روغن دانه آفتابگردان شد (Gholamhoseini *et al.*, 2013). تیمارهای کود آلی همراه با زئولیت، علاوه بر برخوردار بودن از مزایای کودهای آلی، در شرایط تنش خشکی باعث افزایش مقدار روغن دانه می‌شوند. وجود زئولیت آب و عناصر غذایی بیشتری برای جذب گیاه فراهم کرده در نتیجه رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته و با طولانی شدن دوره رشد، میزان روغن دانه نیز افزایش می‌یابد (Khodaii Joghan, 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از کود دامی با افزایش میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کربن آلی خاک، باعث افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد دانه و روغن آفتابگردان شد. حداکثر عملکرد دانه و میزان روغن در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک حاصل شد. در کلیه تیمارهای کودی با مصرف زئولیت (به‌دلیل جذب بیشتر آب و مواد غذایی و فراهمی آن برای رشد گیاه در طول فصل رشد)، میزان روغن دانه افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی (۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار) همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار، به‌دست آمد. نتایج مربوط به بهره‌وری آب محاسبه شده در این آزمایش نشان داد که کلیه تیمارهایی که در آنها کود دامی و زئولیت مصرف شده بود، به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی، از جمله نیتروژن، و بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه و در نهایت افزایش بهره وری آب، قابل توصیه بوده و مصرف کودهای شیمیایی حتی‌الامکان قابل اجتناب است.

منابع مورد استفاده

References

Araujo, A., L. Luiz, V. Santos and R. Carneiro. 2009. Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. Sustainability. 1: 268-276.

Baghbani-Arani, A., S. A. M. Modarres-Sanavy, M. Mashhadi-Akbar-Boojar and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2017a. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Ind. Crops. Prod. 109: 346–357.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

Baghbani-Arani, A., S. A. M. Modarres-Sanavy, M. Mashhadi-Akbar-Boojar and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2017b. 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. Iran. J. Crop Sci. 19(3): 239–254. (In Persian with English abstract).

Barzegar, A. R., A. Yousefi and A. Daryashena. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. Plant Soil. 247: 295–301.

Behera, S. K. and R. K. Panda. 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. Agric. Ecol. Environ. 130: 141-155.

Blake, G. R. and K. H Hartge. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed). Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. (2nd Ed.) American Society of Agronomy, Madison, WI., USA.

Bremmer, J. M. and C. S. Mulvancey. 1982. Total nitrogen. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (Ed.), Method of Soil Analysis. Part II. Agron. Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI. USA.

Celik, I., H. Gunal, M. Budak and C. Akpinar. 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean. Geoderma. 160(2): 236-243.

Courtney, R. G. and G. J. Mullen. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bio. Technol. 99: 2913-2918.

Das, R., A. R. Mandal, A. Priya, S. P. Das and J. Kabiraj. 2015. Evaluation of integrated nutrient management on the performance of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Molina Standl)). J. Appl. Nat. Sci. 7(1): 18–25.

Dolabridze, N., G. Tsitsisshvili, V. Tsitsisshvili, M. Alelishvili and N. Khazardze. 2002. Regeneration of clinoptilolite and phillipsite used for treatment of ammonia- containin water. 81-82. 6th International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites, Greece.

Evanylo, G., C. Sherony, J. Spargo, D. Starner, M. Brosius and K. Haering. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer- manure and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. Agricul. Ecol. Environ. 127: 50–58.

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 Tillage Res. 126: 193–202.

Hatfield, J., T. J. Sauer and J. H. Pruger. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. Agron. J. 93: 271– 280.

Hendawy, S. F. 2008. Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenaria*. Plant. J. Appl. Sci. Res. 4(5): 500-506.

Hesse, P. R. 1971. A Text book of Soil Chemical Analysis. John Murray, London.

Ippolito, A. J., D. D. Tarkalson and G. A. Lehrsch. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

nitrogen, moisture, and corn growth. Soil Sci. 176 (3): 136–142.

Kapoor, R., B. Giri and K. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculum vulgare mill on mycorrhiza inoculation supplemented with p-fertilizer. J. Biol. Technol. 93: 307-311.

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.

Keshavarz Afshar, R., M. R. Chaichi, M. H. Assareh, M. Hashemi and A. Liaghat. 2014. Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). Ind. Crops. Prod. 58: 166–172.

Khodaii Joghan, A. 2015. Response of eco-physiology of sunflower to nutrient's systems under different irrigation regimes. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. 150 pp. (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.

Liu, Z., Q. Rong, W. Zhou and G. Liang. 2017. Effects of inorganic and organic amendment on soil chemical properties, enzyme activities, microbial community and soil quality in yellow clayey soil. Plos One. 12(3): 1-20.

Mahmoudi, Sh. and M. Hakimian. 2002. Fundamentals of Soil Science. Tehran University Press (In Persian).

Marschner, H. 1995. Minirial nutration of higher plants (2nd Ed.). Academic press. London UK.

Mengistu, T., H. Gebrekidan, K. W. Kibret, K. Oldetsadik, B. Shimelis and H. Yadav. 2017. The integrated use of excreta-based vermicompost and inorganic NP fertilizer on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit yield, quality and soil fertility. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 6: 63–77.

Mokhtassi-Bidgoli, A., M. Agha-Alikhani, M. Nassiri-Mahallati, E. Zand, J. L. Gonzalez-Andujar and A. Azari. 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.

Moradi-Ghahderijani, M., S. Jafarian and H. Keshavarz. 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. Rhizosphere. 4: 54–61.

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 different irrigation regimes. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1(2): 141-150.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A. L. (Ed). Method of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Methods, Part II. ASA and SSSA, Madison, WI., USA.

Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Page, A. L., R. H. Miller and R. D. Keeney. Methods of Soil Analysis, Part II, ASA and SSSA, Madison, WI. USA.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

Qian, X., G. Shen, Z. Wang, C. Guo, Y. Liu, Z. Lei and Z. Zhang. 2014. Cocomposting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. Waste Manage. 34: 530–535.

Schneiter, A. A and J. F. Miller. 1981. Description of sunflower growth stage. Crop Sci. 21: 901-903.

Singh, B. K., K. A. Pathak, T. Boopathi and B. C. Deka. 2010. Vermicompost and NPK fertilizer effects on morpho-physiological traits of plants, yield and quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). Veg. Crops. Res. Bull. 73: 77–86.

Tejada, M. and J. L. Gonzalez. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties. Geoderma. 145: 325-334.

Yousefzadeh, S., S. A. M. and Mohammad Modarres-Sanavy and A. Baghbani Arani, 2015. Effect of biofertilizers, azocompost and nitrogen on the soil properties and yield of essential oil of Dracocephalum moldavica (L.). Agroecol. J. 5(2): 37-50. (In Persian with English abstract).

Zaghloul, R. A., Y. F. Y. Mohamed, M. Rasha and E. Meihy. 2016. Influential cooperation between zeolite and PGPR on yield and antimicrobial activity of thyme essential oil. Int. J. Plant. Soil Sci. 13(1): 1 –18.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]

Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Jami, M. Q.[1], A. Ghalavand[2], S. A. M. Modarres-Sanavy[3], A. Mokhtassi Bidgoli[4], A. Baghbani- Arani[5] and A. Namdari [6]

ABSTRACT

Jami, M. Q., A. Ghalavand, S. A. M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi Bidgoli, A. Baghbani- Arani and A. Namdari. 2018. Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(2): 151-167. (In Persian).**

In order to investigate the effect of different levels of zeolite and farmyard manure, as environmental friendly fertilizers on soil properties and yield and quality of sunflower, a field experiment was carried out in a split - factorial layout based on completely randomized blocks design in three replications in the faculty of agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, during 2014 and 2015. Treatments included irrigation regimes (irrigation after depleting 40, 60 and 80% of soil water content) as main factor and the combinations of nutrition systems (100% organic, 50% organic + 50% chemical and 100% chemical fertilizer) and zeolite (0, 5 and 10 ton.ha^{-1} of zeolite) in factorial layout. Results showed that using organic sources increased organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, and electrical conductivity of soil, while decreased bulk density at the end of the growth season. Due to the high amount of organic carbon, organic sources accompanied with zeolite improved the organic carbon content of the soil and led to the highest seed yield (1781 kg.ha^{-1}) and water productivity (3.01 and 3.3 kg.ha^{-1}.mm^{-1} in the first and second years, respectively). In first year, the highest oil content of seed (37.9%) was obtained in 10 ton.ha^{-1} zeolite with 50% farmyard manure + 50% chemical fertilizer under full irrigation treatment. At all irrigation regimes, application of 100% organic sources or combined chemical and organic sources with 5 or 10 ton.ha^{-1} of zeolite led to greater seed yield and water productivity. Overall, the results of this experiment revealed that under the most irrigation regimes, application of farmyard manure and zeolite may increase the availability of water and nutrients for plant and may led to increase yield and oil content of seed and water productivity in sunflower.

Key words: Farmyard manure, Irrigation, Oil content, Organic carbon, Soil amendments and Sunflower.

Received: December, 2017 Accepted: July, 2018

1. Former PhD Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran & Assistant Prof., Harat University, Harat, Afghanestan
2. Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: modaresa@modares.ac.ir)
4. Assistant Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
5. Assistant Prof., Payame Noor University, Tehran, Iran
6. Assistant Prof., Dryland Agriculture Research Institute, Gachsaran, Iran. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-14]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.2.5.0]