



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶  
صفحه‌های ۱۰۳۲-۱۰۱۱

# ارزیابی صفات زراعی و کیفیت دانه آفتابگردان در واکنش به نیتروژن و زئولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

محمدقاسم جامی<sup>۱</sup>، امیر قلاوند<sup>۲\*</sup>، سیدعلی محمد مدرس ثانوی<sup>۳</sup>، علی مختصی بیدگلی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶

### چکیده

در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان (هیبرید فرخ)، آزمایشی دو ساله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. این تحقیق به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم آبیاری عامل اصلی شامل آبیاری پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد رطوبت از نقطه ظرفیت زراعی بود. ترکیب عامل‌های فاکتوریل از سامانه‌های حاصلخیزی خاک و زئولیت شامل تلفیقی از کود آلی (۳۵ درصد مرغی + ۶۵ درصد کود گوسفندی) به‌عنوان تأمین‌کننده ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق منبع آلی، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق منبع آلی + تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق اوره، و عدم کاربرد و کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت بود. هر دو سال در همه تیمارهای آبیاری، کاربرد کود ۱۰۰ درصد آلی (۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار) یا تلفیقی (۱۴/۱ تن کود گوسفندی + ۷/۳ تن کود مرغی در هکتار + ۶۵ کیلوگرم اوره در هکتار) همراه با ۵ یا ۱۰ تن زئولیت در هکتار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب بالاتری داشتند. البته در شرایط بدون تنش (۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک) بیشترین کارایی زراعی در همه ترکیب‌های تیماری مشاهده شد. بیشترین مقدار روغن و پروتئین دانه در شرایط عدم تنش با کاربرد زئولیت حاصل شد. کاربرد کود شیمیایی مقدار پروتئین و کاربرد کود آلی مقدار روغن را افزایش دادند.

**کلیدواژه‌ها:** پروتئین، تنش کم‌آبی، روغن، عملکرد، کود شیمیایی.

## ۱. مقدمه

باتوجه به ویژگی‌های منحصر به فرد زئولیت‌ها مانند قابلیت تبادل کاتیونی مناسب و ساختمان مستحکم و فراوانی طبیعی آنها در کشور ایران [۵] استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، چنانچه این مواد در ابتدای عمل آوری کمپوست، به کودهای دامی تازه اضافه شوند علاوه بر اینکه شرایط تهویه را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی فراهم می‌کنند باعث جذب مواد مغذی کود دامی مخصوصاً نیتروژن آن شده و از هدرروی نیتروژن موجود در کود دامی خواه به صورت آمونیاک و یا به صورت نترات جلوگیری می‌کنند [۲۴].

با آن‌که آب فراوان‌ترین ترکیبات روی زمین است ولی در بخش وسیعی از جهان، کمبود آن مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات کشاورزی است. تنش خشکی در تمام دنیا معضلی جدی در کاهش تولیدات کشاورزی چه از نظر کیفیت و کمیت شناخته شده است [۷]. در واقع خشکی، محدودکننده‌ترین عامل تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می‌آید و این عامل، زمانی ایجاد می‌شود که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی سبب تنش در گیاه شوند و در نتیجه تولید را کاهش می‌دهند. این کاهش در نتیجه تأخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف یا از بین رفتن گیاهان استقرار یافته، مستعد شدن گیاه نسبت به حمله بیماری‌ها و آفات گیاهی و تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سوخت‌وساز گیاهان به وجود می‌آید [۷]. همچنین، گزارش شده کمبود آب از طریق کاهش فشار آماس سلولی موجب کاهش آهنگ گسترش برگ شده و در نهایت شاخص سطح برگ آفتابگردان کاهش می‌یابد [۱۶]. نتایج پژوهشی روی آفتابگردان نشان داد که تأثیر رژیم‌های متفاوت آبیاری بر تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز شاخص برداشت، عملکرد پروتئین، کربن آلی و نیتروژن خاک معنادار بود. همچنین، اثر متقابل رژیم آبیاری و سیستم‌های حاصلخیزی

با توجه به آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های صنعتی از جمله کودهای شیمیایی، دائماً بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده می‌شود [۳]. مطالعات بلندمدت نشان می‌دهند که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را به علت افت ویژگی‌های مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در این کودها کاهش می‌دهد [۸]. کود دامی می‌تواند فعالیت‌های بیولوژیک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد و ریزمغذی‌هایی نظیر روی، بر و مس را تأمین کرده و با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، آثار کمبود آب را کاهش دهد [۸]. با وجود همه آثار مثبت، استفاده از کودهای دامی تازه به دلیل افزایش ذخیره بذری علف‌های هرز در مزرعه، افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و نهایتاً آسیب رساندن به ریشه گیاهان از طریق تجمع آمونیاک در محیط ریشه، می‌تواند برای گیاه مشکل‌آفرین باشد [۳۲]. به علاوه، پوساندن کودهای دامی انجام روند کمپوست‌سازی حتی در بهترین شرایط باعث هدر رفتن ۴۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن آن می‌شود [۱۷].

بنابراین، ارائه راهکارهایی به منظور حل مشکلات استفاده از کودهای دامی و به کارگیری مواد ارزشمندی نظیر زئولیت در اراضی کشاورزی به‌ویژه زمین‌هایی با قابلیت اندک تأمین رطوبت و مواد غذایی نظیر زمین‌های شنی مهم است. پژوهش‌های بسیاری درباره استفاده از مواد افزودنی مختلف به کودهای دامی به منظور افزایش اثرگذاری این مواد بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است [۲۴] که از آن جمله می‌توان به کانی‌های طبیعی زئولیت اشاره کرد. زئولیت‌ها شامل گروه وسیعی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته دارای شبکه تتراهیدرال اتم‌های اکسیژن است که در اطراف اتم‌های سیلیسیم و آلومینیوم قرار گرفته‌اند، که این ساختار منتج به ایجاد شبکه‌ای سه بعدی در این کانی می‌شود [۵].

بکارگیری ژنولیت‌ها را در سطوح مختلف کشاورزی گسترش داد.

هدف اصلی این پژوهش بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان در واکنش به تیمارهای مختلف کودی و ژنولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال‌های ۱۳۹۳ و ۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران- کرج به اجرا درآمد. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نمونه‌ای مرکب از ۲۰ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه تهیه شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شد.

خاک بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، درصد و عملکرد روغن، اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک دانه معنادار شد [۲]. در پژوهشی افزودن بیش از حد کود شیمیایی نیتروژن به خاک موجب برهم زدن نسبت کربن به نیتروژن شده و در نتیجه کاهش هرچه بیشتر مواد آلی موجود در خاک را به همراه داشت [۶].

با توجه به ضرورت تجدید نظر در استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه در اراضی سبک، تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه نظیر نیتروژن از طریق منابع آلی مهم است. از طرفی دیگر استفاده از ژنولیت‌ها به‌عنوان موادی کاملاً طبیعی به منظور حفظ مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن موجود در کودهای دامی، می‌تواند نقش اساسی داشته باشد. با توجه به فراهمی منابع خدادادی ژنولیت در کشور، استخراج آسان و در نهایت قیمت اقتصادی مناسب این مواد، می‌توان

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

مقدار	خصوصیات
۱۰	رس (درصد)
۷۱	ماسه (درصد)
۱۹	سیلت (درصد)
شن لومی (Loamy Sand)	بافت خاک
۴۰/۱	وزن مخصوص ظاهری (گرم در سانتی متر مکعب)
۷/۲۹	اسیدیته خاک
۲۱	رطوبت در ظرفیت زراعی (درصد حجمی)
۹	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)
۱/۰۸۷	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۱/۲	مواد آلی (درصد)
۰/۱	نیتروژن کل (درصد)
۸۰۲	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۱۶	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۵/۳۳۴	آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۱/۴۵	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر متر مکعب)

دانشکده منتقل شد. ویژگی‌های شیمیایی این کودها در جدول ۲ ارائه شد. کود آلی در هنگام تهیه بستر با توجه به تیمارها به زمین داده شد. مقدار کود آلی 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 نخست کاربرد، قابل دسترس برای گیاه است [۱۸]. به صورت فرمول زیر برای هر تیمار مشخص شد:

مقدار نیتروژن مورد نیاز از کود آلی (۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) = وزن خشک کود آلی × درصد نیتروژن قابل دسترس × درصد نیتروژن کود

$$A \times B \times C = \text{مقدار نیتروژن مورد نیاز از کود آلی (۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)}$$

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

پس از تهیه نقشه طرح، کود آلی و زئولیت با خاک سطحی کرت مربوطه مخلوط شد. بذور آفتابگردان هیبرید ایرانی «فرخ» که رقمی زودرس است با فاصله ۲۵ سانتی متر از هم روی ردیف‌های کاشت در اوایل تیرماه به صورت هیرم‌کاری کشت شد.

زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه رطوبت خاک در ظرفیت زراعی در منطقه ریشه و عمق مدیریت آبیاری برای آفتابگردان حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد [۲۵]. مقدار آب خاک نخست به روش وزنی و سپس با استفاده از TDR<sup>۱</sup> مدل (IMKO- GmbH, D-76275, ) (Trime-FM Germany) در عمق ذکر شده تعیین شد. برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط 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 لوله دسترسی<sup>۲</sup> از جنس PVC تعبیه شد.

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. رژیم آبیاری به‌عنوان عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی در عمق توسعه ریشه بود. عوامل فرعی شامل سه سطح تیمارهای کودی و سه سطح زئولیت بود. که کود آلی تفریقی از (۳۵ درصد مرغی + ۶۵ درصد کود گوسفندی، یا به عبارتی ۱۴/۶ تن کود مرغی و ۲۸/۲ تن کود گوسفندی در هکتار) تأمین کننده ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق منبع آلی، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق منبع آلی + تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق اوره، تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق اوره، و عدم کاربرد و کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت بود.

زمین محل اجرای آزمایش با گاواهن برگردان دار شخم عمیق زده شد و سپس نسبت به عملیات تهیه زمین شامل دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته و نهایتاً بلوک بندی اقدام شد. هر کرت آزمایشی متشکل از ۶ ردیف ۴ متری بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و بین کرت‌های آزمایشی ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آزمون خاک، هیچ‌گونه نیازی به کاربرد کودهای فسفر و پتاس در آزمایش نبود. مقدار ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص نیاز گیاه آفتابگردان (طبق توصیه کودی موسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج) در نظر گرفته شد. نیمی از کود اوره در مرحله رشد رویشی (مرحله V<sub>6</sub>-V<sub>8</sub>، ۶ تا ۸ برگگی) و نیمی دیگر به صورت سرک در مرحله تشکیل ابتدایی اندام‌های زایشی (مرحله R-2 از مراحل رشدی) آفتابگردان مصرف شد [۳۱].

به‌منظور اعمال کود آلی برای اجرای آزمایش، ابتدا کودهای گوسفندی و مرغی از بستر مرغداری و گوسفنداری که (بیش از ۶۰ روز) گذشته بود تهیه و به

1. Time-Domain Reflectometry  
2. Access tube

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش.

نوع کود	نسبت شوری (۱:۱۰)	اسیدیته	فسفر کل (درصد)	پتاسیم کل (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)
گوسفندی	۴/۶	۷/۷	۰/۷	۱/۲	۱/۳	۷۹۶۲/۸	۱۱۴/۹	۱۶/۷	۲۸۹/۵	۶۴/۱
مرغی	۵/۶	۷/۹	۲/۹	۱/۸	۱/۷	۱۴۴۷۲/۷	۵۲۰/۸	۵۴/۸	۷۶۳/۱	۴۵/۲

اثر حاشیه تمامی بوته های آفتابگردان دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی (مساحتی معادل سه متر مربع) از سطح خاک کف بر شدند. وزن خشک کل اندام هوایی و وزن خشک هر کدام از اندام های گیاهی (برگ، ساقه و طبق) در هر کرت آزمایشی توزین شد. طبق ها در سایه خشک و دانه ها جدا شدند. و عملکرد دانه و شاخص برداشت آنها تعیین شد. به منظور اندازه گیری اجزاء عملکرد تعداد سه بوته آفتابگردان از میان بوته های برداشت شده انتخاب و صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه اندازه گیری شدند. درصد روغن نمونه های حاصل از دانه های کامل هر کرت در آزمایشگاه با روش سوکسله و با استفاده از حلال پترولیوم اتر برآورد شد [۱]. درصد نیتروژن دانه با استفاده از روش کلدال تعیین و درصد پروتئین از حاصلضرب درصد نیتروژن در ۶/۲۵ محاسبه شد [۹].

تمامی تجزیه های آماری صورت گرفته با استفاده از نرم افزار آماری SAS<sup>۴</sup> نسخه ۹/۲ انجام شد [۳۰]. قبل از انجام عمل تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده ها (با استفاده از رویه یونیوریت<sup>۵</sup>) اطمینان حاصل شد. تجزیه واریانس داده های آزمایش با استفاده از رویه (مدل خطی تعمیم یافته)<sup>۶</sup> انجام شد. آزمون بارتلت نشان داد که برای اکثر صفات واریانس بین سال ها یکنواخت نبود و داده های هر سال جداگانه آنالیز شدند. تجزیه

همچنین، برای تعیین مقدار آب آبیاری از لوله های مجهز به کنتور استفاده شد. با استفاده از داده های به دست آمده و رابطه ۱ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه مؤثر ریشه ارزیابی شد:

$$(MAD) = (FC - PWP) / (FC - PWP)$$

در این فرمول FC و PWP به ترتیب رطوبت خاک در ظرفیت زراعی<sup>۲</sup> و نقطه پژمردگی دائم<sup>۳</sup> (جدول ۱) و  $\theta$  درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری است.  $\theta$  بر اساس تیمارهای آبیاری تنظیم شده و مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$V_d = MAD \times ASW \times R_z \quad (2)$$

در این فرمول  $V_d$  حجم آب آبیاری (میلی متر)، ASW آب قابل دسترس خاک برابر با ۱۲۰ میلی متر در هر متر عمق خاک و  $R_z$  عمق مؤثر ریشه برابر با ۰/۳ متر است. آب قابل دسترس خاک عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است. مقدار آب استفاده شده برای آبیاری همه تیمارها در مرحله رشد رویشی (مرحله  $V_6 - V_8$ ، ۶ تا ۸ برگه) پس از استقرار گیاه یکسان و بعد از آن متفاوت بود [۱۶].

در طول اجرای آزمایش علف های هرز در سه نوبت با دست وجین شدند. در مرحله رسیدگی (۷ مهر) با رعایت

4 . SAS 9.2  
5 . Proc Univariate  
6. Genearlized linear model (GLM)

1. Maximum allowable depletion  
2. Field capacity (FC)  
3. Permanent wilting point (PWP)

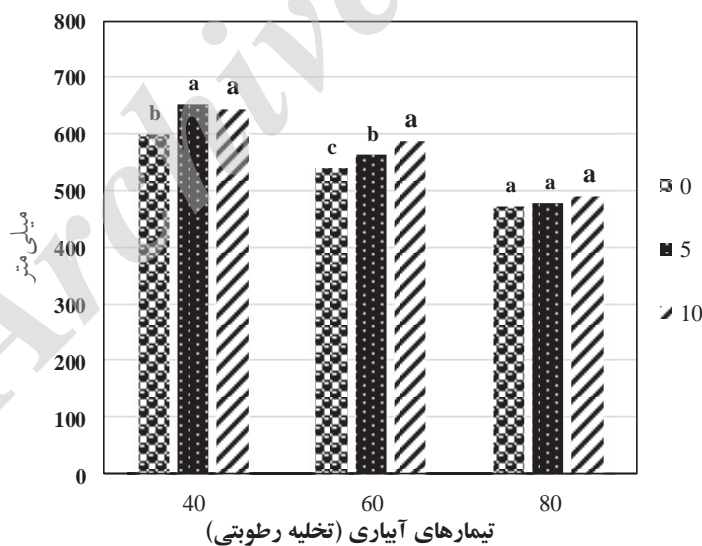
۶۵۱/۲ و ۶۴۵ میلی‌متر مصرف شد. کمترین حجم آب (۴۷۳/۳ میلی‌متر) در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت و عدم کاربرد زئولیت مصرف شد (شکل ۱). در سیستم تغذیه آلی و تلفیقی با آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی بیشترین حجم آب در سال اول به ترتیب با مقدار ۶۳۳/۹ و ۶۵۹/۴ میلی‌متر مصرف شد. کمترین حجم آب (۴۴۸/۴ میلی‌متر) در تیمار کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی با آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت مصرف شد (جدول ۷). در سال دوم بیشترین حجم آب در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی با ۶۸۴/۵ میلی‌متر مصرف شد. کمترین حجم آب (۵۱۸/۶ میلی‌متر) در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت مصرف شد (جدول ۵). در پژوهشی که روی گیاه آفتابگردان انجام گرفت مصرف آب در تیمارهای آبیاری ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی در سال نخست به ترتیب ۵۶۰۰، ۴۹۳۰ و ۳۸۲۰ مترمکعب در هکتار و در سال دوم به ترتیب ۵۴۲۰، ۴۸۲۰ و ۳۸۵۰ مترمکعب در هکتار بود [۲۳].

مقایسه میانگین آثار متقابل تیمارهای آزمایشی حاوی تیمارهای آبیاری بر پایه روش برش‌دهی فیزیکی و با استفاده از روش حداقل تفاوت معنادار<sup>۱</sup> صورت گرفت. همچنین برای محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف از رویه همبستگی<sup>۲</sup> استفاده شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۱.۳. حجم آب مصرفی

تجزیه واریانس در سال نخست نشان داد که حجم آب مصرفی به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). در سال دوم حجم آب مصرفی به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمار آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). در سال نخست بیشترین حجم آب در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب در مقدار زئولیت ۵ و ۱۰ تن در هکتار برابر با



شکل ۱. حجم آب آبیاری در تیمارهای اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و مقادیر زئولیت (تن در هکتار) در سال ۱۳۹۳. در هر تیمار آبیاری ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنادار با هم ندارند.

1. LSD  
2. Proc Correlation

### ۲.۳. عملکرد دانه

می‌باشد [۱۴، ۲۹]. تغییر در فراهمی نیتروژن، عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر است. بنابراین، بر عملکرد تأثیر مستقیم دارد [۲۱]. علت بیشتر بودن عملکرد دانه در سیستم تغذیه‌ای آلی، احتمالاً می‌تواند به دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای فصل رشد و رهاسازی تدریجی این عنصر است که در تطابق با بیشتر نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه است [۲۲]. همچنین، در تحقیقی دیگر نشان داده شد که کود آلی با زئولیت علاوه بر فراهمی مناسب عناصر برای گیاه سبب دسترسی بهتر به آب در طول فصل رشد شده‌اند. زئولیت‌ها به دلیل داشتن تخلخل و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ساختار کریستالی‌شان قادرند بیش از ۶۰ درصد وزن خود آب را نگهداری کنند که این آب ذخیره شده در شبکه بتدریج جذب گیاه می‌شود [۴]. استفاده از زئولیت در کودهای آلی منجر به حفظ و نگهداری بهتر عناصر غذایی گشته و در طول دوره رشد به صورت یکنواخت آب و عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار داده و سبب تولید عملکرد مناسب در شرایط خشکی می‌شود. زئولیت با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجب فراهمی رطوبت در مراحل مختلف رشد سبب موفقیت آفتابگردان در تولید عملکرد مناسب تحت شرایط تنش شده است [۱۲ و ۲۶].

### ۳.۳. کارآیی مصرف آب

تجزیه واریانس در سال نخست و دوم نشان داد که کارآیی مصرف آب به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). کارآیی مصرف آب در سال نخست در تیمار آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی ۷۵ درصد کمتر بود (جدول ۵).

تجزیه واریانس در سال نخست نشان داد که عملکرد دانه به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). در سال دوم عملکرد دانه به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت، آثار متقابل کود و زئولیت، آبیاری و کوددهی، آبیاری و زئولیت، همچنان اثر سه گانه آبیاری، کود و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). در سال نخست در آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، عملکرد دانه (۱۲۷ درصد) کمتر بود (جدول ۵). عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق در سال نخست همبستگی مثبت و معنادار نشان داد (به ترتیب برابر  $0.94^{***}$ ،  $0.95^{**}$  و  $0.85^{**}$ ). با توجه به جدول ۷ در سال نخست شرایط کم آبیاری با اثر منفی بر اجزاء عملکرد باعث افت عملکرد دانه شد. در سال دوم در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و سیستم تغذیه تلفیقی و ۵ تن زئولیت در هکتار بیشترین عملکرد دانه به مقدار  $2713/8$  کیلوگرم در هکتار حاصل شد که حدوداً شش برابر بیشتر از کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۹). کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در اثر تنش رطوبتی و یا شرایط کم آبیاری توسط پژوهشگران دیگر نیز به اثبات رسیده است [۳۳ و ۳۶]. در سال اول در همه تیمارهای کودی با کاربرد زئولیت عملکرد دانه افزایش یافت. بیشترین آن با کاربرد کود ۱۰۰ درصد آلی همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار به مقدار  $1781/7$  کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت به مقدار  $772/4$  کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۶). نیتروژن عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان و عنصر اصلی افزایش دهنده عملکرد

جدول ۳. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس تأثیر آبیاری، سیستم تغذیه و زونیت بر صفات زراعی و کیفی آفتابگردان در سال ۱۳۹۳.

درصد پروتئین	درصد روغن	کارایی مصرف آب آبیاری	حجم آب مصرفی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	قطر طبق برداشت	شاخص برداشت	عملکرد بیوزیک	درجه آزادی	تیمارها
۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۱/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱۳۴ <sup>ns</sup>	۳۴۷۸ <sup>ns</sup>	۲۵/۳ <sup>ns</sup>	۴۷۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۱۷۸ <sup>ns</sup>	۱۲۸۵۰۴ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۵۹۹/۴۲ <sup>ns</sup>	۶۸/۹۴ <sup>ns</sup>	۹/۲۷ <sup>**</sup>	۱۵۲۵۹۲ <sup>**</sup>	۵۹۹۰۰۲۲ <sup>ns</sup>	۳۷۰/۱ <sup>ns</sup>	۲۲۹۴۳۴ <sup>ns</sup>	۲۶۰/۹۹ <sup>ns</sup>	۴۶۱۹ <sup>ns</sup>	۸۹۵۰۳۴۴ <sup>ns</sup>	۲	آبیاری
۰/۸۷	۰/۴۶	۰/۱۳	۹۹۸	۶۶۳۶۸	۵	۵۱۸/۵	۰/۶۹	۲۴۰	۴۷۵۹۴۹	۴	خطای کرت اصلی
۱۳۰/۹۴ <sup>ns</sup>	۶۳/۵۱ <sup>ns</sup>	۲/۵۶ <sup>**</sup>	۱۴۶۳۰ <sup>**</sup>	۱۲۱۵۴۲۷ <sup>ns</sup>	۶۰/۳ <sup>ns</sup>	۱۴۶۶۰ <sup>ns</sup>	۴۲/۰۴ <sup>**</sup>	۱۰۶۱ <sup>ns</sup>	۲۵۶۰۹۴۴ <sup>ns</sup>	۲	کود
۴۵/۹۸ <sup>ns</sup>	۴۵/۸۰ <sup>ns</sup>	۲/۸۴ <sup>**</sup>	۹۸۶۳ <sup>**</sup>	۱۳۰۳۳۱۹ <sup>ns</sup>	۲۸۹/۳ <sup>ns</sup>	۱۹۶۰۷ <sup>ns</sup>	۵۴/۹۸ <sup>**</sup>	۹۳۹ <sup>ns</sup>	۱۹۶۰۳۷۹۱ <sup>ns</sup>	۲	زونیت
۶/۲۷ <sup>ns</sup>	۲/۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۸۵ <sup>**</sup>	۲۱۳ <sup>ns</sup>	۲۸۰۹۶۵ <sup>ns</sup>	۱۷۵/۱ <sup>ns</sup>	۱۸۸۲ <sup>ns</sup>	۱۵/۸۳ <sup>ns</sup>	۱۵۰ <sup>ns</sup>	۴۷۳۲۶۶۶ <sup>ns</sup>	۴	کود+زونیت
۴۵/۹۸ <sup>ns</sup>	۱/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۲۱۱۷ <sup>ns</sup>	۴۹۱۲۶ <sup>ns</sup>	۴۰/۳ <sup>ns</sup>	۳۱۷۹ <sup>ns</sup>	۵/۵۳	۴۸۷ <sup>ns</sup>	۳۲۳۸۲۸۶ <sup>ns</sup>	۴	آبیاری+کود
۱/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۱۵۶۵ <sup>ns</sup>	۲۸۰۲۸ <sup>ns</sup>	۲/۴ <sup>ns</sup>	۸۴۵ <sup>ns</sup>	۳/۰۳ <sup>**</sup>	۳۱۶ <sup>ns</sup>	۳۲۸۹۲۸۴ <sup>ns</sup>	۴	آبیاری+زونیت
۱/۵۲ <sup>ns</sup>	۲/۹۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۲۴۵ <sup>ns</sup>	۳۹۶۸۵ <sup>ns</sup>	۲۴/۸ <sup>ns</sup>	۱۲۶۰ <sup>ns</sup>	۳/۰۱ <sup>**</sup>	۱۹۷ <sup>ns</sup>	۸۹۹۹۳۲ <sup>ns</sup>	۸	آبیاری+کود+زونیت
۰/۶۵	۰/۸۲	۰/۱۱	۳۲۶/۱	۳۴۴۱	۲/۳	۲۱۵	۰/۳۲	۲۱۳	۳۷۴۶۵۵	۴۸	خطای فرعی
۴/۶۷	۲/۹۴	۱۵/۵	۳/۲	۱۴/۹	۳/۲	۵/۷	۴/۱۰	۳۵	۱۸۷	-	ضرب تغییرات (درصد)

ns و \*\* به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



جدول ۴. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس تأثیر آبیاری، سیستم تغذیه و زنونیت بر صفات زراعی و کیفی آفتابگردان در سال ۱۳۹۴.

تیمارها	درجه آزادی	عملکرد	شاخص برداشت	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	حجم آب مصرفی	کارایی مصرف آب آبیاری	درصد روغن	درصد پروتئین
تکرار	۲	۱۱۱۴۵۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۲۸/۳۳ <sup>ns</sup>	۵۴۴۰ <sup>ns</sup>	۳۲۵/۳ <sup>ns</sup>	۴۲۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱۷۵/۳۹ <sup>ns</sup>	۱۵/۳۳ <sup>ns</sup>
آبیاری	۲	۴۱۷۸۸۲۷۵ <sup>ns</sup>	۷۰/۹ <sup>ns</sup>	۲۱۴/۶۵ <sup>ns</sup>	۱۲۴۲۲۸ <sup>ns</sup>	۴۷۵۹ <sup>ns</sup>	۲۲۱۵۶۸ <sup>ns</sup>	۱۱/۳۲ <sup>ns</sup>	۱۷۱/۷۱ <sup>ns</sup>	۷۱۷/۷۲ <sup>ns</sup>
خطای کرت اصلی	۴	۱۷۴۷۱۴۱	۱۱/۸	۱۹/۷۹	۵۴۲۰	۳۳۴	۵۴۰۵۰	۰/۱۵	۱۷۱/۳۹	۲۴/۶۰
کود	۲	۱۳۱۵۸۴۳۳ <sup>ns</sup>	۲۱/۹۰ <sup>ns</sup>	۵۲/۷۶ <sup>ns</sup>	۳۲۱۰/۸ <sup>ns</sup>	۲۵۶ <sup>ns</sup>	۱۰۱۹۵ <sup>ns</sup>	۳/۱۰ <sup>ns</sup>	۱۵۱/۶۹ <sup>ns</sup>	۱۲۴/۷۴ <sup>ns</sup>
زونیت	۲	۱۱۹۸۰۸۰ <sup>ns</sup>	۴۲/۷ <sup>ns</sup>	۲۲/۵۸ <sup>ns</sup>	۳۴۶۶ <sup>ns</sup>	۱۵۶ <sup>ns</sup>	۹۲۰۳۳ <sup>ns</sup>	۳/۴۴ <sup>ns</sup>	۱۷۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۶/۹۲ <sup>ns</sup>
کود:زونیت	۴	۱۹۵۲۹ <sup>ns</sup>	۱۲/۶ <sup>ns</sup>	۱/۱۱ <sup>ns</sup>	۶۲۲ <sup>ns</sup>	۲۶/۵ <sup>ns</sup>	۳۸۴۷۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۳ <sup>ns</sup>	۵۰/۵۲ <sup>ns</sup>	۳۳/۳۳ <sup>ns</sup>
آبیاری:کود	۴	۲۱۳۰۲۵۶ <sup>ns</sup>	۲۱/۴۲ <sup>ns</sup>	۱۰/۵۰ <sup>ns</sup>	۲۲۷۶ <sup>ns</sup>	۶۵/۴ <sup>ns</sup>	۴۲۵۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱۱۰/۶۳ <sup>ns</sup>	۱۱/۱۲ <sup>ns</sup>
آبیاری:زونیت	۴	۱۳۵۷۰۸ <sup>ns</sup>	۱۱/۳۲ <sup>ns</sup>	۱/۹۷ <sup>ns</sup>	۴۳۷ <sup>ns</sup>	۷/۲ <sup>ns</sup>	۱۶۹۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۱۰۶/۸۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۴۵ <sup>ns</sup>
آبیاری:کود:زونیت	۸	۵۷۷۰۹ <sup>ns</sup>	۲۶/۹ <sup>ns</sup>	۱/۲۰ <sup>ns</sup>	۶۹۶ <sup>ns</sup>	۲۱/۰۲ <sup>ns</sup>	۱۷۴۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۱۰۱/۵۰ <sup>ns</sup>	۹/۳۲ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۴۸	۲۵۱۸۲	۱/۳۴	۰/۱۲	۵۳/۶	۱/۵	۱۳۲۴۸	۰/۱۳	۲/۱۲	۰/۵۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۵۲	۴/۷	۲/۳۷	۲/۷	۲/۰۵	۱۹/۹۷	۱۵/۴۵	۴/۱۱	۴/۲۹

ns و \*\* به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۵. اثر آبیاری بر درصد روغن، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب آبیاری در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

۱۳۹۴		۱۳۹۳			
درصد روغن	حجم آب مصرفی (میلی‌متر)	کارایی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	آبیاری (درصد تخلیه رطوبتی)
۳۲/۹ a	۶۸۴/۵ a	۲/۶۰ a	۴۹/۵a	۱۶۵۲/۰ a	۴۰
۳۵/۵ a	۵۳۸/۵ a	۲/۳۶ a	۴۸/۷ a	۱۳۴۰/۱ b	۶۰
۳۷/۹ a	۵۱۸/۶ a	۱/۴۸ b	۲۶/۵ b	۷۲۵/۶ c	۸۰

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

زئولیت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. تجزیه واریانس در سال دوم نشان داد که تعداد دانه به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت، آثار متقابل کود و زئولیت، آبیاری و کوددهی، آبیاری و زئولیت، همچنان اثر سه گانه آبیاری، کود و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). براساس نتایج مندرج در جدول ۸ در سال نخست به‌طور کلی در هر یک از سیستم‌های آبیاری با حرکت از تیمارهای شیمیایی به آلی و با کاربرد زئولیت آثار منفی تنش آبی بر تعداد دانه در طبق کاهش یافت. در آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، استفاده از تیمارهای تلفیقی، آلی و شیمیایی به همراه ۵ و ۱۰ تن زئولیت بالاترین تعداد دانه در طبق را تولید کردند و از این نظر با سایر تیمارها در این رژیم آبیاری اختلاف معناداری داشتند. در تیمار آبیاری ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی بین تیمارهای کود آلی و کاربرد ۵ و ۱۰ تن زئولیت و تیمار تلفیقی با کاربرد ۱۰ تن زئولیت با سایر تیمارها تفاوت معنادار آماری وجود داشت، همچنین بالاترین مقدار این صفت در تیمار کود آلی و کاربرد ۱۰ تن زئولیت (۳۲۷/۷ دانه در طبق) مشاهده شد. در سال نخست در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی بالاترین مقدار این صفت در ترکیب تیماری کود آلی و کاربرد ۱۰ تن زئولیت

در سال نخست و دوم اثر تیمارهای کودی به همراه زئولیت سبب افزایش کارایی مصرف آب شد به‌طوری‌که بیشترین آن با بکارگیری کود ۱۰۰ درصد آلی همراه به ۱۰ تن زئولیت در هکتار به ترتیب به مقدار ۳/۳، ۳/۱، ۳/۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر و کمترین آن در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت به ترتیب مقدار ۱/۴، ۱/۶ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر حاصل شد (جدول ۶). محققان دیگر گزارش کردند که به کارگیری کود نیتروژن در گیاه آفتابگردان باعث بهبود کارایی مصرف آب در حدود ۷/۶ درصد نسبت به کارگیری باکتری‌های مفید شد. همچنین، آنها اشاره کردند که با استفاده از کود نیتروژن در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن نسبت به تیمار شاهد میزان کارایی مصرف آب تحت شرایط ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۲۳/۸۲، ۲۷/۰۵ و ۲۶/۵۲ درصد افزایش پیدا کرد [۲۳].

### ۴.۳. تعداد دانه در طبق

نتایج جدول ۳ در سال نخست نشان داد که تعداد دانه در طبق به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت، آبیاری و کود، آبیاری و زئولیت، همچنان اثر سه گانه آبیاری، کود و

گرفت (جداول ۳ و ۴). در هر دو سال در هر یک از سیستم‌های آبیاری با حرکت از تیمارهای شیمیایی به آلی و با کاربرد زئولیت آثار منفی تنش آبی بر وزن هزار دانه کاهش یافته است (جداول ۸ و ۹). در سال نخست در آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، استفاده از تیمار تلفیقی آلی و شیمیایی به همراه ۵ تن زئولیت بالاترین عملکرد را تولید کرد که با سایر تیمارها در این رژیم آبیاری اختلاف معنا داری داشت. همچنین، در تیمارهای آبیاری ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی بالاترین مقدار این صفت در کرت‌هایی که فقط از کود آلی و ۱۰ تن زئولیت استفاده شده مشاهده شد که با سایر ترکیبات تیماری در این سطوح آبیاری اختلاف معنا دار داشت (جدول ۸). در سال نخست و دوم در تیمارهای آبیاری بعد از ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی در سیستم تغذیه تلفیقی و ۵ تن زئولیت در هکتار بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب با مقدار ۷۵/۹، ۸۱/۸ گرم حاصل شد که این مقدار در هر دو سال حدود دو و نیم برابر بیشتر از کمترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۸ و ۹). نیتروژن در سیستم تغذیه‌ای شیمیایی به صورت معدنی است و در شرایط محیطی مناسب در معرض فرآیند نیترات‌سازی قرار می‌گیرد و به عمق پایین تر خاک انتقال می‌یابد به طوری که شستشوی عناصر غذایی در مراحل اولیه رشد در سیستم تغذیه ۱۰۰ درصد شیمیایی موجب شده که میزان دسترسی گیاه به این عنصر در مرحله پر شدن دانه کاهش یابد. احتمالاً دلیل افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق در سیستم تغذیه‌ای آلی عنصر فسفر است که نقش مهمی در زمان پر شدن دانه و افزایش وزن دانه دارد و افزایش دسترسی به فسفر از ویژگی‌های مثبت کود آلی است [۱۹] که ممکن است در سیستم‌های آلی و تلفیقی بر وزن هزاردانه اثر گذاشته باشد.

به‌دست آمد. همچنین، بین این تیمار با سایر تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش تفاوت معنادار آماری مشاهده شد. در تیمار ۸۰ درصد آبیاری اعمال تیمار کود آلی و کاربرد ۱۰ تن زئولیت نسبت به تیمار شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت سبب دو برابر شدن تعداد دانه در طبق شد. در سال نخست و دوم در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و سیستم تغذیه تلفیقی و ۵ تن زئولیت در هکتار بیشترین تعداد دانه در طبق به ترتیب برابر ۳۸۱/۳ و ۴۲۲ دانه حاصل شد که ۳/۳ و ۲/۸ برابر بیشتر از کمترین تعداد دانه در طبق در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت بود (جداول ۸ و ۹). به‌علت دارا بودن زئولیت که به میزان چند برابر وزن خود آب جذب می‌کند قابلیت دسترسی گیاه به آب را افزایش داده و با داشتن تبادل کاتیونی بالا [۱۳] به دلیل تمایل زیاد برای جذب آمونیوم و مولکول‌های آب، میزان تلفات نیتروژن را کاهش و راندمان مصرف آن را افزایش می‌دهد [۱۵]. بنابراین، می‌توان گفت که زئولیت در مرحله رشد زایشی نقش بسیار مهمی در افزایش تعداد دانه در طبق داشته است. با افزایش مصرف کود آلی تعداد دانه در طبق روند افزایشی دارد. در این آزمایش با توجه به وجود کود آلی و همچنین زئولیت احتمالاً به علت قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر در خاک و احتمالاً جذب و انتقال بیشتر نیتروژن به اندام‌های هوایی، تولید ماده خشک بیشتر موجب بهبود رشد زایشی شده و تعداد دانه بیشتری مشاهده شد.

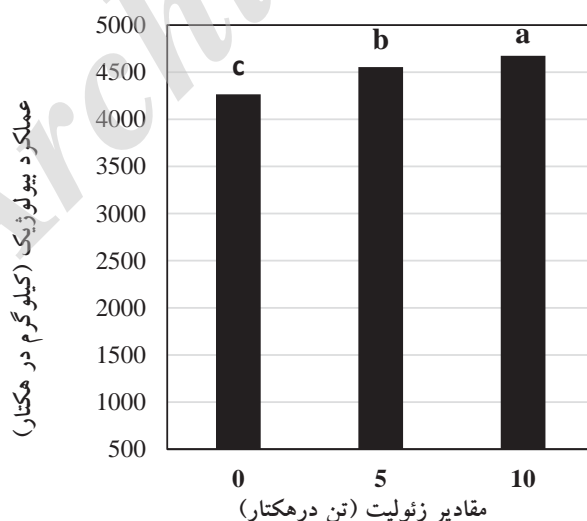
### ۵.۳. وزن هزار دانه

در سال نخست و دوم وزن هزار دانه به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت، آبیاری و کود، همچنان اثر سه گانه آبیاری، کود و زئولیت در سطح احتمال ۱ درصد قرار

### ۶.۳. عملکرد بیولوژیک

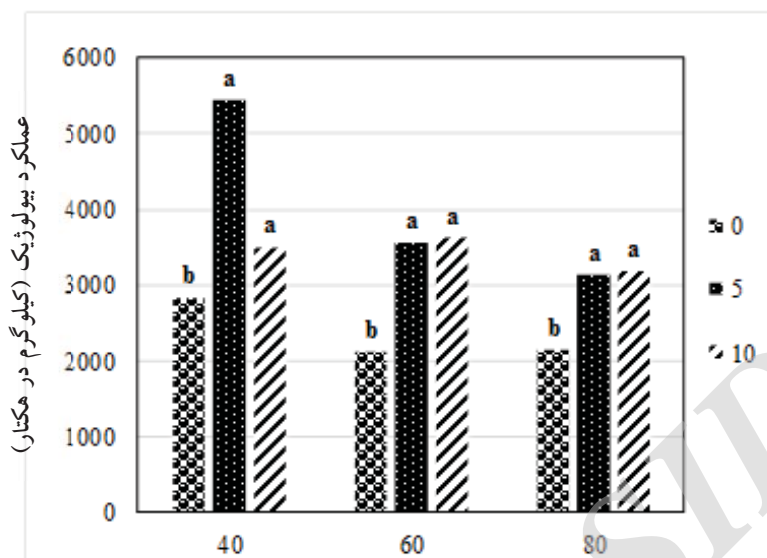
(جدول ۶). در سال دوم کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار نسبت به عدم کاربرد زئولیت سبب افزایش ۹/۶ درصدی عملکرد بیولوژیک شد (شکل ۲). چنین استنباط می‌شود که اضافه کردن زئولیت به کود آلی مانع هدر روی نیتروژن و سایر عناصر غذایی موجود در کود آلی شده، همچنان قادر است فراهمی بیشتری از عناصر غذایی را در طول دوره رشد گیاه ایجاد کند. در سال نخست و دوم در تیمار سیستم تغذیه تلفیقی و آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی بیشترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب با مقدار ۵۳۶۲ و ۶۳۶۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی با آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت به ترتیب با وزن ۱۷۸۳ و ۲۲۰۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۷). تیمارهای حاوی رطوبت کافی، زئولیت و مواد آلی به دلیل تأمین کامل آب مورد نیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و قابلیت تبادل کاتیونی خاک و جلوگیری از شستشوی نیتروژن باعث افزایش وزن خشک کل گیاه می‌شوند [۳۱].

در سال نخست عملکرد بیولوژیک به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت، آبیاری و کود، و آبیاری و زئولیت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). همچنین، عملکرد بیولوژیک در سال دوم نیز به طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و آثار متقابل کود و زئولیت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین عملکرد بیولوژیک در سال نخست حاصل تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و زئولیت ۵ تن در هکتار با وزن ۵۴۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار است. کمترین عملکرد بیولوژیک از تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت و عدم کاربرد زئولیت با وزن ۲۱۳۱/۸ کیلوگرم در هکتار برداشت شد (شکل ۳). اثر تیمارهای کودی به همراه زئولیت سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در سال نخست شد به طوری که بیشترین آن با به کارگیری کود تلفیقی همراه به ۵ تن زئولیت در هکتار به مقدار ۵۵۵۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت به مقدار ۱۴۶۷/۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد



شکل ۲. اثر اصلی مقادیر مختلف زئولیت (تن در هکتار) بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سال ۱۳۹۴. حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنادار با هم ندارند.

ارزیابی صفات زراعی و کیفیت دانه آفتابگردان در واکنش به نیتروژن و ژنولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری



تیمارهای آبیاری (درصد تخلیه رطوبتی)

شکل ۳. اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و مقادیر ژنولیت (تن در هکتار) بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سال ۱۳۹۳. در هر تیمار آبیاری ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنادار با هم ندارند.

### ۷.۳. شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر معنادار تیمار آبیاری در سال نخست قرار گرفت (جدول ۳). تجزیه واریانس در سال دوم نشان داد که شاخص برداشت به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، ژنولیت، اثرات متقابل کود و ژنولیت، آبیاری و کوددهی، آبیاری و ژنولیت، همچنین اثر سه گانه آبیاری، کود و ژنولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). اثر تیمارهای آبیاری بعد از ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی سبب ۸۷ درصد افزایش شاخص برداشت در سال نخست شد (جدول ۴). در سال نخست همبستگی مثبت و معناداری بین شاخص برداشت و تعداد دانه در طبق ( $r = 0.46^*$ ) و وزن هزار دانه ( $r = 0.41^*$ ) وجود داشت. نتایج تحقیقی نشان داد که تنش خشکی سبب نزول شاخص برداشت آفتابگردان شد و علت آن هم افت تعداد

همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ( $r = 0.70^{**}$ )، وزن خشک ساقه ( $r = 0.79^{**}$ )، وزن خشک طبق ( $r = 0.68^{**}$ )، تعداد برگ ( $r = 0.55^{**}$ ) و ارتفاع بوته ( $r = 0.75^{**}$ ) وجود داشت. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فراهمی بیشتر رطوبت در مراحل مختلف رشد با کاربرد کودآلی سبب افزایش رشد رویشی (شاخص سطح برگ، ارتفاع، و قطر ساقه)، اجزای زایشی (قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) و وزن خشک گیاه شده و در نتیجه عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است. جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه، رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش داده و این امر موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه می‌شود. نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققان نیز با نتایج فوق مطابقت دارد [۲۷ و ۱۱].

دانه در طبق، کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه‌ها شناخته شد [۲۰]. در سال دوم در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و سیستم تغذیه تلفیقی و ۵ تن زئولیت در هکتار بیشترین شاخص برداشت برابر ۴۱/۲ درصد حاصل شد که دو برابر بیشتر از کمترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۹).

### ۸.۳. درصد پروتئین

در سال نخست درصد پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت و اثرات متقابل کود و زئولیت، و آبیاری و کود در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). تجزیه واریانس در سال دوم نشان داد که درصد پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی، زئولیت، اثرات متقابل آبیاری و کوددهی، آبیاری و زئولیت و اثر سه گانه آبیاری، کود و زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). در سال نخست در همه تیمارهای تغذیه‌ای، کاربرد زئولیت سبب افزایش درصد پروتئین شد. بیشترین آن با کود ۱۰۰ درصد شیمیایی همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار به مقدار ۲۱/۷ درصد و کمترین آن در تیمار تلفیقی و عدم کاربرد زئولیت به مقدار ۱۳/۵ درصد حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی و سیستم تغذیه ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۱۰ تن زئولیت در هکتار بیشترین درصد پروتئین برابر ۲۸/۵ درصد حاصل شد که ۲/۸ برابر بیشتر از کمترین درصد پروتئین در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی تلفیقی و عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۹).

### ۹.۳. درصد روغن

تجزیه واریانس در سال اول نشان داد که درصد روغن دانه به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، کوددهی و

زئولیت و اثر متقابل سه گانه آبیاری، کود و زئولیت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). تجزیه واریانس سال دوم نشان داد که درصد روغن به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کوددهی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۴). در سال نخست بیشترین درصد روغن از تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، سیستم تغذیه تلفیقی و ۱۰ تن زئولیت در هکتار حاصل شد که ۱۱/۳ درصد بیشتر از مقدار آن در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبت، کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۸). در سال نخست نتایج نشان داد در تمام تیمارهای تخلیه رطوبتی و کودی افزایش کاربرد زئولیت باعث افزایش درصد روغن دانه شد. همچنین، بیشترین و کمترین درصد روغن در تمام سیستم‌های آبیاری به ترتیب در تیمار تلفیقی با کاربرد ۱۰ تن زئولیت و تیمار شیمیایی و عدم زئولیت ثبت شد. در سال دوم درصد روغن در تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی نسبت به ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی ۷۵ درصد کمتر بود (جدول ۵). استفاده از کود تلفیقی نسبت به کود شیمیایی سبب افزایش ۱۳ درصدی درصد روغن دانه در سال دوم شد (شکل ۴). گزارش شده است که با افزایش مقدار آب در دسترس گیاهان میزان روغن افزایش می‌یابد، کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به‌علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد. در واقع تنش رطوبتی به‌ویژه در هنگام رسیدگی، درصد روغن را کاهش داده است [۲۸]. رهاسازی آهسته نیتروژن از کود آلی و قابل دسترس بودن آن به هنگام نیاز گیاه و همچنین متعادل بودن عناصر غذایی به دلیل حضور عناصر ریز مغذی از یک سو و بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک از سوی دیگر ضمن ایجاد بستر مناسب برای رشد و فتوسنتز باعث افزایش درصد روغن دانه شده است [۹].

ارزیابی صفات زراعی و کیفیت دانه آفتابگردان در واکنش به نیتروژن و زئولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

جدول ۶. اثر متقابل کود و زئولیت بر عملکردهای دانه، بیولوژیک و درصد پروتئین در سال ۱۳۹۳ و کارآیی مصرف آب آبیاری آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

تیمارهای کودی	مقادیر زئولیت (تن در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین
			۱۳۹۴	۱۳۹۳		
۱۰۰٪ آلی	۱۰	۱۷۸۱/۷a	a ۳/۳	۳/۰۱ a	۴۳۴۱/۶b	۱۷/۶b
	۵	۱۳۳۸/۷bc	b ۲/۵	۲/۲۵ bc	۴۱۷۶/۶bc	۱۷/۲bc
	۰	۱۱۲۰/۷bcd	bc ۲/۲	۱/۹۷ cd	۲۶۱۹/۵d	۱۶/۸bc
۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۱۰	۱۲۸۶/۹bc	ab ۲/۷	۲/۱۵ bc	۳۳۱۹/۵cd	۱۶/۵bc
	۵	۱۵۳۷/۲ab	ab ۲/۹	۲/۶۰ ab	۵۵۵۹/۰a	۱۵/۵bc
	۰	۱۰۷۹/۳cd	bc ۲/۱	۱/۹۱ cd	۲۹۸۹/۹d	۱۳/۵c
۱۰۰٪ شیمیایی	۱۰	۱۱۵۵/۰bcd	bc ۲/۲	۲/۰۱ cd	۲۶۲۰/۵d	۲۱/۷a
	۵	۱۰۸۱/۸cd	bc ۲/۲	۱/۹۶ cd	۲۳۹۳/۹de	۱۹/۴ab
	۰	۷۷۲/۴d	۱/۶c	۱/۴ d	۱۴۶۷/۸e	۱۷/۷b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و در هر تیمار آبیاری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد، اختلاف معنادار با هم ندارند. (۱۰۰ درصد آلی = ۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار؛ ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی = ۱۴/۱ تن کود گوسفندی، ۷/۳ تن کود مرغی در هکتار + ۶۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار؛ ۱۰۰ درصد شیمیایی = ۱۳۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار. نسبت کود گوسفندی به مرغی ۶۵ به ۳۵ درصد است).

جدول ۷. اثر متقابل آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیک در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ و حجم آب آبیاری و درصد پروتئین آفتابگردان در سال ۱۳۹۳.

تیمارهای آبیاری (درصد تخلیه رطوبتی)	تیمارهای کودی	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)		حجم آب آبیاری (میلی‌متر)	درصد پروتئین
		۱۳۹۴	۱۳۹۳		
۴۰	۱۰۰٪ آلی	b ۵۹۲۱	۳۸۲۵/۹ ab	۶۳۳/۹ a	۲۲/۳b
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	a ۶۳۶۱	۵۳۶۲/۴ a	۶۵۹/۴ a	۱۹/۸c
	۱۰۰٪ شیمیایی	c ۴۴۸۴/۳c	۲۵۷۱/۲b	۶۰۳/۳ b	۲۴/۷ a
۶۰	۱۰۰٪ آلی	a ۵۲۲۳/۴	۳۹۱۱/۱a	۵۸۱/۷ a	۱۶/۷b
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	b ۴۶۱۶/۹b	۳۲۶۰/۹a	۵۶۱/۷ ab	۱۵/۱c
	۱۰۰٪ شیمیایی	c ۴۴۴۹/۲	۲۱۲۷/۹b	۵۴۵/۳ b	۱۸/۷ a
۸۰	۱۰۰٪ آلی	a ۳۹۹۱/۳	۳۴۰۰/۸ a	۵۰۸/۶ a	۱۲/۶b
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	b ۳۲۳۵/۷	۳۲۴۵/۱ a	۴۸۴/۳ b	۱۰/۶c
	۱۰۰٪ شیمیایی	c ۲۲۰۲/۷	۱۷۸۳/۱ b	۴۴۸/۴ c	۱۵/۳a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و در هر تیمار آبیاری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد، اختلاف معنادار با هم ندارند. (۱۰۰ درصد آلی = ۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار؛ ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی = ۱۴/۱ تن کود گوسفندی، ۷/۳ تن کود مرغی در هکتار + ۶۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار؛ ۱۰۰ درصد شیمیایی = ۱۳۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار. نسبت کود گوسفندی به مرغی ۶۵ به ۳۵ درصد است).

جدول ۸. اثر متقابل سه گانه آبیاری، کود و زئولیت بر درصد روغن، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سال ۱۳۹۳.

تیمارهای آبیاری (درصد تخلیه رطوبتی)	تیمارهای کودی	مقادیر زئولیت (تن در هکتار)	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن
	۱۰۰٪ آلی	۱۰	۳۵۱/۵ b	۷۲/۲ b	۳۲/۴ ab
	۱۰۰٪ آلی	۵	۳۳۷/۸ bcd	d ۶۶/۳	۳۲/۴ ab
	۱۰۰٪ آلی	۰	۳۱۳/۱ d	۶۹/۸ c	۳۱/۰ c
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۱۰	۳۵۶ ab	۶۹/۱ c	۳۷/۷ a
۴۰	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۵	a ۳۸۱/۳	۷۵/۹ a	۳۴/۸ b
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۰	۳۴۳ bc	۶۹/۶ c	۳۱/۸ c
	۱۰۰٪ شیمیایی	۱۰	bc ۳۴۵/ ۸	۶۹/۵ c	۳۲/۰ bc
	۱۰۰٪ شیمیایی	۵	۳۱۸/۷ cd	۶۱/۷ e	۳۱/۶ c
	۱۰۰٪ شیمیایی	۰	۲۵۸/۴ e	۵۲/۱ f	۳۰/۲ e
	۱۰۰٪ آلی	۱۰	۳۲۷/۷ a	۶۸/۵ a	۳۰/۳ bc
	۱۰۰٪ آلی	۵	۳۱۶/۲ ab	۶۰/۶ bc	۲۹/۶ c
	۱۰۰٪ آلی	۰	۲۹۱/۴ b	۵۸/۶ dc	۲۹/۲ c
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۱۰	۳۰۴/۱ ab	۵۸/۴ dc	۳۳/۱ a
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۵	۲۹۵/۲ b	۶۳/۵ b	۳۱/۸ ab
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۰	۲۱۹/۷ d	۵۶/۷ d	۳۰/۷ bc
	۱۰۰٪ شیمیایی	۱۰	۲۶۲/۴ c	۵۸/۷ dc	۲۹/۹ c
	۱۰۰٪ شیمیایی	۵	۲۶۴/۸ c	۵۵/۸ de	۲۹/۶ c
	۱۰۰٪ شیمیایی	۰	۱۹۲ e	۵۲/۳ e	۲۶/۷ d
	۱۰۰٪ آلی	۱۰	۲۲۹/۸ a	۵۶/۴ a	۳۱/۱ ab
	۱۰۰٪ آلی	۵	۱۴۵/۷ c	۴۳/۶ de	۲۹/۴ c
	۱۰۰٪ آلی	۰	۱۴۴/۶ c	۴۸/۵ b	۲۸/۸ c
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۱۰	۱۴۴/۲ c	۴۲/۲ d	۳۲/۴ a
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۵	۱۶۷/۷ b	۴۷/۴ bc	۳۱/۲ ab
	۵۰٪ آلی + ۵۰٪ شیمیایی	۰	۱۳۶/۱ c	۴۴/۶ dc	۳۰/۰ bc
	۱۰۰٪ شیمیایی	۱۰	۱۵۲/۹ bc	۴۳/۶ de	۳۰/۱ bc
	۱۰۰٪ شیمیایی	۵	۱۴۳/۴ c	۴۰/۲ e	۲۹/۴ c
	۱۰۰٪ شیمیایی	۰	۱۱۳/۹ d	۲۹/۷ f	۲۶/۴ d

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و در هر تیمار آبیاری براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد، اختلاف معنادار با هم ندارند. (۱۰۰ درصد آلی = ۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار؛ ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی = ۱۴/۱ تن کود گوسفندی، ۷/۳ تن کود مرغی در هکتار + ۶۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار؛ ۱۰۰ درصد شیمیایی = ۱۳۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار. نسبت کود گوسفندی به مرغی ۶۵ به ۳۵ درصد است).

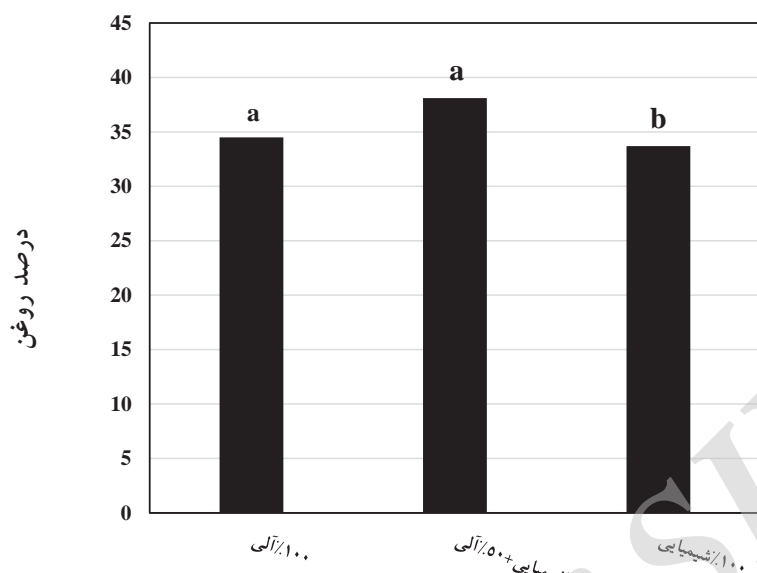


ارزیابی صفات زراعی و کیفیت دانه آفتابگردان در واکنش به نیتروژن و زئولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

جدول ۹. اثر متقابل سه گانه آبیاری، کود و زئولیت بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان در سال ۱۳۹۴.

درصد پرتوئین	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	قطر طبق (سانتی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)	مقادیر زئولیت (تن در هکتار)	تیمارهای آبیاری تیمارهای کودی (درصد تخلیه رطوبتی)
۲۲/۳c	۲۱۹/۰cd	۷۳/۲b	۳۲۷/۱b	۱۹/۲b	۳۶cd	۱۰	آبی / آبی
۲۲/۳d	۲۱۳۷/۶d	۷۲/۷b	۳۵۴/۸cd	۰۱۸/۳	۳۴/۵de	۵	آبی / آبی
۲۰/۷f	۱۸۲۱/۳f	۷۱/۲c	۳۳۶/۳e	۱۷/۲d	۳۵/۱e	۰	آبی / آبی
۲۱/۵e	۲۳۰۷/۶b	۷۳/۲b	۳۳۰/۹bc	۱۹/۵b	۳۵/۸cd	۱۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۲۰/۷f	۲۷۱۳/۸a	۸۱/۸a	۴۲۲/۲a	۲۱/۸a	۴۱/۲a	۵	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۲۰/۷f	۲۲۴۴/۶bc	۷۲/۷b	۳۴۶/۶de	۱۸/۴c	۳۶/۹bc	۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۲۸/۵a	۱۹۱۷/۳c	۷۲/۸b	۳۱۴/۴f	۱۷/۲d	a۴۹/۹	۱۰	شیمیایی / شیمیایی
۲۶/۱b	۱۶۱۹/۶g	۶۶/۴d	۲۸۹/۱g	۱۷/۳d	۳۵/۵cd	۵	شیمیایی / شیمیایی
۲۱/۷de	۱۵۳۹/۶h	۶۳e	۲۸۳/۲g	۱۴/۱e	۳۷/۷b	۰	شیمیایی / شیمیایی
۱۷/۷d	۱۶۲۱/۳a	۶۸/۴a	۳۰۳/۹a	۱۷a	۳۰/۹bc	۱۰	آبی / آبی
۱۷/۴de	۱۴۴۲/۴de	۶۶/۴b	۲۹۴/۲b	۱۶/۲b	۲۷/۷d	۵	آبی / آبی
۱۷c	۱۵۲۱/۸b	۵۶/۵f	۲۶۸/۴e	۱۵cd	۲۹/۷c	۰	آبی / آبی
۱۵/۳f	۱۶۳۷/۶a	۶۱/۶cd	۲۸۷/۹c	۱۵/۴c	۳۳/۸a	۱۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۵/۲f	۱۴۵۳/۳c	۶۲/۶c	۲۷۶/۸d	۱۵cd	۳۱/۹b	۵	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۴/۳g	۱۳۷۴/۲de	۶۰/۴d	۲۶۸/۶e	۱۴/۵de	۳۰/۶bc	۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۹/۷c	۱۴۳۱/۱cd	۶۱/۷c	۱۵۵/۱f	۱۵cd	۳۱/۲b	۱۰	شیمیایی / شیمیایی
۲۰/۷b	۱۳۶۹c	۵۷/۹e	۲۲۷/۳g	۱۴/۵de	۳۰/۸bc	۵	شیمیایی / شیمیایی
۲۲/۷a	۱۲۹۷/۸f	۵۴/۸g	۲۲۲/۶h	۱۳/۹e	۲۹/۸c	۰	شیمیایی / شیمیایی
۱۴/۲ab	۱۱۴۶/۷a	۵۴a	۲۲۷/۴a	۱۴/۷a	۲۷/۳b	۱۰	آبی / آبی
۱۲/۹bc	۱۰۹۰a	۵۱/۸a	۲۳۹ab	۱۴/۸a	۲۸b	۵	آبی / آبی
۱۲/۷cd	۹۸۸/۲b	۴۸/۱b	۲۳۱/۸ab	۱۳/۵b	۲۶/۲bc	۰	آبی / آبی
۱۲/۲bc	۹۲۳/۵b	۴۷/۵bc	۲۲۴/۹b	۱۳/۲b	۲۶/۲bc	۱۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۱/۳cd	۷۹۴/۳c	۴۶/۸bcd	۲۲۲/۷b	۱۲/۸bc	۲۳/۹c	۵	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۰d	۷۱۰d	۴۲/۴cd	۲۲۰/۲b	۱۲/۶cd	۲۵/۶bc	۰	آبی / آبی + ۵۰٪ شیمیایی
۱۰/۹cd	۷۰۷/۵d	۴۴d	۱۶۸/۷c	۱۱/۵d	۳۰/۸a	۱۰	شیمیایی / شیمیایی
۱۳/۹ab	۶۷۶/۲d	۳۹/۷e	۱۵۹/۹cd	۱۰/۶e	۳۱/۴a	۵	شیمیایی / شیمیایی
۱۵/۴a	۴۲۷/۲e	۳۲/۷f	۱۴۷/۵d	۸/۹f	۱۹/۷d	۰	شیمیایی / شیمیایی

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و در هر تیمار آبیاری براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنادار با هم ندارند. (۱۰۰ درصد آبی = ۲۸/۲ تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار، ۵۰ درصد آبی + ۵۰ درصد شیمیایی = ۱۴/۱ تن کود مرغی در هکتار + ۶۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار، ۱۰۰ درصد شیمیایی = ۱۳۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، نسبت کود گوسفندی به مرغی ۶۵ به ۳۵ درصد است).



تیمارهای کودی

شکل ۴. اثر اصلی سیستم تغذیه بر درصد روغن دانه آفتابگردان در سال ۱۳۹۴. حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنادار با هم ندارند.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل این تحقیق، حداکثر عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت با آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت حاصل شد. در همه تیمارهای کودی با کاربرد زئولیت عملکرد روغن افزایش یافت و بیشترین آن با کاربرد کود ۱۰۰ درصد آلی (۲۸/۲) تن کود گوسفندی + ۱۴/۶ تن کود مرغی در هکتار) همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار بدست آمد. همچنین با بکارگیری کود آلی (مرغی و گوسفندی) همراه با ۱۰ تن زئولیت در هکتار تحت رژیم آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده، علاوه بر اینکه از هدرروی نیتروژن موجود در توده کودی به شکل چشمگیری جلوگیری می شود، استفاده از این کودهای آلی به همراه زئولیت در خاک باعث بهبود اکثر صفات زراعی گیاه آفتابگردان شد. با توجه به کارایی

تیمارهای آلی دارای زئولیت علاوه بر برخوردار بودن از مزایای کودهای آلی، به دلیل داشتن زئولیت، در شرایط تنش خشکی مقدار روغن بیشتری در دانه ذخیره کرده اند. با وجود زئولیت آب بیشتری برای جذب گیاه فراهم می شود و در واقع توازن رطوبت در محیط ریشه به دلیل توانایی زئولیت در جذب آب بیشتر است. همچنین، ریشه به خوبی قادر به رشد در محیط زئولیت است و جذب کافی عناصر انجام می گیرد. در نتیجه رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته و با طولانی شدن دوره رشد گیاه روغن دانه نیز افزایش می یابد [۱۰]. در یک بررسی مشخص شد که کود دامی منجر به افزایش عملکرد دانه، میزان روغن و پروتئین در بادام زمینی می شود [۱۱]. نتایج نشان داد همبستگی منفی بین درصد روغن و پروتئین وجود داشت ( $r = -0.53^{***}$ ).

۶. مجیدیان م. (۱۳۸۷) اثر کودشیمیایی نیتروژنه، کود آلی و تنش رطوبت در نظام‌های کشاورزی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات زراعی کمی و کیفی ذرت. رساله دکتری زراعت. دانشگاه تربیت مدرس، ۳۰۷ صفحه.

مصرف آب محاسبه شده در این آزمایش و به دلیل اینکه کشور ایران دچار بحران کمبود آب است تمام تیمارهایی که در آنها کود آلی و زئولیت مصرف شده قابل توصیه بوده و حتی الامکان باید از مصرف کودهای شیمیایی اجتناب کرد.

7. Ahmed A., Inoue B.M. and Moritani S. (2010) Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. *Agriculture Water Management*. 97: 165–170.
8. Adediran J.A., Taiwo L.B., Akande M.O., Sobulo R.A. and Idowu O.J. (2004) Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1163- 1181.
9. Andrianasolo F.A., Champolivier L., Debaeke P. and Maury P. (2016) Source and sink indicators for determining nitrogen, plant density and genotype effects on oil and protein contents in sunflower achenes. *Field Crops Research*. 192: 33-41.
10. Arancon N.Q., Edwards C.A., Dick R. and Dick L. (2007) Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*. 48: 51–52.
11. Ayan S., Yahaoglu Z., Gercek V. and Sahin A. (2008) Utilization of zeolite as a substrate for containerized oriental spruce (*Picea orientalis* L.(Link)) seedling propagation. *Acta Horticulture*. 779: 583-590.
12. Basu M., Bhadoria P.B.S. and Mahapatra S.C. (2008) Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. *Bioresource Technology* 99: 4675-4683.
13. Bhatia C.R. and Rabson R. (1976) Bioenergetic considerations in cereal breeding for protein improvement. *Science*. 194: 1418-1421.

## تشکر و قدردانی

هزینه اجرای این طرح توسط معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس تهران و دانشکده کشاورزی تأمین شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

۱. امیدیان ا، سیادت ع، ناصری ر. و مرادی م. (۱۳۹۱) اثر محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد میزان روغن و پروتئین دانه چهار رقم کلزا. *مجله علوم زراعی ایران*. ۱۴ (۱): ۱۶-۲۸.
۲. خدائی جوقان آ. (۱۳۹۴) پاسخ اکوفیزیولوژیک آفتابگردان به سیستم‌های تغذیه‌ای تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. رساله دکتری زراعت. دانشگاه تربیت مدرس. ایران، ۱۵۰ صفحه.
۳. صباحی ح، (۱۳۸۵) بررسی اثرات تلفیق کودهای آلی و شیمیایی بر فعالیت‌های بیولوژیک، خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و عملکرد کلزا در منطقه زیر آب (ساری). رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ۱۴۳ صفحه.
۴. غلامحسینی م، آفعلیخانی م. (۱۳۸۷) کاربرد زئولیت ها در خاک، گامی در راستای توسعه کشاورزی پایدار. *مجله کشاورزی و توسعه پایدار*. ۱۲ (۱۳): ۱۶-۲۰.
۵. کاظمیان ح. (۱۳۸۳) مقدمه‌ای بر زئولیت‌ها، کانی‌های سحر انگیز. چاپ اول. نشر بهشت، تهران، ۱۰۰ صفحه.

14. Bigelow C.A., Bowman D.C. and Cassel D.K. (2003) Inorganic soil amendments limit nitrogen leaching in newly constructed sand – based putting green rooting mixture. *USGA Turfgrass and Environmental Research*. 2: 1-7.
15. Camara K.M., Payne W.A. and Rasmussen P.E. (2003) Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on Winter Wheat yields in the Pacific Northwest. *Agronomy Journal*. 95: 825-835.
16. Chung Y.C., Son D.H. and Ahn D.H. (2002) Application of natural zeolite for high-strength ammonium-bearing wastewater treatment. pp. 63-64. In: Misaelides, p. (ed.) 6th International conference on the occurrence, properties and utilization of natural zeolites. Greece.
17. Dale J.E. (1988) The control of leaf expansion. *Annual review Plant Physiology Molecule Biology*. 42: 55-76.
18. Dolabridze N, Tsitsishvili G, Tsitsishvili V, Alelishvili M and Khazardze N (2002) Regeneration of clinoptilolite and phillipsite used for treatment of ammonia-containing Water. pp. 81-82.
19. Eghball B., Wienhold B. and Gilley J. (2006) Comprehensive manure management for improve nutrient utilization and environment. *Soil and Water Conservation Research*. 1: 128-135.
20. El-Ghamry A.M. (2011) Soil fertility and potato production as affected by conventional and organic farming systems. *Journal of Soil Science and Agricultural Engineering*. 2: 141-156.
21. Fereres E., Gimenez C. and Fernandez J.M. (1986) Genetic variability in sunflower cultivars under drought. Yield relationships. *Australian Journal of Agricultural Research* 37: 578-582.
22. Girardin P., Tollenaar M., Deltour A. and Muldoon J. (1987) Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development dry matter accumulation and grain yield. *Agronomie*. 7: 289-296.
23. Jalilian J., Modarres Sanavy S.A.M., Saberali S.F., Sadat-Asilan K (2012) Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. *Field Crops Research*. 127: 26-34.
24. Lambers H. and Poorter H. (1992) Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*. 23: 187-261.
25. Mokhtassi-Bidgoli A., AghaAlikhani M., Nassiri-Mahallati M., Zand E., Gonzalez-Andujar J.L. and Azari A. (2013) Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. *Industrial Crops and Products*. 44: 583-592.
26. Mooleki S.P., Schoenau J.J., Charles J.L. and Gwen G. (2004) Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on Soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*. 84: 199-210.
27. Munir M.A., Malik M.A. and Saleem M.F. (2007) Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, yield and quality of spring planted sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 39: 441-449.
28. Parmer D.K., Sharma P.K. and Sharma T.R. (1998) Integrated nutrient supply system for,

- DDP 68, vegetable pea (*Pisum sativum* var *arvense*) in dry temperate zone of Himachal Pradesh. Indian Journal of Agricultural Sciences. 68: 84-86.
29. Polat E., Karaca M., Demir H. and Naci Onus A. (2004) Use of natural zeolite clinoptilolite in agriculture. Journal of Fruit Ornamental Plant Research. 12: 183-189.
30. SAS Institute (2008) The SAS System for Windows, Release 9.2. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
31. Schneiter A.A. and Miller J.F. (1981) Description of sunflower growth stage. Crop Science. 21: 901-903.
32. Shaw J.W. and Andrews R. (2001) Cation exchange capacity affects greens' turf growth. Golf Course Management. March 2001. 73-77.
33. Tiquia S.M., Tam N.F.Y. and Hoodgkiss I.J. (1996) Effect of composting on phytotoxicity of spent pig- manure sawdust litter and pig sludge. Bioresource Technology. 65: 43-49.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

### Evaluation of agronomic characteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation and zeolite

Mohammad Ghasem Jami<sup>1</sup>, Amir Ghalavand<sup>2\*</sup>, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy<sup>2</sup>, Ali Mokhtassi-Bidgoli<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: April 25, 2016

Accepted: August 9, 2016

#### Abstract

To decrease the use of chemical fertilizers and improving the yield and yield components of sunflower, a field experiment was conducted at the Research Farm of Tarbiat Modares University in 2014 and 2105. Three irrigation regimes (irrigation after depleting 40, 60 and 80% of soil water at field capacity (FC)), three soil fertility systems (100% farmyard manure (35% chicken manure + 65% sheep manure), 50% farmyard manure + 50% chemical fertilizer and 100% chemical fertilizer (urea)) and three zeolite rates (0, 5 and 10 ton ha<sup>-1</sup>) were studied in a split factorial arranged in a randomized complete block design with three replications, with irrigation regimes as the main plots, and factorial combination of the other two factors as the subplots. Over two experimental years, there were significant increases in grain yield and water use efficiency by applying either 100% farmyard manure (28.2 + 14.6 ton sheep + chicken manure ha<sup>-1</sup>, respectively) or integrated fertilizer (14.1 + 7.3 ton sheep + chicken manure ha<sup>-1</sup>, respectively plus 65 kg urea ha<sup>-1</sup>) with 5 or 10 ton zeolite ha<sup>-1</sup> under all irrigation treatments. Based on the results, irrigation after depleting 40% of soil water at FC was revealed as a most performance of all treatment combinations. The highest oil and protein concentrations of grain were obtained with zeolite application under non-stress conditions. Chemical fertilizer application increased grain protein concentration, while organic manure increased grain oil concentration.

**Keywords:** chemical fertilizer, oil, protein, water deficit stress, yield.