نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۸
۱۵۷-۱۷۲
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2020.16433.2224

تأثیر منابع غذایی آلی، شیمیایی و تلفیقی به همراه کاربرد زئولیت بر برخی از صفات کمی و کیفی دو رقم سویا

حامد امیری[۱]، امیرقلاوند[۲*]، علی مختصی بیدگلی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاداسلامی، واحد خرم آباد، ایران
[۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاداسلامی، واحد خرم آباد، ایران
[۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: امروزه کشاورزی متداول سبب بروز مشکلات متعددی از قبیل آلوده شدن آب‌های زیرزمینی، فرسایش خاک و کاهش کیفیت موادغذائی شده است، از این رو استفاده از روش‌های مدیریتی جایگزین از قبیل کودهای آلی و مدیریت تغذیه تلفیقی به منظور تولید پایدار گیاهان امری اجتناب ناپذیر است. استفاده از کودهای آلی (مانند کودهای حیوانی) و زئولیت با بهبود فراهمی مواد غذایی و خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود. با توجه به اهمیت گیاه سویا (*Glycine max* L.) این مطالعه با هدف تأثیر منابع تغذیه‌ای آلی، شیمیایی و تلفیقی همراه با کاربرد زئولیت بر صفات کمی و کیفی دو رقم سویا انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی و کاربرد زئولیت بر برخی صفات کمی و کیفی دو رقم سویا آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در الشتر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. ترکیب فاکتوریلی از دو رقم (M7 و M9)، پنج منبع کودی (۱۰۰ درصد آلی (F1)، ۱۰۰ درصد شیمیایی (F2)،۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (F3)، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی (F4)، ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی (F5)) و چهار مقدار زئولیت (صفر (Z1)،٤(Z2)، ۸ (Z3) و ۱۲ (Z4) تن در هکتار) به صورت تصادفی به کرت‌های آزمایشی اختصاص داده شدند. در سال اول و دوم به عنوان ۱۰۰ درصد کود آلی به ترتیب ۲۲/٦ و ۲٦/۷ تن در هکتار کود گوسفندی و به‌عنوان ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیز به‌ترتیب ۲٤۱ و ۲٤۷ کیلوگرم در هکتار کود اوره به زمین داده شد.

یافته‌ها: بیشترین عملکرد دانه رقم M7 در سال اول (۲۸۹٦ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم (۲۹۷۱ کیلوگرم در هکتار) تحت سیستم تغذیه تلفیقی ۷۵ درصد آلی + ۲۵درصد شیمیایی همراه با مقادیر بالای زئولیت (۱۲ تن در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در هر دو رقم M7 و M9، در سیستم تغذیه‌ای شیمیایی بدون مصرف زئولیت حاصل شد. بیشترین عملکرد روغن رقم M7 در ترکیب تیماری ۲۵درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی و برای رقم M9 تیمار تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی+ ۵۰ درصد آلی که به ترتیب ٦ و ۱۲ تن زئولیت در هکتار دریافت کرده بودند به دست آمد، در حالی که کمترین مقدارها در رقم M7 و M9 به ترتیب از بکارگیری تیمار۱۰۰ درصد شیمیایی و تیمار ۵۰ درصد شیمیایی+۵۰ درصد شیمیایی بدون کاربرد زئولیت حاصل شد.افزایش مقدار زئولیت از صفر تا ۱۲ تن در هکتار در منابع تغذیه‌ای ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی و ۷۵

*نویسنده مسئول: ghalavaa@modares.ac.ir

درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی موجب افزایش ۵۵، ۷۳ و ٦٦ درصدی عملکرد دانه رقم M7 شد. به‌علاوه، زئولیت موجب افزایش هم‌زمان عملکرد روغن و پروتئین در هر دو رقم سویا شد.

نتیجه‌گیری: مدیریت تغذیه‌ای تلفیقی (۷۵ درصد آلی + ۲۵درصد شیمیایی) به همراه بیشتربن زئولیت کاربردی (۱۲ تن در هکتار) را با توجه به کاهش مصرف کودهای شیمیائی و افزایش عملکرد کمی و کیفی در هر دو رقم، می‌توان به عنوان یک روش مدیریت تغذیه‌ای مناسب به منظور تولید گیاه سویا در این منطقه معرفی نمود. همچنین رقم M7 را با توجه به عملکرد بالاتر و خصوصیات کیفی مطلوب تر نسبت به رقم M9، می‌توان آن را به عنوان رقم مناسب در این منطقه معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه تلفیقی، سویا، کود آلی، کود شیمیایی، ماده خشک.

مقدمه

الگوی کشاورزی پایدار با هدف ایجاد امنیت غذایی برای جمعیت در حال رشد و در عین حال، حفظ منابع آب، خاک، تنوع زیستی و سلامت انسان شکل گرفت و توسعه یافت (۲۳). به طوری که در سیستم‌های کشاورزی پایدار، مدیریت عناصر غذایی (به ویژه نیتروژن) مورد نیاز گیاه باید به نحوی باشد که این عناصر تا حد امکان در یک سیستم بسته جریان داشته باشند، پس لازم است تا نه تنها مصرف این عناصر از منابع شیمیائی را کاهش داد، بلکه از تلفات آن‌ها نیز جلوگیری کرد. بدین منظور شناسایی و کاربرد کودهایی که کمترین خسارت زیست محیطی را به دنبال داشته و دارای اثرات مثبت کمی و کیفی بر گیاهان زراعی باشد، جزء اهداف کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. سویا (*Glycine max* L.) گیاهی دانه روغنی و اقتصادی است که یکی از منابع اصلی پروتئین، روغن و تأمین غذا می‌باشد. میزان روغن سویا از ١٤ تا ۲۳ درصد و پروتئین آن از ۳۲ تا ۵۰ درصد متغیر بوده و بستگی به اثرات محیط و ژنوتیپ گیاه دارد. روغن سویا حاوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع می‌باشد و لینولئیک اسید که به روغن امگا شش نیز معروف است، ٥٤ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع آن را تشکیل می‌دهد (٦). سابقه کشت سویا در استان لرستان به چهاردهه قبل (دهه ۵۰ بر می‌گردد) که سطح زیر کشت آن به دلیل مزیت اقتصادی تا مرز ۱۲۰۰۰ هکتار نیز رسید. اما با شیوع بیماری بوته‌میری (*Phytophthora sojae*) و حساسیت رقم رایج منطقه (ویلیامز) از یک طرف و رواج محصولات رقیب ازجمله لوبیا و چغندرقند از طرف دیگر سطح کشت این گیاه کاهش یافت. برای رفع این مشکل رقم کلارک که متحمل به بیماری بوته‌میری بود معرفی شد. اما این رقم نیز به دلیل دیررسی و تداخل برداشت آن با کشت‌های پاییزه نتوانست کشاورزان را ترغیب به کشت سویا نماید به طوری که کشت این گیاه مهم زراعی ازآن زمان تاکنون روند نزولی داشته است (۳). سطح زیرکشت سویا در سال زراعی ۹۵-٩٤، در استان لرستان به میزان ۱۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ١٤٢١ کیلوگرم گزارش شده است، که بیشترین سطح زیرکشت در شهرستان الشتر بوده است (۲). با توجه به وجود منابع آبی کافی واقلیم مساعد، هزینه نسبی کمتر تولید سویا در مقایسه با محصولات بهاره دیگر، ریسک پذیری پائین، فراهم شدن امکان کشت محصولات پائیزه و از طرف دیگرسابقه آشنائی کشاورزان باکشت این گیاه، امکان توسعه کشت مجدد سویا در مناطق معتدل استان لرستان وجود دارد. در این ارتباط معرفی ارقام زودرس ومتحمل به بیماری

بوته‌میری تاثیر بسزایی در جهت توسعه کشت وتولید سویا در منطقه خواهد داشت (۳).

در میان عناصر غذایی مختلفی که در بافت گیاهی یافت می‌شوند نیتروژن بیشترین غلظت را داشته و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد. نیتروژن در فرایندهای حیاتی گیاه از جمله فتوسنتز، سنتز DNA، تشکیل پروتئین، تعرق و تثبیت نیتروژن نقش دارد به طوری که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می‌کند (۱۰)، بنابراین گزینش بهترین منبع کودی حاوی این عنصر برای رسیدن به بالاترین حد تولید الزامی است.

سویا از خانواده بقولات است و توانایی تثبیت نیمی از نیتروژن مورد نیاز خود که یکی از اجزای اصلی سازنده پروتئین‌هاست را دارد. مابقی آن از طریق نیتروژن غیرآلی خاک، معدنی شدن مواد آلی یا نیتروژن باقی‌مانده از محصولات قبلی تأمین می‌شود (٤). این توانایی، برآورد تغذیه نیتروژنی سویا را پیچیده کرده و در مطالعات قبلی نتایج متفاوتی در مورد واکنش سویا به مقادیر کود نیتروژن در شرایط مزرعه گزارش شده است. ری و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که تثبیت زیستی نیتروژن برای تقاضای نیتروژنی گیاه کافی نبوده و کوددهی نیتروژن برای بهبود عملکرد و کیفیت سویا بسته به زمان و میزان کاربرد آن لازم است (۲۲). عوامل متعددی مانند دما، نوع خاک، محتوای مواد آلی و آب خاک و ژنوتیپ پاسخ سویا به کود نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین ارزیابی پاسخ رشد و عملکرد گیاه سویا به عوامل تغذیه‌ای برای به حداکثر رسیدن عملکرد اقتصادی و سودآور تولید سویا در یک محیط خاص بسیار مهم است، به طوری که حفظ باروری خاک و استفاده از مواد مغذی به مقدار کافی و متعادل یکی از اجزای کلیدی افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (۷).

مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی در سیستم‌های متداول، استفاده از کود اوره می‌باشد. راندمان استفاده از کود شیمیایی به علت خساراتی که تبخیر آمونیوم به اتمسفر ایجاد می‌کند، کاهش پیدا کرده است. اثرات زیانبار کود اوره می‌تواند با کاربرد زئولیت به عنوان مکمل در کودهای شیمیایی برای کنترل نگهداری و رها شدن آمونیوم کاهش یابد. مطالعات متعددی نشان داده است که اضافه کردن زئولیت به منابع نیتروژن می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن را بهبود بخشد (۱۳ و ۲۲). زئولیت‌ها توانایی از دست دادن و نگهداری آب را بدون تغییر ساختار کریستالی خود دارند و می‌توان از آن‌ها به عنوان کود، تثبیت کننده و کلاته کننده استفاده کرد. به کودهایی که با زئولیت ساخته می‌شوند به اصطلاح کودهای کندرها گفته می‌شود. این کودها مواد مغذی را به آهستگی و با توجه به نیاز گیاه آزاد می‌کنند (۱ و ۱۹). غلامحسینی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که به کارگیری همزمان زئولیت و کود نیتروژن موجب افزایش کارایی نیتروژن در گیاه آفتاب گردان می‌شود (۱۲). در مطالعه نوزری و همکاران (۲۰۱۳) استفاده از زئولیت تحت تنش خشکی سویا موجب بهبود شرایط رشد سویا شد (۱۹).

رفیعی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که سیستم تغذیه تلفیقی شامل تأمین نیتروژن از دو منبع کود شیمیایی و کود آلی نه تنها باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شده بلکه باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی سویا و کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده است (۱ و ۲۱). سالواجیوتی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که سویا مقدار قابل توجهی از نیتروژن را در طول دوره رشد خود جذب می‌کند تا بتواند در اواخر رشد گیاه محتوای بالای پروتئین دانه را تأمین کند. به طوری که مطالعات قبلی نشان داده که گیاه سویا به طور میانگین تقریبا نیمی از

پروتئین مورد نیاز خود را از طریق تثبیت نیتروژن به دست می‌آورد (۲۵). با توجه به اینکه کل نیتروژن مورد نیاز گیاه سویا از طریق تثبیت نیتروژن به‌دست نمی‌آید، پس مقدار نیتروژن بیشتری باید از طریق خاک و دیگر منابع برای گیاه برای افزایش پتانسیل عملکرد فراهم شود.

این مطالعه با هدف بررسی اثر تلفیق کود آلی، شیمیایی و زئولیت بر عملکرد دانه و صفات کیفی جذب نیتروژن، و عملکرد روغن و پروتیین دانه در دو رقم سویا M7 و M9 به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد محصول اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در شرایط اقلیمی شهرستان سلسله استان لرستان و در مزرعه‌ای واقع در روستای امیر در سه کیلومتری این شهرستان با مختصات جغرافیایی۲۷ دقیقه و ٤۰ درجه شرقی و ۳۲ دقیقه و ۳۳ درجه شمالی قرار گرفته و ارتفاع ۱۵٦۷ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه دارای آب و هوای نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد دارای میانگین بارندگی ٤٤٤/۱ میلی‌متر و میانگین دمای حداقل ۳/۵ و میانگین دمای حداکثر ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود آلی به ترتیب در جدول ۱ و ۲ آمده است. همچنین درجه حرارت کمینه و بیشینه و میزان و توزیع بارندگی روزانه در طول دوره رشد سویا در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در سالهای ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵.

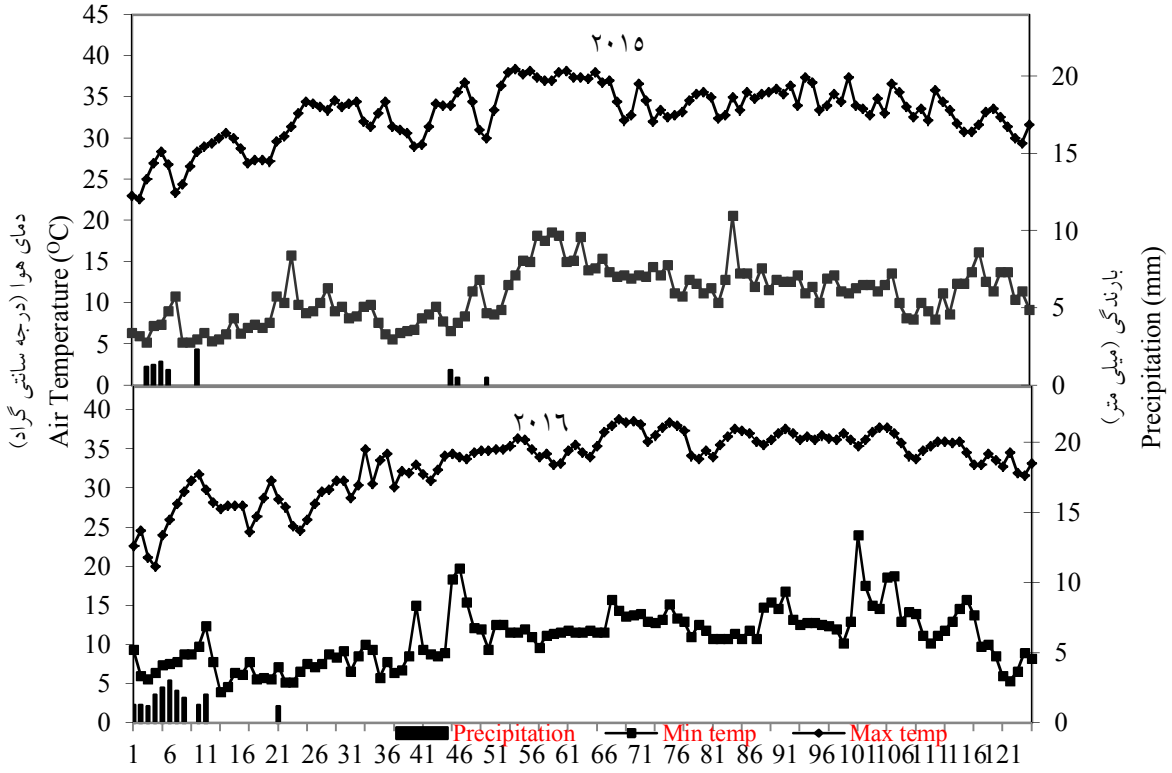
Table 1- Physico-chemical properties of soil at experimental field in 2015 and 2016.

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (%)	پتاسیم K ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر P ($mg\ kg^{-1}$)
لومی رسی Clay loam						
سال اول First year	7. 9	2.75	1.01	0.095	415	8.15
سال دوم Second year	7.69	2.549	1.014	.098	242	5.47

جدول ۲- مشخصات کود آلی (گوسفندی) به کاربرده شده.

Table 2- Sheep manure properties.

روی Zn	کلسیم Ca	آهن Fe	کربن آلی Organic carbon	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N (%)	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH
$mg\ kg^{-1}$								
119.3	25.5	7435	48.61	3.55	1.58	2.15	10.22	9



شکل ۱- درجه حرارت کمینه و بیشینه روزانه (سانتی‌گراد) و بارندگی ثبت شده (میلی‌متر) در طول دوره رشد سویا در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵.

Figure 1- Daily maximum and minimum air temperatures (ºC), and precipitation (mm) recorded during the soybean growing season in 2015 and 2016.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو رقم سویا M7 و M9 تهیه شده از جهاد کشاورزی استان لرستان، شرکت کشت دانه‌های روغنی، پنج منبع کودی (۱۰۰ درصد آلی، ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی ، ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی) و چهار مقدار زئولیت (صفر، ٤، ۸ و ۱۲ تن در هکتار) به صورت تصادفی به کرت‌های آزمایشی اختصاص داده شدند.

در هر دو سال بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، کود آلی و زئولیت با توجه به تیمارها با خاک سطحی هر کرت مخلوط شد. بذور سویا در هر کرت آزمایشی که شامل سه ردیف کاشت به طول سه متر به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و شش سانتی‌متر روی ردیف‌های کاشت به صورت هیرم‌کاری در ۱۹ اردیبهشت ماه در هر دو سال کشت شد. آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. مقدار ۲۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص نیاز گیاه سویا در نظر گرفته شد (۵). تغذیه ۱۰۰ درصد کود آلی ۲۲/٦ و ۲٦/۷ تن در هکتار کود گوسفندی به ترتیب در سال اول و دوم و تغذیه ۱۰۰ درصد کود شیمیایی ۲٤۱ و ۲٤۷ کیلوگرم در هکتار اوره به ترتیب برای سال اول و دوم در نظر گرفته شد. مقدار کود آلی برای تأمین ۲۷۵

کیلوگرم نیتروژن در هکتار، با فرض بر اینکه ۳۵ درصد از کل نیتروژن کود آلی (گوسفندی) در سال اول کاربرد، قابل دسترس برای گیاه است برای هر تیمار مشخص شد. نیمی از کود اوره در مرحله رشد رویشی (دو تا چهار برگی) و نیمی دیگر به صورت سرک در مرحله تشکیل ابتدائی اندام‌های زایشی،آغاز مرحله دانه‌بندی (مرحله R5 از مراحل رشد سویا) مصرف گردید. با توجه به نتایج آزمون خاک، نیازی به کاربرد کودهای فسفر و پتاس در آزمایش نبود.

برای اندازه‌گیری نیتروژن گیاه از روش میکرو کجلدال استفاده شد (۱۰). به منظور محاسبه درصد پروتئین دانه درصد نیتروژن دانه در عدد ثابت ٦/٢٥ ضرب شد. پس از رسیدگی کامل به منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی دانه پس از حذف حاشیه‌ها از یک خط کاشت وسط هر کرت به مساحت یک متر مربع عملیات برداشت در هر دو سال انجام و دانه‌ها از نیام‌ها جدا شدند، توزین و عملکرد نهایی دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری وزن روغن استخراج شده یک نمونه دو گرمی آسیاب شده از بذور هر کرت مورد استفاده قرار گرفت، پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت هفت ساعت در معرض اتر، وزن روغن اندازه‌گیری شد. عملکرد پروتئین و عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد پروتئین و درصد روغن در عملکرد دانه محاسبه شد. تجزیه واریانس آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری (SAS) نسخه ٩/٤ انجام گرفت. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، آزمون نرمالیتی انجام گرفته و پس از اطمینان از توزیع نرمال باقیمانده‌ها، تجزیه واریانس از طریق مدل خطی تعمیم یافته (GLM) انجام شد. به منظور بیان تفاوت‌های آماری در بین میانگین صفات اندازه‌گیری شده، در صورت معنی‌دار شدن اثر عوامل آزمایشی، از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه معنی‌داری رگرسیون‌های خطی و درجه دو بر اساس مقایسات گروهی متعامد در سطح ۵ درصد انجام شد. در این راستا زمانی که مقایسات گروهی متعامد در سطح پنج درصد معنی دار بودند مدل‌های رگرسیون ارائه شدند. با توجه به نتایج آزمون بارتلت، تجزیه آماری سال‌ها برای صفاتی که معنی‌دار شده بودند، به طور جداگانه محاسبه شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و عملکرد بیوماس: تمامی صفات مورد بررسی سویا تحت تأثیر برهمکنش رقم × کود × زئولیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، به طوری که بیشترین مقادیر این صفات در هر دو سال از منابع تغذیه‌ای تلفیقی به دست آمد (جدول ۳).

در این راستا، در هر دو سال بلندترین گیاهان در هر دو رقمM7 و M9 از به کارگیری سیستم تلفیقی ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی همراه با بکارگیری حداکثر مقدار زئولیت (۱۲ تن در هکتار) به دست آمدند. این در حالی بود که کوتاه‌ترین گیاهان در کرت‌هایی بودند که ۱۰۰ درصد کود شیمیایی همراه با عدم کاربرد زئولیت در آنها اعمال شده بود (جدول ۳).

به‌طور مشابهی، به‌کارگیری منابع تلفیقی باعث افزایش بیوماس کل در هر دو رقم سویا شد. به‌طوری‌که در مجموع دو سال بیشترین مقادیر عملکرد بیوماس رقم M7 در تیمار تلفیقی ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی همراه با بکارگیری ٤ و ۱۲ تن در هکتار زئولیت به دست آمد (جدول ۳). در رقم M9 نیز تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی و تیمار ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی با به‌ترتیب ٦ و ۱۲ تن زئولیت در هکتار، بیشترین

مقدار بیوماس را در هر دو سال تولید کردند (جدول ۳). به نظر می‌رسد در منابع کودی تلفیقی تأمین بخش از نیتروژن مصرفی از منابع آلی سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و فراهمی عناصر در طول دوره رشد گردیده است. واکنش بیوماس رقم M7 در سیستم‌های تغذیه‌ای ۱۰۰ کود شیمیایی و تیمار ۲۵ درصد آلی +۷۵ درصد شیمیایی(شکل a ۲) و همچنین واکنش رقم M9 در تیمار ۱۰۰ شیمیایی (شکل b ۲) به صورت رگرسیون درجه دو بود ($P \leq 0.01$).

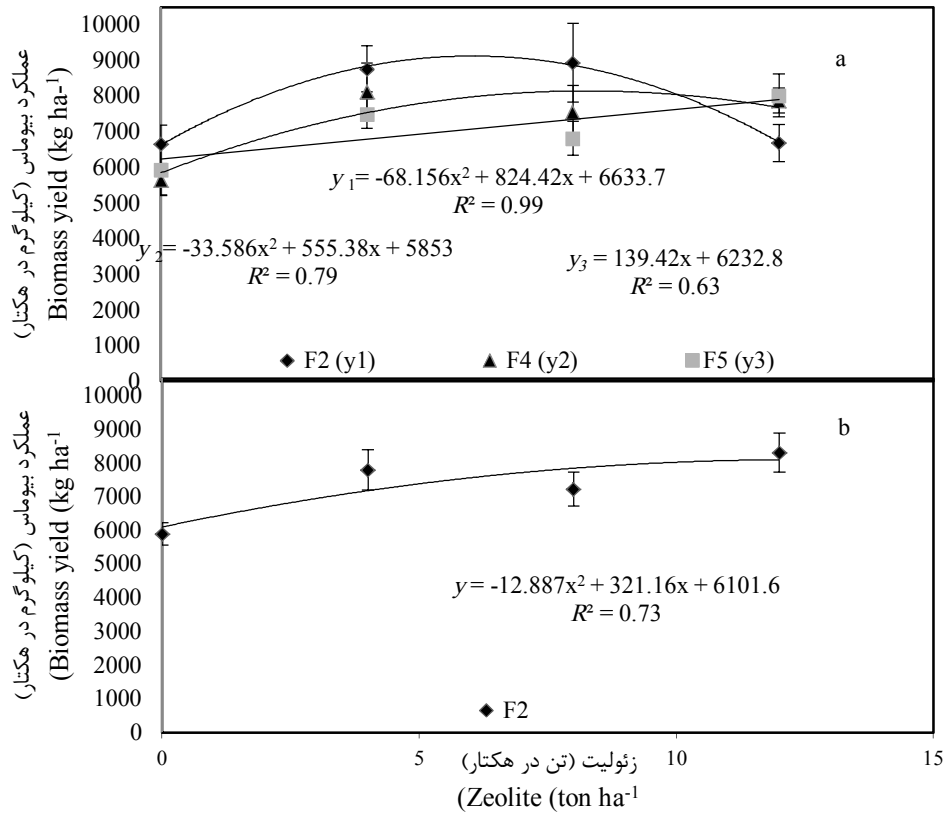
جدول ۳- اثر متقابل رقم ×کوددهی ×زئولیت بر عملکرد دانه، نیتروژن کل، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین، ارتفاع بوته و عملکرد بیوماس در سال‌های زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵.

Table 3- Cultivar (C) × fertilizer (F^a) × zeolite (Z^b) interaction on grain yield, toatal N, oil yield, protein yield, plant height and biomass yield in 2015 and 2016 growimg seasons.

رقم ×کوددهی ×زئولیت C × F × Z	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})		نیتروژن کل (کیلوگرم در هکتار) Total N (kg ha^{-1})		عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg ha^{-1})		عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg ha^{-1})		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		عملکرد بیوماس (کیلوگرم در هکتار) Biomass yield (kg ha^{-1})	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
M7 × F1 × Z1	2207.46	1835.45	217.55	209.04	426.99	380.94	818.98	693.79	85.23	87.80	6863	6040
M7 × F1 × Z2	2605.85	2292.93	237.44	228.16	474.49	475.66	956.71	780.44	76.20	81.06	7238	6687
M7 × F1 × Z3	1990.86	1968.85	214.20	239.14	391.23	420.52	756.00	676.39	84.83	87.40	6878	7474
M7 × F1 × Z4	2669.77	2410.85	261.53	260.36	504.66	491.06	992.38	854.82	90.06	90.06	8052	7508
M7 × F2 × Z1	1728.30	2051.53	187.13	227.83	306.49	462.80	641.35	745.40	77.80	77.36	5945	7369
M7 × F2 × Z2	2827.90	2891.23	289.70	299.19	252.00	554.40	1069.7	1043.49	87.06	88.73	8516	9018
M7 × F2 × Z3	2484.43	2829.80	255.22	326.38	507.17	581.00	945.42	975.87	87.03	80.53	7591	10289
M7 × F2 × Z4	2034.60	2211.33	203.57	225.15	393.37	468.97	760.76	780.00	83.86	87.36	6016	7359
M7 × F3 × Z1	2212.37	1831.70	214.32	202.35	443.74	350.64	827.61	643.03	88.60	90.73	6573	6222
M7 × F3 × Z2	1925.53	2227.97	196.97	250.71	373.12	483.32	713.58	762.55	81.66	66.76	5982	6222
M7 × F3 × Z3	2102.43	2602.70	212.42	275.50	385.03	546.08	768.41	932.12	79.60	82.93	6543	7920
M7 × F3 × Z4	2091.80	2556.21	216.69	267.63	464.58	527.91	832.82	900.23	91.23	94.10	6480	8284
M7 × F4 × Z1	1451.79	1798.86	155.34	206.19	316.52	392.29	558.44	623.80	82.53	85.63	4863	8173
M7 × F4 × Z2	2356.66	2809.25	238.07	311.66	454.23	566.74	886.62	1023.47	85.00	78.100	7097	6446
M7 × F4 × Z3	2066.34	2415.30	224.77	251.14	442.59	536.08	797.10	830.54	81.66	91.26	6832	9166
M7 × F4 × Z4	2738.10	2879.13	251.58	280.92	531.69	634.04	1019.1	986.18	87.33	90.43	7318	8271
M7 × F5 × Z1	1630.43	1852.65	169.09	218.61	329.49	406.60	614.26	709.66	73.06	79.63	5137	6728
M7 × F5 × Z2	2568.82	2707.57	238.43	278.09	505.88	521.33	946.50	937.93	74.40	79.23	6896	8114
M7 × F5 × Z3	2216.93	2510.51	213.10	245.69	398.75	514.14	803.37	857.56	75.33	77.83	6147	7488
M7 × F5 × Z4	2897.93	2971.16	250.33	315.58	547.73	621.85	1040.8	1018.76	82.66	86.30	7017	9024
M9 × F1 × Z1	2648.60	2015.43	250.66	214.39	530.64	382.47	992.53	724.54	92.03	94.53	7068	6953
M9 × F1 × Z2	2362.50	1860.61	220.77	208.21	452.98	330.00	863.90	698.82	84.00	86.83	6642	5910
M9× F1 × Z3	2339.50	1853.21	205.46	179.13	416.22	339.08	860.16	655.44	84.33	90.36	5722	5353
M9× F1 × Z4	2121.50	1710.25	194.91	178.43	415.64	345.55	788.88	592.31	93.76	98.46	5814	5397
M9× F2 × Z1	2153.83	1702.86	201.19	194.28	434.15	382.63	794.42	597.93	82.06	84.90	5850	6034
M9× F2 × Z2	1999.47	2043.36	189.98	219.98	402.09	412.69	742.92	685.62	74.86	79.70	5757	6785
M9× F2 × Z3	2321.07	2366.26	221.53	238.62	470.14	497.69	877.55	812.78	93.16	96.00	6433	7514
M9× F2 × Z4	2337.30	2491.78	220.08	258.78	463.23	505.86	873.28	890.92	89.70	92.53	6405	7704
M9× F3 × Z1	1863.83	1776.98	181.63	197.98	353.49	390.02	683.73	627.09	72.53	77.33	5559	6227
M9× F3 × Z2	2937.16	2627.77	261.48	264.27	600.59	554.08	1107.7	925.76	82.93	85.76	7210	8397
M9× F3 × Z3	2178.10	2073.42	215.10	242.46	428.02	405.09	803.67	726.54	89.96	92.80	6636	7807
M9× F3 × Z4	2360.14	2603.87	247.55	292.89	502.52	505.84	898.22	934.30	105.76	102.40	7481	9133
M9× F4 × Z1	2441.66	2043.80	254.16	243.53	485.01	389.86	911.76	750.39	90.10	95.16	7985	8156
M9× F4 × Z2	2873.98	2482.93	269.80	240.38	560.10	495.59	1064.3	854.02	86.33	91.36	7664	7764
M9× F4 × Z3	2486.90	2564.48	237.03	271.14	562.67	484.52	973.34	888.49	73.56	77.73	6340	8518
M9× F4 × Z4	2124.20	1923.30	197.48	198.82	403.04	396.75	791.58	660.88	94.43	96.93	5667	6382
M9× F5 × Z1	1965.53	1751.21	188.28	211.01	380.32	328.70	726.46	629.97	64.26	66.76	5781	6446
M9× F5 × Z2	2285.50	2248.00	213.07	248.50	395.73	463.61	811.16	790.03	71.00	74.16	6540	8032
M9× F5 × Z3	2112.66	2224.60	205.99	255.63	428.42	479.51	800.31	779.13	84.26	86.76	6188.40	8315
M9× F5 × Z4	2528.76	2643.22	250.48	287.99	552.28	534.38	976.61	924.81	77.70	81.40	7198	8874
SEM	364.02	179.08	26.09	27.94	76.15	43.63	76.15	71.66	2.37	2.70	688	967
$LSD_{0.05}$	1024.46	503.98	73.42	78.63	214.31	122.79	214.31	201.67	6.67	7.60	1938	2723

۱۰۰ درصد آلی (F1)، ۱۰۰ درصد شیمیایی(F2)، ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (F3)، ۲۵ درصد آلی و ۷۵ درصد کود شیمیایی (F4)، ۷۵ درصد کود آلی و ۲۵ درصد کود شیمیایی (F5). خطای معیار میانگین: SEM

F1, 100% sheep manure; F2, 100% urea; F3, 50%, urea + 50% sheep manure; F4, 75% urea + 25% sheep manure and F5, 75% sheep manure + 25% urea. Z1: without applied zeolite (control) Z2: 4 ton ha^{-1}, Z3: 8 ton ha^{-1}, Z4: 12 ton ha^{-1}. SEM, standard error of the mean.



شکل ۲- واکنش عملکرد بیوماس به مقادیر زئولیت در منابع کودی مختلف در رقم‌های M7 (a) و M9 (b). خط‌های عمودی نشان دهنده خطای معیار می‌باشند. میانگین‌ها متوسط دو سال هستند. رگرسیون‌های خطی و درجه دو بر اساس مقایسات گروهی متعامد در سطح ۵ درصد ارائه شدند.

۱۰۰ درصد شیمیایی(F2)، ۲۵ درصد کود آلی + ۷۵ درصد کود شیمیایی (F4)، ۷۵ درصد کود آلی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (F5).

Figure 2- The response of biomass yield to zeolite rates at different fertilizer sources (F) for M7 (a) and M9 (b) cultivars. The error bars represent standard error of the means. Means are averaged two years. regresions were presented based on contrast orthogonal analyses at $P \leq 0.05$.

F2, 100% urea; F4, 75% urea + 25% cattle manure; F5, 75% cattle manure + 25% urea. Linear and quadratic

بر اساس این معادلات رگرسیون، بیشینه عملکرد بیوماس رقم M7 از تیمار ۱۰۰درصد شیمیایی (۹۱۲۶ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (۸۴۰۸) به ترتیب با بکارگیری ۶ و ۸ تن زئولیت در هکتار به دست خواهد آمد .این مقدار زئولیت موجب افزایش ۴۵ درصدی عملکرد بیوماس نسبت به عدم کاربرد آن در هر دو سیستم کودی شد. به طور مشابهی، غلامحسینی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که عملکرد گیاه روغنی آفتابگردان با افزودن زئولیت به منابع کودی آلی و شیمیایی بهبود می‌یابد (۱۲).

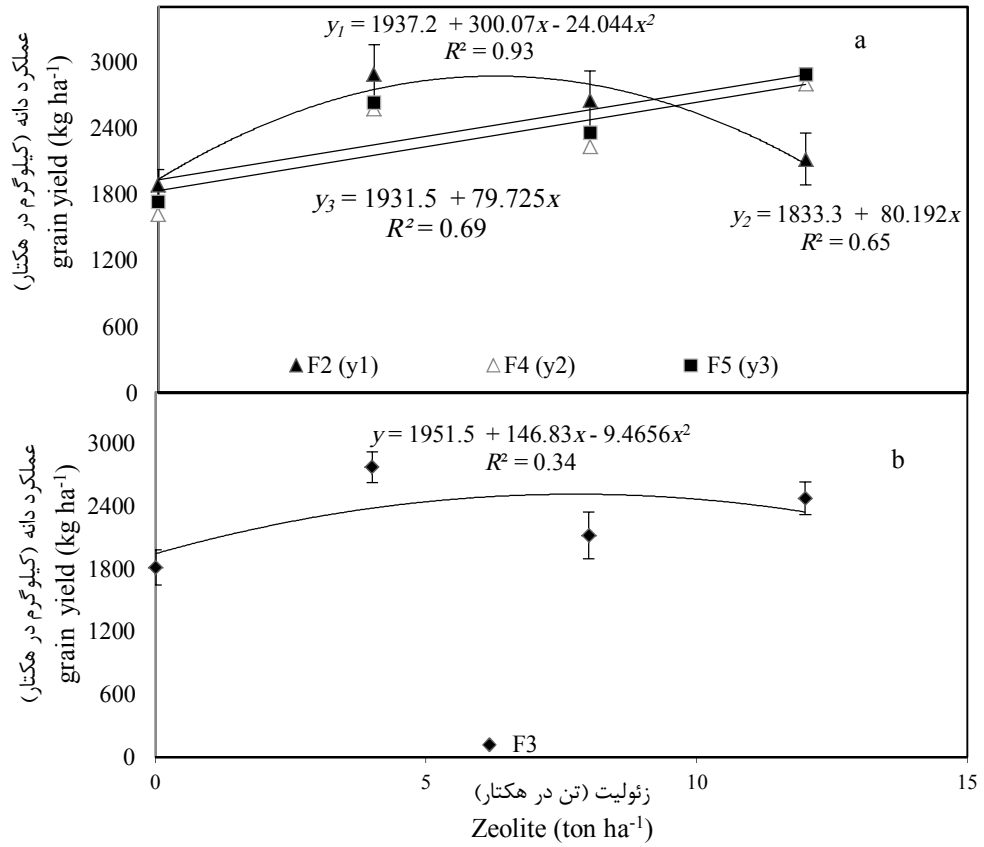
با توجه به این نکته بدیهی است هر عاملی که سبب فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه گردد، عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد، نقش مهم و اساسی عنصر نیتروژن در ساختار کلروفیل و نقش آن در افزایش رشد گیاه در این تفسیر مؤثر است. با توجه به این نکته به دلیل کاهش آبشویی که در ترکیب تیماری کود آلی و شیمیایی همراه با مقادیر بالای زئولیت با فراهمی مناسب نیتروژن در طول فصل رشد، نیتروژن

بیشتری برای گیاه فراهم می‌کند، به طوری که می‌توان انتظار داشت که این عامل نیز در افزایش وزن بیولوژیک گیاه مؤثر بوده است. با همین استدلال می‌توان پذیرفت که کمبود عناصر غذائی به‌ویژه نیتروژن در پایین‌تر از سطح نیاز گیاه و ایجاد اثر مضاعف در کاهش فراهمی نیتروژن در با تحت تأثیر قرار دادن رشد رویشی، در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصدی کود شیمیایی موجب کاهش ارتفاع و عملکرد بیولوژیک گردیده است (۲٤).

شایان ذکر است که اگرچه صفات مورد برررسی ارقام سویا در هر دو سال روند یکسانی به تیمارهای اعمال شده نشان دادند اما میانگین عملکرد بیوماس هر دو رقم در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۳). این اختلاف می‌تواند مرتبط با شرایط آب و هوایی متغییر از جمله میزان و توزیع بارندگی بین دو سال آزمایش باشد (شکل ۱)، به‌طوری که بارندگی بیشتر در سال دوم در اوایل دوره رشد گیاه سویا زمانی که گیاهچه دارای ریشه محدود برای جذب آب است، می‌تواند توجیه رشد بهتر گیاه در سال دوم نسبت به سال اول باشد.

عملکرد دانه: بیشترین عملکرد دانه رقم M7 در سال اول (۲۸۹٦ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم (۲۹۷۱ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌هایی حاصل شد که ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی با بیشترین مقدار زئولیت کاربردی (۱۲ تن در هکتار) را دریافت کرده بودند (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در رقم M9 در سال اول (۲۹۳۷ کیلوگرم در هکتار) و هم در سال دوم (۲٦۲۷ کیلوگرم در هکتار) با به کارگیری ۵۰ درصد کود آلی + ۵۰ درصد کود شیمیایی که شش تن زئولیت در هکتار دریافت کرده بودند به دست آمد (جدول ۳). همچنین کمترین عملکرد دانه رقم‌های M7 و M9 در منبع کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بدون افزودن زئولیت در هر دو سال به دست آمد (جدول ۳). این نتایج بیانگر این است که عملکرد دانه در منابع کودی تلفیقی بالاتر از منابع کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی یا ۱۰۰ درصد کود آلی است. علاوه بر این، به کارگیری زئولیت اثر مثبت منابع کودی را افزایش داد، به طوری که به کارگیری بیشترین مقدار زئولیت (۱۲ تن در هکتار)، مقدار نیتروژن مورد نیاز برای رسیدن به بیشینه عملکرد را کاهش داد. در این باره، تفاوت‌های معنی‌داری در عملکرد دانه تیمارهای ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی و ۱۰۰ درصد شیمیایی در رقم M7 (شکل a ۳) در اثر به کارگیری زئولیت و تفاوت معنی‌دار در تیمار ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی در رقم M9 (شکل b ۳) وجود داشت.

در منبع کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی رگرسیون درجه دو ($P \leq 0.01$) واکنش عملکرد دانه به افزایش زئولیت نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۲۸۷۳/۵) از به کارگیری ٦/۳۰ تن زئولیت در هکتار حاصل گردید. این مقدار زئولیت باعث افزایش ٥٤ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم به کارگیری آن شد. در منابع کودی ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی و ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی، واکنش عملکرد دانه به افزایش مقدار زئولیت به صورت رگرسیون خطی و صعودی بود ($P \leq 0.01$)، به‌طوری که افزایش به کارگیری زئولیت از صفر تا ۱۲ تن در هکتار، باعث افزایش به ترتیب ۷۳ و ٦٦ درصدی عملکرد دانه شد. در رقم M9 واکنش عملکرد دانه به افزایش زئولیت به‌صورت رگرسیون درجه دو بود ($P \leq 0.01$) که بر این اساس حداکثر عملکرد دانه (۲٦٥۹) از به کارگیری ۷/۸ تن زئولیت در هکتار به دست آمد که نسبت به عدم به کارگیری زئولیت ۷۸ درصد بیشتر بود.



شکل ۳- واکنش عملکرد دانه به مقادیر زئولیت در منابع کودی مختلف در رقم‌های M7 (a) و M9 (b). خط‌های عمودی نشان‌دهنده خطای معیار هستند. میانگین‌ها متوسط دو سال هستند. رگرسیون‌های خطی و درجه دو بر اساس مقایسات گروهی متعامد در سطح ۵ درصد ارائه شدند.

۱۰۰ درصد شیمیایی(F2)، ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (F3)، ۲۵ درصد کود آلی و ۷۵ درصد کود شیمیایی (F4)، ۷۵ درصد کود آلی و ۲۵ درصد کود شیمیایی (F5).

Figure 3- The response grain yield to zeolie rates at different fertilizer systems (F) for M7 (a) and M9 (b) cultivars. F2, 100% urea; F4, 75% urea + 25% cattle manure ; F5, 75% cattle manure + 25% urea. The error bars represent standard error of the means. Means are averaged two years. Linear and quadratic regresions were presented based on contrast orthogonal analyses at $P \leq 0.05$.

این نتایج می‌تواند مؤید این موضوع باشد که به کارگیری زئولیت باعث بهبود کارایی منابع کودی تلفیقی و شیمیایی شده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که به‌کارگیری کودهای آلی و زئولیت تأثیر مثبتی بر خصوصیات خاک دارند که می‌تواند منجر به بهبود تولید دانه و افزایش عملکرد دانه در گیاهان زراعی مختلف شود (٦ و ١٩). به نظر می‌رسد که این مدیریت منابع کودی موجب یک تعادل مطلوب بین مقدار نیتروژن خاک و نیاز نیتروژنی گیاه می‌شود، به طوری که آزادسازی تدریجی نیتروژن از منابع کودی و زئولیت موجب افزایش فراهمی آن به خصوص در مرحله زایشی و تشکیل دانه شده که همراه با افزایش عملکرد می‌باشد. در این باره خدایی جوقان (۲۰۱۲) گزارش داده که به کارگیری کودهای تلفیقی همراه با زئولیت موجب بهبود عملکرد دانه و اجزای آن در گندم شده است (١٤). کاهش عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود آلی نسبت به بقیه منابع را نیز می‌توان به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک به

واسطه افزایش کربن خاک و افزایش نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه مصرف نیتروژن معدنی موجود، آزادسازی آهسته نیتروژن نسبت داد. کمتر بودن عملکرد در سیستم شیمیائی بدون کاربرد زئولیت نسبت به تیمار تلفیقی همراه با زئولیت نیز به دلیل شستشوی نیتروژن معدنی از خاک ناشی از ظرفیت پایین تبادل کاتیونی در خاک باشد (۱۱ و ۱۲).

عملکرد روغن و پروتئین: در رقم M7 تیمار تلفیقی ۷۵ درصد کود آلی + ۲۵ درصد کود شیمیایی و در رقم M9 تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود آلی که به ترتیب ۱۲ و ٦ تن زئولیت در هکتار دریافت کرده بودند بیشترین مقدار عملکرد روغن را در هر دو سال نشان دادند، در حالی که کمترین مقدارها در رقم M7 و M9 به ترتیب از به کارگیری تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود شیمیایی بدون کاربرد زئولیت به دست آمد (جدول ۳). با توجه به این نتایج، می‌توان استنباط نمود که تیمارهای با مقدار بالای کود شیمیایی (۵۰ و ۱۰۰ درصد) و بدون به کارگیری زئولیت موجب کاهش عملکرد روغن دانه نسبت به تیمارهای با کود شیمیایی کمتر و مقادیر بالای زئولیت شدند. همبستگی منفی بین نیتروژن و درصد روغن در بسیاری از گیاهان روغنی گزارش شده است (۸). تفاوت‌های معنی‌داری بین عملکرد روغن رقم M7 در تیمارهای ۱۰۰درصد شیمیایی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی، ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی از لحاظ واکنش به مقادیر زئولیت وجود داشت. در تیمار ۱۰۰درصد شیمیایی، واکنش عملکرد روغن به افزایش زئولیت به صورت رگرسیون درجه دو ($P \leq 0.01$) بود (شکل a ٤). که بر این اساس به کارگیری ٦/٥ تن زئولیت در هکتار موجب حداکثر عملکرد روغن (۵۵۹ کیلوگرم در هکتار) شد. این مقدار زئولیت باعث افزایش ٤٥ درصدی عملکرد روغن نسبت به عدم کاربرد زئولیت شد. در منابع کودی ۲۵درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی، ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی واکنش عملکرد روغن به افزایش زئولیت به صورت خطی صعودی ($P \leq 0.01$) بود، که بر این اساس با افزایش زئولیت از صفر تا ۱۲ تن در هکتار عملکرد روغن به‌ترتیب ٦٤ و ۵۵ درصد افزایش نشان داد. واکنش رقم M9 به افزایش مقدار زئولیت در تیمار ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی به صورت یک رگرسیون درجه دو ($P \leq 0.01$) بود (شکل b ٤) که بر این اساس حداکثر عملکرد روغن رقم M9 (۵۰٤ کیلوگرم در هکتار) از به کارگیری ۷/٦ تن زئولیت در هکتار به دست آمد.

در هر دو سال بیشترین مقدار عملکرد پروتئین در رقم M7 از تیمار ۱۰۰ کود شیمایی با دریافت ٦ تن زئولیت در هکتار و تیمار تلفیقی ۲۵ درصد کود آلی + ۷۵ درصد کود شیمیایی که ۱۲ تن در هکتار زئولیت دریافت کرده بودند به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین مقایسه بین دو رقم نشان داد که رقم M7 مقدار روغن و پروتئین بیشتری نسب به رقم M9 در هر دو سال داشته است (جدول ۳). رگرسیون‌های خطی و درجه دو در تیمارهای ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی و ۷۵ درصد آلی + ۲۵ درصد شیمیایی رقم M7 (شکل c ٤) همراه با معادله درجه دو در رقم M9 (شکل d ٤) نشان دادند که با افزایش مقدار زئولیت مقدار پروتئین دانه افزایش معنی‌داری پیدا کرده است.

شکل ٤- تاثیر زئولیت بر عملکرد روغن رقم‌های M7 (a) و M9 (b) و همچنین اثر زئولیت بر عملکرد پروتئین رقم‌های M7 (c) و M9 (d) در منابع کودی مختلف. خط‌های عمودی نشان دهنده خطای معیار می‌باشند. میانگین‌ها متوسط دو سال هستند. رگرسیون‌های خطی و درجه دو بر اساس مقایسات گروهی متعامد در سطح ۵ درصد ارائه شدند.

۱۰۰ درصد شیمیایی(F2)، ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (F3)، ۲۵ درصد کود آلی و ۷۵ درصد کود شیمیایی (F4)، ۷۵ درصد کود آلی و ۲۵ درصد کود شیمیایی (F5).

Figure 4- The effect of zeolite on oil yield of M7 (a) and M9 (b) cultivars as well as the effect of zeolite on protein yield of M7 (c) and M9 (d) cultivars at different fertilizer systems (F). The error bars represent standard error of the means. Means are averaged two years. Linear and quadratic regresions were presented based on contrast orthogonal analyses at $P \leq 0.05$.
F2, 100% urea; F3, 50%, urea + 50% cattle manure; F4, 75% urea + 25% cattle manure ; F5, 75% cattle manure + 25% urea.

مقدار پروتئین بالاتر در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد کود شیمیایی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود آلی می‌تواند مرتبط به اثر مستقیم نیتروژن در بیوسنتز ترکیبات سازنده پروتئین از جمله اسیدهای آمینه باشد (۹)، از طرفی این نتایج می‌تواند نشان دهنده این باشد که به کارگیری زئولیت موجب کاهش نیاز نیتروژنی در هر دو رقم شده است. تحقیقات متعددی در گیاهان روغنی از جمله آفتابگردان و خاکشیر نشان دادند که عملکرد پروتئین دانه با افزایش نیتروژن کاربردی افزایش پیدا می‌کند (۱۵ و ۱۷). همچنین همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده است بیشترین مقدار جذب نیتروژن در رقم M7 از تیمار ۱۰۰ کود شیمیایی و تیمار تلفیقی، ۲۵ درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی که ٦ تن زئولیت در هکتار دریافت کرده بودند به دست آمد. در قم M9 نیز تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی با مقدار زئولیت ٦ و ۱۲ تن در هکتار بیشترین مقادیر این صفت را موجب شدند (جدول ۳).

از طرفی غلامحسینی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بکارگیری منابع آلی همراه با زئولیت میتواند به طور هم‌زمان موجب کاهش نیاز نیتروژنی و بهبود کارایی نیتروژن در گیاه آفتابگردان شود (۱۲). با توجه به این نتایج، می‌توان استنباط نمود که در حضور کودهای دامی و زئولیت، جذب نیتروژن از کود شیمیایی افزایش می‌یابد و همچنین کاربرد توأم کودها سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند، کودهای شیمیایی نیز موجب تأمین عناصر نیتروژن مورد نیاز گیاه مخصوصاً در اوایل دوره رشد گیاه که کودهای آلی در حال تجزیه هستند، می‌شود و در نتیجه شرایط مناسب‌تری برای رشد و تولید گیاه فراهم می‌شود و نهایتاً عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد که با نتایج مجیدیان و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت (۱۵). نکته قابل توجه در تحقیق حال حاضر، به کارگیری به تنهایی کود شیمیایی موجب کاهش عملکرد دانه و افزایش عملکرد پروتئین شد، در حالی که اضافه کردن زئولیت منجر به افزایش هم‌زمان هر دو عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در ارقام مورد بررسی سویا شد. نجفی و رحیمی (۲۰۱٦)، اسکندر و همکاران (۲۰۱۱) به خوبی ثابت کرده‌اند که زئولیت نه تنها باعث جذب و فعالیت عناصر پرمصرف می‌شود بلکه موجب افزایش عناصر ریزمغذی می‌شود که در بیوسنتز طیف وسیعی از ترکیبات ضروری گیاه ازجمله روغن و پروتئین دخیل هستند (۱۷ و ۲٦)، این نقش زئولیت می‌تواند توجیه کننده عملکرد بالاتر هم‌زمان روغن و پروتئین در واکنش به افزایش زئولیت نسبت به کارگیری تنها کود شیمیایی باشد.

نتیجه‌گیری کلی

سیستم تغذیه تلفیقی در تمامی صفات کمی مانند ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی جذب نیتروژن، عملکرد روغن و پروتیین دانه دارای بالاترین میزان بوده و برتری این سیستم نسبت به سایر روش‌های تغذیه قابل مشاهده می‌باشد. شرایط تغذیه‌ای ۷۵ درصد کود آلی + ۲۵ درصد کود شیمیایی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت را باتوجه به‌افزایش عملکرد کمی و کیفی در هر دو رقم سویا می توان به عنوان تیمار برتر معرفی نمود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مجموع صفات کمی و کیفی دو رقم سویا در تیمارهای تلفیقی بالاتر از تیمارهای ۱۰۰ درصد شیمایی یا آلی در هر دو سال آزمایش بود. همچنین رقم M7 عملکرد و خصوصیات کیفی مطلوب‌تری نسبت به رقم M9 در هر دو سال آزمایش از خود نشان داد. افزودن زئولیت تأثیر مثبت کودهای تلفیقی را در ارقام سویا به طور معنی‌داری افزایش داد. به کارگیری زئولیت علاوه‌بر بهبود صفات

کمی در سویا منجر به بهبود صفات کیفی در گیاه شد به طوری که به کارگیری زئولیت باعث افزایش درصد روغن و پروتئین به طور همزمان شد.

Refrences

1. Alvernia, P., Minardi. S., and Suntoro. S. 2017. Zeolite and organic fertilizer application to the improvement of available P and soybean (*Glycine max* L) seed yield in Alfisols. ST-JSSA. 14: 2. 83-89.
2. Ahmad, K., Gholizadeh, H., ebadzadeh, H., Hoosinpoor, R., Abdesshah, H., Kazemyan, A., and Rafiee, M. 2017. Agricultural Statistics Crop year 2015-2016. Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center.(In persian)
3. Babaei, H.R., Sabzi, H., Daneshian, J., Naseri, M., Rahmanpour, S., and Kousar. 2016. A new soybean cultivar suitable for spring cultivation in moderate regions. Res Achieve. Field. Hort Crops. 7: 2. 127-138. (In persian)
4. Bellaloui, N., Mengistu, A., and Kassem, M.A. 2013. Effects of genetics and environment on fatty acid stability in soybean seed. Food. Nut Sci. 4: 9. 165.
5. Bender, R.R., Haegele, J.W., and Below, F.E. 2015. Nutrient Uptake, Partitioning, and Remobilization in Modern Soybean Varieties. Agron J. 107: 2. 563.
6. Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., and Gupta, H.S. 2008. Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rain fed soybean–wheat system of the Indian Himalayas. Eur J Agron. 28: 33-46.
7 Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E., and Arslan, M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. Field Crop Res. 108: 126-132.
8. Crespo, G. 1989. Effect of zeolite on the efficiency of the N applied to Brachiaria decumbens in a red ferrallitic soil. Revista Cubana de Ciencia Agricola (Cuba).
9. Cuenca, R.H. 1989. Irrigation System Design - An Engineering Approach. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ. 552 p.
10. Ghiasy-Oskoee, M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., and Ayyari, M. 2019. Seed and biomass yield responses of blessed thistle to nitrogen and density. Agron J. 111: 2. 601-611.
11. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E., and Joghan, A.K. 2010. Integrated fertilizer management to attain sunflower sustainable production under different irrigation regimes. Arch Agron Soil Sci. 56: 3. 295-309.
12. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil Tillage Res.126: 193-202.
13. Gruener, J.E., Ming, D.W., Henderson, K.E., and Galindo, J.R.C. 2003. Common ion effects in zeoponic substrates: wheat plant growth experiment. Micro. Meso. Mater. 61:1-3. 223-230.
14. Khodaei Joghan, A., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Gholamhoseini, M., and Dolatabadian, A. 2012. How organic and chemical nitrogen fertilizers, zeolite, and combinations influence wheat yield and grain mineral content. J crop Improve. 26: 1. 116-129.(In persian)
15. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimaian, N.F., and Kamgar Haghighi, A.A. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and combination of nitrogen fertilizer and manure on yield, yield components and water use efficiency of SC 704 Corn. Sci. Technol. Agric. Nat Resour. 12: 44. 417-432.
16. 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. Ind Crops Prod. 44: 583-592. (In Persian)

17. Najafi-Ghiri, M., and Rahimi, T. 2016. Zinc uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) as affected by zn application rate, zeolite, and vermicompost. Comp Sci. Utili. 24: 3. 203-207.
18. Nambinina, F., Casadebaig, P., Maza, E., Champolivier, L., Maury, P., and Debaeke, P. 2014. Prediction of sunflower grain oil concentration as a function of variety, crop management and environment using statistical models. Eur. J. Agron. 54: 84-96.
19. Nozari, R., Tohidi Moghadam, H.R., and Zahedi, H. 2013. Effect of cattle manure and zeolite applications on physiological and biochemical changes in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) grown under water deficit stress. Rev Cien UDO Agrí. 13: 76-84.
20. Perez-Caballero, R., Gil, J., Benitez, C., and Gonzalez. J.L. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the NK nutrition of olive trees. Preliminary results. Am. J. Agric. Biol. Sci. 2: 321-324.
21. Rafiei, A., Aghaalikhani, M., and Modares Sanavy, S. 2014. Soybean response to nitrogen application rates in conventional, organic and integrated fertilizing system. J. Agri Sci. Sustain Product. 24: 2. 1-18.
22. Ray, J.D., Fritschi, F.B., and Heatherly, L.G. 2006. Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield in the Early Soybean Production System. Field Crop Res. 99: 67-74.
23. Rehakova, M., Čuvanová, S., Dzivak, M., Rimár, J., and Gaval'Ova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Curr Opin. Solid State. Mater Sci. 8: 397-404.
24. Saha, S., Mina, B.L., Gopinath, K.A., Kundu, S., and Gupta, H.S. 2008. Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. Bioresour Technol. 99: 1750-1757.
25. Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht. J.E., Walters, D.T., Weiss, A., and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crop Res. 108: 1-13.
26. Skander, A.L., Khald, E.M., and Sheta, A.S. 2011. Zinc and manganese sorption behavior by natural zeolite and bentonite. Annal Agric Sci. 56:1. 43-48.