Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و یکم، ۱۳۹۹

تأثیرکاربرد زئولیت و کود نیتروژن بر عملکرد کلزا و میزان آبشویی نیترات از محیط ریشه

مجید غلامحسینی[۱]، رضا عطایی[۲]، فرهاد حبیب زاده[۳]، اکبر حسنی[٤]، محمد باقر ولی پور[٥]

دریافت: ۹۷/٦/۲۵ پذیرش: ۹۸/۳/۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کلزای پائیزه (*Brassica napus* L.) و آبشویی نیترات، در خاک-های سبک، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف زئولیت (۰، ۳، ٦ و ۹ تن در هکتار) و نیتروژن (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) بود. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۲٤۵۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تلفیق بالاترین سطح نیتروژن و زئولیت (N270Z9) بدست آمد در مقابل تیمار مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن بدون زئولیت (N90Z0) کمترین میزان عملکرد دانه (۱۵٦۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد. به علاوه مصرف ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن و بدون زئولیت (N270Z0) بیشترین مقدار آبشویی نیتروژن (۱٤۳ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. بکارگیری زئولیت در تمامی سطوح نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر کاهش مقدار آبشویی نیتروژن از محیط ریشه داشت. با عنایت به نتایج حاصله چنین جمع‌بندی گردید که می‌توان با تلفیق ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن با ۹ تن زئولیت در هکتار علاوه بر دستیابی به عملکرد مناسب از کلزا، مانع آلودگی منابع زیست محیطی در اثر مصرف کودهای نیتروژن‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: آبشویی نیتروژن، زئولیت، عملکرد دانه، عملکرد روغن، کلزای پائیزه

غلامحسینی، م.، ر. عطایی، ف. حبیبزاده، ا. حسنی و م.ب. ولی پور. ۱۳۹۹. تأثیرکاربرد زئولیت و کود نیتروژن بر عملکرد کلزا و میزان آبشویی نیترات از محیط ریشه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۱: ۱۳۳-۱۲۰.

۱- استادیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش دانه های روغنی، کرج، ایران-مسئول مکاتبات. m.gholamhoseini@areeo.ac.ir
۲- استادیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش دانه های روغنی، کرج، ایران
۳- استادیار گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
٤- استادیار دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۵- مربی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش دانه های روغنی، کرج، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نیتروژن (N) یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می‌باشد. در حال حاضر، مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی استفاده از کودهای نیتروژنی است. برای تولید اقتصادی محصولات مختلف و تأمین نیاز غذایی جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است (تدونه و همکاران، ۲۰۱۸). افزایش جمعیت دنیا باعث افزایش تقاضای مواد غذایی شده و از طرف دیگر ورود بیش از حد نیتروژن به منابع آبی یکی از اصلی‌ترین مشکلات زیست محیطی به شمار می‌آید. به کارگیری روش‌های جدید مدیریتی که بر اساس افزایش کارایی استفاده از نیتروژن استوار باشد، علاوه بر افزایش تولیدات کشاورزی در حفظ محیط زیست نیز نقش دارد.

از جمله گیاهان زراعی که در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند، دانه‌های روغنی می‌باشند. با توجه به اهمیت روغن خوراکی به عنوان یک کالای اساسی در سبد خانوار و همچنین واردات بیش از ۹۰ درصدی روغن مورد نیاز کشور، تحقیقات گسترده در زمینه انواع دانه‌های روغنی ضروری می‌باشد. کلزا (*Brassica napus* L) در میان نباتات روغنی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. ویژگی‌های این گیاه، درصد بالای روغن آن و قابلیت رشد و توسعه کشت آن در ایران می‌تواند تا حدود بسیار زیادی کمبودها در زمینه تأمین روغن مورد نیاز کشور را جبران نماید. روغن کلزا همانند آفتابگردان، سویا و ذرت به لحاظ داشتن اسیدهای چرب اشباع نشده و بدون کلسترول، از ارزش تغذیه‌ای فراوانی برخوردار است. این گیاه علاوه بر دارا بودن خصوصیات مناسب تغذیه‌ای، با وجود ارقام پائیزه و بهاره در بسیاری از نقاط جهان از عرض‌های جغرافیائی بالا تا عرض‌های جغرافیایی پائین‌تر کشت می‌شود (بارلوگ و گرزبیس، ۲۰۰٤). کلزا نیاز فراوان به نیتروژن دارد و غالبا به عنوان گیاهی با نیاز بالای نیتروژن (بیشتر از گندم) مورد توجه است. با توجه به نیاز بالای گیاه کلزا به نیتروژن و از طرفی اندک بودن نیتروژن قابل جذب و مواد آلی در اکثر اراضی زراعی ایران، استفاده از کودهای نیتروژن‌دار برای تولید عملکرد بهینه ضروری می‌باشد. از جمله اراضی که در ایران و سایر نقاط جهان، تحت کشت کلزا می‌باشد، زمین‌های زراعی دارای بافت سبک است. این اراضی در کنار اندک خصوصیات مطلوب خود مانند تهویه مناسب و عدم گرایش به فشرده شدن، اصولا به دلیل پائین بودن ظرفیت تبادل کاتیونی، توانائی نگهداری و تأمین مقدار ناچیزی از عناصر غذایی را دارند. کشاورزان در این گونه از زمین‌ها به منظور حصول عملکرد قابل قبول، ناچار از بکارگیری مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی می‌باشند که سرانجام آن تلفات نیتروژن و یا ورود مقادیر زیادی از نیترات به آب‌های زیرزمینی و افزایش غلظت آن از حد مجاز، ۱۰ میلی گرم در لیتر، می‌باشد (یو اس، ۲۰۰۲). برای جلوگیری از هدرروی نیتروژن به طریق آبشویی و افزایش تأثیر گذاری کودهای نیتروژن‌دار، مواد متنوعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به کاربرد کودهای کندرها مانند کود اوره با پوشش گوگردی، استفاده از بازدارندگان نیتراتی شدن مانند پیریدین‌ها و کاربرد بازدارندگان اوره‌آز مانند کینون‌ها اشاره کرد (بیگلو و همکاران، ۲۰۰۳). هرچند هر یک از این موارد سودمندی‌هایی دارند ولی به دلیل گرانی بیش از حد و یا عدم فراهمی برای کاربرد در مقادیر وسیع، نتوانسته‌اند مشکلات هدرروی و آبشویی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن از خاک‌های شنی را کاهش دهند. اخیرا زئولیت‌ها به عنوان موادی که به منظور جلوگیری از شستشوی نیتروژن و افزایش کارایی کودها به کار می‌روند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. افزایش کارایی کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی در حضور زئولیت توسط لتیفاح و همکاران (۲۰۱۷) و سوزا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است. افزایش کارایی مصرف نیتروژن ناشی از به کارگیری زئولیت‌ها مرتبط با کاهش هدرروی نیتروژن، افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و نهایتاً عملکرد بالاتر گیاهان در حضور زئولیت می‌باشد (لو و همکاران، ۲۰۱۹). کاووسی (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که تأثیر زئولیت‌ها بر کارایی مصرف نیتروژن، با نوع بافت خاک تغییر می‌کند و حداکثر بهره‌وری را می‌توان در خاک‌هایی با بافت درشت و ظرفیت تبادل کاتیونی پایین انتظار داشت.

زئولیت‌ها به عنوان موادی کاملا طبیعی با توجه به ویژگی‌های منحصر به فردشان از قبیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا (حدود ۲۰۰ الی ۳۰۰ و در بعضی از گونه‌ها تا ۵۰۰ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم) و همچنین توانایی جذب انتخابی کاتیون‌های مفید مانند آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آنها، می‌توانند اثر گذاری کودهای شیمیایی را افزایش دهند. با توجه به ویژگی‌های مذکور و فراوانی زئولیت‌های طبیعی در ایران (رهاکوا و همکاران، ۲۰۰٤) ، استخراج آسان و در نهایت قیمت مناسب، کاربرد این مواد در سطوح مختلف تولیدات کشاورزی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در مورد تأثیر مثبت استفاده از زئولیت بر افزایش عملکرد آفتابگردان (خدایی جوقان و همکاران، ۲۰۱۸)، برنج (کاووسی، ۲۰۰۷)، گندم (خدائی جوقان و همکاران، ۲۰۱۲)،

www.SID.ir

Archive of SID

خیار (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۸) و گیاه دارویی بابونه (صالحی و همکاران، ۲۰۱۸) گزارش‌هایی ارائه شده است. اکثر این محققین علت افزایش در عملکرد گیاهان در حضور زئولیت را به حفظ و ذخیره آب توسط زئولیت و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی نسبت داده‌اند. در مجموع مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر تلفیق زئولیت‌های طبیعی با کودهای شیمیایی نیتروژنی در اراضی شنی بر عملکرد و سایر ویژگی‌های زراعی گیاه کلزا و همچنین اثر این دو عامل بر آبشوئی نیترات در شرایط مزرعه‌ایی طرح‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در ١٦ کیلومتری غرب تهران با مختصات جغرافیائی ۳۵ درجه و ٤٤ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل آزمایش از نظر بافت، جزو اراضی سبک (sandy loam) با قابلیت نگهداری رطوبت اندک (درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی (FC)، نقطه پژمردگی و رطوبت قابل استفاده به ترتیب برابر ۲۱، ۹ و ۱۲ درصد) همچنین قدرت تبادل کاتیونی پایین (حدود ٦ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم) بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. در این آزمایش دو عامل مقدار کود نیتروژنی با ۳ سطح (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با علامت اختصاری N90، N180 و N270) و مقدار زئولیت کلینوپتیلولیت با ٤ سطح (۰، ۳، ٦و ۹ تن در هکتار به ترتیب با علامت اختصاری Z0، Z3، Z6 و Z9) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در هر بلوک (تکرار) یک کرت بدون مصرف نیتروژن و زئولیت (N0Z0) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نیتروژن مصرفی از نوع اوره (٤٦ درصد نیتروژن) بود. زئولیت مصرفی نیز از نوع کلینوپتیلولیت، پتاسه/کلسیمی با درصد سدیم اندک و قابلیت تبادل کاتیونی حدود ۲۰۰ میلی‌اکی‌والان در صد گرم بود. زئولیت مورد نیاز از معادن شهر میانه تهیه گردید.

پس از اجرای عملیات شخم و دیسک در زمین محل اجرای آزمایش، تمام زئولیت و یک‌سوم نیتروژن هر تیمار، به طور یکنواخت در سطح خاک پاشیده شد و سپس به وسیله دیسک و فاروئر با خاک مخلوط گردید. همچنین در این مرحله به منظور کنترل علف‌های هرز، مزرعه با علفکش ترفلان (تری فلورالین به میزان ۳/۵ کیلوگرم در هکتار) تیمار شد. بذور کلزا رقم اوکاپی (Okapi) در ۱۲ مهر ماه ۱۳۹٤ در کرت‌های آزمایشی کشت گردید. مساحت تحت اشغال هر کرت حدود ١٤ مترمربع (۳/۵×٤) بود و هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول ٤ متر بود. در هر کرت فاصله‌ای به اندازه ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های کاشت و ٤ سانتی‌متر بین گیاهان لحاظ گردید. کرت‌ها ابتدا به صورت متراکم کشت شدند و سپس در ۲ مرحله شامل ۳ و ۵ برگی گیاهان به فاصله ٤ سانتی‌متر از هم تنک شدند تا تراکم ۸۳ بوته در مترمربع حاصل شود. فاصله‌ای به اندازه ۳ متر بین بلوک-ها و ۰/۷۵ متر بین کرت‌ها، به منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و سایر مراحل اجرای آزمایش لحاظ گردید. برای آبیاری مزرعه از لوله‌های پلی‌اتیلنی همراه با یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرف شده استفاده گردید. جدول زمان‌بندی آبیاری واحدهای آزمایشی بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (Soil Water Change, ΔSW) انجام شد. در این روش هنگامی که درصد رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از حد مشخصی کمتر شود، آبیاری انجام می‌گیرد. در این آزمایش آبیاری زمانی صورت گرفت که ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق ۰ تا ٦۰ سانتیمتری خاک توسط گیاه و یا تبخیر از سطح خاک تخلیه می‌گردید. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه T.D.R(Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) در عمق ۰ تا ٦۰ سانتی‌متری کرت‌ها استفاده شد. کود نیتروژن‌دار به صورت تقسیط شده در مقادیر مساوی در ۳ مرحله، یک سوم قبل از کاشت و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در ۲ مرحله شامل خروج گیاهان از مرحله روزت و ابتدای گلدهی به کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک هیچگونه کود دیگری مصرف نشد. همزمان با گرم شدن هوا در اواخر اسفند ماه برای جلوگیری از خسارات شته، از سم دیازینون به مقدار ۲ لیتر در هکتار استفاده شد.

برداشت به صورت دستی و با داس از فاصله ی ٤ تا ۵ سانتی‌متری سطح زمین در تاریخ ۲۰ خرداد ماه سال ۱۳۹۵، هنگامی که ۳۰ تا٤۰ درصد بذور از حالت سبز رنگ به قهوه‌ای تا سیاه رنگ تغییر رنگ داده بودند (اوزر، ۲۰۰۳) انجام گرفت. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از ٤ ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر ٤ مترمربع بود. بوته‌های برداشت شده سپس به دانه و کاه تقسیم گردید و در آون ٦۰ درجه سانتی‌گراد برای

www.SID.ir

Archive of SID

مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۰ درصدی دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت (HI) بر اساس نسبت عملکرد دانه (با ۱۰ درصد رطوبت) بر عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. عملکرد روغن در واحد سطح نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه (اندازه گیری شده بوسیله دستگاه (Inframatic, Model 8620 Percor Germany) در عملکرد دانه در واحد سطح بدست آمد. به منظور بررسی روند رشد گیاه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه، از هر کرت نمونه‌برداری‌های جداگانه‌ای انجام شد. در این آزمایش جمعاً ۷ بار نمونه‌برداری در زمان‌های (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۱۹۵ و ۲۱۰ روز بعد از کشت) انجام گرفت. هر نمونه‌برداری از فاصله طولی ۰/۲۵ متری پس از حذف نیم‌متر حاشیه از هر خط نمونه‌برداری و فاصله ۲۵ سانتی‌متر از محل نمونه‌برداری قبلی برداشت گردید. در هر مرحله نمونه‌برداری، پس از انتقال سریع نمونه‌ها به آزمایشگاه و جداسازی برگ‌ها از بوته‌ها، سطح برگ به وسیله دستگاه (Leaf Area meter (Model ΔT, England اندازه‌گیری شد و سپس با توجه به تراکم کاشت و مساحت نمونه‌برداری، شاخص سطح برگ تعیین شد. در هر مرحله نمونه‌برداری، نمونه‌ها به طور کامل به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از حصول اطمینان از خشک‌شدن نمونه‌ها، مجددا توزین شدند. با استفاده از داده‌های به دست آمده روند تغییرات وزن خشک کل ترسیم گردید.

برای اندازه گیری نیترات شسته شده به صورت کیلوگرم در هکتار، تعیین دو عامل الزامی می‌باشد. ۱) غلظت نیترات معدنی در نمونه زه‌آب در عمق پایین‌تر از توسعه ریشه و ۲) میزان نفوذ عمقی آب. در این آزمایش برای تهیه نمونه زه‌آب از زیر منطقه توسعه ریشه، از دستگاه Soil Water Sampler (S.W.S.) (Model 1900, Soil Moisture Equipment Co. USA) استفاده شد (شکل ۱). بدین منظور در قسمت مرکزی کرت‌ها، بوسیله اوگر دستی حفره‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر و عمق ۶۵ سانتی‌متر ایجاد شد. سپس خاک بیرون آورده شده الک گردید مقداری از آن با آب مخلوط شد تا حالت خمیری پیدا کند، که از آن برای ارتباط بهتر قسمت سرامیکی لوله (Ceramic Cup) با خاک، در انتهای حفره استفاده شد. سپس فضای مابین لوله دستگاه و حفره با مابقی خاک پر شد. از آنجا که آبشوئی نیتروژن از خاک هنگامی اتفاق می‌افتد که رطوبت خاک در قسمت بالائی یک نقطه در عمق معین خاک، بیش از ظرفیت زراعی باشد و در غیر این‌صورت آبشوئی نیتروژن ناشی از شیب غلظت بسیار ناچیز است (هرمانسون و همکاران، ۲۰۰۰) ، در هر زمان از اجرای آزمایش که رطوبت خاک بیش از ظرفیت زراعی قرار داشت، بوسیله پمپ خلا دستی (Model 2005G2, Soil Moisture Equipment Co. USA) مکشی به میزان ۳۰ سانتی‌بار به لوله‌های دستگاه نمونه‌گیر آب خاک (S.W.S.) اعمال گردید (شکل ۲). سپس بعد از رسیدن رطوبت خاک به کمتر از ظرفیت زراعی (کنترل رطوبت خاک برای تعیین زمان مکش به وسیله دستگاه T.D.R. انجام شد و این زمان بین ٤ تا ٦ روز متغیر بود)، زه‌آب جمع شده از لوله S.W.S. ، خارج و در ظروف پلاستیکی ریخته شد. به منظور جلوگیری از تغییر در ترکیب شیمیایی نمونه‌ها از اسید سولفوریک غلیظ به میزان ۱سی‌سی در لیتر استفاده شد. نمونه‌ها تا زمان تجزیه شیمیائی در دمای زیر ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در هر مرحله نمونه‌ها به روش Cadmium Reduction Method 8039 (Hach Co.) برای اندازه-گیری نیترات بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Model dr/2500, Hach Co.) تجزیه شدند. برای اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب، از رابطه بیلان آبی (رابطه ۱) استفاده شد (لی و همکاران، ۲۰۰۷).

$$DPR = I + P + \Delta SW(z) - ET_C - R \qquad (۱)$$

در این فرمول، DPR نفوذ عمقی آب به میلی‌متر، I آبیاری به میلی‌متر، P بارندگی به میلی‌متر، $\Delta SW(z)$ تغییرات رطوبت ذخیره شده خاک در عمق ۰ تا ۵۰ سانتیمتری (اندازه‌گیری شده توسط T.D.R. بر اساس رطوبت حجمی)، ET_C تبخیر و تعرق روزانه مزرعه به میلی‌متر و R روان آب سطحی به میلی‌متر، می-باشد. در مجموع ۷۰۰ مترمکعب برابر ۵۰۰ میلی‌متر آب، در مزرعه آزمایشی به مساحت ۱٤۰۰ مترمربع به صورت آبیاری در این آزمایش مصرف شد، کل بارندگی نازل شده در مدت زمان اجرای آزمایش ۲۹۷ میلی‌متر بود. برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق از رابطه ۲ استفاده شد (واسکوز و همکاران، ۲۰۰۵).

$$ET_{CROP} = ET_0 \times K_C \qquad (۲)$$

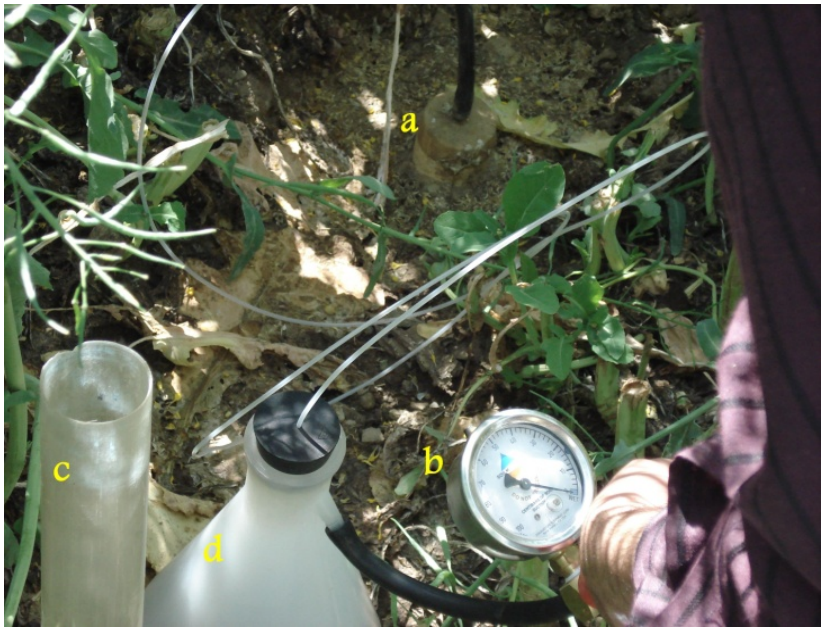
در این رابطه، ET_{CROP} تبخیر و تعرق گیاه، ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل اندازه‌گیری شده با جمع‌آوری داده‌های هواشناسی ایستگاه چیتگر وابسته به سازمان هواشناسی کشور (در فاصله کمتر از ۵۰۰ متری از محل آزمایش) و به روش فائو- پنمن-مانتیث و K_C ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد گیاه کلزا بدست آمده از نشریه FAO-56 می‌باشند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). با توجه به سیکل بسته آبیاری هر کرت مقدار R در رابطه بیلان آب (رابطه ۱)، صفر فرض شد. بعد از تعیین غلظت

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات در نمونه زه‌آب و تعیین میزان نفوذ عمقی، از حاصل-ضرب این دو عامل مقدار کیلوگرم نیترات شسته شده در هکتار تعیین شد. کلیه تجزیه‌های آماری و محاسبات رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی از آزمون LSD و برای مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل از روش برش‌دهی استفاده گردید. در نهایت جهت بررسی روند رشد و رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

شکل ۱- (a) دستگاه Soil Water Sample برای تهیه نمونه زه‌آب.



شکل ۲- وسایل نصب شده به منظور کنترل رطوبت و تهیه نمونه زه‌آب

a = Soil Water Sampler; b = Vacuum Hand Pump; c= tube of T.D.R.; d = Vessel of collection

نتایج و بحث

روند تجمع ماده خشک کل

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روند تغییرات تجمع ماده خشک کلزا در شکل A–۳ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود منحنی تجمع ماده خشک در سطوح مختلف نیتروژن به صورت سیگموییدی می‌باشد. افزایش وزن ماده خشک کل گیاه تا قبل از ۱۵۰ روز پس از کاشت به کندی صورت می‌گیرد و پس از آن با افزایش سطح برگ با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد. تفاوت بین سطوح مصرفی نیتروژن به نحوی است که در مرحله حداکثر تجمع ماده خشک (نمونه‌گیری مرحله ۵، ۱۸۰روز

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از کاشت) تیمار N270 با ۸۰۷ گرم ماده خشک در متر مربع و تیمار N90 با ٥٧٦ گرم ماده خشک در متر مربع به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح می‌باشند . شواهد زیادی مبنی بر اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روند تغییرات وزن خشک کل گیاه در واحد سطح وجود دارد (نوتوال و همکاران، ۱۹۹۲؛ راتک و همکاران، ۲۰۰٦).

اثر سطوح مختلف زئولیت بر روند تجمع ماده خشک کلزا در شکل B–۳ آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در مرحله اول نمونه‌برداری (۳۰ روز بعد از کاشت) تفاوت معنی-داری بین تیمارهای آزمایشی از نظر تجمع ماده خشک مشاهده نشد. در مرحله بعدی نمونه‌برداری (٦۰ روز بعد از کاشت) حضور زئولیت در خاک بویژه دو تیمار Z6 و Z9 در مقابل عدم مصرف آن (Z0) اگرچه بدون تفاوت معنی‌دار اما وزن خشک توده گیاهی را کاهش داد. احتمالا در این مرحله در تیمارهای عدم مصرف زئولیت و مصرف ۳ تن زئولیت در هکتار، نیتروژن به راحتی در اختیار ریشه قرار گرفته، جذب آن توسط گیاه بیشتر شده و این افزایش جذب از طریق تاثیر بر سرعت فتوسنتز گیاه و افزایش سطح و تعداد برگ باعث افزایش وزن خشک گیاه گردیده است. در مقابل در تیمارهای Z6 و Z9، مقداری از نیتروژن در شرایط وفور آن (ناشی از مصرف کود) توسط زئولیت جذب شده، فراهمی نیتروژن برای ریشه کاهش پیدا کرده است. تحقیقات نشان داده در هنگامی که فراهمی نیتروژن در محیط ریشه کاهش می‌یابد نسبت اندام هوایی به ریشه به نفع ریشه تغییر پیدا می‌کند (بارکو و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین می-توان چنین استنباط نمود کاهش وزن خشک در تیمارهای مصرف ٦ و ۹ تن زئولیت در هکتار در مرحله نمونه‌برداری دوم از طریق افزایش بیوماس ریشه در این تیمارها جبران شده است. در مرحله سوم نمونه‌برداری (۹۰ روز بعد از کاشت) آزادسازی نیتروژن جذب شده از زئولیت باعث شده در شرایطی که تیمار عدم مصرف زئولیت در مقایسه با مرحله دوم نمونه‌برداری افزایشی حدود دو برابری در وزن خشک پیدا کرده است، تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار در مقایسه با نمونه‌برداری مرحله دوم افزایشی بیش از سه برابری را در وزن خشک نشان دهد. بعد از مرحله سوم نمونه‌برداری در سایر مراحل نیز تیمار Z9 در مقایسه با سایر سطوح زئولیت به‌طور معنی‌داری ماده خشک بیشتری در واحد سطح تجمع داد به طوری که در مرحله نمونه-گیری پنجم (۱۸۰ روز بعد از کاشت) که نقطه اوج منحنی تجمع ماده خشک بود، تیمار Z9 در مقایسه با تیمارهای Z0، Z3 و Z6 به ترتیب افزایشی ٤۰، ۲۸ و ١٤ درصدی را نشان داد. به نظر می‌رسد مصرف زئولیت به ویژه بالاترین سطح آن از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (مورفی و همکاران، ۲۰۰۵) و قابلیت جذب و نگهداری آمونیوم (سوزا و همکاران، ۲۰۱۸) ، مانع از هدرروی نیتروژن شده و از طریق افزایش فراهمی نیتروژن باعث افزایش سطح فتوسنتز کننده و نهایتا افزایش تجمع ماده خشک گیاهی گردیده است.

روند تغییرات شاخص سطح برگ

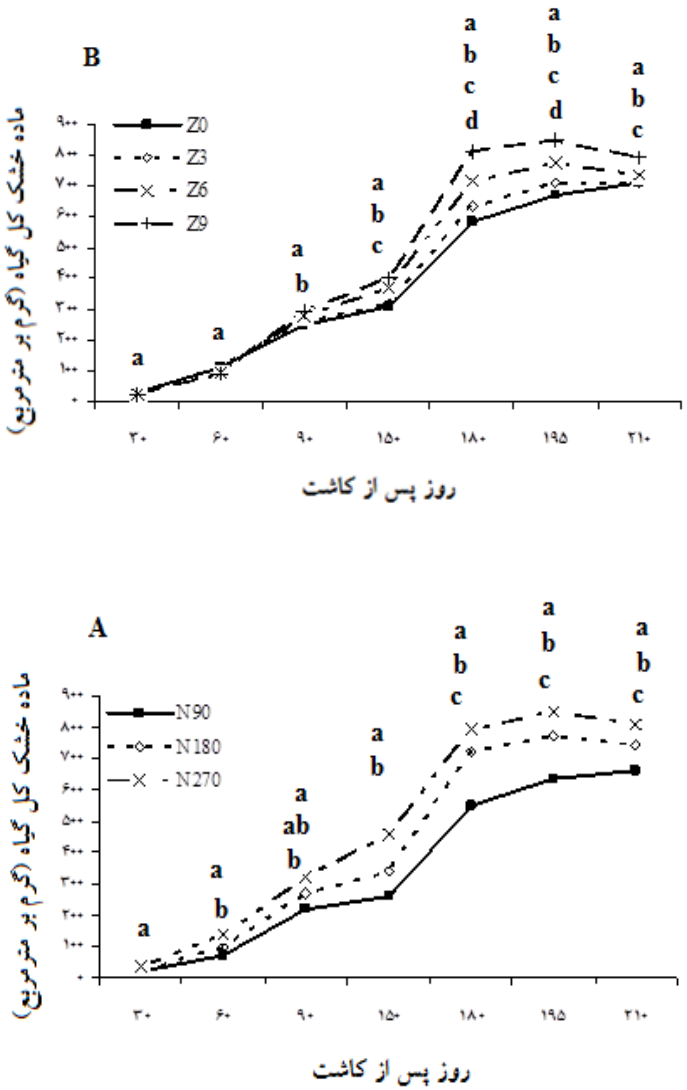
اثر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر روند تغییرات شاخص سطح برگ کلزا در شکل ٤ آمده است. در دو مرحله نمونه‌برداری شامل نمونه‌برداری مرحله پنجم (اواسط گلدهی، ۱۸۰ روز بعد از کاشت) و هفتم (اواسط خورجین‌دهی، ۲۱۰ روز بعد از کاشت) تفاوت بین مصرف ۲۷۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به حداکثر خود رسید به طوری که مصرف کود بیشتر باعث افزایش معنی‌دار و بیش از ۱/۵ و ۲/۵ برابری شاخص سطح برگ به ترتیب در مراحل نمونه‌برداری پنجم و هفتم گردید (شکل A–٤). گزارش شده است تاثیر نیتروژن بر اندازه برگ ناشی از تاثیر غیر مستقیم آن بر اندازه سلول است (رادین و پراکر، ۱۹۷۹). پیشنهاد شده است که یکی از مهم‌ترین دلایل برای گسترش آهسته برگ در شرایط کمبود نیتروژن، کاهش در هدایت هیدرولیکی سلول‌ها می‌باشد که نقل و انتقال آب را کاهش داده و مانع از گسترش سلول‌ها و در نهایت اندازه برگ می‌گردد (رادین و بویر، ۱۹۸۲). همچنین روند تغییرات شاخص سطح برگ نشان می‌دهد که در مقایسه با نمونه‌برداری مرحله پنجم (۱۸۰ روز بعد از کاشت)، تیمارهای N90 و N270 در مرحله هفتم نمونه‌برداری (۲۱۰ روز بعد از کاشت) به ترتیب کاهشی ۷۰ و ٥٥ درصدی را در شاخص سطح برگ نشان دادند که مشخص می‌کند در شرایط محدودیت نیتروژن دوام سطح برگ، به ویژه بعد از مرحله گلدهی با شدت بیشتری کاهش پیدا می‌کند. گزارش شده روش‌هائی که باعث افزایش شاخص سطح برگ به ویژه در مرحله گلدهی و افزایش دوام سطح برگ به ویژه در مراحل پر شدن دانه و توسعه میوه (خورجین) شوند، تأثیر مستقیم و شدیدی بر کاهش محدودیت منبع و در نهایت افزایش عملکرد دانه کلزا دارد (هاکینگ و همکاران، ۲۰۰۲).

با استثناء مراحل نمونه‌برداری اول و دوم (به ترتیب ۳۰ و ٦۰ روز بعد از کاشت)، بین سطوح مختلف زئولیت مصرفی تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص سطح برگ مشاهده شد (شکل B–٤). همچنین کاهش شاخص سطح برگ بعد از

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله نمونه‌برداری پنجم نیز در حضور زئولیت از شیب کندتری پیروی می‌کرد (شکل B –٤)، به طوری که در نمونه‌برداری هفتم در مقایسه با نمونه‌برداری پنجم، تیمارهای Z0 و Z9 به ترتیب کاهشی ٦٢ و ٤٣ درصدی را در شاخص سطح برگ نشان دادند. چنین به نظر می‌رسد زئولیت از طریق آزادسازی کند و کنترل شده نیتروژن باعث فراهمی طولانی مدت این عنصر برای گیاه شده و دوام سطح برگ به ویژه بعد از گلدهی را افزایش داده است. اهمیت حفظ برگ‌ها در گیاه کلزا به خصوص در اواخر دوره رشد و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت دانه در سایر تحقیقات نیز مورد تاکید قرار گرفته است (دریکر و همکاران، ۲۰۰۰؛ هاکینگ و همکاران، ۲۰۰۰).

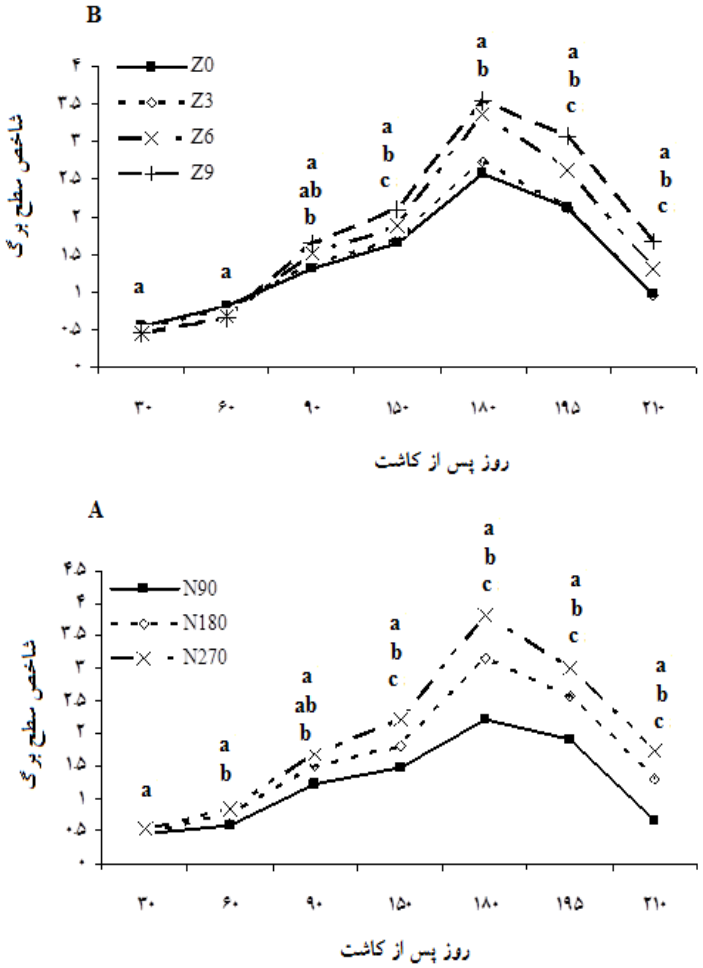


شکل ۳- اثر سطوح مختلف نیتروژن (A) و زئولیت (B) بر روند تجمع ماده خشک کلزا

در هر مرحله نمونه برداری، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- اثر سطوح مختلف نیتروژن (A) و زئولیت (B) بر روند شاخص سطح برگ کلزا
در هر مرحله نمونه برداری، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند

عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن معنی‌دار بود ($p\leq0.01$) (جدول ۱). افزایش هر سطح نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد در حالی‌که تنها با کاربرد ۹ تن زئولیت در هکتار، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). مقایسات ترکیبات تیماری نشان داد که حداقل عملکرد دانه از تیمار شاهد (N0Z0) (۱۰۳۸ کیلوگرم در هکتار) و حداکثر آن با افزایشی حدودا ۲/۵ برابری، از تلفیق بالاترین سطح نیتروژن و زئولیت (N270Z9) (۲٤٥۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۳). همچنین تیمار N270Z9 در مقابل تیمارهای N270Z0، N270Z3 و N270Z6 به ترتیب افزایشی ۳۰، ۲۷ و ۲۰ درصدی را در عملکرد دانه نشان داد. تاثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه کلزا در آزمایش‌های متعددی ثابت گردیده استز (بارلوگ و گرزبیس، ۲۰۰٤؛ اوزر، ۲۰۰۳، راتک و همکاران، ۲۰۰٦). افزایش کاربرد نیتروژن علاوه بر تاثیر مثبت بر شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ که نقش مهمی در افزایش عملکرد دارند (تدونه و همکاران، ۲۰۱۸)، از طریق تاثیر بر اجزائ عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. در این آزمایش بیشترین همبستگی بدست آمده بین عملکرد دانه و اجزائ عملکرد مربوط به همبستگی عملکرد دانه با تعداد خورجین در مترمربع ($r^2=0.75^{**}$) بود. افزایش تعداد خورجین در واحد سطح از دو طریق منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد، اولا تاثیر مستقیمی که به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزائ عملکرد بر

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه دارد و ثانیا نقشی که در فتوسنتز و تثبیت CO_2 به ویژه در اواخر دوره رشد (هنگامی‌که عمدتا برگ‌ها نقش کمتری در فتوسنتز دارند) ایفا می‌کند به طوری که باعث افزایش تولید آسمیلات‌ها و در نهایت عملکرد دانه می‌شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر مقادیر نیتروژن و زئولیت طبیعی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد روغن	نیترات شسته شده از خاک
تکرار	۲	۵۹۴۶۰۲/۳۴**	۰/۰۰۰۱۱^{ns}	۱۶۵۰۸۲/۶۲**	۶۳/۰۸^{ns}
نیتروژن(N)	۲	۹۰۰۴۱۲/۰۱**	۰/۰۰۲۷**	۱۱۸۱۱۲/۱۱**	۲۷۵۸۰/۷۵**
زئولیت(Z)	۳	۲۳۵۵۶۲/۳۹**	۰/۰۰۰۶**	۳۸۱۹۲/۱۸**	۱۳۱۶/۷۳**
N×Z	۶	۳۵۶۱۷/۱۴^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۳۲۰۰/۷۴^{ns}	۲۹۸/۷۶**
خطا	۲۲	۱۵۴۲۸/۵۸	۰/۰۰۰۱	۳۲۰۰/۳۶	۴۶/۸۷

ns، * و ** به‌ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات مختلف اندازه گیری شده

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن شسته شده از خاک (کیلوگرم در هکتار)
تیمار نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)				
۹۰	۱۵۶۰ c	۲۳ b	۷۶۲ b	۲۲ c
۱۸۰	۱۹۴۹ b	۲۶ a	۹۱۸ a	۵۴ b
۲۷۰	۲۰۸۸ a	۲۵ a	۹۴۵ a	۱۱۸ a
linear	**	**	**	**
Quadratic	**	**	**	ns
تیمار زئولیت (تن در هکتار)				
۰	۱۷۵۹ b	۲۴ b	۸۳۴ b	۷۸ a
۳	۱۷۸۰ b	۲۴ b	۸۴۷ b	۷۱ ab
۶	۱۸۲۰ b	۲۴ b	۸۴۷ b	۶۰ b
۹	۲۱۰۶ a	۲۶ a	۹۷۲ a	۵۱ c
linear	**	*	**	*
Quadratic	**	*	**	**
Contrast				
N_0Z_0 vs. N_XZ_X	**	**	**	**
N_XZ_0 vs. N_XZ_X	ns	ns	ns	*
N_XZ_0 vs. N_XZ_9	**	**	**	**

ns، * و ** به‌ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

میانگین‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

به علاوه، زئولیت با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود توانایی خاک را برای جذب، نگهداری و در نهایت آزادسازی تدریجی عناصر غذائی به ویژه نیتروژن افزایش می‌دهد (رهاکوا و همکاران، ۲۰۰۴). در حضور زئولیت هدرروی نیتروژن کمتر شده و جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش می‌یابد. افزایش جذب نیتروژن خود باعث افزایش کارائی نیتروژن می‌گردد و افزایش این عامل مهم‌ترین دلیل برای افزایش عملکرد دانه در حضور زئولیت می‌باشد. واکنش عملکرد دانه در مقابل سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت به ترتیب از نوع خطی و درجه دوم بود (جدول ۲). سایر محققین نیز واکنشی درجه دو را برای عملکرد دانه کلزا در پاسخ به نیتروژن مصرفی گزارش کردند (جکسون، ۲۰۰۰؛ اوزر، ۲۰۰۳).

افزایش نیتروژن مصرفی از ۹۰ به ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت شد (جدول ۲)، اما سطح بالاتر نیتروژن (۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نه تنها موجب افزایش شاخص برداشت نشد بلکه باعث کاهش آن گردید، هرچند این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۲). به نظر می‌رسد فراهمی زیاد نیتروژن در تیمار N270 ممکن است توازن

www.SID.ir

Archive of SID

بین رشد رویشی و زایشی گیاه را مختل و آن را به سمت افزایش رشد رویشی سوق دهد که این فرآیند از طریق کاهش شاخص برداشت اثر منفی بر عملکرد دانه دارد. واکنش درجه دو شاخص برداشت در پاسخ به سطوح مختلف نیتروژن در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (راتک و همکاران، ۲۰۰۶). در مقابل بیشترین شاخص برداشت بین سطوح مختلف زئولیت از کاربرد ۹ تن زئولیت در هکتار حاصل شد. به نظر می‌رسد زئولیت از طریق کاهش اثر تشدید کنندهٔ نیتروژن بر رشد رویشی، موجب افزایش شاخص برداشت می‌گردد. به عبارت دیگر به دلیل آزادسازی کنترل شدهٔ نیتروژن از زئولیت، هماهنگی (تعادل) بیشتری بین رشد رویشی و زایشی گیاه حاصل می‌گردد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن کلزا

نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زئولیت ($t\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	عملکرد روغن ($kg\ ha^{-1}$)
۰	۰	۱۰۳۸ g	۱۹ d	۵۰۸ f
۹۰	۰	۱۵۶۹ f	۲۳ c	۷۶۸ de
۱۸۰	۰	۱۸۱۱ de	۲۵ b	۸۶۴ bcd
۲۷۰	۰	۱۸۹۶ cd	۲۵ b	۸۶۹ bcd
۹۰	۳	۱۵۳۱ f	۲۳ c	۷۵۳ e
۱۸۰	۳	۱۸۵۶ cde	۲۵ b	۸۹۰ bc
۲۷۰	۳	۱۹۵۱ cd	۲۵ b	۹۰۰ b
۹۰	۶	۱۵۰۲ f	۲۳ c	۷۳۲ e
۱۸۰	۶	۱۹۰۳ cd	۲۵ b	۸۸۹ bc
۲۷۰	۶	۲۰۵۵ bc	۲۴ bc	۹۱۹ b
۹۰	۹	۱۶۳۷ ef	۲۳ c	۷۹۴ cde
۱۸۰	۹	۲۲۲۸ b	۲۷ a	۱۰۳۰ a
۲۷۰	۹	۲۴۵۲ a	۲۷ a	۱۰۹۳ a
میانگین		۱۸۰۳	۲۵	۸۴۷
P- value		۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
LSD(0.05)		۲۰۹	۱/۷	۹۸

میانگین‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

با افزایش نیتروژن و زئولیت مصرفی، عملکرد روغن در واحد سطح افزایش یافت (جدول ۲). حداکثر عملکرد روغن به مقدار ۱۰۹۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار N270Z9 و حداقل آن با کاهشی ۴۳ درصدی از تیمار شاهد (N0Z0) بدست آمد (جدول ۳). با افزایش سطوح نیتروژن و زئولیت، اگر چه درصد روغن دانه به دلیل افزایش فراهمی نیتروژن کاهش یافت، اما به دلیل افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن در واحد سطح افزایش یافت. بررسی‌های سایر پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که اگر چه مصرف زیاد نیتروژن درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد (نارانگ و گیل، ۱۹۹۲) ، اما افزایش محصول دانه از طریق افزایش تعداد خورجین در واحد سطح که ناشی از فراهمی نیتروژن است، معمولا این کاهش را جبران کرده و موجب افزایش عملکرد روغن می‌شود. واکنش عملکرد روغن در برابر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت درجه دو بود (جدول ۲) که با یافته‌های سایر محققین در قسمت نیتروژن منطبق بود (جکسون، ۲۰۰۰).

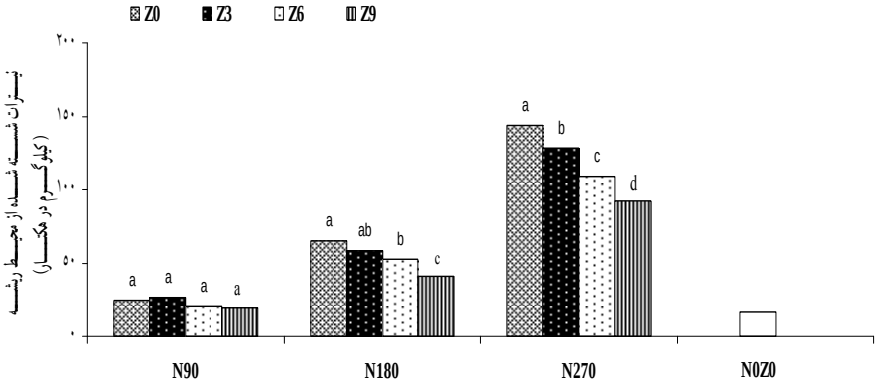
نیترات شسته شده از خاک

غلظت نیترات در نمونه زه‌آب و نیترات شسته شده (غلظت نیتروژن × مقدار نفوذ آب) از محیط ریشه به طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). به استثناء تیمار شاهد که غلظت نیترات در نمونه زه‌آب آن ۷/۰۶ میلی‌گرم در لیتر بود، سایر تیمارهای آزمایشی غلظتی بالاتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان حد نهائی

www.SID.ir

Archive of SID

استاندارد پذیرفته شده غلظت نیترات در زه آب (یو اس، ۲۰۰۲) نشان دادند (داده‌ها ارائه نشده است) که نشان دهنده پتانسیل زیاد آبشوئی نیترات در خاک محل آزمایش می‌باشد. کمترین مقدار نیترات شسته شده از تیمار شاهد به مقدار ۱۶/۴۳ کیلوگرم نیترات در هکتار و بیشترین آن از مصرف بالاترین مقدار کود نیتروژن‌دار بدون مصرف زئولیت (N270Z0) با افزایش بیش از ۱۱ برابری به مقدار ۱۴۳/۷۲ کیلوگرم نیترات در هکتار بدست آمد (شکل ۵). از مجموع نیتروژن مصرف شده در تیمارهای حاوی ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شامل (N270Z0، N270Z3، N270Z6 و N270Z9) به ترتیب ۵۳، ۴۷، ۴۰ و ۳۴ درصد نیتروژن مصرف شده به صورت نیترات در زه‌آب، هدر رفت. با افزایش نیتروژن و زئولیت مصرفی، نیترات شسته شده از محیط ریشه به طور معنی‌داری به ترتیب افزایش و کاهش یافت (جدول ۲). تاثیر معکوس نیتروژن و زئولیت بر نیترات شسته شده، باعث معنی‌دار شدن اثر متقابل دو عامل گردید. چنین به نظر می‌رسد با افزایش نیتروژن مصرفی، تجمع بیشتری از نیترات در خاک حاصل شده که با توجه به بار منفی این ترکیب و عدم جذب آن توسط ذرات خاک، شستشو نیترات از محیط ریشه توسط آبیاری و بارندگی اتفاق می‌افتد. نتایج مطالعات سایر محققین نیز افزایش نیترات شسته شده را درقبال افزایش نیتروژن مصرفی گزارش کردند (لی و همکاران، ۲۰۰۷؛ زومویاد و همکاران، ۲۰۰۳). پاسخ نیترات شسته شده به سطوح مختلف نیتروژن درجه دوم بود. سایر محققین نیز واکنشی درجه دو را برای شستشو نیترات از محیط ریشه در واکنش به کاربرد نیتروژن گزارش کردند (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل N×Z برای نیترات شسته شده از محیط ریشه.
در هر تیمار کود نیتروژنی، میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار در مقایسه با عدم مصرف زئولیت، کاربرد ۳ و ۶ تن زئولیت در هکتار به ترتیب ۵۳، ۳۹ و ۱۸ درصد آبشوئی نیترات را کاهش داد (جدول ۲). سایر محققین نیز کاهش شستشوی نیترات را در حضور زئولیت کلینوپتیلولیت اگر چه در شرایط محیطی کنترل شده گزارش کردند (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۴). مهم‌ترین دلیل برای کاهش شستشوی نیتروژن در حضور زئولیت کلینوپتیلولیت مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی منحصر به فرد این ماده معدنی می‌باشد. کانال‌ها و حفرات این گونه از زئولیت به اندازه‌ائی بزرگ است که امکان قرارگیری کاتیون‌هائی مانند آمونیوم در آن وجود دارد، اما اندازه این حفرات به گونه‌ائی است که امکان حضور باکتری‌ها به ویژه باکتری‌های شوره‌گذار (نیتریفیکاسیون کننده) در آنها وجود ندارد. بنابراین پس از مصرف کود اوره در خاک و تبدیل آن به آمونیوم، زئولیت کلینوپتیلولیت با توجه به خاصیت جذب انتخابی عناصر نسبت به جذب آمونیوم اقدام کرده، این یون را از دسترس میکروارگانیسم‌های شوره‌گذار که در خاک‌های شنی فعالیت زیادی دارند (به دلیل تهویه مناسب این اراضی) محافظت می‌کند. لذا از سرعت تبدیل آمونیوم به نیترات که قابلیت شستشوی شدیدی دارد، کاسته می‌شود و در نهایت شستشوی نیتروژن کنترل می‌گردد. گزارش شده است

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از مهمترین دلایل برای کاهش کارائی استفاده از کودهای نیتروژنی، آبشویی نیترات می‌باشد (ران و جانسون، ۱۹۹۹). بنابراین کاهش آبشوئی نیترات بواسطه زئولیت کلینوپتیلولیت، باعث فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه و در نهایت افزایش کارائی استفاده از نیتروژن می‌گردد، که این افزایش علاوه بر تاثیر مثبت در جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیز می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات مولفه‌های رشد نشان داد که با افزایش نیتروژن، ماده خشک کل و شاخص سطح برگ کلزا افزایش می‌یابد. در مقابل با افزایش زئولیت مصرفی، در مراحل اولیه رشد گیاه کاهشی در تجمع ماده خشک کل و شاخص سطح برگ کلزا مشاهده شد که ناشی از آزادسازی آرام نیتروژن از زئولیت بود. فراهمی طولانی مدت نیتروژن از طریق زئولیت موجب گردید در اواسط و انتهای رشد گیاه، شاخص سطح برگ و ماده خشک بیشتری در تیمارهای حاوی سطوح بالاتر زئولیت مشاهده شود. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن گردید. در اثر مصرف زئولیت در خاک، نیتروژن شسته شده از محیط ریشه کاهش پیدا کرد، این کاهش موجب فراهمی طولانی مدت نیتروژن برای گیاه و افزایش کارائی مصرف آن می‌گردد. در مجموع می‌توان با تلفیق ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن با ۹ تن زئولیت در هکتار علاوه بر دستیابی به عملکرد مناسب از کلزا در یک خاک کم بازده شنی، مانع آلودگی منابع زیست محیطی در اثر مصرف کودهای نیتروژن‌دار شد. تحقیقات بیشتر در مورد تلفیق کودهای شیمیائی با زئولیت‌ها بر عملکرد گیاهان زراعی مورد انتظار است.

منابع

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9): D05109.

Barco, A., Maucieri, C. and M. Borin. 2018. Root system characterization and water requirements of ten perennial herbaceous species for biomass production managed with high nitrogen and water inputs. Agr. Water Manage. 196: 37-47.

Bigelow, C. A., Bowman, D. C. and D. K. Cassel. 2003. Inorganic soil amendments limit nitrogen leaching in newly constructed sand-based putting green rooting mixtures. USGA Turfgrass Environ. Res. 2(24): 1-7.

Barłóg, P. and W. Grzebisz. 2004. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). II. Nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency. J. Agron. Crop Sci.190(5): 314-323.

Dreccer, M. F., Schapendonk, A. H. C. M., Slafer, G. A. and R. Rabbinge. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilisation efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. Plant Soil. 220(1-2): 189-205.

Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., Herrera, E. and J. M. Garcıa-Novelo. 2004. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. Sci. Hort. 101(1-2): 39-49.

Gholamhoseini, M., Habibzadeh, F., Ataei, R., Hemmati, P. and E. Ebrahimian. 2018. Zeolite and hydrogel improve yield of greenhouse cucumber in soil-less medium under water limitation. Rhizosphere. 6: 7–10

Hermanson, R., Pan, W., Perillo, C., Stevens, R. and C. Stockle. 2000. Nitrogen use by crops and the fate of nitrogen in the soil and vadose zone. Washington State University and Washington Department of Ecology Interagency Agreement, (C9600177).

Hocking, P. J., Kirkegaard, J. A., Angus, J. F., Bernardi, A. and L. M. Mason. 2002. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments: III. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake by plants and on soil nitrogen extraction. Field Crops Res. 79(2-3): 153-172.

Jackson, G. D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agron. J. 92(4): 644-649.

Kavoosi, M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. Commun. Soil Sci. Plan. 38(1): 69–76.

www.SID.ir

Archive of SID

Khodaei-Joghan, A., Ghalavand, A., Agha-Alikhani, M., Gholamhoseini, M. and A. Dolatabadian. 2012. How Organic and Chemical Nitrogen Fertilizers, Zeolite, and Combinations Influence Wheat Yield and Grain Mineral Content. J. Crop Improve. 26: 116–129

Khodaei-Joghan, A., Gholamhoseini, M., Agha-Alikhani, M., Habibzadeh, F., Sorooshzadeh, A. and A. Ghalavand. 2018. Response of sunflower to organic and chemical fertilizers in different drought stress conditions. Acta Agr. Slovenica. 111(2): 271-284.

Latifah, O., Ahmed, H. O. and N. M. A. Majid. 2017. Enhancing nitrogen availability from urea using clinoptilolite zeolite. Geoderma. 306: 152-159

Li, X., Hu, C., Delgado, J. A., Zhang, Y. and Z. Ouyang. 2007. Increased nitrogen use efficiencies as a key mitigation alternative to reduce nitrate leaching in north china plain. Agr. Water Manage. 89(1-2): 137-147.

Lum, Q., Hanm, P., Chenm, F., Lium, T., Lim, J., Lengm, L., Lim, J. and W. Zhou. 2019 . A novel approach of using zeolite for ammonium toxicity mitigation and value-added Spirulina cultivation in wastewater. Bioresource Technol. 280: 127-135.

Murphy, J. A., Samaranayake, H., Honig, J. A., Lawson, T. J. and S. L. Murphy. 2005. Creeping bentgrass establishment on amended-sand root zones in two microenvironments. Crop sci. 45(4): 1511-1520.

Narang, R. S. and M. S. Gill. 1992. Effect of irrigation and nitrogen management on root-growth parameters, U-use and seed-yield response of Gobhi (*Brassica napus* subsp oleifera var annua). Indian J. Agr. Sci. 62(3): 179-186.

Nuttall, W. F., Moulin, A. P. and L. J. Townley-Smith. 1992. Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation, and temperature. Agron. J. 84(5): 765-768.

Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. Eur. J. Agron. 19(3): 453-463.

Radin, J. W. and L. L. Parker. 1979. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency: I. Dependence upon leaf structure. Plant Physiol. 64(3): 495-498.

Radin, J. W. and J. S. Boyer. 1982. Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants: role of hydraulic conductivity and turgor. Plant physiol. 69(4): 771-775.

Rathke, G. W., Behrens, T. and W. Diepenbrock. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Agric. Ecosyst. Environ. 117(2-3): 80-108.

Raun, W. R. and G. V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91(3): 357-363.

Rehakova, M., Čuvanová, S., Dzivak, M., Rimár, J. and Z. Gaval'Ova. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Curr. Opin. Solid. St. M. 8(6): 397-404.

Salehi, A, Gholamhoseini, M, Ataei, R, Sefikon, F. and A. Ghalavand. 2018. Effects of Zeolite, Bio- and Organic Fertilizers Application on German Chamomile Yield and Essential Oil Composition. TEOP. 21(1): 116-130.

Souza, I.M.S., Gurgel, G.C.S., Medeiros, A.M., Zonta, E., Ruiz, J.A.C., Paskocimas, C.A., Motta, F.V. and M.R.D. Bomio. 2018. The use of clinoptilolite as carrier of nitrogened fertilizer with controlled release. J. Environ. Chem. Eng. 6(4): 4171-4177

Tedone, L., Ali, S.A., Verdini, L. and G. De Mastro. 2018. Nitrogen management strategy for optimizing agronomic and environmental performance of rainfed durum wheat under Mediterranean climate. J. Cleaner Produc. 172: 2058-2074

US, EPA. 2002. Current drinking water standards. EPA 816-F-02-013. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Vázquez, N., Pardo, A., Suso, M. L. and M. Quemada. 2005. A methodology for measuring drainage and nitrate leaching in unevenly irrigated vegetable crops. Plant Soil. 269(1-2): 297-308.

Zvomuya, F., Rosen, C. J., Russelle, M. P. and S.C. Gupta. 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. J. Environ. Qual. 32(2): 480-489.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of zeolite and nitrogen fertilizer application on canola yield and nitrate leaching loss from root environment

M. Gholamhosseini[1], R. Ataei[2], F. Habibzadeh[3], A. Hassani[4], M.B. Valipour[5]

Received: 2018-9-16 Accepted: 2019-5-28

Abstract

In order to study the effect of various amounts of nitrogen (N) and zeolite (clinoptilolite) on the yield of winter canola (*Brassica napuse* L.) and nitrogen leaching, in a light soil, a field experiment was conducted in the research farm of Tarbiat Modares University, on 2012-2013. The experiment was conducted as factorial trial in a randomized complete block design with three replications. The experimental factors contain zeolite (0, 3, 6 and 9 $t.ha^{-1}$) and nitrogen (90, 180 and 270 kg ha^{-1} in urea form). The result showed that the highest grain yield (2452 kg/ha) obtained from $N_{270}Z_9$ treatment and $N_{90}Z_0$ produce the lowest grain yield (1569 kg/ha). Moreover using 270 kg N/ha without zeolite ($N_{270}Z_0$) has the highest amount of N leaching (142 kg/ha). Zeolite application has significant effect on the reduction of N leaching in each N level**.** It could be concluded that a combined application of zeolite (9 $t.ha^{-1}$) and chemical N (270 kg ha^{-1}) for canola production is recommended to ensure an acceptable yield and for environmental protection from excess N leaching.

Keywords: Grain yield, nitrogen leaching loss, oil yield, winter canola, zeolite

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Karaj, Iran
2- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
5- Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Karaj, Iran

www.SID.ir