

اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، روش کاشت و مقدار نیتروژن بر عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*) و برخی از خصوصیات خاک در شرایط شالیزاری

محمد ربیعی^۱، مجید مجیدیان^{۲*}، محمدرضا علیزاده^۳، مسعود کاوسی^۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۲

۱-دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات برنج کشور

مکاتبه کننده: Email: ma_majidian@guilan.ac.ir

چکیده

اهداف: این تحقیق به منظور بررسی اثر خاک‌ورزی، روش کاشت و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات خاک در زراعت کلزا به عنوان کشت دوم بعد از برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهر رشت اجرا شد. در این آزمایش، سه شیوه خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی متداول (شخم برگردان‌دار در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر+ دوبار دیسک)، کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از روتیواتور تراکتوری در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر) و بی خاک‌ورزی به عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شدند. علاوه بر این، دو روش کشت شامل کشت مستقیم و نشایی و چهار مقدار کود نیتروژن از منبع اوره به میزان، صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی منظور شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمار کم خاک‌ورزی با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با کسب میانگین ۴۱۴۴/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. سیستم بی خاک‌ورزی بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شاخص مخروطی (۳/۷۴ مگا پاسکال)، رطوبت خاک (۷۲/۱۳ درصد) و کمترین طول ریشه (۲۰/۶۵ سانتی‌متر) و وزن ریشه (۶۱/۴۳ گرم در متر مربع) را دارا بود. تیمار بدون مصرف نیتروژن، کمترین مقدار نیتروژن خاک، کربن آلی، طول و وزن ریشه را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، ترکیب کم خاک‌ورزی با مقدار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر دو روش کشت، مستقیم و نشایی را به دلیل عملکرد دانه بالا می‌توان جهت کشت کلزا در اراضی شالیزاری منطقه گیلان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی، کشت دوم، کشت نشایی، کم خاک‌ورزی، وزن ریشه

Effects of Tillage Systems, Planting Method and Nitrogen Amounts on the Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) and Some Properties of Soil in Paddy Field Conditions

Mohammad Rabiee¹, Majed Majidian^{*2}, Mohammad Reza Alizadeh³, Masoud Kavosi³

Received: May 9, 2020 Accepted: November 22, 2020

1-PhD Candidate, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

3-Assoc. Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: ma_majidian@guilan.ac.ir

Abstract

Objective & Background: The aim of this study was to investigate the effects of tillage, planting method and the levels of nitrogen fertilizer on the grain yield and some properties of soil in planting Rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop after rice.

Materials & Methods: A split factorial experiment in complete randomized block design was conducted with three replications at research fields of Rice Research Institute of Iran in Rasht during two cropping seasons of 2016-2018. In the experiment, three tillage methods including the conventional tillage (moldboard plow at a depth of about 25-30 cm + double-disc), minimum tillage (once using tractor-mounted rotavator at a depth of about 10-15 cm) and no-tillage were considered as the main plots. In addition, two planting methods of direct planting and transplanting as well as the four amounts of nitrogen fertilizer of 0, 100, 200 and 300 kg.ha⁻¹ urea source were considered as factorial in sub plots.

Results: Results showed that the minimum tillage at 200 kg ha⁻¹ of nitrogen had the highest grain yield with the average of 4144.3 kg.ha⁻¹. The system of no-tillage had the maximum soil bulk density (1.58 g.cm⁻³), cone index (3.74 MPa), soil moisture (72.13%), minimum root length (20.65 cm) and root weight (61.43 g.m⁻²). The treatment of without nitrogen consumption showed the minimum values of soil nitrogen, organic carbon as well as root length and weight.

Conclusion: Based on the results, the combination of minimum tillage by using 200 kg.ha⁻¹ of nitrogen in both planting methods could be recommended for rapeseed production in Guilan region due to the high grain yield.

Keywords: Bulk Density, Minimum Tillage, Organic Carbon, Root Weight, Second Crop, Transplanting

مقدمه

کلزا (*Brassica napus L.*)، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و پس از سویا، دومین گیاه روغنی یک‌ساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت شده و به راحتی در تناوب با غلات قرار می‌گیرد (فائو ۲۰۱۸). افزایش جمعیت به همراه افزایش سرانه مصرف روغن نباتی در سالهای اخیر سبب شده است که بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی مورد نیاز کشور از طریق واردات تامین شود. از اینرو به منظور دستیابی به خوداتکایی در زمینه روغن خوراکی و کاهش واردات، توسعه کشت کلزا در اراضی شالیزاری بعد از برداشت برنج از اهمیت زیادی برخوردار است. کشت محصولات پاییزه در تناوب با برنج در راستای تحقق کشاورزی پایدار، نقش مهمی را در حفظ و ارتقای باروری سیستم خاک داشته و می‌تواند به بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منجر شود (شهدی کومله و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به سنگین بودن بافت خاک و بارندگی‌های زیاد در فصل کشت کلزا، انجام شخم کامل در اراضی شالیزاری استان گیلان، علاوه بر مصرف انرژی و هزینه‌های مرتبط با آن می‌تواند باعث تاخیر و یا گاهی از دست‌دادن فصل کشت و همچنین فشردگی و تخریب ساختمان خاک گردد. بنابراین، کشت کلزا بعد از محصول برنج در یک سال، مستلزم نوعی کاهش خاک ورزی به دلیل محدودیت زمانی برای تهیه بستر محصول دوم می‌باشد. نتایج آزمایش انجام شده در خصوص بررسی اثرات خاک‌ورزی بر عملکرد کلزا در شهرستان رشت نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی تیمار بی خاک‌ورزی با میانگین ۱۳۸۹ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را دارا بود (علیزاده و علامه ۲۰۱۵). نتایج بررسی اثر سیستم‌های خاک‌ورزی متداول، کم خاک‌ورزی و کشت مستقیم بر عملکرد و کارایی مصرف انرژی در زراعت کلزا در کشور ترکیه نشان داد که

بیشترین و کمترین عملکرد کلزا با میانگین ۲۱۴۴/۴ و ۱۹۵۶/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به خاک‌ورزی متداول و کشت مستقیم اختصاص داشت. با این وجود، بررسی‌های آنان نشان داد که کم خاک‌ورزی به دلیل راندمان بالای انرژی، قابلیت جایگزینی با خاک‌ورزی متداول را دارا می‌باشد (کوزک و همکاران ۲۰۱۶). نتایج بررسی انجام شده در خصوص اثر خاک‌ورزی، ارقام و میزان بذر بر عملکرد کلزا و برخی از خصوصیات زیستی و فیزیکی خاک در مازندران نشان داد که اگر چه روش خاک‌ورزی متداول با میانگین عملکرد ۲۹۰۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی برتری داشت، ولی برای پایداری زراعت کلزا در منطقه، استفاده از روش بی خاک‌ورزی و یا کم خاک‌ورزی مفیدتر می‌باشد (ترابی و همکاران ۲۰۰۸). نتایج تلفات نیتروژن و فسفر از طریق رواناب همچنین ممکن است سبب کاهش سطوح شیوه بی خاک‌ورزی گردد (تن و همکاران ۲۰۱۳ و لیو و همکاران ۲۰۱۲). هرچند سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم با شکستن لایه‌های نفوذ ناپذیر خاک و قطع چرخه زندگی علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بستری مناسبی برای رشد گیاه فراهم می‌کنند (مولومب و لال ۲۰۰۸) ولی این سامانه‌ها هم به انرژی زیادی نیاز دارند و هم در دراز مدت، ویژگی‌های فیزیکی خاک را تخریب می‌کنند (شارما و همکاران ۲۰۱۱). فولادی‌وند و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد کلزا گزارش نمودند که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب به تیمار خاک‌ورزی متداول و بی خاک‌ورزی اختصاص داشت. در سال‌های اخیر به دلیل کمبود آب و لزوم زودرس نمودن محصولات توجه ویژه‌ای به کشت نشایی محصولات کشاورزی صورت گرفته است. مطالعه اثر تاریخ کاشت و دو شیوه کشت مستقیم و نشایی بر عملکرد کلزا در اهواز نشان داد که عملکرد دانه در کشت نشایی بیشتر از کشت مستقیم بود و این افزایش، به خصوص در کشت‌های دیر هنگام

افزایش می‌یابد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که با مصرف کود نیتروژن، عملکرد دانه و روغن کلزا به نحو قابل توجهی افزایش می‌یابد، ولی چنانچه میزان استفاده از نیتروژن در حد بالایی باشد، کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد (جعفری نژاد و همکاران ۲۰۱۱ و موسویان و همکاران ۲۰۱۴). بررسی اثر مقدار نیتروژن (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم (۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار) در سیستم بدون خاک‌ورزی در تناوب برنج-کلزا، در چین نشان داد که عملکرد کلزا با افزایش نیتروژن، به‌ویژه در تراکم بالاتر افزایش می‌یابد. در این مطالعه، تیمار ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن با تراکم ۶۰۰ هزار بوته، با میانگین ۲۵۴۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (ونگ و همکاران ۲۰۱۱). نتایج حاصل از به‌کارگیری کود نیتروژن در چهار سطح صفر، ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع کلا مازندران نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۴۰۶۷ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار مصرف ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن بود. در این تحقیق، افزایش میزان نیتروژن مصرفی منجر به افزایش طول دوره گل‌دهی و باروری گل‌ها و در نتیجه، افزایش تعداد خورجین در بوته شده که این عوامل در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن شدند (رامنه و سلیمی ۲۰۱۵). نتایج حاصل از آزمایش انجام شده در خصوص کاربرد کود نیتروژن در پنج سطح صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عامل آبیاری در سه سطح، آبیاری نرمال، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی بر عملکرد کلزا در منطقه قزوین نشان داد که جهت حصول عملکرد دانه بالا در کلزا، در صورت عدم وجود آب در مراحل گل‌دهی و ساقه‌دهی، مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و در شرایط وجود آب

بیشتر بود. میانگین عملکرد دانه در کشت نشایی و کشت مستقیم به ترتیب برابر با ۲۸۱۸ و ۲۲۲۹ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین کشت نشایی کلزا از زودرسی و افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین بیشتری نیز برخوردار بود. (راهنما و بخشنده ۲۰۰۵). نشاکاری نقش موثری در بهبود استفاده از نهاده‌هایی مانند بذر و کود در واحد سطح دارد و همچنین با کاهش دوره رشد یا کمتر شدن زمان تولید گیاه در مزرعه می‌تواند موجب افزایش کارایی استفاده از نهاده‌هایی مانند آب و در نتیجه کاهش هزینه تولید شود. کاهش دفعات آبیاری و مقدار آب مصرفی (دهقانی و همکاران ۲۰۱۵) افزایش کارایی استفاده از منابع، بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی و سبز شدن به دلیل شرایط بهینه محیطی، امکان استفاده از فصل رشد به مدت بیشتر، کاشت گیاه در زمین حتی در شرایط نامساعد آب و هوایی و بالا بودن عملکرد از دیگر مزایای کشت گیاهان به روش نشاکاری می‌باشند (فاندازو و همکاران ۲۰۰۹). بررسی اثر کود نیتروژن در دو شیوه کشت نشایی و مستقیم کلزا در چین نشان داد که کود نیتروژن به طور موثری موجب افزایش معنی‌دار عملکرد در این دو روش کشت می‌گردد. علاوه بر این، اجزا تشکیل دهنده عملکرد کلزا در کشت نشایی به طور معنی‌داری بیشتر از کشت مستقیم، تحت تاثیر کود نیتروژن قرار گرفتند (ونگ و لی ۲۰۱۱). مصرف مناسب کود نیتروژن یکی از عوامل اصلی و تعیین‌کننده برای رسیدن به پتانسیل عملکرد در کلزا محسوب شده و به نوعی گلوگاه رشد می‌باشد، زیرا مصرف بهینه نیتروژن نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد و کیفیت کلزا و روغن آن و جلوگیری از بروز آلودگی‌های زیست محیطی و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک داشته و سبب افزایش کارایی کودها نیز می‌گردد (ما و هرث ۲۰۱۶). علما و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که با افزایش سطوح نیتروژن عملکرد دانه، بیولوژیک و همچنین وزن خشک ریشه ارقام کلزا

کافی، مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل توصیه می‌باشد (یوسفی و همکاران ۲۰۱۸).
با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی اثرات هم‌زمان سه عامل خاک‌ورزی، روش کاشت و مقدار نیتروژن در زراعت کلزا صورت نگرفته است، این تحقیق با هدف مطالعه و بررسی اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و مقدار نیتروژن در دو شیوه کاشت نشایی و مستقیم بر عملکرد کلزا و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به مدت دو سال زراعی در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت اجرا شد. سه شیوه خاک‌ورزی شامل ۱- خاک‌ورزی متداول (شخم برگردان‌دار در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر+ دوبار دیسک) ۲- کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از روتواتور تراکتوری در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر ۳- بی خاک‌ورزی (استفاده از شیار بازکن داسی شکل به صورت دستی و در عمق یک سانتیمتری خاک) به عنوان کرت‌های اصلی و دو شیوه کاشت شامل ۱- کشت مستقیم: کشت بذر در عمق ۲-۱ سانتی‌متری خاک ۲- کشت نشایی: نشای کلزا در زمان چهار برگی و چهار مقدار کود نیتروژن از منبع اوره به‌میزان، صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی منظور شدند. رقم مورد کشت کلزا، رقم دلگان بود که از ارقام جدید، بهاره، آزاد کرده‌افشان و دارای پتانسیل عملکرد بالا است و به جهت زودرسی برای کشت در مناطق گرم جنوب و شالیزاری شمال کشور توصیه گردیده است (فناپی و همکاران ۲۰۱۹). پس از برداشت برنج عملیات آماده-

سازی زمین برای کشت کلزا صورت گرفت. جهت جلوگیری از غرقابی شدن مزرعه در اثر بارندگی‌های سنگین احتمالی بین بلوک‌ها و پیرامون زمین محل انجام آزمایش، زهکش‌هایی به عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر و به عرض ۳۰-۲۵ سانتی‌متر احداث شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و به طول ۱۰ متر بود. فواصل بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. یک سوم مقادیر کود نیتروژن تخصیص یافته برای هر تیمار و تمام کود فسفر خالص به مقدار ۶۹ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم خالص به مقدار ۷۸ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم پس از انجام تجزیه خاک بر اساس توصیه بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور در زمان کاشت به مزرعه داده شد. عملیات احداث خزانه برای کشت نشایی در مهر ماه صورت گرفت. مقدار بذر جهت کشت نشایی بر مبنای ۱/۸ کیلوگرم در هکتار و کاشت نشایی کلزا به صورت دستی و به روش ریشه لخت در مرحله چهار برگی انجام گرفت (حسین زاده و همکاران ۲۰۰۸). عمل کندن و انتقال نشاء از خزانه به زمین اصلی توسط بیل و به گونه‌ای صورت گرفت که خاک پیرامون ریشه به طور کامل کنده شود، تا به ریشه‌های کلزا آسیبی نرسد. برای انجام کشت نشایی، توسط یک چوب نوک تیز سوراخی به عمق ۵-۴ سانتی‌متر و به فواصل ده سانتی‌متر در روی ردیف‌های کشت ایجاد نموده و سپس کشت نشاء کلزا به صورت تک بوته صورت گرفت. در سال دوم به علت کمبود رطوبت خاک و جهت استقرار بهتر نشاءها پس از انجام نشاکاری مبادرت به آبیاری مزرعه گردید. در کشت مستقیم در روش بی خاک‌ورزی، بدون انجام هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی، شیار باریک و به عمق یک سانتیمتر با استفاده از شیار بازکن داسی شکل به صورت دستی ایجاد و بذر کلزا در این شیارها کشت گردیدند. مقدار بذر کلزای مورد استفاده در کشت مستقیم بر مبنای شش کیلوگرم

این کار به طور تصادفی در ۵ نقطه از هر کرت و هر نقطه از ۳۰-۰ سانتی‌متر انجام گرفت (صفری و همکاران ۲۰۱۳). نمونه برداری از خاک به صورت دوره‌ای قبل از کشت هر محصول و در پایان فصل کشت پس از برداشت هر محصول از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری صورت گرفت. نمونه برداری به صورت تهیه یک نمونه مرکب از سه نقطه از هر کرت انجام شد. نمونه‌های خاک خوب مخلوط شده و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری در ظروف پلاستیکی ریخته شده و خصوصیات شیمیایی آن‌ها (N، P، K، OC و pH) در آزمایشگاه خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور تعیین شد. کربن آلی خاک بر اساس روش اکسیداسیون تر (والکلی و بلاک ۱۹۳۴)، وزن مخصوص ظاهری بر اساس روش کلوخه‌ای (کلوت ۱۹۸۶)، واکنش خاک یا اسیدیته (pH خاک) به وسیله pH متر، نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنز و مولوانی ۱۹۸۲) تعیین گردید. پس از برداشت کلزا، جهت حفظ و پایداری شیوه زراعی مبتنی بر پایه برنج، کشت برنج رقم هاشمی در زمین مورد نظر انجام شد. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین اثر اصلی و اثر متقابل تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

در هکتار و کاشت بذر در اوایل آبان و هم‌زمان با کشت نشایی انجام گرفت. دو سوم کود نیتروژن نیز به صورت سرک، یک سوم قبل از شروع ساقه رفتن و یک سوم قبل از گلدهی بر حسب تیمارهای مورد آزمایش، به کرت‌ها اختصاص یافت. برای اندازه‌گیری تراکم علف‌های هرز ۳۰ روز و ۶۰ روز بعد از کاشت در هر کرت در چهار نقطه کادر چوبی به ابعاد یک متر مربع انداخته و علف‌های هرز، جمع‌آوری و پس از قرار دادن آنها در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک آنها محاسبه گردید (علیزاده و علامه ۲۰۱۵). جهت اندازه‌گیری طول و وزن ریشه در زمان برداشت، تعداد ده بوته از هر کرت از عمق مناسب خاک به نحوی که ریشه‌های کلزا دچار آسیب نگردند از خاک جدا و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس ریشه‌های گیاهان با دقت از خاک جدا و پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در آون نگهداری و سپس توزین گردیدند (علما و همکاران ۲۰۱۳). برای محاسبه عملکرد دانه در هنگام برداشت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف و بقیه به عنوان سطح برداشت انتخاب گردید. برای محاسبه شاخص مخروطی از نفوذ سنج مخروطی استفاده شد که با زاویه‌ی نوک ۶۰ درجه و قطر انتهای مخروط ۵ سانتی‌متر می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

| گروه | رس | سیلت | شن | پتاسیم قابل استفاده | فسفر قابل استفاده | نیتروژن کل | کربن آلی | اسیدیته گل اشباع | هدایت الکتریکی (dS.m-1) | عمق (cm) |
|-------------|-----|------|-----|------------------------|------------------------|------------|----------|------------------|-------------------------|----------|
| | (%) | (%) | (%) | (mg.kg ⁻¹) | (mg.kg ⁻¹) | (%) | (%) | | | |
| رسی - سیلتی | ۴۸ | ۴۶ | ۶ | ۱۵۵ | ۱۹/۶ | ۰/۱۴۶ | ۱/۳۶ | ۷/۴۱ | ۰/۹۷ | ۰-۳۰ |

جدول ۲- داده‌های هواشناسی در طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت

| ماه | دما (درجه سانتی‌گراد) | | مجموع بارندگی (mm) | | مجموع ساعات آفتابی | |
|---------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | | | | | | |
| | ۱۳۹۵-۹۶ | ۱۳۹۶-۹۷ | ۱۳۹۵-۹۶ | ۱۳۹۶-۹۷ | ۱۳۹۵-۹۶ | ۱۳۹۶-۹۷ |
| مهر | کمینه ۱۵/۵ | بیشینه ۲۳/۸ | ۲۳۹/۹ | ۲۳۸/۸ | ۱۰۸/۶ | ۱۳۰/۱ |
| آبان | کمینه ۹/۴ | بیشینه ۱۶/۳ | ۲۰۰/۳ | ۲۵/۹ | ۷۱/۳ | ۹۷/۴ |
| آذر | کمینه ۲/۳ | بیشینه ۱۲/۱ | ۲۱۹/۴ | ۷۱/۴ | ۱۲۹/۸ | ۱۱۵/۸ |
| دی | کمینه ۳/۵ | بیشینه ۱۱/۵ | ۳۸/۰ | ۶۶/۷ | ۹۰/۹ | ۷۷/۸ |
| بهمن | کمینه ۰/۳ | بیشینه ۸/۶ | ۲۱۶/۷ | ۱۸۵/۶ | ۹۲/۴ | ۶۸/۵ |
| اسفند | کمینه ۴/۱ | بیشینه ۱۴/۵ | ۴۴/۸ | ۸۶ | ۱۳۴/۵ | ۵۶/۹ |
| فروردین | کمینه ۸/۵ | بیشینه ۱۸/۶ | ۸۶/۲ | ۲۰/۴ | ۱۴۰ | ۱۴۵/۹ |
| اردیبهشت | کمینه ۱۴/۳ | بیشینه ۲۴/۱ | ۲۷/۸ | ۳۷/۲ | ۱۶۹/۲ | ۱۷۰/۴ |
| میانگین مجموع | ۷/۲ | ۱۶/۲ | ۱۰۷۳/۱ | ۷۳۲ | ۹۳۶/۷ | ۸۶۲/۶ |

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین اثر اصلی سال، خاک‌ورزی، روش کاشت، مقدار نیتروژن و اثر متقابل روش خاک‌ورزی در روش کاشت، خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن و روش کاشت در مقدار نیتروژن از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال دوم با میانگین عملکرد دانه ۳۳۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به سال اول با میانگین عملکرد دانه ۳۰۵۷/۳ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌داری برخوردار بود (جدول ۴). داده‌های جدول ۲، مشخصات آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش را نشان می‌دهد. مجموع بارندگی در سال‌های اول و دوم آزمایش، به ترتیب برابر با ۱۰۷۳/۱ و ۷۳۲ میلی‌متر بود که دو ماه ابتدایی کشت کلزا (آبان و آذر) در سال اول از میزان بارندگی بسیار بیشتری (۴۱۹/۷ میلی‌متر) نسبت به مدت مشابه در سال دوم (۹۷/۳ میلی‌متر) برخوردار بود. کمینه و بیشینه دما در سال اول آزمایش نیز به ترتیب برابر با ۷/۲ و ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد و در سال دوم برابر با ۸/۹ و ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد بود. بنابراین،

علت بیشتر بودن عملکرد دانه در سال دوم آزمایش را می‌توان به شرایط مساعد آب و هوایی در سال دوم به جهت دمای بیشتر و بارندگی کمتر به‌ویژه در ماه‌های ابتدایی دوره رشد مربوط دانست. مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در روش کاشت نشان داد که ترکیب تیماری خاک‌ورزی متداول در کشت نشایی با میانگین ۳۴۵۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بوده و در گروه a قرار گرفت، روش کم خاک‌ورزی در کشت نشایی نیز با عملکرد ۳۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در گروه ab قرار داشت (جدول ۵). عملیات خاک‌ورزی با ایجاد تغییر در ساختمان خاک، شکستن لایه‌های خاک و سست نمودن آن باعث کاهش مقاومت خاک گردیده و در نتیجه گیاهچه‌های کلزا در کشت نشایی توانستند به دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک و استقرار و توسعه بهتر ریشه که منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی گردید، از عملکرد مناسب‌تری برخوردار باشند. در حالی که ترکیب تیماری بی خاک‌ورزی در هر دو روش کشت، به دلیل فشردگی خاک، عدم تخلخل، افزایش شاخص مخروطی و وزن مخصوص ظاهری خاک (محمدی و همکاران

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر شیوه کاشت و مقدار نیتروژن بر صفات مورد مطالعه در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۷

| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد دانه | وزن خشک کل | ارتفاع بوته | طول عمقی ریشه | وزن ریشه | جرم مخصوص ظاهری | اسیدیته خاک | شاخص مخروطی خاک |
|--|------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| سال | ۱ | ۳۱۴۴/۴ ^{NS} | ۵۹۱۳۰۰۲/۸ ^{**} | ۵۲۴۷/۲۷ ^{**} | ۵۴۲/۶۲ ^{**} | ۲۸۶/۷۴ ^{**} | ۰/۰۳۴ ^{NS} | ۰/۴۱ ^{**} | ۱۵/۰۵ ^{**} |
| سال × تکرار | ۲ | ۴۱۲۵۲/۷ | ۲۷۱۴۱۰/۸ | ۲۹/۴۰ | ۱/۲۴ | ۱۹/۶۴ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۵ |
| روش خاک‌ورزی | ۲ | ۲۴۲۵۵۱۵/۴ ^{**} | ۱۶۵۴۳۲۰/۵۱ ^{**} | ۴۶۴/۹۴ ^{**} | ۱۵۷/۶۸ ^{**} | ۶۲۴/۲۳ ^{**} | ۰/۰۸۰ ^{**} | ۰/۰۳ ^{NS} | ۳/۴۴ ^{**} |
| خطای کرت اصلی | ۴ | ۹۲۷۳۸/۲ | ۵۴۵۳۵۵/۵ | ۸۱/۹۲ | ۱۶/۸۷ | ۱۷۷/۰۳ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۴ | ۱/۲۸ |
| روش کشت | ۱ | ۲۹۰۷۰۰/۷ [*] | ۲۲۸۴۱۲۸/۴ [*] | ۹/۸۷ ^{NS} | ۴۰۷/۵۵ ^{**} | ۲۰۶/۸۸ ^{**} | ۰/۰۰۰۴۷ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۴۳ ^{NS} |
| مقدار نیتروژن | ۳ | ۵۳۰۹۴۰۵۸/۷ ^{**} | ۲۶۹۳۳۲۸۰/۹ ^{**} | ۱۶۸۶۰/۵۸ ^{**} | ۴۷۰۳ ^{**} | ۳۴۷۱/۳ ^{**} | ۰/۰۰۴۲ ^{NS} | ۰/۰۶ [*] | ۰/۱۸ ^{NS} |
| خاک‌ورزی × روش کشت | ۲ | ۱۹۲۲۵۱/۴ [*] | ۱۶۴۹۰۲۷/۷ [*] | ۳۴/۶۱ ^{NS} | ۸/۸۶ ^{NS} | ۷۸/۹۲ [*] | ۰/۰۰۳۷ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۰۳ ^{NS} |
| خاک‌ورزی × مقدار نیتروژن | ۶ | ۱۵۵۹۰۳/۷ [*] | ۱۵۰۲۹۹۲۳ [*] | ۵۰/۳۸ ^{NS} | ۰/۹۵ ^{NS} | ۹۶/۹۶ ^{**} | ۰/۰۰۴۸ ^{NS} | ۰/۰۳ ^{NS} | ۰/۱۱ ^{NS} |
| روش کشت × مقدار نیتروژن | ۳ | ۲۰۸۵۵۸/۸ [*] | ۱۵۲۵۰۴۱/۵ [*] | ۶۱/۵۱ ^{NS} | ۳/۵۶ ^{NS} | ۶۷/۸۶ [*] | ۰/۰۰۰۹۲ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۰۹ ^{NS} |
| خاک‌ورزی × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۶ | ۲۵۷۱۷/۴ ^{NS} | ۲۳۲۸۹۴/۴ ^{NS} | ۵/۹۷ ^{NS} | ۴/۳۳ ^{NS} | ۱۶/۹۶ ^{NS} | ۰/۰۰۴۱ ^{NS} | ۰/۰۰۱ ^{NS} | ۰/۱۸ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی | ۲ | ۳۲۴۹۱/۴ ^{NS} | ۸۰۶۲۳۷/۰ ^{NS} | ۶۳/۲۱ ^{NS} | ۲/۱۸ ^{NS} | ۲۳/۴۹ ^{NS} | ۰/۰۰۱۹ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۰۷ ^{NS} |
| سال × روش کشت | ۱ | ۳۵۷۸۴/۱ ^{NS} | ۳۵۹۶۰۰/۱ ^{NS} | ۱۶۸/۳۵ ^{NS} | ۱۷/۳۷ [*] | ۱۱۰/۶۰ [*] | ۰/۰۰۲۳ ^{NS} | ۰/۰۳ ^{NS} | ۰/۲۴ ^{NS} |
| سال × مقدار نیتروژن | ۳ | ۳۰۰۰۹۷/۲ [*] | ۱۶۹۹۴۴۰/۱ [*] | ۱۳۴/۶۰ ^{NS} | ۴/۵۰ ^{NS} | ۸۱/۶۸ [*] | ۰/۰۰۳۴ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۱۰ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی × روش کشت | ۲ | ۴۸۰۸/۴ ^{NS} | ۳۴۳۹۷۲/۹ ^{NS} | ۲۳/۲۸ ^{NS} | ۱/۲۱ ^{NS} | ۱۰/۱۳ ^{NS} | ۰/۰۰۳۷ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۱۰ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی × مقدار نیتروژن | ۶ | ۱۵۴۲۲/۴ ^{NS} | ۲۲۹۲۶/۹ ^{NS} | ۲۱/۵۵ ^{NS} | ۰/۵۴ ^{NS} | ۷/۰۴ ^{NS} | ۰/۰۰۲۶ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۱۰ ^{NS} |
| سال × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۳ | ۴۴۲۸۱/۶ ^{NS} | ۲۴۹۱۶۸/۴ ^{NS} | ۴۸/۰۰ ^{NS} | ۱/۷۴ ^{NS} | ۲۵/۳۰ ^{NS} | ۰/۰۰۷۹ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۱۵ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۶ | ۸۶۲۶/۴ ^{NS} | ۱۹۸۱۹۹/۷ ^{NS} | ۴/۲۹ ^{NS} | ۲/۴۶ ^{NS} | ۲۵/۳۰ ^{NS} | ۰/۰۰۳۶ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۰/۰۹ ^{NS} |
| خطا | ۸۸ | ۵۴۳۴۲/۷ | ۵۲۶۲۰۳/۳ | ۹۵/۰۴ | ۴/۳۷ | ۲۲/۲۸ | ۰/۰۰۹۵ | ۰/۰۳ ^{NS} | ۰/۲۰ |
| ضریب تغییرات (%) | - | ۷/۲۸ | ۷/۵۵ | ۷/۲۳ | ۱۱/۷۱ | ۷/۲۱ | ۶/۳۵ | ۲/۰۰ | ۱۲/۷۰ |

ادامه جدول ۳-

| منابع تغییر | درجه آزادی | نیتروژن خاک | کربن الی خاک | رطوبت خاک | وزن خشک علف‌های هرز (۶۰ روز بعد از کاشت) |
|--|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--|
| سال | ۱ | ۰/۰۰۰۳ ^{NS} | ۰/۰۸ [*] | ۲/۷۸ ^{NS} | ۱۴۰۹/۳۱ ^{**} |
| سال × تکرار | ۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۸ | ۴/۷۲ | ۲۱۶/۹۳ |
| روش خاک‌ورزی | ۲ | ۰/۰۰۰۴ ^{NS} | ۰/۱۰ ^{**} | ۲۳۳/۵۳ ^{**} | ۱۰۴۷۹۰/۷۲ ^{**} |
| خطای کرت اصلی | ۴ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۱۲ | ۹/۴۳ | ۳۱/۹۴ |
| روش کشت | ۱ | ۰/۰۰۰۲ ^{NS} | ۰/۰۰۳ ^{NS} | ۰/۱۱ ^{NS} | ۵۵۸۷/۱۹ ^{**} |
| مقدار نیتروژن | ۳ | ۰/۰۰۷ ^{**} | ۰/۱۷ ^{**} | ۱/۲۱ ^{NS} | ۵۶۸۱/۲۹ ^{**} |
| خاک‌ورزی × روش کشت | ۲ | ۰/۰۰۰۰۱ ^{NS} | ۰/۰۳ ^{NS} | ۸/۴۴ ^{NS} | ۱۹۸/۶۷ [*] |
| خاک‌ورزی × مقدار نیتروژن | ۶ | ۰/۰۰۰۰۴ ^{NS} | ۰/۰۰۳ ^{NS} | ۱۰/۵۲ ^{NS} | ۴۲۷/۸۵ ^{**} |
| روش کشت × مقدار نیتروژن | ۳ | ۰/۰۰۰۰۳ [*] | ۰/۰۰۴ ^{NS} | ۱/۰۷ ^{NS} | ۱۴۲/۰۳ [*] |
| خاک‌ورزی × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۶ | ۰/۰۰۰۰۸ ^{NS} | ۰/۰۰۸ ^{NS} | ۱/۶۶ ^{NS} | ۹۴/۱۶ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی | ۲ | ۰/۰۰۰۰۲ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۵/۳۶ ^{NS} | ۳/۶۴ ^{NS} |
| سال × روش کشت | ۱ | ۰/۰۰۰۰۳ ^{NS} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۴/۶۹ ^{NS} | ۱۱۶۲/۳۰ ^{**} |
| سال × مقدار نیتروژن | ۳ | ۰/۰۰۰۰۵ ^{NS} | ۰/۰۰۳ ^{NS} | ۱/۶۷ ^{NS} | ۳۸۲/۲۶ ^{**} |
| سال × خاک‌ورزی × روش کشت | ۲ | ۰/۰۰۰۰۱ ^{NS} | ۰/۰۰۴ ^{NS} | ۳/۵۳ ^{NS} | ۳۳۳/۷۳ ^{**} |
| سال × خاک‌ورزی × مقدار نیتروژن | ۶ | ۰/۰۰۰۰۹ ^{NS} | ۰/۰۰۲ ^{NS} | ۶/۵ ^{NS} | ۲۲/۱۴ ^{NS} |
| سال × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۳ | ۰/۰۰۰۰۱ ^{NS} | ۰/۰۱ ^{NS} | ۵/۲۹ ^{NS} | ۳۹/۵۷ ^{NS} |
| سال × خاک‌ورزی × روش کشت × مقدار نیتروژن | ۶ | ۰/۰۰۰۰۲ ^{NS} | ۰/۰۰۵ ^{NS} | ۲/۷۰ ^{NS} | ۱۳/۸۵ ^{NS} |
| خطا | ۸۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۵/۶۸ | ۴۷/۴۹ |
| ضریب تغییرات (%) | - | ۹/۵۲ | ۹/۴۶ | ۳/۳۹ | ۱۱/۷۱ |

۲۰۰۹ و گجری و همکاران (۲۰۰۲) باعث مقاومت بیشتر خاک نسبت به نفوذ ریشه کلزا شده و کاهش طول ریشه و کاهش عملکرد در این تیمارها به وقوع پیوست. رویجان و همکاران (۲۰۰۶) نیز اظهار داشتند، عملکرد گیاهان در سیستم بی‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی متداول بود و دلیل آن را مربوط به بالا بودن جرم مخصوص ظاهری خاک و کاهش دسترسی به عناصر غذایی خاک عنوان کردند. نتایج اثر متقابل خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن بیانگر آن بود که در تیمارهای خاک-ورزی متداول و کم خاک‌ورزی بین مقادیر ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی داری وجود نداشت و مقایسه میانگین آنها را در یک گروه قرار داد، در حالی که در روش بی‌خاک‌ورزی با افزایش سطوح نیتروژن عملکرد کلزا به طور معنی داری افزایش یافت. احتمالاً تلفات بیشتر نیتروژن در روش بی‌خاک‌ورزی شامل: تصعید، آبشویی، عدم توانایی جذب نیتروژن توسط ریشه به‌ویژه در مراحل ابتدایی رشد و مصرف بیشتر نیتروژن توسط علف‌های هرز، سبب گردید که نیاز روش بی‌خاک‌ورزی به نیتروژن بیشتر از بقیه روش‌های خاک‌ورزی باشد. یافته‌های سایر محققان نیز بیانگر آن است که سیستم بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی متداول دارای قابلیت دسترسی کمتری به عناصر غذایی هستند و نیاز به کود نیتروژن در سیستم بی‌خاک‌ورزی بیشتر از سیستم خاک‌ورزی متداول است (هرنان و همکاران ۲۰۰۰). بررسی نتایج اثر متقابل روش کاشت در مقدار نیتروژن بیانگر آن بود که در کشت نشایی با افزایش مقدار نیتروژن عملکرد کلزا به طور معنی داری افزایش یافت، به گونه‌ای که مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین $4/23$ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که کشت نشایی کلزا به دلیل مورفولوژی خاص این روش کشت که منجر به افزایش صفاتی مانند تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در بوته و بیوماس گیاه می‌گردد، برای رسیدن به پتانسیل عملکرد، نیاز به مقادیر بیشتری نیتروژن دارد.

وزن خشک کل

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش خاک‌ورزی در روش کاشت از نظر صفت وزن خشک کل نشان داد که ترکیب تیماری خاک‌ورزی متداول در کشت نشایی با میانگین ۱۰۲۸۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن خشک کل را دارا بود. الگوی خاک‌ورزی متداول دقیقاً برای کم خاک‌ورزی هم تکرار شد، اما بر خلاف این دو روش خاک‌ورزی، در سیستم بی‌خاک‌ورزی کشت مستقیم نسبت به کشت نشایی از برتری جزئی برخوردار بود (جدول ۵). نتایج اثر متقابل خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن بیانگر آن بود که در تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی با افزایش سطوح نیتروژن وزن خشک کل افزایش یافت و درصد افزایش از مقدار ۱۰۰ به ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر دو روش حدود ۱۸ درصد بود. در حالی که در روش بی‌خاک-ورزی افزایش وزن خشک کل از مقدار ۱۰۰ به ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۲۹ درصد بود و این نشان می‌دهد که تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی برای رسیدن به پتانسیل عملکرد، نیاز بیشتری به کود نیتروژن دارند (هرنان و همکاران ۲۰۰۰).

طول عمقی یا عمق ریشه دوانی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین $24/67$ سانتی‌متر نسبت به سال اول با میانگین $20/79$ سانتی‌متر از طول عمقی ریشه بیشتری برخوردار بود (جدول ۴). شرایط مناسب آب و هوایی و استفاده از عوامل اقلیمی که سبب رشد و نمو بهتر گیاه گردید، از دلایل افزایش طول ریشه در سال دوم آزمایش بود. روش بی‌خاک‌ورزی با میانگین طول ریشه $20/65$ سانتی‌متر کمترین طول ریشه و روش‌های خاک‌ورزی کم و متداول با میانگین‌های $23/55$ و $23/99$ سانتی‌متر بیشترین طول ریشه را دارا بودند و به طور مشترک در یک گروه قرار گرفتند. عملیات خاک‌ورزی با ایجاد تغییر در ساختمان خاک، شکستن لایه‌های خاک و

محسوب می‌شود، به اندازه کافی برای تهویه در دسترس ریشه قرار نخواهد گرفت (محمدی و همکاران ۲۰۰۹ و گجری و همکاران ۲۰۰۲) از سوی دیگر میزان تلفات بیشتر نیتروژن در کشت مستقیم باعث محدودیت توسعه ریشه و کاهش وزن ریشه در این ترکیب تیماری گردید. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در نیتروژن (جدول ۶) نشان داد که ترکیبات تیماری خاک-ورزی متداول با ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ترکیبات تیماری بی خاک‌ورزی و کم خاک-ورزی در تیمار بدون مصرف نیتروژن به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه را دارا بودند. به علت تخلخل و وجود تهویه کافی در خاک در تیمارهای خاک‌ورزی متداول و همچنین بستر و شرایط مناسبی که در اثر تغذیه با کود نیتروژن ایجاد شده بود، سبب رشد و نمو بیشتر ریشه گردیده و در نتیجه افزایش وزن ریشه در این ترکیبات تیماری حاصل گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کاشت در مقدار نیتروژن نشان داد که ترکیب تیماری کشت نشایی با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۷۸/۶۷ گرم بر متر مربع بیشترین و ترکیبات تیماری کشت نشایی و کشت مستقیم بدون مصرف نیتروژن کمترین وزن خشک ریشه را دارا بودند.

استقرار گیاهچه‌های چند برگی کلزا با دارا بودن ریشه‌های نسبتاً طویل در زمین اصلی در کشت نشایی، سبب جذب بیشتر نیتروژن شد. به عبارتی وجود ریشه-های بزرگتر که توانایی جذب نیتروژن بیشتری داشتند، سبب گردید که تلفات نیتروژن که از طرق مختلف صورت می‌گیرد، به حداقل کاهش یابد و در نتیجه باعث افزایش وزن ریشه در ترکیب تیماری کشت نشایی با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن گردید. نتایج برخی از محققان نشان می‌دهد که کاربرد عنصر نیتروژن موجب رشد، گسترش و افزایش وزن ریشه‌ها می‌گردد (فینی و همکاران ۲۰۱۵ و علما و همکاران ۲۰۱۳).

سست نمودن آن باعث کاهش مقاومت خاک گردیده و در نتیجه ریشه‌های گیاه کلزا توانستند از عمق نفوذ بیشتری برخوردار باشند. نتایج سایر محققان نیز بیانگر آن است که در خاک‌هایی که خاک‌ورزی انجام می‌گیرد، به علت جابه‌جایی ذرات خاک، تراکم خاک کاهش یافته و نفوذ و گسترش ریشه‌ها بیشتر است (محمدی و همکاران ۲۰۰۹ و گجری و همکاران ۲۰۰۲). کشت مستقیم با میانگین طول ۲۴/۴۱ سانتی‌متر نسبت به کشت نشایی با میانگین ۲۱/۰۵ سانتی‌متر از طول ریشه بیشتری برخوردار بود. به نظر می‌رسد که در کشت مستقیم به دلیل آنکه استقرار، جوانه‌زنی و ریشه دوانی کلزا در خاک از ابتدا به صورت پیوسته و به تدریج صورت گرفته، بذور کلزا جهت ریشه دوانی با مقاومت کمتری از سوی خاک مواجه گردیده و توانستند با سهولت بیشتری ریشه‌های خود را به صورت عمودی در خاک گسترش داده و از طول ریشه بیشتری برخوردار شوند (جدول ۴). بین مقادیر نیتروژن، تیمار بدون مصرف نیتروژن با میانگین ۲۱/۱۳ سانتی‌متر کمترین طول ریشه را دارا بود. کاربرد کود نیتروژن سبب ایجاد بستر و شرایط تغذیه‌ای مناسب برای رشد و نمو کلزا، افزایش بیوماس گیاهی و رشد ریشه گیاه کلزا گردید و در نتیجه بوته‌ها توانستند از طول ریشه بیشتری برخوردار باشند. نتایج یافته‌های برخی از محققان نیز حاکی از آن است که کاربرد نیتروژن موجب رشد، گسترش و حجیم شدن ریشه‌ها می‌گردد (فینی و همکاران ۲۰۱۵ و علما و همکاران ۲۰۱۳).

وزن ریشه

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش خاک‌ورزی در روش کاشت نشان داد که ترکیب تیماری بی خاک-ورزی در کشت مستقیم با میانگین ۵۸/۸۱ گرم بر متر مربع کمترین وزن ریشه را دارا بود. در توجیه کاهش وزن ریشه در این ترکیب تیماری می‌توان چنین استدلال نمود که در روش بی خاک‌ورزی، افزایش صفاتی چون جرم مخصوص ظاهری و فشردگی خاک باعث کاهش تخلخل خاک و اکسیژن موجود در خاک گردیده و در نتیجه اکسیژن که به عنوان فعال کننده تغذیه گیاه

جدول ۴- مقایسه میانگین مرکب صفات مربوط به اثر اصلی سال، روش خاکورزی، روش کشت و مقدار نیتروژن بر صفات مورد مطالعه

کلزا در طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۷

| تیمار | عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹) | وزن خشک کل (Kg.ha ⁻¹) | ارتفاع بوته (cm) | طول عمقی ریشه (cm) | وزن ریشه (g.m ⁻²) | جرم مخصوص ظاهری (g.m ⁻³) | نیتروژن خاک (%) | کربن آلی خاک (%) | اسیدیته خاک (MPa) | شاخص مخروطی خاک (%) | رطوبت خاک (%) | وزن خشک علف‌های هرز (g.m ⁻²) |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------|--|
| سال | | | | | | | | | | | | |
| ۱۳۹۵-۱۳۹۶ | ۳۰۰۲/۷b | ۹۳۹۹/۲b | ۱۲۸/۷b | ۲۰/۷۹b | ۶۴/۰۴b | ۱/۵۵a | ۰/۱۵۵a | ۰/۱۴۵a | ۷/۳۹a | ۳/۸۲a | ۷۰/۵۴a | ۶۱/۹۸a |
| ۱۳۹۶-۱۳۹۷ | ۳۳۴۸/۶a | ۹۸۰۴/۵a | ۱۴۰/۹a | ۲۴/۶۷a | ۶۶/۸۶a | ۱/۵۲ a | ۰/۱۵۲a | ۰/۱۵۰ a | ۷/۳۲a | ۳/۱۱ b | ۷۰/۳۶a | ۵۵/۷۲b |
| خاکورزی | | | | | | | | | | | | |
| بی خاکورزی | ۲۹۴۲/۵b | ۸۹۲۹/۰ b | ۱۳۱/۲b | ۲۰/۶۵ b | ۶۱/۴۳a | ۱/۵۸a | ۰/۱۵۷ a | ۱/۵۲a | ۷/۳۴a | ۳/۷۴ a | ۷۲/۱۳a | ۱۱۲/۷۸ a |
| کم خاکورزی | ۳۳۰۲/۰a | ۹۸۶۷/۰ a | ۱۳۶/۳a | ۲۳/۵۵a | ۶۶/۵۶ a | ۱/۵۲ab | ۰/۱۵۲ a | ۱/۴۸a | ۷/۳۴a | ۳/۵۶ ab | ۷۱/۱۷a | ۳۳/۰۲ b |
| خاکورزی متداول | ۳۳۵۷/۰a | ۱۰۰۰۹/۵a | ۱۳۶/۹ a | ۲۳/۹۹ a | ۶۸/۳۹a | ۱/۵۰b | ۰/۱۵۲a | ۱/۴۳a | ۷/۳۹a | ۳/۲۱b | ۶۷/۹۲b | ۳۰/۷۴ b |
| روش کشت | | | | | | | | | | | | |
| کشت مستقیم | ۳۱۵۶/۲ b | ۹۴۷۵/۹b | ۱۳۵/۱a | ۲۴/۴۱a | ۶۴/۲۵ b | ۱/۵۳a | ۰/۱۵۵a | ۱/۴۷a | ۷/۳۴a | ۳/۴۵a | ۷۰/۴۳a | ۶۵/۰۸ a |
| کشت نشایی | ۳۲۴۶/۱ a | ۹۷۲۷/۲a | ۱۳۴/۵a | ۲۱/۰۵b | ۶۶/۶۵ a | ۱/۵۳a | ۰/۱۵۳ a | ۱/۴۸a | ۷/۳۶a | ۳/۵۵a | ۷۰/۳۸a | ۵۲/۶۲b |
| مقدار نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار) | | | | | | | | | | | | |
| صفر | ۱۴۷۲/۰c | ۵۸۵۳/۵d | ۱۰۵/۴d | ۲۱/۱۳b | ۵۳/۹۸d | ۱/۵۴ a | ۰/۱۳۲b | ۱/۳۸c | ۷/۴۴a | ۳/۴۱a | ۷۰/۳۹a | ۴۴/۸۴ d |
| ۱۰۰ | ۳۳۳۹/۸b | ۹۳۱۱/۲c | ۱۳۳/۰c | ۲۲/۷۸a | ۶۰/۹۶c | ۱/۵۳ a | ۰/۱۵۷a | ۱/۴۷b | ۷/۳۵ab | ۳/۵۱a | ۷۰/۶۱a | ۵۲/۸۸ c |
| ۲۰۰ | ۴۰۰۰/۶a | ۱۱۳۴۴/۶b | ۱۴۵/۴b | ۲۳/۳۱a | ۷۱/۱۱b | ۱/۵۲ a | ۰/۱۶۱a | ۱/۵۰ab | ۷/۳۳b | ۳/۵۸a | ۷۰/۱۷a | ۶۵/۲۸b |
| ۳۰۰ | ۴۰۹۲/۲a | ۱۱۸۹۸/۱a | ۱۵۵/۵ a | ۲۳/۷۰a | ۷۵/۷۴a | ۱/۵۴ a | ۰/۱۶۳a | ۱/۵۵a | ۷/۳۱b | ۳/۵۱a | ۷۰/۴۴a | ۷۲/۴۰a |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری خاکورزی در روش کاشت برای صفات مورد مطالعه کلزا در طی دو سال

زراعی ۱۳۹۵-۹۷

| خاکورزی | روش کشت | عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹) | وزن خشک کل (Kg.ha ⁻¹) | وزن ریشه (g.m ⁻²) | وزن خشک علف‌های هرز (g.m ⁻²) |
|------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| بی خاکورزی | کشت مستقیم | ۲۹۶۷/۱d | ۹۰۱۰/۳d | ۵۸/۸۱e | ۱۲۱/۳۱a |
| بی خاکورزی | کشت نشایی | ۲۹۱۹/۸d | ۸۸۴۷/۷d | ۶۴/۰۴cd | ۱۰۴/۲۶b |
| کم خاکورزی | کشت مستقیم | ۳۲۴۵/۸bc | ۹۶۸۳/۸bc | ۶۶/۴۰bcd | ۳۷/۶۷c |
| کم خاکورزی | کشت نشایی | ۳۳۶۰/۳ab | ۱۰۰۵۰/۳ab | ۶۶/۶۵abc | ۲۸/۳۸d |
| خاکورزی | کشت مستقیم | ۳۲۵۵/۸bc | ۹۷۳۳/۷bc | ۶۷/۵۳ab | ۳۶/۲۶c |
| خاکورزی | کشت نشایی | ۳۴۵۸/۱a | ۱۰۲۸۵/۴a | ۶۹/۲۵a | ۲۵/۲۱d |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

جرم مخصوص ظاهری

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی، تیمار بی خاک‌ورزی با میانگین ۱/۵۸ بیشترین جرم مخصوص ظاهری و خاک‌ورزی متداول با میانگین ۱/۵۰ گرم بر سانتی متر مکعب کمترین جرم مخصوص ظاهری را دارا بودند و در گروه‌های جداگانه آماری قرار داشتند. کاهش جرم مخصوص ظاهری در تیمار خاک‌ورزی متداول را می‌توان به افزایش خلل و فرج خاک و کاهش فشردگی خاک در این تیمار نسبت داد (غلامی و همکاران ۲۰۱۳ و موسوی بوگار و همکاران ۲۰۱۲). این فشردگی خاک در تیمار بی خاک‌ورزی همچنین منجر به کاهش عمق نفوذ ریشه شده، رشد آن را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه

ریشه نمی‌تواند آب و مواد غذایی را به خوبی جذب نماید و منجر به کاهش عملکرد دانه گردید (جدول ۵).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ارتفاع بوته ۱۴۰/۹ سانتی‌متر نسبت به سال اول با میانگین ۱۲۸/۷ سانتی‌متر از برتری معنی‌داری برخوردار بود. شرایط مساعد آب و هوایی به جهت بالاتر بودن دمای بیشتر و بارندگی کمتر و استفاده از عوامل محیطی از دلایل احتمالی افزایش ارتفاع در سال دوم آزمایش می‌باشد. بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی بیشترین ارتفاع بوته را دارا بوده و به طور مشترک در

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری خاک‌ورزی در مقدار نیتروژن برای صفات مورد مطالعه کلزا در طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

| وزن خشک علف‌های هرز (g.m-2) | وزن ریشه (g.m-2) | وزن خشک کل (Kg.ha-1) | عملکرد دانه (Kg.ha-1) | مقدار نیتروژن (Kg.ha-1) | خاک‌ورزی |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| ۹۰/۵۰d | ۵۱/۳۷h | ۵۵۴۰/۰g | ۱۳۲۴/۷g | صفر | بی خاک‌ورزی |
| ۱۰۴/۲۲c | ۵۶/۳۹fg | ۸۱۱۴/۲f | ۲۸۴۰/۳e | ۱۰۰ | بی خاک‌ورزی |
| ۱۲۳/۷۵b | ۶۵/۷۸e | ۱۰۶۰۴/۷d | ۳۶۶۶/۷c | ۲۰۰ | بی خاک‌ورزی |
| ۱۳۲/۶۷a | ۷۲/۱۶cd | ۱۱۴۵۷/۰bc | ۳۹۴۲/۲b | ۳۰۰ | بی خاک‌ورزی |
| ۲۳/۴۹h | ۵۷/۴۹f | ۵۹۲۱/۰g | ۱۵۴۰/۰f | صفر | کم خاک‌ورزی |
| ۲۹/۵۱g | ۶۳/۴۴e | ۹۷۸۶/۳e | ۳۳۷۸/۷d | ۱۰۰ | کم خاک‌ورزی |
| ۳۵/۳۳f | ۷۰/۰۸d | ۱۱۷۸۷/۲ab | ۴۱۴۴/۳a | ۲۰۰ | کم خاک‌ورزی |
| ۴۳/۷۷e | ۷۵/۰۹bc | ۱۱۹۷۳/۵ab | ۴۱۴۹/۲a | ۳۰۰ | کم خاک‌ورزی |
| ۲۰/۵۳h | ۵۳/۰۸gh | ۶۰۹۹/۵g | ۱۵۵۱/۳f | صفر | خاک‌ورزی متداول |
| ۲۴/۹۰gh | ۶۳/۰۴e | ۱۰۰۳۳/۰de | ۳۵۰۰/۵cd | ۱۰۰ | خاک‌ورزی متداول |
| ۳۶/۷۷f | ۷۷/۴۸ab | ۱۱۶۴۲/۰b | ۴۱۹۰/۸a | ۲۰۰ | خاک‌ورزی متداول |
| ۴۰/۷۵ef | ۷۹/۹۷a | ۱۲۲۶۳/۷a | ۴۱۸۵/۲a | ۳۰۰ | خاک‌ورزی متداول |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

استفاده بهتر از عوامل محیطی، سبب افزایش ارتفاع بوته در این تیمارها شده باشد.

فولادی‌وند و همکاران (۲۰۰۹) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. بین مقادیر نیتروژن نیز

گروه برتر قرار داشتند. روش بی خاک‌ورزی نیز با میانگین ۱۳۱/۲ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را دارا بود. به نظر می‌رسد که عملیات خاک‌ورزی، به جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک، توسعه بهتر ریشه و

گیاه و همچنین عدم جایگزینی توسط نیتروژن ورودی به خاک از مقدار ذخیره آن کاسته شد، از این رو کاهش مقدار نیتروژن خاک در آنها قابل انتظار بود. نتایج آزمایش انجام شده در خصوص اثر ۴ مقدار ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر میزان تجمع نیتروژن در پروفیل خاک نشان داد که با افزایش نیتروژن از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، تجمع نیتروژن بیشتری در پروفیل خاک به وقوع پیوست که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (روزبه و قنبری ۲۰۱۸).

کربن آلی خاک

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال دوم آزمایش با میانگین ۱/۵۰ درصد نسبت به سال اول با میانگین ۱/۴۵ درصد از میزان کربن آلی بیشتری برخوردار بود. با توجه به برگرداندن حجم بالای حاصل از بقایای گیاه کلزا به خاک و وجود زمان کافی جهت تجزیه تدریجی بقایا در خاک، افزایش کربن آلی خاک در سال دوم طبیعی به نظر می‌رسید. نتایج یافته‌های افضلی گروه و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیانگر افزایش کربن آلی خاک در اثر تجزیه بقایا و با گذشت زمان می‌باشد. بین روش‌های خاک‌ورزی، روش بی خاک‌ورزی و متداول به ترتیب با میانگین‌های ۱/۵۲ و ۱/۴۳ بیشترین و کمترین میزان کربن آلی خاک را به خود اختصاص دادند. گارسیا-ارنزا و همکاران و مادجان و همکاران (۲۰۰۹) و مالهی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که خاک‌ورزی مرسوم و ویژگی‌های کربن آلی خاک را تغییر داده و باعث کاهش آن می‌گردد و دلیل این کاهش را زیر و رو شدن کامل خاک در این سیستم خاک‌ورزی دانسته که سبب تجزیه سریعتر بقایای گیاهی و اکسید شدن کربن آلی خاک گشته و سرعت هدرروی آن را افزایش می‌دهد. بین مقدار نیتروژن نیز، تیمار بدون مصرف نیتروژن با میانگین ۱/۳۸ درصد کمترین و تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن با میانگین ۱/۵۵ درصد بیشترین مقدار کربن آلی خاک را دارا بودند. با

از نظر صفت ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته با میانگین‌های ۱۵۵/۵ و ۱۰۵/۴ سانتی‌متر به ترتیب متعلق به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) بود که در گروه‌های جداگانه آماری قرار داشتند. کاربرد کود نیتروژن اثر مثبتی بر ارتفاع بوته کلزا داشت که این موضوع را می‌توان به افزایش طول سلول‌های گیاهی، افزایش طول ساقه و نامحدود بودن رشد کلزا نسبت داد که در طی مرحله گلدهی و تولید خورجین نیز به رشد رویشی خود ادامه می‌دهند.

نیتروژن خاک

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار بدون مصرف نیتروژن با میانگین ۰/۱۳۲ درصد کمترین و تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین‌های ۰/۱۵۷، ۰/۱۶۱ و ۰/۱۶۳ درصد به طور مشترک بیشترین میزان نیتروژن خاک را دارا بودند (جدول ۴). بررسی اثر متقابل روش کاشت در مقدار نیتروژن نشان داد که ترکیبات تیماری کشت نشایی و مستقیم با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین‌های ۰/۱۷۱ و ۰/۱۶۷ درصد بیشترین میزان نیتروژن خاک را دارا بودند و به طور مشترک در یک گروه قرار داشتند. با توجه به این که هر دو نوع ترکیب تیماری روش کاشت با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین مقدار ورودی نیتروژن را به خاک داشتند، بنابر این طبیعی بود که کمتر از ذخیره نیتروژن بومی خاک استفاده نمایند و مقدار نیتروژن خاک آنها نسبت به سایر تیمارها افزایش داشته باشد (جدول ۷). از سوی دیگر ترکیبات تیماری کاشت نشایی و مستقیم کلزا با تیمار بدون مصرف نیتروژن کمترین درصد نیتروژن خاک را دارا بوده و به طور مشترک در یک گروه قرار داشتند. در توجیه کاهش نیتروژن خاک می‌توان چنین استدلال نمود که در این ترکیبات تیماری تنها منبع تامین نیتروژن جهت نیازهای رویشی و تکمیل سیکل زایشی، نیتروژن بومی خاک بود و این منبع نیز به دلیل مصرف

مخروطی در این سال محسوب گردد. بین روش‌های خاک‌ورزی، روش بی خاک‌ورزی با میانگین ۳/۷۴ مگا پاسکال بیشترین شاخص مخروطی خاک را به خود اختصاص داد و در گروه a قرار گرفت، هر چند که تیمار کم خاک‌ورزی نیز با میانگین ۳/۵۶ در گروه ab قرار داشت. خاک‌ورزی متداول نیز با میانگین ۳/۲۱ کمترین شاخص مخروطی خاک را دارا بوده و در گروه b قرار گرفت (جدول ۴). عملیات خاک‌ورزی با ایجاد تغییر در ساختمان خاک سبب کاهش شاخص مخروطی می‌شود و تفاوت درمیزان شکستن لایه‌های خاک و سست نمودن آن می‌تواند دلیل تفاوت میزان کاهش شاخص مخروطی در خاک‌ورزی‌های مختلف باشد (صفری و همکاران ۲۰۱۳).

رطوبت خاک

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی با میانگین-های ۷۲/۱۳ و ۷۱/۱۷ بیشترین درصد رطوبت خاک را دارا بوده و به طور مشترک در یک گروه قرار داشتند. خاک‌ورزی متداول نیز با میانگین ۶۷/۹۲ درصد کمترین میزان درصد رطوبت خاک را دارا بود (جدول ۴). وجود بقایای گیاهی بیشتر در سطح خاک، موجب تبخیر کمتر و کاهش روان‌آب شده و در نتیجه باعث حفظ رطوبت بیشتر در تیمارهای کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی می‌گردد، در حالی که در سیستم خاک‌ورزی متداول، عملیات خاک‌ورزی (شخم با گاواهن برگردان دار و به دنبال آن دیسک زدن) با افزایش میزان خلل و فرج و ناهمواری‌های سطح خاک باعث تبخیر بیشتر رطوبت شده و در نتیجه رطوبت خاک در این روش کمتر از سایر تیمارهاست. همچنین ذرات ریز خاک در سیستم خاک‌ورزی متداول باعث افزایش سطوح تماس خاک با هوا و در نتیجه تبخیر بیشتر می‌گردند. نتایج سایر محققان نیز بیانگر آن است که خاک‌ورزی حفاظتی (بی خاک‌ورزی و یا کم خاک‌ورزی) در مقایسه با خاک-

توجه به تفاوت بین حجم تولید بیوماس گیاهی کلزا و برگرداندن آنها به خاک در تیمارهای مختلف نیتروژن، تیمار حاوی بیشترین مقدار نیتروژن که حجم بیشتری از بقایای گیاهی را وارد خاک نمود، طبیعی بود که بیشترین درصد کربن آلی خاک را دارا باشد.

اسیدیته خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی فقط اثر نیتروژن بر اسیدیته خاک معنی‌دار بود. تیمار بدون مصرف نیتروژن با میانگین ۷/۴۴ کمترین مقدار اسیدیته خاک را دارا بود و به تنهایی در رتبه اول قرار داشت. مقادیر ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز به ترتیب با میانگین‌های ۷/۳۵، ۷/۳۳ و ۷/۳۱ مشترکاً در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴). اسیدی شدن خاک ناشی از کودهای معدنی، به ویژه کودهای حاوی نیتروژن مانند آمونیوم و اوره با توجه به جذب آمونیاک توسط گیاه زراعی یا نیتریفیکاسیون آن یک اثر مشخص در اسیدیته خاک دارد. این فرایندها یون هیدروژن تولید می‌کنند و در نتیجه افزودن H^+ در ترکیب تبادل کاتیونی خاک منجر به اسیدیته شدن خاک می‌گردد (هاولین و همکاران ۱۹۹۹).

شاخص مخروطی خاک

شاخص مخروطی معیاری است که برای درک فشردگی خاک در مزرعه از آن استفاده می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال اول آزمایش با میانگین ۳/۸۳ مگاپاسکال نسبت به سال دوم با میانگین ۲/۱۱ مگاپاسکال از شاخص مخروطی بیشتری برخوردار بود. به نظر می‌رسد که شرایط ویژه آب و هوایی در سال اول آزمایش که با وقوع بارندگی‌های زیاد و چندین دفعه برف سنگین همراه بود، از دلایل احتمالی افزایش شاخص مخروطی در سال اول آزمایش می‌باشد. همچنین افزایش کربن آلی خاک در سال دوم می‌تواند یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش شاخص

کانوپی و سایه‌اندازی آنها در مزرعه در کشت مستقیم، از وزن خشک علف‌های هرز بیشتری برخوردار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر روش کشت در مقدار نیتروژن نشان داد که ترکیب تیماری کشت مستقیم با ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۸۱/۰۶ گرم بیشترین و ترکیب تیماری کشت نشایی بدون کود نیتروژن با میانگین ۳۸/۹۴ گرم کمترین وزن خشک علف‌های هرز را دارا بودند و در گروه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند (جدول ۷). این نتایج بیانگر آن است که در ابتدای رشد گیاه کلزا به‌ویژه در کشت مستقیم، هنگامی که هنوز پوشش کانوپی به طور کامل بر سطح زمین گسترده نشده است، مقادیر بیشتر نیتروژن سبب رشد بیشتر علف‌های هرز مزرعه گردیده و از این رو در تیمارهایی که کود نیتروژن بیشتری مصرف شده بود، وزن خشک علف‌های هرز نیز افزایش یافت. البته با بزرگ شدن گیاهچه‌های کلزا و ریشه‌دوانی آنها و اعمال مدیریت مبارزه با علف‌های هرز، بوته‌های کلزا کانوپی خود را گسترش داده و توانستند که از منابعی چون نور، آب، مواد غذایی و به‌ویژه نیتروژن به خوبی استفاده نمایند.

ورزی مرسوم رطوبت بیشتری را در خاک حفظ می‌نماید (افضلی نیا و همکاران ۲۰۱۹).

وزن خشک علف‌های هرز

نتایج مقایسه میانگین داده‌های صفت مربوط به وزن خشک علف‌های هرز نشان داد که سال اول آزمایش با میانگین ۶۱/۹۸ گرم نسبت به سال دوم با میانگین ۵۵/۷۲ گرم از برتری معنی‌داری برخوردار بود (جدول ۴). علت این امر را می‌توان به رشد کمتر گیاهچه‌های کلزا در واحد سطح در سال اول آزمایش (در نتیجه شرایط نامناسب آب و هوایی) نسبت داد که فرصت بیشتری را جهت رشد علف‌های هرز فراهم نمودند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش خاک-ورزی در روش کاشت نشان داد که ترکیب تیماری بی خاک‌ورزی در کشت مستقیم با میانگین ۱۲۱/۳۱ گرم بیشترین و خاک‌ورزی متداول در کشت نشایی با میانگین ۲۵/۲۱ گرم کمترین وزن خشک علف‌های هرز را دارا بودند (جدول ۵). ترکیب تیماری بی خاک‌ورزی در کشت مستقیم به دلیل زیر و رو نشدن خاک، بانک بذر بیشتر علف‌های هرز و افزایش تراکم آنها در روش بی خاک‌ورزی (مروات و همکاران ۲۰۰۷) و همچنین رشد کمتر گیاهچه‌های کلزا و در نتیجه پوشش کندتر

جدول ۷- مقایسه میانگین مرکب ترکیبات تیماری روش کشت در مقدار نیتروژن برای صفات مورد مطالعه کلزا در

دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵

| روش کشت | مقدار نیتروژن (Kg.ha ⁻¹) | عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹) | وزن خشک کل (Kg.ha ⁻¹) | وزن ریشه (g.m ⁻²) | نیتروژن خاک (%) | وزن خشک علف‌های هرز (g.m ⁻²) |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|
| کشت مستقیم | ۰ | ۱۴۹۳/۲d | ۵۸۹۴/۳d | ۵۴/۲۴e | ۰/۱۴۸e | ۵۰/۷۴e |
| کشت مستقیم | ۱۰۰ | ۳۲۴۹/۳c | ۹۳۱۵/۱c | ۶۰/۳۸d | ۰/۱۶۲bc | ۵۶/۷۲d |
| کشت مستقیم | ۲۰۰ | ۳۹۳۲/۸b | ۱۱۲۰۸/۹b | ۶۹/۵۶c | ۰/۱۶۰cd | ۷۱/۷۹b |
| کشت مستقیم | ۳۰۰ | ۳۹۴۹/۶b | ۱۱۴۸۵/۲b | ۷۲/۸۱b | ۰/۱۶۷ab | ۸۱/۰۶a |
| کشت نشایی | ۰ | ۱۴۵۰/۸d | ۵۸۱۲/۷d | ۵۳/۷۱e | ۰/۱۴۹e | ۲۸/۹۴f |
| کشت نشایی | ۱۰۰ | ۳۲۳۰/۳c | ۹۳۰۷/۳c | ۶۱/۵۳d | ۰/۱۵۵de | ۴۹/۰۴e |
| کشت نشایی | ۲۰۰ | ۴۰۶۸/۴b | ۱۱۴۸۰/۳b | ۷۲/۶۷bc | ۰/۱۶۳bc | ۵۸/۷۷d |
| کشت نشایی | ۳۰۰ | ۴۲۳۴/۸a | ۱۲۳۱۰/۹a | ۷۸/۶۷a | ۰/۱۷۱a | ۶۳/۷۲c |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

نتیجه گیری

جهت کشت کلزا در اراضی شالیزاری استان گیلان قابل پیشنهاد می‌باشد.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول از نظر عملکرد دانه وجود ندارد. بنابراین ترکیب تیماری کم خاک‌ورزی با مقدار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر دو روش کشت نشایی و مستقیم، به دلیل عملکرد دانه بالا به‌عنوان ترکیب تیماری مناسب

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و موسسه تحقیقات برنج کشور جهت حمایت‌های مالی از اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- Afzali Gorouh H, Naghavi H, Rostami MA and Najafinezhad H. 2019. Effect of conservation tillage and wheat residue management in some soil properties and grain yield of corn. *Journal of Water and Soil Science*, 33(1):1-12. (In Persian).
- Afzalnia S, Karami A and Rousta MJ. 2019. Effect of conservation tillage on soil properties, field capacity, fuel consumption, and wheat yield in the wheat-corn rotation. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 20(72):163-178. (In Persian).
- Alizadeh MR and Allameh A. 2015. Soil properties and crop yield under different tillage methods rapeseed cultivation in paddy fields. *Journal of Agricultural Sciences*, 60(1): 11-22.
- Bremner JM and Mulvaney CS. 1982. Nitrogen-Total. Pp. 595-624. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin.
- Dehghani M, Jafar Aghae M and Mohammadi Kia S. 2015. Effect of cotton transplanting on its yield and water use efficiency. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(2): 307-314. (In Persian).
- Fanadzo M, Chiduzza S and Mnkeni PN. 2009. Comparative response of direct seeded and transplanted maize to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 4(8): 689-694.
- Fanaei HR, Amiri Oghan H, Danaei AKh, Kazerani N, Askari A, Rahmanpour S, Roodei D, Ghodrati Gh, Faraji A, Hazarjaribei A, Rameh V, Samadi B, Safe Amiri S, Akbari Moghaddam H and Khajadad Keshtegar M. 2019. Dalgan, new cultivar of canola by high yield potential for cultivation in warm and dry region in south of country. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2): 161-173. (In Persian).
- FAOSTAT. 2018. *Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAO, Rome.
- Finney DM, Eckert SE and Kaye JP. 2015. Drivers of nitrogen dynamics in ecologically based agriculture revealed by long-term, high-frequency field measurements. *Ecological Applications*, 25(8): 2210-2227.
- Fooladi Vanda S, Aynehband A and Naraki F. 2009. Effects of tillage method, seed rate and microelement spraying time on grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm dryland condition. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3-4): 627- 633. (In Persian).
- Gajri PR, Arora VK and Prihar SS. 2002. *Tillage for Sustainable Cropping*. Food Products Press, An imprint of The Haworth Press. New York. USA.

- García-Orenes F, Cerda A, Mataix-Solera J, Guerrer C, Bod MB, Arcenegui V, Zornoza R and Sempere JG. 2009. Effects of agricultural management on surface soil properties and soil–water losses in eastern Spain. *Soil and Tillage Research*, 106: 117-123.
- Gholami A, Asgari H and Zeinali E. 2013. Effects of short term soil management practices on soil carbon and nitrogen sequestration and some physical and chemical characteristics as well as soil aggregate stability in Khorasan Razavi Province, Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(21): 2622-2629.
- Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Prentice Hall, USA.
- Hernan SR, Hernan EE, Guillermo AS and German D. 2000. Evaluation of the presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilizer at planting. *Agronomy Journal*, 92: 1176-1183.
- Hosseinzadeh MH, Esfahani M, Rabiei M and Rabiei B. 2008. Effect of row spacing on light interception, grain yield and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars as second crop following rice. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(3): 281-302. (In Persian).
- Jafarnejad A and Rahnama AR. 2011. Investigation the effect of delay in sowing on yield of canola and nitrogen application efficiency. *Journal of Water and Soil Science*, 25(3): 225-233. (In Persian).
- Kusek G, Huseyin Ozturk H and Akdemir S. 2016. An assessment of energy use of different cultivation methods for sustainable rapeseed production. *Journal of Cleaner Production*, 112(4): 2772–2783.
- Klut A. 1986. *Method of Soil Analysis: Physical, Chemical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Liu Y, Tao Y, Wan KY, Zhang GS, Liu DB, Xiong GY and Chen F. 2012. Runoff and nutrient losses in citrus orchards on sloping land subjected to different surface mulching practices in the Danjiangkou reservoir area of China. *Agricultural Water Management*, 110: 34-40.
- Ma BL and Herath AW. 2016. Timing and rates of nitrogen fertiliser application on seed yield, quality and nitrogen-use efficiency of canola. *Crop Pasture Science*, 67(2): 167–180.
- Madejón E, Murillo JM, Moreno F, López MV, Arrue JL, Alvaro-Fuentes J and Cantero C. 2009. Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. *Soil and Tillage Research*, 105(1): 55-62.
- Malhi SS, Lemke RL, Wang Z, Farrell R and Chhabra BS. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*, 90: 171-183.
- Marwat Kh, Arif BM and Azim Khan M. 2007. Effect of tillage and zinc application methods on weeds and yield of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 39(5): 1583-1591.
- Mohammadi Kh, Nabi Allahi K, Aghaalikhani M and Khoormali F. 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rain-fed wheat. *Journal of Plant Production*, 16(4): 77-91. (In Persian).
- Mousavian SN, Siadat SA, Moradi Telavat MR and Mousavi SH. 2013. Yields reaction, Nitrogen uptake and canola qualitative attributes to nitrogen levels and previous plants. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(18): 698-703.
- Mousavi Bougar B, Jahansooz B, Mehrvar M, Hoseini Pour R and Madadi R. 2012. Study of soil physical properties and wheat yield under different tillage systems. *Journal of Agronomy*, 8(2): 20-11.
- Mulumb LN and Lal R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 98: 106-111.
- Olama V, Ronaghi AM, Karimian NA, Yasrebi J, Hamidi R and Tavajjoh M. 2013. Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two rapeseed cultivars as affected by

- different levels of soil-applied nitrogen and zinc. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 4(16): 83-98. (In Persian).
- Rahnema A and Bakhshande A. 2004. Effect of sowing dates and direct seeding and transplanting methods on agronomic characteristics and grain yield of canola under Ahvaz conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 7(4): 324-336. (In Persian).
- Rameeh V and Salimi MB. 2015. Effect of different nitrogen rates on phenology, plant height, yield components and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Plant Production*, 2(1): 1-12. (In Persian).
- Roozbeh M and Ghanbary AH. 2018. Impacts of residue management methods and fertilizer levels of nitrogen on soil residual nitrate and nitrogen uptake under no-tillage system of corn. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 18(69): 85-96. (In Persian).
- Ruijun Q, Peter S and Walter R. 2006. Impact of tillage on maize rooting in a Cambisol and Luvisol in Switzerland. *Soil and Tillage Research*, 85: 50-61.
- Safari A, Asoodar MA, Ghasemi nejad M and Abdali A. 2013. Effect of residue management, different conservation tillage and seeding on soil physical properties and wheat grain yield. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(2): 49-59. (In Persian).
- Shahdi Kumleh A, Seyedi RA, Rabiee M and Foroughi M. 2018. Effect of remaining nitrogen and phosphorus fertilizers on chemical properties of soil in faba bean- rice cropping system. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 7(4): 103-115. (In Persian).
- Sharma P, Abrol V and Sharma R K. 2011. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. *European Journal of Agronomy*, 34: 46-51.
- Tan DS, Jiang LH, Tan SY, Zheng FL, Xu Y, Cui RZ, Wang M, Shi J, Li GS and Liu ZH. 2013. An in situ study of inorganic nitrogen flow under different fertilization treatments on a wheat-maize rotation system surrounding Nansi lake, China. *Agricultural Water Management*, 123: 45-54.
- Torabi H, Naghdibadib HA, Omidi H, Amirsheteria H and Miransari M. 2008. Effects of soil tillage, canola (*Brassica napus* L.) cultivars and planting date on canola yield, and oil and some biological and physical properties of soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54(2):175-188.
- Walkley A and Black I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science Society of America Journal*, 37: 29-38.
- Wang CC, Chen AW, Wang JJ, Zhang DX, Song T, Zhou GS, Hu LY, Wu JS and Fu TD. 2011. Growth and yield formation of direct-seeding rapeseed under no tillage cultivation in double rice cropping area in Hubei province. *Acta Agronomica Sinica*, 37(4): 694-702.
- Wang Y and Li X. 2011. Study on nitrogen fertilizer effect and optimum fertilizer rate for transplanting and direct seeding rapeseed. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(21): 4406-4414.
- Yousefi M, Daneshian J, Shirani Rad AH, Valadabadi SA and Sayfzadeh S. 2018. Yield and nitrogen use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) influenced by nitrogen rates and irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 28(3): 29-41. (In Persian).