نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۲، سال هشتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲/صفحات: ۵۲-۴۳

تاثیر نیتروژن و مس بر برخی خصوصیات کمی گیاه کلزا ارقام اکاپی و هیولا (*Brasica napus* cultivars Okapi and Hayola)

مریم پیوندی*[۱]، وجیهه لطیف[۲]، عذرا صبورا[۳]

[۱] دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم‌زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، تهران

[۲] کارشناس‌ارشد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم‌زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، تهران

[۳] استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه الزهرا، تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/٤/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

در این پژوهش، برهم کنش اوره و سولفات مس بر پارامترهای رشد، کمیت و کیفیت روغن در میوه‌های دو رقم گیاه کلزا (Okapi ،Hayola) بررسی شد. بذرهای دو رقم در کرت‌هایی که به‌صورت بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار طراحی شده بود در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ساوه در اواخر پاییز کشت شدند. گیاهان با غلظت‌های مختلف اوره (۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) وسولفات مس آبدار (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) تیمار شدند. در هر دو رقم، کود اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی دار ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها شد و استفاده از مس با غلظت (۱۰۰ میکرو مولار) رشد طولی و تعداد برگ را به طور معنی داری کاهش داد. در رقم اکاپی، کاربرد مس در هر دو غلظت موجب کاهش تعداد شاخه و افزایش وزن دانه شد. در هر دو رقم، کاربردکود اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش درصد روغن شد. در هر دو رقم، بیشترین درصد روغن درتیمار کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با سولفات مس (۵۰ میکرومولار) و کمترین درصد روغن در تیمار کود اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با سولفات مس (۵۰ میکرومولار) مشاهده شد. میانگین درصد روغن در هر تیمار، در رقم هیولا بیش از رقم اکاپی بود. آنالیز کیفی اسیدهای چرب در دو رقم با GC-MS نشان داد در کلیه تیمارها، درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ترتیب اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولئیک اسید بیشتر از سایر اسیدهای چرب است.

واژگان کلیدی: اسیدهای چرب، اولئیک اسید، لینولنیک اسید، لینولئیک اسید، کلزا، مس، نیتروژن

مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. از خانواده چلیپاییان (Cruciferae) باعدد کروموزومی (۲n=۳۸) است. این گیاه، علفی دارای دوره رشد یکساله می‌باشد که عمدتاً دارای تیپ‌های رشد بهاره، پاییزه و بینابین است (شریعتی، ۱۳۷۹). کلزای روغنی مهم‌ترین گونه زراعی جنس براسیکا می‌باشد. موطن آن ناحیه‌ای است که در آن شلغم روغنی (*Brassica campestris*) و کلم روغنی (*Brassica oleracea*) در مجاورت هم رویده‌اند. کلزا (*Brassica napus*) از تلاقی این دو گونه و دو برابر شدن کروموزوم‌های هیبرید حاصل به‌وجود آمده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا

*نویسنده مسئول: m_peyvandi@iau-tnb.ac.ir

بودن ذخایر غنی اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند. استفاده از پروتئین‌های گیاهی به جای گوشت و نیز معرفی دانه‌های روغنی جدیدی چون کلزا و سویا به بازارهای جهانی سبب اهمیت روز افزون این محصولات شده است. در این میان کلزا به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح می‌باشد و کشت و کار آن در کشور نیز به طور روز افزون استمرار دارد. از اینرو استفاده ازروش‌های جدید در مهندسی ژنتیک برای بهبود کیفیت و افزایش کمیت روغن کلزا موضوع تحقیقات بسیاری بوده است (Han-zhong et al., 2009 ; Vigeolas et al., 2007).

فاکتورهای اصلی کیفی کلزا عبارتند از: درصد روغن، درصد پروتئین، درصد گلوکوزینولات و نوع اسیدهای چربی که تشکیل دهنده روغن کلزا می باشند. در ارقام مختلف کلزا درصد روغن و درصد پروتئین به ترتیب بین ۵ تا ٤٠ درصد و بین ۲۰ تا ۳۰ درصد متفاوت است (Brnardo et al., 1984). خواص کیفی کلزا هر چند زنتیکی هستند ولی تحت تاثیر عوامل محیطی خصوصا عناصر غذایی نیز قرار می گیرند (Dai et al., 2008; Hua, 2012).

از بین عناصر ضروری، نیتروژن بیشترین تاثیر را روی خواص کیفی کلزا دارد. با افزایش نیتروژن، درصد پروتئین در دانه کلزا افزایش پیدا می‌کند (Allen and Moirgan, 1972). علاوه بر آن نیتروژن بر روی ترکیبات اسیدهای چرب در روغن کلزا اثر دارد (Appelquist, 1968).

گزارش شده است نیتروژن بر روی درصد روغن کلزا دارای اثر کاهنده است، در حالی که عملکرد روغن افزایش می‌یابد زیرا افزایش عملکرد دانه،کاهش درصد روغن را جبران می‌کند (Allen and Moirgan, 1972). Allen و همکاران (۱۹۷۱) دریافتند که اثرات نیتروژن بر درصد روغن کلزا زمانی که دانه هنوز نارس است، خیلی بیشتر است به‌طوری‌که در برداشت زود هنگام کلزا با کاربرد مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن، درصد روغن بسیار پایین بود و حداکثر درصد روغن در برداشت آخر مشاهده شد. این محققین نتیجه گرفتند که بذرهایی که به رسیدگی کامل نرسیده‌اند معمولاً در شاخه‌های پایین تر قرار دارند که در هنگام برداشت دارای درصد روغن پایینی هستند.

مس به‌عنوان یک عنصر ریز مغذی در سال ۱۹۳۰ شناخته شد. این عنصر در فرایند تنفس و فتوسنتز دخالت دارد. جذب مس به وسیله گیاهان تحت تاثیر فاکتورهایی مثل pH خاک، ترکیب شیمیایی خاک و تراکم آن در خاک قرار می‌گیرد. این عنصر به وسیله بافت‌های ریشه جذب شده و در همین مکان تجمع می‌یابد (Reuther and Labanauskas, 1966). مس به راحتی از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان منتقل نمی‌شود، از این رو علائم اولیه مسمومیت ابتدا در ریشه‌ها و برگ‌های مسن دیده می‌شود. مس عنصری است که به‌عنوان ناقل الکترون در ساختمان ترکیباتی نظیر پلاستوسیانین (در غشای تیلاکوئیدها) و سیتوکروم C اکسیداز (در غشای درونی میتوکندری) شرکت دارد. از این‌رو کمبود مس بر زنجیر انتقال الکترون فتوسنتز و تنفس تاثیر دارد. کلزا از جمله گیاهانی است که به کمبود مس حساسیت بیشتری دارند (Xiong et al., 2002).

با توجه به موارد فوق هدف از این پژوهش بررسی برهم کنش نیتروژن و مس بر شاخص‌های رشد، میزان محصول و کمیت و کیفیت اسیدهای چرب در گیاه کلزا، ارقام اکاپی و هیولا بود.

مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه کلزا شامل دو رقم Okapi و Hayola از اداره جهاد کشاورزی ساوه در پائیز ۱۳۸۸ تهیه شد. به‌منظور آماده سازی زمین، پس از شخم، خاک چند نقطه از آن، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد.

کرت‌هایی به ابعاد ۱ متر در ۲ متر ایجاد شد. فاصله هر کرت از کرت بعدی ۳۰ سانتی‌متر و فاصله هر بلوک ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای هر بلوک به‌طور جداگانه یک جوی آب ایجاد شد و اطراف هر بلوک کاملاً مرزبندی شد تا از نشت آب بلوک‌ها به‌طور کامل جلوگیری شود.

جهت عملیات کاشت، ۱۵گرم بذر در هر کرت به‌صورت دستپاش پاشیده شد. پس از رویش بذرها، گیاهان به صورت دستی تنک شدند. به‌طوری‌که حدود ۷۵ بوته با فواصل حدود ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر در هر کرت باقی ماندند.

تیمارهای کودی در این پژوهش شامل دو نوع کود اوره و سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) به‌صورت استفاده توام بود. برای تیمار نیتروژن، از غلظت‌های مختلف اوره (۳۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. مقادیر به صورت سرک در دو مرحله(۱/۳ کود در ابتدای کاشت و ۲/۳ کود در ابتدای به غلاف رفتن دانه‌ها) اعمال شد.

برای تیمار مس از ($CuSO_4.5H_2O$) با غلظت‌های (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) به روی برگ‌ها در آخر اسفندماه محلول پاشی شد.

سه مرحله آبیاری در تاریخ‌های ۸۸/۷/۱۸ و ۸۸/۷/۲٤ و۸۸/۸/۷ انجام گرفت تا بذرها به‌طور کامل سبز شدند. گلدهی در اواخر اسفند و اوایل بهار آغاز شد. در هنگام گل‌دهی طول ساقه و تعداد برگ و تعداد شاخه اندازه‌گیری شد.

در طول مرحله داشت، مزرعه آزمایشی به علف هرز مهمی آلوده نبود و فقط سمپاشی علیه شته صورت گرفت. پس از رسیدگی میوه‌ها، محصول برداشت شد. وزن میوه بدون غلاف، وزن میوه با غلاف، تعداد دانه در هر بوته، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه در سه بوته به طور تصادفی از هر کرت یادداشت شد. باتوجه به آنکه هر تیمار با سه تکرار (سه کرت) انجام شده بود، داده‌های ۹ بوته برای آزمون‌های آماری استفاده شد. درصد روغن دانه‌های بدون غلاف دو رقم کلزا در تیمارهای مختلف، توسط بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج اندازه‌گیری شد.

به منظور آنالیز کیفی اسیدهای چرب میوه‌ها با GC-MS، اسیدهای چرب متیله شده با دستگاه گاز کروماتوگرافی Varian cp-3800، ستون از نوع موئین یا کاپیلاری ویژه متیل استر اسیدهای چرب، جدا سازی شد. سیستم حلال شامل گاز حامل نیتروژن و گازهای کمکی هیدروژن و هوا هر یک با خلوص بسیار بالا بود. سیستم تزریق از نوع اسپلیت–اسپلیتلس، دمای انژکتور ۲۵۰، دمای ستون ۱۷۵، دمای اشکار ساز ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و آشکارساز از نوع FID بود.

برای شاخص‌های رشد و محصول، داده‌های ۹ نمونه (۳ تکرار در تیمار و سه نمونه در هر تکرار) برای هر تیمار و برای کمیت و کیفیت روغن‌ها داده‌های سه تکرار بررسی شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ver.14 آنالیز شد. آنالیز واریانس داده‌ها با برنامه ANOVA و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون دانکن با سطح اطمینان ۹۵درصد گروه‌بندی شد.

نتایج

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد تفاوت بین میانگین‌های شاخص‌های رشد در دو تیمار نیتروژن و مس و در دو رقم با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

طول گیاه: در هر دو رقم، کود اوره به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش معنی‌دار طول گیاه شد. در تیمار اوره (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار)، استفاده از مس با غلظت ۱۰۰ میکرومولار موجب کاهش رشد طولی در هر دو رقم شد (جدول ۲).

تعداد برگ‌ها: غلظت بالای نیتروژن موجب کاهش تعداد برگ‌ها شد. در رقم اکاپی تعداد برگ‌ها در تیمار اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تمام غلظت‌های مس کاهش معنی داری را نشان داد. کمترین تعداد برگ دررقم اکاپی در دو تیمار N500Cu100 و N500Cu50 و در رقم هیولا در دو تیمار N500Cu0 و N500Cu50 مشاهده شد (جدول ۲).

تعداد شاخه: در رقم اکاپی بیشترین تعداد شاخه در تمام نمونه‌هایی که با سولفات مس تیمار نشده بودند، مشاهده شد. کاربرد مس در هر دو غلظت موجب کاهش تعداد شاخه شد. در رقم هیولا بیشترین تعداد شاخه در تیمار متوسط نیتروژن (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. افزایش نیتروژن در تمام تیمارهای مس منجر به کاهش تعداد شاخه گردید (جدول ۲).

جدول ۱. آنالیز واریانس شاخص‌های رشد در دو رقم کلزا و در تیمارهای مختلف نیتروژن و مس

متغیر وابسته	منبع	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
	کود	۸	۲۳۷۰/۲۱۵	۳/۷۳۳	۰/۰۴۰
طول ساقه	رقم	۱	۶۱۲/۵۰	۰/۹۶۵	۰/۳۵۵
	کود× رقم	۸	۶۳۴/۹۰۳	۱/۵۲۵	۰/۱۵۴
	کود	۸	۳۸۷/۲۰۱	۱/۳۰۴	۰/۳۵۸
تعداد برگ‌ها	رقم	۱	۳۱۳۸/۰۸۰	۱۰/۵۲۷	۰/۰۱۲
	کود× رقم	۸	۲۹۶/۸۳۰	۲/۰۰۳	۰/۰۵۰
	کود	۸	۵/۵۸۰	۰/۸۲۷	۰/۶۰۲
تعداد شاخه	رقم	۱	۱۰۳/۸۵۷	۱۵/۴۴۳	۰/۰۰۴
	کود× رقم	۸	۶/۷۴۴	۲/۸۱۹	۰/۰۰۶
	کود	۸	۳۱۲۸/۹۲۴	۰/۷۹۵	۰/۶۲۳
وزن تر ریشه	رقم	۱	۴۵۶۴/۰۵۲	۱/۱۵۹	۰/۳۱۳
	کود× رقم	۸	۳۹۳۵/۳۰۳	۰/۹۳۲	۰/۴۹۲
	کود	۸	۴۶/۶۶۹	۱/۰۹۵	۰/۴۵۱
وزن خشک ریشه	رقم	۱	۹۸۸/۶۸۹	۲۳/۲۴۳	۰/۰۰۱
	کود× رقم	۸	۴۲/۶۲۶	۲/۳۳۸	۰/۰۲۲
	کود	۸	۹۴۴۰/۸۲۶	۱/۲۴۴	۰/۳۸۲
طول ریشه	رقم	۱	۶۹۲۲/۳۲۶	۰/۹۱۱۱	۰/۳۶۷
	کود× رقم	۸	۷۵۸۸/۹۸۶	۰/۸۷۳	۰/۵۴۱
	کود	۸	۴۸۸/۴۷۰	۱/۲۵۴	۰/۳۷۸
وزن دانه با غلاف	رقم	۱	۳۶۰۵/۱۴۲	۹/۲۵۹	۰/۰۱۶
	کود× رقم	۸	۳۸۹/۵۵۳	۱/۱۰۸	۰/۳۶۲
	کود	۸	۱۱۵/۰۳۶	۱/۳۶۰	۰/۳۳۷
وزن دانه بدون غلاف	رقم	۱	۱۴۰۵/۵۲۷	۱۶/۶۳۱	۰/۰۰۳
	کود×رقم	۸	۸۴/۵۵۵	۱/۱۴۸	۰/۳۳۶

وزن تر ریشه: در رقم اکاپی تفاوت معنی‌داری در وزن تر ریشه در بین تیمارهای مختلف اوره و سولفات مس مشاهده نشد. در رقم هیولا با افزایش تراکم نیتروژن تا سطح (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)

کاهش در وزن‌تر ریشه مشاهده شد. اما کاربرد مس، اثر بازدارندگی نیتروژن راکم نمود، به‌طوری که بیشترین وزن‌تر ریشه در تیمار N350Cu100 و کمترین میزان در تیمار N500Cu0 مشاهده شد (جدول ۲).

وزن خشک ریشه: در رقم اکاپی افزایش تراکم نیتروژن تا سطح (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد. بیشترین مقدار در رقم اکاپی در تیمار N200Cu100 مشاهده شد. در رقم هیولا، در هر تیمار نیتروژن، کاربرد مس منجر به افزایش میانگین وزن خشک ریشه شد. در این رقم نیز بهترین تیمار N1Cu2 بود (جدول ۲).

طول ریشه: در رقم اکاپی تفاوت معنی‌داری در طول ریشه مشاهده نشد. در رقم هیولا، طول ریشه در تیمار N200Cu0 افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ۲).

وزن دانه با غلاف: در رقم اکاپی افزایش مقدار نیتروژن تا سطح (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه با غلاف شد. بیشترین مقدار در تیمار N350Cu100 مشاهده شد. در رقم هیولا تفاوت در میانگین‌های بین تیمارها در سطح $P\leq ۰/۰۵$ معنی‌دار نبود. اما افزایش میزان مس در هر تیمار نیتروژن منجر به افزایش در وزن دانه با غلاف شد (جدول ۲).

وزن دانه بدون غلاف: در رقم اکاپی افزایش میزان نیتروژن تا سطح (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه بدون غلاف شد. بیشترین مقدار در دو تیمار N350Cu50 و N350Cu100 مشاهده شد. در رقم هیولا تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. اما افزایش میزان مس در هر تیمار نیتروژن منجر به افزایش در وزن دانه با غلاف شد (جدول ۲).

تعداد دانه در هر بوته: در رقم اکاپی افزایش میزان نیتروژن تا سطح (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش تعداد دانه در هر بوته شد. به‌طوری‌که کمترین تعداد دانه در تیمار N200Cu50 و بیشترین مقدار در تیمار N500Cu0 مشاهده شد. در رقم هیولا بیشترین تعداد دانه در تیمار N500Cu100 مشاهده شد (جدول ۲).

درصد روغن: آنالیز کمی روغن میوه دو رقم کلزا در تیمارهای مختلف نیتروژن و مس نشان داد که در هر دو رقم با افزایش نیتروژن، درصد روغن کاهش یافت. کاربرد مس در تیمار نیتروژن (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) اثر بیشتری بر کاهش درصد روغن در هر دو تیمار اعمال کرد (جدول ۳). بیشترین درصد روغن درتیمار N200Cu100 و کمترین درصد در تیمار N500Cu100 در هر دو رقم مشاهده شد. میانگین درصد روغن در هر تیمار، در رقم هیولا بیش از رقم اکاپی بود (جدول ۳).

ترکیب شیمیایی روغن: آنالیز کیفی اسیدهای چرب با GC-MS، ۸ قله قابل تشخیص را نشان داد. براساس کروماتوگرام‌های به‌دست آمده در دو رقم اسیدهای چرب پالمیتیک اسید، پالمیتولئیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید، لینولنیک اسید، آراشیدیک اسید و ایکوزنوئیک اسید مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ترتیب اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید بیشتر از سایر اسیدهای چرب است (جدول ٤).

جدول ۲. اثر سطوح مختلف نیتروژن و مس بر برخی خصوصیات کمی دو رقم اکاپی و هیولای کلزا. گروه‌بندی بر اساس آزمون دانکن P≤۰/۰۵. حروف مشترک در هر ستون و برای هر نمونه نمایانگر معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین‌ها است. تیمارها: اوره (N1=۲۰۰ Kg/ha، N2=۳۵۰ و N3=۵۰۰)، سولفات مس (Cu0=۰ µMol، Cu1=۵۰، Cu2=۱۰۰)

تیمار	رقم	طول گیاه cm	تعداد برگ	تعداد شاخه	وزن تر ریشه (g)	وزن‌خشک ریشه (g)	طول ریشه (cm)	وزن دانه با غلاف (g)	وزن دانه بدون غلاف (g)	تعداد دانه
N1Cu0	هیولا	۱۱۱/۷ab	۳۰/۰a	۵/۵a	۱۲/۱abc	٤/٤abc	۲۱/٤a	۳۲/۸a	۱٤/۰a	۲۸۷/٦bc
N1Cu1	هیولا	۱۱۳/۹ab	۲۰/٤abc	٤/٤ab	۱۲/۸ab	٤/۷abc	۱٤/۳b	۲۷/۷a	۱۳/۲a	۳۰٦/۸abc
N1Cu2	هیولا	۹٤/۸b	۲٤/۹abc	٤/۷ab	۱٦/۰a	۵/٦a	۱۳/۸b	٤۱/۸a	۱۸/۹a	۲۹٦/۷abc
N2Cu0	هیولا	۱۱۷/۳a	۱۷/۸bc	۵/٤a	۸/۲bc	۳/۳abc	۱۷/۳ab	۲۵/۳a	۱۲/۱a	۳۱۰/۰abc
N2Cu1	هیولا	۱۱۰/۹ab	۲۱/۱abc	۵/٦a	۷/۱bc	۲/۸bc	۱٤/۵b	۲٤/٦a	۱۳/۳a	۲٦۲/۹bc
N2Cu2	هیولا	۱۰۱/٦ab	۲۱/٦abc	۵/٤a	۸/۳bc	۳/۸abc	۱٤/۳b	۳٤/۰a	۱۷/۹a	۲۱۹/۷c
N3Cu0	هیولا	۹٤/٦b	۱۵/۱c	۳/۵b	۵/۳c	۲/۵c	۱۳/۲b	۲۸/۰a	۱۲/٤a	۳۰٤/۳abc
N3Cu1	هیولا	۹٤/۱b	۱٦/۰c	۳/۵b	۷/٦bc	۳/۵abc	۱۳/۱b	۲٦/۷a	۱۳/۲a	۳۲۳/۵ab
N3Cu2	هیولا	۱۰۲/۷ab	۱۷/٤bc	۳/۵ab	۱۲/۳abc	۵/٤ab	۱٤/۷b	۳۹/۵a	۲۰/۵a	۳۸۱/٤a
N1Cu0	اکاپی	۱۲۰/۰a	۳٤/٦abc	۷/۸a	۱۵/۵a	۱۲/٤a	۱٤/۵a	۲۰/۹bcd	۸/۳bc	۳۳۳/۳ab
N1Cu1	اکاپی	۱۱۸/٦a	۲۱/۸c	٦/۲abcd	۹/٦a	٦/۷ab	۱۳/۲a	۱۵/۷bcd	۷/۷bc	۲٦۸/۸b
N1Cu2	اکاپی	۱۱۹/۰a	۲۰/٦c	۵/۵cd	۱۵/٤a	۱۲/۳a	۱۵/۲a	۲۲/۹abcd	۹/۷bc	۲۸۲/۹ab
N2Cu0	اکاپی	۱۲۲/۲a	٤۲/٦a	۷/۳ab	۱۳/۲a	۱۲/۷a	۱٦/۹a	۲٦/۸abc	۱۰/۷bc	۳۱۸/۰ab
N2Cu1	اکاپی	۱۲٤/۰a	۳۲/٤abc	۵/۱d	۱۱/۲a	۹/۲ab	۱۵/۱a	۲۹/۲ab	۱/۹٦ab	۲۹٤/۹ab
N2Cu2	اکاپی	۱۰۹/۰ab	۳۰/۲abc	٦/۰bcd	۱۳/۸a	۱۲/۳a	۱٦/۳a	۳۵/۷a	۱٦/۳۵a	۳۱٦/۵ab
N3Cu0	اکاپی	۹۷/٤bc	۲۷/۹bc	۷/۱abc	۸/۳a	٦/۹ab	۱۲/۳a	۱/۰d	٤/۲c	۳۸٦/٤a
N3Cu1	اکاپی	۹۰/۰c	۲٦/۷bc	٦/۲abcd	٦/۱a	۵/۲b	۱۲/۵a	۱۳/۰cd	۵/۵c	۳۳۹/۸ab
N3Cu2	اکاپی	۸۳/۲c	۳٦/۹ab	٦/٤abcd	٦/۹a	۵/٦b	۱۱/a	۱۹/۲bcd	٦/۰c	۲۷۹/۹ab

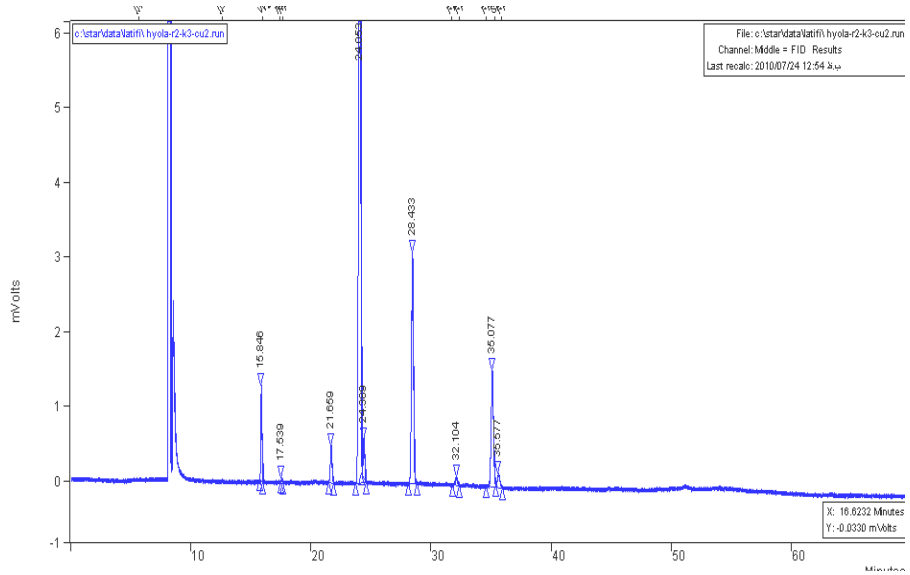
جدول ۳. درصد روغن میوه دو رقم کلزا در تیمارهای مختاف نیتروژن و مس. گروه‌بندی بر اساس آزمون دانکن P≤۰/۰۵. حروف مشترک نمایانگر معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین‌ها است.

تیمارها: اوره (N1=۲۰۰ Kg/ha، N2=۳۵۰ و N3=۵۰۰)، سولفات مس (Cu0=۰ µMol، Cu1=۵۰، Cu2=۱۰۰)

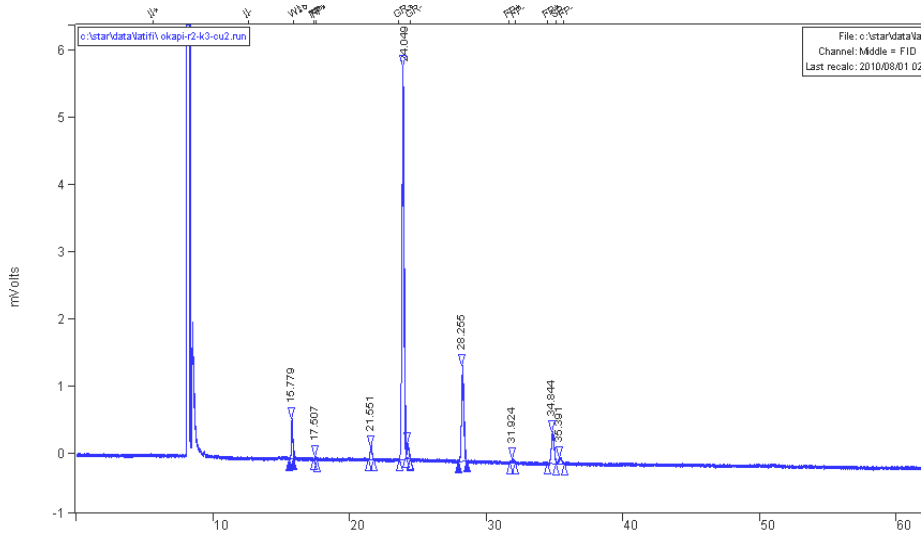
تیمار / رقم	N1Cu0	N1Cu1	N1Cu2	N2Cu0	N2Cu1	N2Cu2	N3Cu0	N3Cu1	N3Cu2
هیولا	٤۰/٤۷ab	٤۱/۲۹ab	٤۱/۳٦a	٤۱/۰۲ab	٤۰/۸۷ab	٤۱/۱۲ab	٤۰/٦٤ab	٤۰/۳۸b	٤۰/۳۹b
اکاپی	۳۷/۷۹cd	۳۸/۷۷bcd	۳۸/۱۱cd	۳٦/۸۸d	۳۷/۲۳d	۳۹/٤۹bc	۳۷/۱۰d	۳٤/۸٦e	۳٤/۰۳e

جدول ٤. درصد اسیدهای چرب روغن میوه‌های دو رقم کلزا

اسید چرب / رقم	پالمیتیک اسید C16:0	پالمیتولئیک اسید C16:1	استئاریک اسید C18:0	اولئیک اسید C18:1	لینولئیک اسید C18:2	لینولنیک اسید C18:3	آراشیدیک اسید C20:0	ایکوزنوئیک اسید C20:1	بهنیک اسید C22:0	اروسیک اسید C22:1
هیولا	٤/۰۷	۰/۱۳	۲/۲٤	٦۵/۰۵	۱٦/۸۳	۹/٦۸	۰/۷٤	۱/۲٦	کمیاب	کمیاب
اکاپی	٤/۵۱	۰/۲٦	۱/۸۸	٦٦/٤۲	۱۷/۸۱	۷/۰۸	۰/٦۲	۱/٤۲	کمیاب	کمیاب



شکل ۱. کرواتوگرام GC-MS اسیدهای چرب میوه کلزا رقم Hayola.



شکل ۲. کرواتوگرام GC-MS اسیدهای چرب میوه کلزا رقم Okapi.

بحث

میانگین شاخص‌های کمی مورد بررسی در دو رقم هیولا و اکاپی در تیمارهای مختلف نیتروژن و مس تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. نتایج نشان داد ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، تعداد شاخه‌ها، وزن دانه‌ها و وزن خشک ریشه‌ها در هر دو رقم، در تیمار نیتروژن (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش یافت. برهم کنش مس و نیتروژن بر شاخص‌های رشد در دو رقم کلزا، با یکدیگر متفاوت بود، به‌طوری‌که در رقم اکاپی اثر بازدارندگی غلظت بالای نیتروژن بر وزن تر و خشک ریشه با کاربرد سولفات مس، کاهش یافت. بیشترین میزان رشد و شاخه‌زایی در تیمار با نیتروژن (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. افزایش بیشتر کود نیتروژنه، بدون تاثیر و یا با کاهش‌دهنده

شاخص‌های رشد همراه بود. به‌طورکلی نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و طول گیاه در گیاهان زراعی می‌شود و این امر در مورد گیاه کلزا نیز صادق است (Kolsariciy and Eda, Child et al., 1982; 2002). یک دلیل دیگر افزایش طول ساقه اصلی در گیاه کلزا این است که چون ۲/۳ کود نیتروژنه در این آزمایش در مرحله قبل و ابتدای ساقه رفتن به خاک اضافه شد. بنابراین در مرحله ساقه رفتن نیتروژن برای افزایش طول ساقه اصلی موجود بود. شریعتی (۱۳۷۵) نیز در آزمایش خود به این نتیجه دست یافت که کاربرد در نیتروژن ابتدای مرحله ساقه رفتن باعث افزایش طول ساقه اصلی گیاه کلزا شد.

در رقم اکاپی افزایش میزان نیتروژن تا حد (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه و موجب افزایش تعداد دانه در هر بوته شد. در رقم هیولا تفاوت در میانگین‌های وزن دانه معنی دار نبود. اما افزایش تراکم مس در هر تیمار نیتروژن تاحدی منجر به افزایش در وزن دانه با غلاف شد، اما همانند رقم اکاپی تعداد دانه در تراکم بالای نیتروژن افزایش یافت. در تحقیقات حاضر کود اوره (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش وزن دانه در رقم اکاپی شد. نتیجه این تحقیق با نتایج تحقیقات Kolsariciy و Eda (۲۰۰۲) مطابقت دارد. Kisiel و همکاران (۱۹۹۸) در آزمایشی بر هم کنش نیتروژن و مس را در گیاه گندم بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی مس در مرحله ساقه رفتن منجر به افزایش ۰/۹ تن در هکتار در عملکرد دانه شد.

مس یکی از ریز مغذی‌هایی است که در ساختمان غشا، ساختمان بسیاری از متالو آنزیم‌ها و پلاستوسیانین در غشا کلروپلاست شرکت دارد (Wong and Xiong et al., 2002; Bradshow, 1982). اما یکی از فلزات سنگینی است که از آلوده کننده‌های خاک محسوب می‌شود (Quartacci et al., 2001). Kashirad (۱۹۷۰) اثر سودمند کاربرد منگنز، روی و مس را بر افزایش عملکرد و بالا بردن غلظت و جذب آن‌ها در دانه گندم گزارش نمود.

جذب بالای مس توسط ریشه موجب ایجاد مسمومیت در گیاه می‌شود (Wang et al., 2004). انتقال سریع مس از ریشه به ساقه موجب می‌شود تاثیر منفی میزان بالای مس بیشتر از آنکه رشد ریشه را تحت تاثیر قرار دهد، موجب کاهش رشد اندام‌های هوائی می‌شود (Xiong et al., 2002).

در این تحقیق کاربرد توام مس و تراکم بالای نیتروژن موجب کاهش معنی‌دار اسیدهای چرب در هر دو رقم شد. این امر نشان‌دهنده ناسازگاری مس و تراکم بالای نیتروژن است.

اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در تمام روغن‌های نباتی یافت می‌شوند. اما با توجه به این که مصرف چربی‌های اشباع موجود در روغن‌های گیاهی به‌تدریج موجب افزایش کلسترول خون و تصلب عروق و بالطبع ایجاد امراض قلبی می‌شود. ضروری است در جیره غذایی از روغن‌هایی استفاده شود که درصد اسیدهای چرب اشباع کمتری داشته باشد. آنالیز کیفی اسیدهای چرب در هر دو رقم نشان داد بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب موجود در هر دو رقم اسیدهای چرب دارای ۱، ۲ و ۳ پیوند غیر اشباع و کمتر از ۱۰ درصد متعلق به اسیدهای چرب اشباع بود. این امر ارزش غذائی بالای روغن نمونه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با تحقیقات Han-Zhong (2009) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

در هر دو رقم، کود اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی‌دار طول گیاه، تعداد برگ‌ها، تعداد شاخه، وزن‌تر و خشک ریشه، وزن دانه و درصد روغن دانه شد. در هر دو رقم، بیشترین درصد روغن

در تیمار کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با سولفات مس (۵۰ میکرومولار) و کمترین درصد روغن در تیمار کود اوره (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با سولفات مس (۵۰ میکرومولار) مشاهده شد. میانگین درصد روغن در هر تیمار، در رقم هیولا بیش از رقم اکاپی بود. آنالیز کیفی اسیدهای چرب در دو رقم با GC-MS نشان داد در کلیه تیمارها، درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ترتیب اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید بیشتر از سایر اسیدهای چرب بود. از اینرو برای رقم هیولا تیمار N1Cu1 و برای رقم اکاپی تیمار N2Cu2 پیشنهاد می‌شود.

منابع

شریعتی، س. (۱۳۷۵). بررسی اثر تراکم و زمان توزیع کود سرک بر عملکرد و اجزای عملکرد و مراحل فنولوژیکی ارقام کلزای بهاره. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مشهد.

عزیزی، م.، سلطانی، ا. وخاوری خراسانی، س. (۱۳۷۸). کلزا (فیزیولوژی، زراعت به نژادی و تکنولوژی زیستی)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۲۳۰.

Allen, E.J. and Morgan, D.G. (1972). A quantitative Analysis of the effects of nitrogen on the growth development and yield of oilseed Rape. Journal of Agricultural Science. 315 – 324.

Allen, E.J., Morgan, D.G. and Ridgman, W.J. (1971). A physiological analysis of the growth of oilseed rape. Journal of Agricultural Science. 77:339-341.

Appelquist, L.A. (1968). Lipids in Crucifererae. II. Fatty acid composition of *Brassica napus* seed as affected by nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur nutrition of plants. Physiologia Plantarum. 21: 455-465.

Bernardo, O.L.M., Clark, R.B. and Maranville, G.W. (1984). Nitrate/ammonium ratio effects on nutrient solution pH, dry matter, yield and nitrogen uptake of Sorghum .Journal of Plant Nutrition. 7: 1389 - 1400.

Child, R.D., Bultter, D.R. and Erans, D.E. (1982). Effect of changes in canopy structure with growth retardants on the yield of oilseed rape. Proceeding of the plant growth regulator society of America. Annual Meeting. Cab International. 173-179.

Dai, W., Niu, Y.Z., Guo, S.X. and Jiang, J. (2008). Analysis of heterosis and combining ability in oil content in *Brassica napus* L. under different environments. SW Chin. Journal of Agricultural Science. 21: 581-185.

Han-Zhong, W., Gui-hua, L., Xin-fa, W., Jing, L., Qing, Y. and Wei, H. (2009). Heterosis and breeding of high oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.). 16th Australian Research Assembly on Brassicas. Ballarat Victoria.1-5.

Hua, W,, Li, R.J., Zhan, G.M., Liu, J., Li, J., Wang, XF., Liu, G.H. and Wang, H.Z. (2012). Maternal control of seed oil content in *Brassica napus*: the role of silique wall photosynthesis. Plant Journal. 69(3):432-444.

Kashirad, A. (1970). Effect of nitrogen, zinc, copper and manganese on yield and chemical composition of irrigated winter wheat in Iran. Israel Journal of Agricultural Research. 20: 179-182.

Kisiel, R.D., Bor D. and Kalis Ewic, D. (1998). Effect of nitrogen and copper fertilizer application on yield and direct production costs of wheat. Acta Academica agricultural Technical Olstensis Oconmica. 31:33- 45.

Kolsariciy, O. and Eda, G. (2002). Effets of different row distances and various nitrogen doses on the yield components of a safflower variety. Sesame and safflower. Newsletter. 17: 108-114.

Quartacci, M.T., Cosi, E. and Navari-Izzo F. (2001). Lipids and NADP dependent superoxide production in plasma membrane vesicles from roots of wheat grown under copper deficiency or excess.Journal of Experimental Botany. 52:77–84.

Reuther, W. and Labanauskas, C.K. (1966). Plants and soils. Bakeley, CA: University of California Dirision of Agricultural Sciences Press. 394 – 404.

Vigeolas H, Waldeck P, Zank T. and Geigenberger, P. (2007). Increasing seed oil content in oil-seed rape (*Brassica napus* L.) by over-expression of a yeast glycerol-3-phosphate dehydrogenase under the

Wong, M.H. and Bradshaw. A.D. (1982). A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of ryegrass, *Loiium perenne*. New Phytologist. 91:55–261.

Xiong, Z.T., Li, Y.H. and Xu, B. (2002). Nutrition influence on copper accumulation by *Brassica pekinensis* Rupr. Ecotoxicology and Environmental Safety. 53:200–205.

.

control of a seed-specific promoter, Plant Biotechnology Journal. 5(3):431-41.

Wang, S. H., Yang, Z. M., Yang. H., Lu, B., Li, S.Q. and Lu, Y.P. (2004). Copper-induced stress and antioxidative responses in roots of *Brassica juncea* L., Botanical Bulletin of Academia Sinica. 45:203-212.