

تأثیر مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا

محمدعلی خودشناس¹، جواد قدبیک لو و فریدون نورقلی پور

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اراک، ایران؛ khodshenasm@gmail.com

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اراک، ایران؛ ghadbykloo@gmail.com

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ nourfg@yahoo.com

ص 225 - 241

دریافت: 1401/2/28 و پذیرش: 1401/6/6

چکیده

تنش‌های محیطی باعث کاهش عملکرد و تولید گیاهان می‌شوند. مواد محرک رشد می‌توانند به افزایش کارایی گیاه و مقاومت به تنش‌های غیر زیستی کمک نمایند. به این منظور، تأثیر چند نوع از مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا (*Brassica napus L.*) بررسی شد. طرح آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار از سال 1398 تا 1400 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک انجام شد. متغییر اصلی، تاریخ کاشت (شهریور و مهر) و متغییر فرعی تیمارهای محرک رشد شامل اسید آمینه، فولویک اسید، عصاره جلبک دریایی، هیومیک اسید، ترکیب آن‌ها و تیمار شاهد بود. نتایج نشان داد که اثر محرک‌های رشد بر صفات عملکرد دانه، غلظت فسفر و تعداد دانه در خورجین، سطح برگ و غلظت پتاسیم معنی‌دار بود. یافته‌های آزمایش نشان داد که در شرایط مشابه این تحقیق، مصرف مواد محرک رشد به صورت بذرمال و محلول‌پاشی در مراحل شش برگی و انتهای رزت قابل توصیه است. مصرف خاکی هیومیک اسید در مراحل جوانه‌زنی و شش برگی مؤثر بود. تاریخ کاشت شهریور مناسب‌تر از مهر بود. کاربرد مواد محرک رشد بر روی عملکرد دانه، در تاریخ کاشت شهریور، دارای اثری مثبت و مشابه بود، اما در تاریخ کاشت مهرماه که گیاهان در معرض تنش سرما قرار داشتند، مؤثرتر ارزیابی گردید.

واژه‌های کلیدی: تغذیه کلزا، اسید هیومیک، عصاره جلبک دریایی، اسید آمینه، اسید فولویک

¹ نویسنده مسئول، آدرس: اراک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

مقدمه

به دلیل رشد جمعیت، مصرف سرانه روغن در ایران طی سال‌های اخیر افزایش یافته است این در حالی است که فقط کمتر از ده درصد روغن در داخل کشور تولید می‌شود از این رو کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا (*Brassica napus* L.) در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. سطح زیر کشت کلزا در کشور 183400 هکتار با متوسط عملکرد 1774 کیلوگرم در هکتار می‌باشد (احمدی و همکاران، 1400؛ دهشیری، 1378).

مواد محرک رشد به روش‌های مختلفی سبب افزایش رشد و توسعه گیاه طی چرخه رشد از جوانه‌زنی بذر تا بلوغ، می‌شوند. این روش‌ها شامل افزایش کارایی متابولیسم گیاه در راستای بهبود عملکرد و کیفیت محصول، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیر زنده، تسهیل جذب، انتقال و استفاده از عناصر غذایی، افزایش کارایی مصرف آب، بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و رشد ریز جانداران خاک هستند. آن‌ها معمولاً همراه با کودهای رایج به گیاه داده می‌شوند تا کارایی مصرف کود را افزایش دهند ولی با کودها تفاوت دارند زیرا بر متابولیسم گیاه اثر گذاشته و میزان عناصر غذایی در آن‌ها ناچیز است (هکمن، 1994). در این راستا علاوه بر تغذیه مناسب، استفاده از محرک‌های رشد، سبب بالا بردن تحمل گیاه شده و با افزایش عملکرد روغن تولیدی از لحاظ اقتصادی کمک شایان توجهی به اقتصاد کشور از طریق کاهش واردات روغن می‌نماید.

تنش‌های غیر زیستی مانند خشکی، شوری و سرما عملکرد بسیاری از گیاهان را کاهش داده و تولیدات گیاهی را محدود می‌کنند (فیشر و مورر، 1978). سرمازدگی پدیده‌ای است که در درجه حرارت‌های پائین سبب ایجاد خسارت و یا از بین رفتن اندام‌های گیاهی می‌شود. این عارضه در فصل پاییز، زمستان و یا اوایل بهار حادث می‌شود و هرساله خسارت‌های زیادی بر جای می‌گذارد (روسیل و هامبلین، 1981).

کلزا در پاییز به تدریج سازگاری خود را با سرما افزایش می‌دهد. رکود زمستانه کلزا از درجه حرارت روزانه زیر 2 درجه سانتی گراد شروع و در بهار وقتی که دما به 5 درجه سانتی گراد می‌رسد پایان می‌یابد. مقاومت ارقام به سرمازدگی به مرحله رشد و نمو، و درجه سازگاری بستگی دارد. کلزا می‌تواند سرمای 15- تا 20- درجه سانتی گراد را در مرحله رزت به همراه پوشش برف تحمل کند. استفاده از محرک‌های زیستی برای مقابله با سرمازدگی در تنظیم رشد و تولید محصول حائز اهمیت است (بوربولیس و همکاران، 2008؛ فرناندز، 1992 و بهرام عزیزاده و همکاران، 1394).

سرما باعث اثرات ثانویه‌ای مانند تنش‌های اکسایشی می‌شود و باعث تجمع گونه‌های احیایی اکسیژن مانند سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) می‌شوند. این گونه‌های احیایی اکسیژن باعث تخریب اسیدهای نوکلئیک، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها شده و باعث بروز سیگنال‌های سلولی غیر معمول می‌شوند و مجموعه این عوامل خسارت تنش را تشدید می‌کنند اما گیاهان در این شرایط شروع به تجمع متابولیت‌ها می‌نمایند که از این بین آمینواسیدهایی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌ها نقش مهمی دارد (باتس و همکاران، 1973؛ حیات و همکاران، 2012 و لیسلاو و همکاران 2015). سرمای تدریجی از طریق فعال‌سازی سیستم آنتی‌اکسیدانت تحمل کلزا به سرما را افزایش می‌دهد (مارکوساکا، 2012). فهیمی راد و همکاران (2013) در مطالعه دو رقم کلزا نشان دادند که سوپر اکسید دیسموتاز، پرواکسیداز، کاتالاز و اسکوربیت اکسیداز در رقم متحمل به سرما بالاتر است.

برای بهبود کارایی جذب عناصر غذایی و کاهش آلودگی زیست محیطی، ترکیبات مختلفی که توانایی تقویت رشد و توسعه گیاهان را از طریق محلول‌پاشی یا مصرف خاکی دارا هستند، مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات تحت عناوینی مانند

کارازینازها و محصولات تجزیه آن‌ها از اجزاء مهم این مواد هستند که بر فیزیولوژی گیاه تأثیر دارند.

هیومیک اسید یکی دیگر از مواد محرک رشد گیاهی است (غفاری نژاد و همکاران، 1399). استفاده از هیومیک اسید در خاک با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، حفظ بیشتر رطوبت خاک و رنگ تیره‌ای که به خاک می‌دهد، در کاهش خسارت سرما مؤثر است. محلول‌پاشی هیومیک اسید می‌تواند از طریق افزایش مواد آلی محلول از قبیل قندها و پروتئین‌ها در سلول‌ها مقاومت، آن‌ها را در برابر سرمازدگی افزایش دهد (ترنزیو، 2015).

نوع دیگری از مواد محرک رشد گیاهی اسید فولویک است. محلول‌پاشی گیاه گندم با اسید فولویک، قبل از مواجهه با تنش خشکی، عملکرد را به 21 درصد میزان گیاه بدون تنش رساند (خودان، 1986). در بررسی انجام‌گرفته در شرایط مزرعه بر روی گیاه فلفل در ایران، کاربرد فولویک اسید به صورت کودآبیاری، تأثیری بر عملکرد نداشت ولی بر کیفیت میوه از جمله فعالیت آن‌تی‌اکسیدانت، کل مواد جامد قابل حل، مقدار کل فنولیک‌ها، کربوهیدرات‌ها، کاپسایسین و کاروتینوئیدها مؤثر بود (امینی فرد و همکاران، 2012).

اسیدهای آمینه که نوع دیگری از مواد محرک رشد گیاهی هستند توانایی انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌ها را افزایش داده و از طریق فعال نمودن هورمون‌ها و سرانجام اسیدی شدن دیواره سلولی از شکستن، یخ‌زدگی و سرمازدگی جلوگیری کرده و ضمن دخالت در متابولیسم و سازوکارهای گیاهان در ایجاد مقاومت گیاهان نقش اساسی دارند (غفاری نژاد و همکاران، 1399). گاولین و همکاران (2014 و 2012) دو نوع اسید آمینه را روی 4 رقم کلزا در مرحله 4 تا 5 برگی آزمایش کرده و ملاحظه نمودند تشکیل برگ، ضخامت ریشه اصلی، غلظت پرولین، گلوکز و ساکاروز در اندام‌های مورد آزمایش افزایش یافته است. آنان همچنین عنوان نمودند که خصوصیات ژنتیکی و متابولیسم گونه‌ها در تحمل به سرما نقش اساسی دارد (چن و همکاران، 2011 و

تنظیم‌کننده‌های مثبت رشد، تقویت‌کننده متابولیسم و یا به‌طور کلی محرک‌های رشد گیاهی شناخته می‌شوند. محرک رشد گیاه، هر ماده یا ریز جاندار است که به منظور افزایش راندمان تغذیه، تحمل به تنش غیرزیستی و یا کیفیت محصول، صرف نظر از محتوای عناصر غذایی آن، به گیاهان داده می‌شود (دوجاردین و همکاران، 2015؛ بکت و استادن، 1990).

عصاره جلبک‌های دریایی که یکی از مواد محرک رشد محسوب می‌شوند دارای ترکیبات بتئین هستند که به عنوان ترکیبات نیتروژن دار حد واسط در مقاومت به تنش‌های گیاهی نقش دارند (بلوندن و همکاران، 1986). همچنین یکی از آنزیم‌های مهم در مقابله با تنش اکسایشی، سوپر اکسید دیسموتاز است که عصاره جلبک دریایی باعث افزایش فعالیت این آنزیم می‌شود، همچنین جلبک دریایی در روابط آبی گیاه هم نقش اساسی دارد. تأثیر عصاره جلبک دریایی و ترکیبات هوموسی در مقاومت به سرما به علت وجود هورمون سیتوکینین در این مواد است (ژنگ و اروین، 2008).

عصاره جلبک دریایی باعث افزایش جذب پتاسیم می‌شود که در مقاومت به تنش نقش دارد (خان و همکاران، 2009). کروچ و همکاران (1990) گزارش کردند مصرف عصاره جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد و غلظت عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم و منیزیم در برگ‌های کاهویی که عناصر غذایی کافی دریافت کرده بود شد ولی تأثیر معنی‌دار بر غلظت عناصر غذایی در کاهوی متأثر از تنش کمبود عناصر غذایی نداشت. آن‌ها پیشنهاد کردند که ممکن است افزایش غلظت عناصر غذایی در شرایط فراوانی آن‌ها در محیط ریشه به دلیل وجود ترکیبات هورمونی در جلبک و نقش آن‌ها در افزایش جذب عناصر غذایی باشد. ویلسون (2001) عنوان نمود که عصاره جلبک دریایی، پتانسیل آب برگ را به عنوان شاخص کلیدی در مقاومت اسمزی حدود 4 درصد کاهش داد. پلی ساکاریدها و اولیگوساکاریدها، لامینارین، آلژینات‌ها و

اقلیمی می تواند که از کاهش عملکرد و تولید محصولات جلوگیری نماید. با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص تأثیر نوع و روش مصرف مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه کلزا این پژوهش¹ انجام شد.

روش تحقیق

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در سال 1398 تا 1400 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک اجرا شد. فاکتور اصلی، تاریخ کاشت و فاکتورهای فرعی تیمار محرک رشد به صورت زیر (جدول 1) بود.

در این تحقیق از بین مواد محرک رشد گیاهی موجود در کشور که دارای تایید ثبت کد بودند نمونه هایی به صورت کد به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب ارسال و موادی که دارای بیشترین غلظت ماده موثره بودند انتخاب گردید بر اساس تجزیه آزمایشگاهی ماده محرک رشد اسید فولویک شامل 22/1 درصد اسید فولویک، 51/6 درصد کربن آلی، 0/13 درصد پتاسیم محلول و 0/52 درصد نیتروژن کل، ماده محرک رشد اسید آمینه شامل 36/8 درصد اسید آمینه، 24/6 درصد کربن آلی و 16/7 درصد نیتروژن کل و ماده محرک رشد اسید هیومیک شامل 52/95 درصد اسید هیومیک، 2/9 درصد اسید فولویک، 4/9 درصد پتاسیم محلول و 1/06 درصد نیتروژن کل و ماده محرک رشد جلبک دریایی با 20 درصد ماده آلی، 10 درصد آلژینیک اسید، 17 درصد پتاسیم، 0/2 درصد فسفر و 0/7 درصد نیتروژن به عنوان مواد محرک رشد استفاده شد.

چینوسامی، 2007). گاولین و همکاران (2015) با کاربرد چهار نوع اسید آمینه آزاد در گیاهان کلزا و گندم و دمای 1-، 3-، 5- و 7- درجه سانتی گراد نتیجه گرفتند که گیاهان تیمار شده به دمای 5- درجه سانتی گراد مقاومت نشان دادند. همچنین ارقامی که زودتر به مرحله روزت رفته اند بهتر سرما را تحمل کرده اند (سردانا و همکاران، 2009؛ ولدیان و تاجبخش، 2007).

یوان یوان و همکاران (2009) در تحقیقی عنوان نمودند که تجمع قندهای محلول از سلول های گیاهی به واسطه تشدید فشار اسمزی، تغلیظ مواد غذایی سلول و چربی های لایه ای از سرمازدگی محافظت می نمایند. در طی مرحله تجمع سازی، پتاسیم و قند در سلول ذخیره شده و باعث کاهش نقطه انجماد سلول و افزایش فشار درونی آن می شود بنابراین کریستالهای یخ تنها در خارج سلول تشکیل می گردند (وان سوتنر، 2012). جذب اسیدهای آمینه نشان دار توسط ریشه ها، توانایی گیاهان در مصرف مستقیم ترکیبات آلی نیتروژن دار را نشان داد. این موضوع در مناطقی مانند نواحی خیلی سرد و شوره زارها که اسیدهای آمینه یکی از منابع عمده نیتروژن خاک هستند اهمیت زیادی دارد.

طهرانی (1394) عنوان کرد کاربرد این مواد برای کاهش عوارض سرمازدگی پس از وقوع تنش مؤثر تر هستند. استفاده گیاه از متابولیت های آماده باعث بهبود باز توانی فرایندهای فیزیولوژیکی می گردد.

خان و همکاران (2009) در مقاله ای تحلیلی کاربرد محرک های رشد گیاهی را در کشاورزی پایدار بررسی نمودند. آن ها ترکیب شیمیایی، نحوه عمل، اثر آن ها را بر سلامت خاک (ساختمان خاک و ظرفیت نگهداشت رطوبت، جمعیت بیولوژیکی خاک) و رشد گیاه و سلامت آن (رشد ریشه و جذب عناصر، رشد اندام هوایی و فتوسنتز، عملکرد گیاه، مقاومت به تنش های محیطی) را جمع بندی نموده و توصیه نمودند که استفاده از این محرک های رشد برای مقابله با افزایش تنش های زنده و غیر زنده در قرن 21 و به دلیل وقوع تغییرات

¹ این مقاله از نتایج پروژه ملی اثر مواد محرک رشد گیاهی بر کاهش تنش سرما و بهبود کیفیت گیاه کلزا موسسه تحقیقات خاک و آب مستخرج گردیده است.

جدول 1- مراحل مصرف تیمارهای مواد محرک رشد

تیمارها	قبل از کاشت	جوانه‌زنی	شروع شش برگی	خروج از رزت
اسید آمینه	بذر مال*	-	محلول پاشی**	محلول پاشی
عصاره جلبک	بذر مال	-	محلول پاشی	محلول پاشی
اسید هیومیک	بذر مال	مصرف خاکي***	مصرف خاکی	-
اسید فولویک	بذر مال	-	محلول پاشی	محلول پاشی
ترکیبی****	بذر مال	مصرف خاکی	محلول پاشی، (هیومیک اسید به صورت خاکی)	محلول پاشی، (هیومیک اسید به صورت خاکی)
شاهد	-	-	-	-

* یک گرم از ماده محرک رشد در 100 میلی لیتر آب حل شده و برای بذر مال یک کیلوگرم بذر به کار رفت.
 ** غلظت 5 در هزار برای محلول پاشی استفاده شد.
 *** 5 کیلوگرم در هکتار به صورت خاکی مصرف شد.
 **** به نسبت مساوی از مواد محرک رشد مخلوط نموده و با غلظت 5 در هزار برای محلول پاشی استفاده شد.

کلزا رقم اکاپی کشت شد. برای آبیاری از سیستم آبیاری تیپ به صورت یک خط نوار تیپ بر روی هر کدام از پشته‌ها و وسط دو خط کاشت استفاده شد. نمونه گیاه در هر کرت در مرحله خروج از روزت (2 روز پس از محلول پاشی محرک رشد) برداشت و سپس سطح برگ و وزن خشک 5 بوته اندازه‌گیری شد. غلظت و جذب عنصر نیتروژن به روش هضم تر، و عناصر فسفر و پتاسیم با روش هضم خشک در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری گردید. در انتهای فصل رشد صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. نتایج با نرم افزارهای آماری SAS و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در هر دو سال اجرای آزمایش، تاریخ کاشت اول 27 شهریور و تاریخ کاشت دوم 15 مهرماه بود. یک نمونه مرکب خاک جهت تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی از عمق 0 تا 30 سانتیمتر برداشت و مورد تجزیه‌های آزمایشگاهی قرار گرفت که نتایج آن در جدول 2 نشان داده شده است. با استفاده از این نتایج کودهای شیمیایی شامل فسفر، پتاسیم در هنگام آماده‌سازی زمین و نیتروژن به صورت تقسیطی و سایر عناصر کم مصرف به صورت محلول پاشی بر اساس دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا (مشیری و همکاران، 1393)، مصرف گردید. طول هر کدام از کرت‌ها در این آزمایش 6 متر و عرض آن‌ها 2/4 متر بود و از پشته‌های 60 سانتیمتری برای کشت کلزا (چهار خط برای هر کرت) استفاده شد و روی هر پشته دو ردیف

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قطعات آزمایش

مشخصات نمونه	اسیدیته	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اشباع	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	میلی گرم بر کیلوگرم							
						فسفر	پتاسیم	آهن	بور	روی	منگنز	مس	بافت
ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک	7/8	1/2	34	20	0/4	9	270	4/1	0/9	1/8	11/3	0/97	لوم سیلتی رسی

نتایج و بحث

خصوصیات خاک

خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش (جدول 2) نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی این خاک، 1/2 دسی زیمنس بر متر و فاقد شوری می‌باشد. وضعیت فیزیکی خاک با دارا بودن بافت لوم سیلتی رسی و درصد اشباع 34 درصد مطلوب است. نفوذپذیری مطلوب آب، تهویه خاک و رشد بهینه ریشه تابعی از وضعیت فیزیکی است (مندهام و همکاران، 1990). کربنات کلسیم خاک که عامل اصلی تعیین اسیدیته خاک بوده و بر خصوصیات

شیمیایی محیط ریشه از جمله قابلیت استفاده عناصر غذایی به طور مستقیم اثرگذار است 20 درصد بود. تمایل به شرایط قلیایی (اسیدیته 7/8) ناشی از مقدار بالای کربنات کلسیم خاک می‌باشد. کربن آلی این خاک 0/4 درصد است که از نظر ماده آلی فقیر محسوب می‌شود. فسفر و آهن قابل استفاده با 9 و 4/1 میلی‌گرم در کیلوگرم از حد بحرانی پایین‌تر و دارای کمبود است. مقادیر سایر عناصر غذایی خاک بالاتر از میزان کفایت بود. مقادیر مطلوب عناصر غذایی در خاک برای گیاه کلزا در جدول 3 آورده شده است (نورقلی پور، 1393).

جدول 3- حد بحرانی عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت کلزا

فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور
15	200	5	1	5	0/8	0/8

(میلی‌گرم در کیلوگرم)

جدول 4- تجزیه واریانس مرکب اثر مواد محرک رشد بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	ارتفاع	وزن ماده خشک	وزن هزار دانه	خورجین
سال	1	105188	4521/3 **	48/4	16/72	47/94
تاریخ کاشت	1	3027440	6222/1 **	299/8	0/13	122/6 **
سال*تاریخ کاشت	1	1298735	1173/5 *	481/3 *	0/76	0/018
محرک رشد	5	1905083 *	60/5	25/7	0/09	23/2 *
سال*محرک رشد	5	212656	119/2	19/8	0/11	2/23
تاریخ کاشت *	5	289433	74/4	33/3	0/22	0/54
محرک رشد	5	326640	49/1	22/8	0/08	5/43
سال*تاریخ کاشت *	5	339103	71/7	26/9	0/28	5/8
محرک رشد	40	17/9	6	14/3	19/4	9/4
باقیمانده	-					
ضرب تغییرات	-					

*,** به ترتیب در سطح 5 و 1 درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

ادامه جدول 4- تجزیه واریانس مرکب اثر مواد محرک رشد بر صفات اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
پتاسیم	فسفر	نیتروژن	سطح برگ		
0/003	5/55	0/76	186/9	1	سال
0/247	0/008	2/2 **	10550/6	1	تاریخ کاشت
0/028	0/0002	0/07	760/5	1	سال* تاریخ کاشت
0/240 **	0/003 ^	0/55	1229/2 **	5	محرک رشد
0/007	0/0003	0/14	7/7	5	سال* محرک رشد
0/09 **	0/0006	0/14	5738/8 **	5	تاریخ کاشت* محرک رشد
0/003	0/0001	0/06	9/2	5	سال* تاریخ کاشت* محرک رشد
0/13	0/001	0/4	1154	40	باقیمانده
17/3	11/2	15	12/2	-	ضریب تغییرات

*, ** به ترتیب در سطح 5 و 1 درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

اثر سال

ماه‌های دی، بهمن در سال دوم پایین‌تر از سال اول بود. تغییرات حداقل دما که معمولاً منجر به خسارت سرمازدگی می‌گردد در سال دوم بیشتر از سال اول بود. مارکوسا و همکاران (2012) عنوان نمود که سرمای تدریجی از طریق فعال‌سازی سیستم آنتی‌اکسیدانت تحمل کلزا به سرما را افزایش می‌دهد، بنابراین مدل تغییرات دما در سال اول برای سازگاری گیاه به سرمازدگی مناسب‌تر از سال دوم بود. بالا بودن رطوبت هوا بر اثر بارش‌های مناسب نیز امکان بروز سرمازدگی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد بنابراین خسارت قابل توجهی در دو سال مشاهده نگردید. بر اساس تجزیه واریانس (جدول 4) اثر سال بر روی ارتفاع بوته در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. برهمکنش اثر سال و تاریخ کاشت بر وزن ماده خشک و تعداد خورجین در سطح 5 درصد معنی‌دار گردید. بروز تفاوت در ویژگی‌های رشد گیاه در سال‌های مختلف تحت تأثیر شرایط متفاوت اقلیمی و تاریخ کاشت توسط مندهام و همکاران (1990) و روبرتسون و همکاران (2004) و احتشامی و همکاران (1391) گزارش گردید که با یافته‌های این تحقیق تطابق دارد.

یکی از مهم‌ترین متغیرها در آزمایشات مزرعه‌ای و تکرار شونده اثر تغییرات اقلیمی شامل مقدار بارش و نوسانات دما است (شوبرت و منگل، 1989؛ امام و نیک نژاد، 1383). در شکل 1 مقایسه خصوصیات هواشناسی در دو سال نشان داده شده است. مجموع بارش سال اول 545 و سال دوم 496 میلی‌متر بود. این مقادیر از میانگین بارش سالیانه دراز مدت منطقه بالاتر است. پاییز و بهار در سال اول و زمستان سال دوم از نظر بارش بهتر بودند. بر اساس شکل 1 بارش بین ماه‌های مهر تا بهمن در سال اول بیشتر بود که چون مراحل اولیه رشد طی این مدت انجام می‌شود بنابراین کشت سال اول به دلیل بالاتر بودن رطوبت نسبی هوا جهت استقرار از وضعیت بهتری نسبت به سال دوم برخوردار بوده است. ماه‌های اسفند و فروردین در دو سال از افزایش بارش نسبت به ماه‌های قبل برخوردار بودند که مقدار بارش سال دوم بیشتر بود. این ماه‌ها برای تکمیل رشد پنجه‌ها و رشد رویشی و زایشی از اهمیت بالایی برخوردار است. حداقل دمای زیر صفر در سال اول مربوط به سه ماه زمستان و در سال دوم از آذر تا بهمن اتفاق افتاد (شکل 1). مقدار حداقل دما در

جدول 5- نتایج دو ساله مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده کلزا

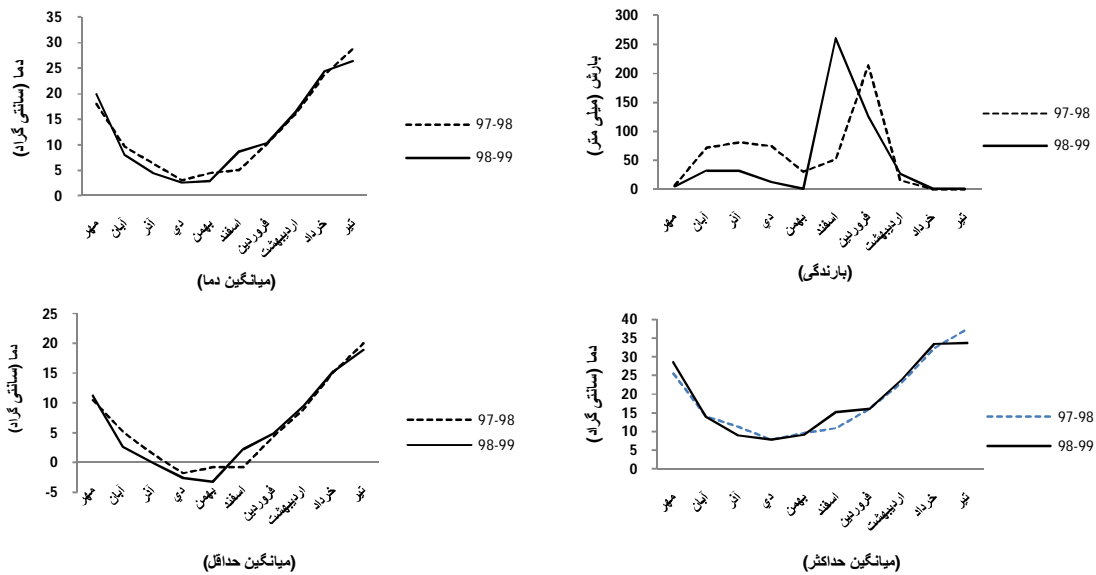
مقادیر فسفر	وزن هزار دانه (گرم)		وزن ماده خشک (گرم در 5 بوته)		خورجین (تعداد)		ارتفاع بوته (سانتیمتر)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		سطح برگ (سانتی متر مربع)		میانگین
	مهر	شهریور	مهر	میانگین	مهر	شهریور	مهر	شهریور	مهر	شهریور	مهر	شهریور	
اسید آمینه	2/56 ^a	2/58 ^a	2/57 ^A	20/5 ^a	22/1 ^a	21/3 ^a	117 ^d	147/5 ^{abcd}	132/2 ^A	149/9 ^{ab}	135/2 ^{bc}	142/5 ^A	3233 ^{/8abc}
عصاره جلبک	2/92 ^a	2/35 ^a	2/31 ^A	25/3 ^a	21/2 ^a	23/3 ^a	163/5 ^{ab}	128/7 ^{bcd}	146/1 ^A	155/4 ^a	130/9 ^c	143/2 ^A	3894/2 ^{ab}
اسید هیومیک	2/62 ^a	2/32 ^a	2/47 ^A	25/1 ^a	17/8 ^a	21/5 ^a	159/5 ^{abc}	132/7 ^{abcd}	146/1 ^A	145/2 ^{abc}	132/8 ^c	138/9 ^A	3431/2 ^{abc}
اسید فولویک	2/67 ^a	2/42 ^a	2/54 ^A	23/4 ^a	18/77 ^a	21/1 ^a	135/8 ^{abcd}	126/7 ^{cd}	131/2 ^A	150/3 ^{ab}	128/7 ^c	139/5 ^A	3116/0 ^{abc}
ترکیبی	2/71 ^a	2/33 ^a	2/52 ^A	25/8 ^a	18/3 ^a	22/1 ^a	167/7 ^a	134/3 ^{abcd}	151/0 ^A	152/7 ^a	129/9 ^c	141/3 ^A	4196/0 ^a
شاهد	2/35 ^a	2/68 ^a	2/51 ^A	20/2 ^a	17/4 ^a	18/8 ^a	129/7 ^{bcd}	121/0 ^d	125/3 ^A	145/2 ^{abc}	129/5 ^c	137/3 ^A	2877/0 ^{bc}
میانگین	2/53 ^A	2/45 ^A	23/4 ^A	19/3 ^A	267 ^A	266 ^A	267 ^A	149/7 ^A	131/2 ^B	3458/0 ^A	3047/9 ^B	273/6 ^A	259/4 ^B

* اعدادی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند از نظر آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول 5- نتایج دو ساله مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده کلزا

مقادیر فسفر	غلظت پتاسیم دانه (درصد)			دانه در خورجین (تعداد)			غلظت فسفر دانه (درصد)			غلظت نیتروژن دانه (درصد)			کلروفیل (Spad)
	میانگین	مهر	شهریور	میانگین	مهر	شهریور	میانگین	مهر	شهریور	میانگین	مهر	شهریور	
اسید آمینه	2/17 ^A	2/1 ^a	2/2 ^a	25/7 ^A	24/42 ^{abc}	26/9 ^{ab}	0/31 ^A	0/30 ^a	0/33 ^a	4/44 ^A	4/2 ^a	4/7 ^a	52/1 ^A
عصاره جلبک	2/00 ^A	1/9 ^a	2/0 ^a	27/3 ^A	25/86 ^{abc}	28/82 ^a	0/31 ^A	0/27 ^a	0/30 ^a	4/15 ^A	4/0 ^a	4/3 ^a	52/5 ^A
اسید هیومیک	2/33 ^A	2/3 ^a	2/4 ^a	26/6 ^A	25/56 ^{abc}	27/72 ^{ab}	0/28 ^A	0/27 ^a	0/30 ^a	3/85 ^A	3/8 ^a	3/9 ^a	53/3 ^A
اسید فولویک	1/93 ^A	2/0 ^a	1/9 ^a	24/7 ^A	23/53 ^{bc}	25/99 ^{abc}	0/32 ^A	0/32 ^a	0/32 ^a	3/91 ^A	3/8 ^a	4/0 ^a	53/5 ^A
ترکیبی	2/17 ^A	2/2 ^a	2/1 ^a	25/2 ^A	23/53 ^{bc}	26/3 ^{abc}	0/30 ^A	0/29 ^a	0/31 ^a	4/18 ^A	3/9 ^a	4/5 ^a	53/6 ^A
شاهد	2/14 ^A	2/0 ^a	2/3 ^a	23/4 ^A	21/8 ^c	25/06 ^{abc}	0/28 ^A	0/27 ^a	0/30 ^a	4/05 ^A	3/8 ^a	4/2 ^a	53/7 ^A
میانگین	2/06 ^A	2/18 ^A		24/02 ^A	26/81 ^A		0/29 ^A	0/31 ^A		3/92 ^A	4/27 ^A		52/9 ^A

*اعدادی که با حروف مشترک نشان داده شده اند از نظر آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.



شکل 1- مقایسه آمار هواشناسی اراک در دوره آزمایش در سالهای 98-1397 و 99-1398

اثر تاریخ کاشت

نتایج مقایسه میانگین (جدول 5) نشان داد که ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت شهریور به طور معنی داری بیشتر از تاریخ کاشت مهر بود. حداکثر ارتفاع، از تیمار عصاره جلبک در تاریخ کشت اول (155/4 سانتی متر) و تیمار اسید آمینه در تاریخ کشت دوم (135/2 سانتی متر) به دست آمد. در هر تاریخ کاشت تفاوت آماری معنی داری بین اثر مواد محرک رشد بر ویژگی ارتفاع دیده نمی شود؛ بنابراین می توان گفت که کاربرد مواد محرک رشد روی ارتفاع کلزا تأثیری نداشته است. نتایج آزمایش راهنما (1389) در خوزستان با دو رقم کلزا نشان داد که تأخیر در کاشت کلزا سبب کاهش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد، درصد جوانه زنی، طول دوره گل دهی و رسیدگی، ارتفاع ساقه و افزایش معنی دار فاصله زمانی کاشت تا سبز شدن گردید. بین تاریخ کاشت با عملکرد و اجزای عملکرد کلزا همبستگی منفی و معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بخشنده و همکاران (1395) در تحقیقی در خوزستان عنوان نمودند که ارتفاع کلزا در شرایط بهینه دما

زمان مناسب کاشت کلزا در نواحی سردسیر از اهمیت زیادی در رشد و عملکرد مناسب این محصول برخوردار است. اکثر خسارت تنش سرمای پاییز و زمستان ناشی از تأخیر کاشت در زمان مناسب است. نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر تاریخ کشت بر ویژگی هایی نظیر ارتفاع، دانه در خورجین و غلظت نیتروژن در سطح یک درصد معنی دار بود. تاریخ کاشت تأثیر بسیار زیادی بر صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد ارقام کلزا دارد. تغییر در تاریخ کاشت کلزا باعث می شود که مراحل نمو گیاه با عوامل محیطی متفاوتی مواجه شود که این عوامل بر تولید این گیاه موثر است. تأخیر در کاشت، به دلیل افزایش دما در مرحله گرده افشانی، موجب عقیمی گلچه ها شده و بر تلقیح اثر می گذارد و فرآیند گلدهی در اثر دمای زیاد، تسریع و کوتاه شده و در نهایت منجر به افت عملکرد می شود (احتشامی و همکاران، 1391).

از 133/5 سانتی‌متر به 96 سانتی‌متر در شرایط تأخیر در کاشت کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول 5) نشان داد که حداکثر تعداد دانه درخورجین در تاریخ کاشت شهریور بیشتر از تاریخ کاشت مهر بود. حداکثر تعداد از تیمار عصاره جلبک در دو تاریخ کشت به دست آمد. در دو تاریخ کشت بین تیمارها تفاوت معنی‌دار دیده نشد. حداقل تعداد دانه در خورجین در هر دو تاریخ کشت مربوط به تیمار شاهد بود. احتشامی و همکاران (1391) در مطالعه 5 رقم کلزا در تهران عنوان کردند تاریخ کاشت بر صفاتی چون تعداد خورجین در ساقه اصلی، عملکرد دانه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن، عملکرد روغن اثر معنی‌داری داشت.

تجزیه واریانس نتایج درصد نیتروژن نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین دو تاریخ کاشت وجود دارد. در تاریخ کاشت دوم، غلظت نیتروژن کمتری نسبت به تاریخ کاشت اول در هر تیمار مشاهده شد. حداکثر غلظت نیتروژن از تیمار اسید آمینه در تاریخ کاشت اول (4/7 درصد) به دست آمد. شوبرت و منگل (1389) عنوان نمودند که جذب اسیدهای آمینه یک مکانیسم بازیابی مناسب برای جذب اسیدهای آمینه ترشح یافته به ریزوسفر می‌باشد. این ویژگی‌ها تحت تأثیر تاریخ کاشت، با تغییرات عملکرد دانه در ارتباط می‌باشند به طوری که مقایسه میانگین نتایج عملکرد دانه (جدول 5) نشان داد که اثر تاریخ کاشت در سطح 5 درصد معنی‌دار است. میانگین عملکرد در تاریخ کاشت شهریور 3458 کیلوگرم و در تاریخ کاشت مهر 3048 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در حدود 13/5 درصد کاهش نشان می‌دهد. نتایج احتشامی و همکاران (1391) نشان داد که با تأخیر در کاشت، کلیه صفات به‌جز تعداد دانه در خورجین به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. آنان مناسب‌ترین رقم و تاریخ کاشت درکشت پاییزه کلزا در منطقه ورامین را به ترتیب رقم RGS003 و 20 شهریور گزارش نمودند. مطالعات

روبرتسون و همکاران (2004) کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت تأخیری را به کاهش در زیست‌توده در زمان رسیدگی مرتبط کرد. آن‌ها بیان داشتند که تأخیر در کاشت کلزا موجب می‌شود تا مراحل حساس گلدهی و پر شدن دانه با خشکی و گرمای آخر فصل برخورد کند و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یابد. واکنش عملکرد کلزا به تاریخ کاشت در غرب استرالیا، نشان داد در هر هفته تأخیر در کاشت منجر به کاهش 1 تا 7 درصدی عملکرد به علت محدود شدن دوره رشد در اثر برخورد با گرمای آخر فصل شد (مندهام و همکاران، 1990). وایت فیلد (1992) عنوان نمود که تأخیر کاشت کلزا با بالا رفتن دما در مراحل پر شدن دانه، باعث می‌شود میزان تنفس غلاف‌ها به سرعت افزایش یابد و این موضوع سبب اتلاف بیش از حد مواد فتوسنتزی و کاهش عملکرد می‌شود.

اثر تاریخ کاشت و سال بر صفات وزن ماده خشک، تعداد خورجین در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. تاریخ کاشت بهینه سبب افزایش این ویژگی‌های رشد کلزا شده است که با نتایج تحقیق رهنما (1389) مطابقت دارد. نتایج (جدول 5) نشان داد که مقدار این ویژگی‌ها در تاریخ کاشت شهریور نسبت به مهر از افزایش برخوردار است اگرچه آزمون دانکن معنی‌داری این افزایش را تأیید نمی‌کند. از بین ویژگی‌های مورد مطالعه فاکتورهای آزمایش بر وزن هزار دانه تأثیری نداشتند.

اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر محرک‌های رشد بر عملکرد دانه، غلظت فسفر و تعداد دانه در خورجین در سطح پنج درصد و سطح برگ و غلظت پتاسیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول 5) بر عملکرد دانه نشان داد که حداکثر عملکرد دانه از تیمار ترکیبی با 4196/0 کیلوگرم در هکتار در تاریخ کشت شهریور به دست آمد. حداقل عملکرد مربوط به تیمار شاهد در تاریخ کشت مهر بود. در تاریخ کشت مهر تیمار

اشاره نمود که به نوبه خود سبب کاهش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر می گردند. خصوصیات ساختمانی ویژه این مواد به آن‌ها این اجازه را می‌دهد که بتوانند یونهای فلزی را کلات کنند و در تغذیه گیاه مؤثر باشند (بربارا و گارسیا، 2014). علاوه بر جذب کاتیونها از مسیر قطبی از مسیر غیرقطبی نیز جذب شود و جذب کل افزایش پیدا می‌کند. افزایش جذب در مورد عناصر پرمصرف (نیترژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و هم در مورد عناصر کم مصرف (آهن، منگنز و روی) توسط زوداپ و همکاران (2011) گزارش گردید.

تعداد دانه در خورجین که از صفات مؤثر بر عملکرد کلزا می باشد بر اثر مصرف محرک‌های رشد، افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین تأثیر محرک‌های رشد بر تعداد دانه در خورجین نشان داد که حداکثر تعداد، از تیمار عصاره جلبک به دست آمد. حداقل تعداد دانه در خورجین در هر دو تاریخ کشت مربوط به تیمار شاهد بود. تیمار عصاره جلبک دریایی، ویژگی تعداد دانه در خورجین را حدود 19 درصد نسبت به شاهد در شرایط تاریخ کاشت دوم افزایش داد. به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت مناسب، مصادف شدن گلدهی و نمو خورجین‌ها با شرایط محیطی مناسب از قبیل درجه حرارت و رطوبت، از یک سو و کارایی بهتر عناصر غذایی تحت تأثیر ترکیبات پلی آنیونی موجود در جلبک‌ها سبب می‌گردد تا تعداد گلچه بیشتری تبدیل به خورجین شوند. (گونزالس و همکاران، 2013). براساس این نتایج می‌توان گفت که کاربرد محرک‌های رشد گیاهی برای افزایش باز توانی گیاه بر اثر تنش‌های محیطی ناشی از زمان کاشت یا پدید آمدن شرایط خاص، می‌تواند مؤثر باشد.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر محرک‌های رشد بر سطح برگ نشان داد که حداکثر، در تاریخ کشت شهریور از تیمار اسید آمینه به دست آمد. این تیمار با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشته اما با سایر محرک‌های رشد تفاوت معنی‌داری ندارد؛ بنابراین در هر دو تاریخ کاشت، کاربرد محرک‌های رشد در افزایش سطح برگ مؤثر بوده است.

عصاره جلبک دریایی حداکثر بود. در دو تاریخ کشت، سایر تیمارهای محرک رشد با تیمار حداکثر تفاوت معنی‌دار نداشتند که می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که کاربرد آنان دارای اثری مشابه و مؤثر بر روی عملکرد می‌باشد اما میانگین عملکرد دانه شهریور و مهر (جدول 5) تحت تأثیر مصرف عصاره جلبک دریایی مؤثرتر از سایر مواد محرک رشد بود. کشاورز (1389) عنوان نمود که کاربرد مواد محرک رشد در گیاه کلزا سبب افزایش عملکرد دانه گردید. ایشان چنین خوردگی و ضخامت بیشتر پهنای برگ و قطر بیشتر دستجات آوندی ریشه را سبب جذب بیشتر عناصر غذایی و افزایش راندمان فیزیولوژیکی گیاه دانست. نتایج آرتیزاک و گزدوسکی (2021) نشان‌دهنده تأثیر مثبت محرک‌های رشد بر عملکرد دانه کلزا حدود 8 درصد و بر عملکرد روغن حدود 10 درصد نسبت به تیمار شاهد بود. هکمن (1994) عنوان نمود محرک‌های رشد که معمولاً همراه با کودهای رایج به گیاه داده می‌شوند با تأثیر مثبت بر متابولیسم گیاه کارایی مصرف کود را افزایش و منجر به افزایش عملکرد می‌گردند. ترکیبات هوموسی، عصاره‌های جلبک و ترکیبات اسید آمینه، دارای هورمون‌های رشد گیاهی از جمله اکسین و جیبرلین بوده و فیزیولوژی گیاه را با مقادیر کم بهبود می‌بخشند. این فرآیندهای فیزیولوژیکی از طریق تحت تأثیر قرار دادن مسیرهای گلیکولیز و تنفس و تأثیر مستقیم در بیان ژنها و انتقال می‌باشد (بولغاری و همکاران، 2015). مصطفی (2015) تأثیر مواد محرک رشد را از طریق تغییر الگوی جذب عناصر غذایی دانست.

مقایسه میانگین نتایج درصد فسفر نشان داد که غلظت حداکثر غلظت فسفر در کشت اول از تیمار اسید آمینه به دست آمد. غلظت فسفر گرچه تحت تأثیر مواد مختلف محرک رشد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود اما تأثیر این مواد در جذب فسفر مثبت ارزیابی گردید. از دلایل این موضوع می‌توان به کاهش ویژگی‌های رشد گیاهان نظیر ارتفاع و سطح برگ و ریشه در تاریخ کاشت دوم

اسمزی از جمله شوری، خشکی و یخبندان می‌گردد (غیبی، 1397).

نتایج اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر میانگین غلظت پتاسیم نشان داد که تاریخ کاشت شهریور همراه با استفاده از مواد محرک رشد سبب افزایش مقدار پتاسیم گیاه گردید. رشد و استقرار بهتر ریشه و پنجه‌زنی بهتر از دلایل جذب بهتر عناصر غذایی از جمله پتاسیم می‌باشد (حیندو و همکاران، 2012). نتایج تحقیق پارادو و همکاران (2008) نشان دهنده اثرات ترکیبی کاربرد این مواد بوده و در آن‌ها به بهبود عملکرد و جذب عناصر غذایی اشاره شده است. این اثرات در گیاه گوجه‌فرنگی به صورت افزایش ارتفاع، سطح برگ، تعداد گله‌ها، تعداد میوه‌ها در هر گیاه، افزایش عملکرد میوه (تعداد یا وزن میوه) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

از نظر زمان کاشت، هفته آخر شهریور برای کاشت کلزا مناسب‌تر از مهرماه بود. تأخیر در کاشت، به دلیل از دست رفتن زمان مناسب برای رشد، باعث می‌شود گیاه به پتانسیل عملکرد نرسد. کاربرد مواد محرک رشد گیاهی تأثیر مثبتی در بالا بردن میزان عملکرد و افزایش ویژگی‌های رشد نظیر تعداد دانه در خورجین، سطح برگ، غلظت عناصر فسفر و پتاسیم گیاه کلزا داشت. بر اساس یافته‌های آزمایش، مصرف خاکی 5 کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در مراحل جوانه‌زنی و شش برگی و همچنین بذر مال و محلول‌پاشی ترکیبی با استفاده از مواد محرک رشد شامل اسید آمینه، فولویک اسید، عصاره جلبک دریایی در مراحل شش برگی و خروج از رزت با غلظت 5 در هزار در شرایط مشابه این تحقیق قابل توصیه است.

این موضوع در کاشت دیر هنگام به افزایش فتوسنتز و توان گیاه منجر می‌شود.

مقایسه میانگین نتایج درصد پتاسیم نشان داد که غلظت حداکثر غلظت این عنصر در دو تاریخ کاشت از تیمار اسید هیومیک به دست آمد. به‌طور کلی غلظت پتاسیم در تیمارهای محرک رشد بالاتر از شاهد بود. هیومیک اسید در بهبود شرایط ریزوسفر از نظر اسیدیته و تشکیل کلات‌های آلی و جذب بهتر پتاسیم تأثیر گذار بوده است (هالپرن و همکاران، 2015). بر اساس جمع بندی نتایج حاصل از کاربرد مواد هیومیکی در گیاهان از طریق روش آماری متا آنالیز تصادفی، افزایش 55 ± 2 درصد در رشد اندام هوایی و افزایش 6 ± 50 درصد در رشد ریشه گیاهان، مشاهده گردید (رز و همکاران، 2014). تأثیر مثبت محرک‌های رشد را می‌توان به بهبود وضعیت رشد گیاه مرتبط دانست.

اثر متقابل تاریخ کاشت و مواد محرک رشد گیاهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) نشان داد که اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر سطح برگ و غلظت پتاسیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج (جدول 5) نشان داد که تاریخ کاشت دیر هنگام سبب کاهش سطح برگ شد اما کاربرد مواد محرک رشد سبب افزایش این ویژگی گردیده است. در مواقع کاشت دیر هنگام و افزایش احتمال تنش سرما کاربرد این مواد سبب افزایش متابولیت‌های گیاهی می‌شود. ماده سازی بیشتر برافزایش سطح برگ تأثیر مثبت دارد. مواد محرک رشد با بیان ژنهای انتقال‌دهنده مواد، موجب تسریع جذب مواد غذایی و افزایش غلظت شیره سلولی می‌گردد و از طرفی جذب مواد فولویکی در سیتوپلاسم موجب ایجاد فشار اسمزی لازم جهت مقابله با تنش‌های

فهرست منابع:

1. احتشامی، م.ر.،، تهران عارف، آ. و صمدی، ب. 1391. تأثیر تاریخ کاشت بر فیزیولوژی عملکرد ارقام مختلف کلزا در منطقه ورامین. فرآیند و کارکرد گیاهی. 1: 71-87.
2. احمدی، ک.،، عبادزاده، ح.،، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.،، اسفندیاری پور، ا.،، طاقانی، ر. 1400. آمار نامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. وزارت جهاد کشاورزی.
3. امام، ی. و م. نیک نژاد. 1383. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. چاپ دوم، ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
4. بخشنده، م.، حمدی شنگری، ع.،، قرینه، م.ح. و فتحی، ق. 1395. بررسی اثر تأخیر در کاشت و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه، صفات مورفولوژیک و شاخص کلروفیل گیاه کلزا (*Brassica napus. L*) در شرایط آب و هوایی اهواز. علوم به زراعی گیاهی. 6: 69-75.
5. علیزاده، ب.، یزداندوست همدانی، م. و کریم خانی، ع. 1394. بررسی پایداری عملکرد لاین های کلزای مناسب مناطق سرد و معتدل سرد ایران. گزارش پژوهشی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
6. دهشیری، ع. 1378. زراعت کلزا. دفتر تولید برنامه‌های ترویجی و انتشارات فنی. معاونت ترویج. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی.
7. راهنما، ا. 1389. تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا در منطقه خوزستان. بوم‌شناسی گیاهان زراعی. 6: 22-13.
8. طهرانی م. م. 1394. مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش سرما. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
9. غفاری نژاد، ع.،، ف. نورقلی پور و م.ن. غیبی. 1399. محرک‌های رشد گیاهی، نقش آن‌ها در فیزیولوژی گیاه، جذب عناصر غذایی و مقابله با تنش‌های محیطی. نشریه مدیریت اراضی. 8: 68-47.
10. غیبی، م. ن. 1397. اصول کاربردی تغذیه گیاه. نشر توانگران. تهران، ایران. 65 ص.
11. کشاورز، ح. 1389. پاسخ فیزیولوژیک و آناتومیک دو رقم کلزا (حساس و مقاوم به سرما) به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، فیزیولوژی گیاهی، تهران، ایران.
12. مشیری، ف. و همکاران. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
13. نورقلی پور، ف. و ح. رضایی، ک. میرزاشاهی، م. ن. غیبی، ح. حقیقت نیا، م. ر. رمضان پور، م. ح. ارزانش، ه. اسدی رحمانی، م. ه. میرزاپور، ص. زمانی، ر. محمدی کیا و م. م. طهرانی. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
14. Aminifard, M. H., H. Aroiee, H. Nemati, M. Azizi, and H. Z. E. Jaafar. 2012. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*. 68: 13179-13185.
15. Artyszak, A., D. Gozdowski. 2021. Application of Growth Activators and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria as a Method of Introducing a “Farm to Fork” Strategy in Crop Management of Winter Oilseed. *Sustainability*, 13, 3562. <https://doi.org/10.3390/su13063562>
16. Bates, LS. Walderen, RD and Taere, ID. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.

17. Beckett, R.P. and J.V. Staden. 1990. The effect of seaweed concentrate on the yield of nutrient stressed wheat. *Botanica Marina*, 33:147-152.
18. Berbara, R.L.L., and A.C. García. 2014. Humic substances and plant defense metabolism. pp 297–319. In: P. Ahmad, and M.R. Wani (eds) *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment: volume 1*. Springer Science + Business Media, New York.
19. Blunden G., A.L. Cripps, S.M. Gordon, T.G. Mason, and C.H. Turner. 1986. The characterisation and quantitative estimation of betaines in commercial seaweed extracts. *Bot. Mar.* 29: 155-160
20. Burbulis, N., Kuprienė, R. and Blinstrubienė, A., 2008. Investigation of cold resistance of winter rapeseed in vitro. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 27: 223-232.
21. Bulgari, R., G. Cocetta, A. Trivellini, P. Vernieri, and A. Ferrante. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agri. & Horti.* 31: 1-17.
22. Cerdána, M., A. Sánchez-Sánchez, M. Oliver, M. Juárez, and J. Sánchez- Andreu. 2009. Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. *Acta Hort.* 830: 481-488.
23. Chen, L., Zhong, H., Ren, F., Guo, QQ., Hu, XP and Li, XB. 2011. A novel cold-regulated gene, COR25, of *Brassica napus* is involved in plant response and tolerance to cold stress. *Plant Cell Rep.* 30: 463-4.
24. Chinnusamy, V., Zhu, J and Zhu, JK. 2007. Cold stress regulation of gene expression in plants. *Plant Sci.* 12: 441-451.
25. Crouch I.J., R.P. Beckett and J. van Staden. 1990. Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Appl. Phycol.* 2: 269-272.
26. Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Horti.* 196:3-14.
27. Fahimirad, S., Karimzadeh, G. and Ghanati, F., 2013. Cold-induced changes of antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Plant Physio.& Breed.* 3: 1-11.
28. Fernandez G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In 'Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress', pp. 257-270.
29. Fischer R, and R. Maurer .1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Crop and Past. Sci.* 29: 897-912.
30. Gaveliene, V., L. Pakalniškytė., L. Novickienė. 2012. Impact of auxin physiological analogues as biostimulators on rapeseed (*Brassica napus* L.) cold hardening and productivity. Book of abstracts. 9th International Conference. Plant functioning under environmental stress September 12-15, 2012 Cracow Poland.
31. Gavelienė, V., Pakalniškytė, L. and Novickienė, L., 2014. Regulation of proline and ethylene levels in rape seedlings for freezing tolerance. *Open Life Sciences*, 9(11), pp.1099-1107.
32. Gaveliene, V., L. Pakalniskyte, L. Novickiene. 2015. Impact of regulators with amino acids for winter plants freezing tolerance. *Acta Physiol. Plant.* 38:17
33. González A., J. Castro, J. Vera, A. Moenne. 2013. Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. *Journal of Plant Growth Regulations.* 32:443–448.
34. Halpern, M., A. Bar-Tal, M. Ofek, D. Minz, T. Muller, U. Yermiyahu. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. pp. 141–174, Vol. 129. In: D.L. Sparks, (Ed.), *Advances in Agronomy*.
35. Hayat, S., Q. Hayat, M.N. Alyemeni, A.S. Wani, J. Pichtel, and A. Ahmad. 2012. Role of proline under changing environments: a review. *Plant Signal. & Behav.* 7:1456-1466.

36. Heckman, J. R. 1994. Effect of an organic bio-stimulant on cabbage yield. *J Home Consum Hort.*1:11–113.
37. Jindo, K., S.A. Martim, E.C. Navarro, N.O. Aguiar, and L.P. Canellas. 2012. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant and Soil* 353:209–220.
38. Khan A.S., B. Ahmad, M.J. Jiskani, R. Ahmad, and A.U. Malik. 2012. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. *Inter. J. Agr. Biol.* 14: 383-388.
39. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regu.* 28: 386-399.
40. Leslaw B. Lahuta, Monika Ciak, Joanna Szablińska .2015. Metabolite profiling of pea seedlings under cold stress. *Acta Physiol Plant.*38:17
41. Markowska-Kozak E.1, Dziurka M.2, Kostecka-Guga. 2012. The effect of cold hardening of winter rape on activity of antioxidative system. Book of abstracts. 9th International Conference. Plant functioning under environmental stress. September 12-15, 2012 Cracow Poland.
42. Mendham, N.J., Russel, J. and Yarosz, N.K. 1990. Response to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oil seed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agriculture Science Cambriges*, 114: 274-285.
43. Mostafa G.G. 2015. Improving the growth of fennel plant grown under salinity stress using some biostimulants. *Am. J. Plant Physiol.* 10: 77-83.
44. Parrado, J., J. Bautista, E.F. Romero, A.M. García-Martínez, V. Friaiza, and M. Tejada. 2008. Production of a carob enzymatic extract: potential use as a biofertilizer. *Biores. Tech.*99: 2312-2318.
45. Robertson, M.J., J.F. Holand, and R.Bambach .2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. *Aust. Exp. J. of Agric.* 44: 43-52.
46. Rose, M.T., A.F. Patti, K.R. Little, A.L. Brown, W.R. Jackson, and T.R. Cavagnaro. 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. Vol. 124, pp. 37–89. In: D.S. Sparks, (Ed.), *Advances in Agronomy*.
47. Rosielle A, Hamblin J .1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21: 943-946.
48. Schubert S. and K. Mengel. 1989. Important factors in nutrient availability: root morphology and physiology. *Z. Pflanzenern_hr.Bodenkd.* 152: 169-174.
49. Terenzio, D.2015. Humofolates: New Highly Eco-Sustainable Polivalent Biostimulants for Agriculture. The 2nd World Congress on the use of Biostimulants in Agriculture. Monday 16th - Thursday 19th November, Florence Convention Centre, Italy.
50. Valadiani, AR and Tajbakhsh, M. 2007. Comparison of phenological stages and adaptability of 25 advanced rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties in autumnal cultivation in Urmia-west Azerbaijan Province, Iran. *J. . Sci. and Tech. of Agri. and Natu. Res.* 11:329-343.
51. Von sottner, B. 2012. Preventing frost damage: potassium will help. www.kali-gmbh.com
52. Whit field, D.M. 1992. Effect of temperature and ageing on CO₂ exchange of pods of oil seed rape. *Field Crop Research*, 28(4):35-42.
53. Wilson S. 2001. Frost management in cool climate vineyards. In: University of Tasmania Research Report UT 99/1, Grape and Wine Res. & Develop. Corporation.
54. Xudan, X. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 37:343–350.

55. Yuanyuan, M., Z. Yali, L. Jiang, and S.H. Hongbo. 2009. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. *Afri. J. of Biotech.* 8: 2004-2010.
56. Zhang X. and E.H. Ervin. 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Sci.* 48: 364-370.
57. Zodape, S.T., A. Gupta, S. C. Bhandari. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Sci. Ind. Res.* 70:215–219.

Effect of Plant Growth Stimulants on Yield and Yield Components of Canola

M. A. Khodshenas¹, J. Ghadbeiklou, and F. Nourgholipour

Scientific Member, Soil and Water Department, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Markazi Province, AREEO, Arak, Iran; E-mail: khodshenasm@gmail.com
Scientific Member, Soil and Water Department, AREEO, Arak, Iran; E-mail: ghadbykloo@gmail.com
Scientific Member, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: nourfg@yahoo.com

Received: May, 2022 , and Accepted: August, 2022

Abstract

Stresses reduce plant yield and production. Growth stimulants can help increase plant yield and resistance to abiotic stresses. For this purpose, the effect of several types of plant growth stimulants on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus L.*) was studied. The experimental design was split-factorial arrangement in randomized complete block design with three replicates. The study was conducted during 2019-21 in Arak Agricultural Research Station. The main variable was planting date (September and October) and the subplots were growth stimulant treatments including amino acid, fulvic acid, seaweed extract, humic acid, their composition, and the control treatment. The results showed that the effect of growth stimulants was significant on grain yield, phosphorus concentration, number of seeds per pod, leaf area, and potassium concentration. Experimental findings showed that the use of growth stimulants in the form of seed coating and foliar spraying at the six-leaf stage and the end of the rosette can be recommended in conditions similar to this study. Soil application of humic acid was effective in germination and six-leaf stages. September planting date was more appropriate than October. Application of growth stimulants on seed yield had a positive and similar effect in September planting, but was more effective in October planting when the plants were exposed to cold stress.

Keywords: Rapeseed nutrition, Humic acid, Seaweed extract, Amino acid, Fulvic acid

¹ Corresponding author: Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, Arak, Iran.