اثر برخی مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در خاک آهکی شور

محمدهادی میرزاپور[1] و فریدون نورقلی‌پور

استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ **mhmirzap@yahoo.com**

استادیار، بخش حاصلخیزی و تغذیه گیاه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ **nourfg@yahoo.com**

ص: **163-176**

دریافت: **1400/10/20** و پذیرش: **1401/6/6**

چکیده

هدف از اجرای این پژوهش، استفاده از برخی محرک‌های رشد گیاهی در بهبود عملکرد کلزا در خاک‌هایآهکی و شور بود. بنابراین، آزمایشی در بخش قمرود استان قم و طی دو سال زراعی 99-1397 در خاکی‌هایی با شوری‌های حدود 13 و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در سال اول و دوم و شوری آب حدود 8-7/5 دسی‌زیمنس بر متر اجرا شد. پژوهش حاضر در شرایط مزرعه‌ای با خاک یکنواخت و مسطح، در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. بذرکلزا رقم هایولا-50 به روش دستی کشت شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: 1) شاهد (مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک)، 2) مصرف خاکی اسید هیومیک (تیمار اول+ مصرف خاکی 5 کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار)، 3) محلول‌پاشی اسید آمینه (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت 5 گرم در هزار)، 4) محلول‌پاشی اسید هیومیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت 5 گرم در هزار)، 5) محلول‌پاشی اسید فولویک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت 5 در هزار)، 6) محلول‌پاشی عصاره جلبک دریائی (تیمار اول+ محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت 5 گرم در هزار) و 7) تیمار ترکیبی (شامل تیمار اول+تیمارهای 2، 3، 4، 5 و 6). محلول‌پاشی بر اساس مقیاس زادوکس در کلزا در دو مرحله 57 (خروج از روزت) و59 (قبل از گلدهی) صورت گرفت. نتایج دو سالانه نشان داد که تیمار ترکیبی محرک‌های رشد، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و روغن و نیز برخی ویژگی‌های زراعی کلزا داشت. بالاترین عملکرد دانه و کاه، از تیمار ترکیبی مواد محرک رشد به‌ترتیب با میانگین 4565 و 1066 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین، بالاترین مقدار میانگین غلظت پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس به ترتیب در تیمار 7، 1، 7، 7، 3، 4، 1 و 6 حاصل شد. به‌علاوه، بیشترین مقدار جذب پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن در تیمار 7 و روی و مس در تیمار 6 و در خصوص مس، در تیمار 1 مشاهده شد. براساس نتایج دوسالانه آزمایش حاضر، مصرف ترکیبی محرک‌های رشدی، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا در شرایط شور، نسبت به شاهد (عدم مصرف محرک رشد) داشت که نشان دهنده‌ی تاثیر این مواد بر افزایش تحمل کلزا در شرایط شور بود.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، اسید فولویک، اسید آمینه، عصاره جلبک دریایی، شوری

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم

مقدمه

کلزا (*Brasica napus* L.)، یکی از محصولات روغنی مهم دنیا پس از سویا است که کیفیت روغن آن بسیار مناسب می‌باشد (سازمان توسعه همکاری های اقتصادی[1]-سازمان خواربار جهانی، 2019). حدود 41 درصد روغن تولید شده در ایران از کلزا استحصال می‌شود (بای بوردی، 2010). در حال حاضر، سطحی معادل 350 هزار هکتار از اراضی آبی و دیم کشور، زیر کشت کلزا می‌باشد (بدون نام، 1399). از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده کلزا می‌توان به کانادا، چین و هندوستان اشاره نمود که بیش از 65 درصد کلزای جهان را تولید می‌کنند. اکنون، بیش از 90 درصد روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود و این در حالی است‌که سیاست وزارت جهاد کشاورزی، توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی (از جمله کلزا) به‌منظور کاهش واردات روغن می‌باشد (بای بوردی، 2010).

در بین گروه وسیعی از تنش‌های محیطی، تنش شوری ازجمله مواردی است که باعث کاهش مقدار تولید و کیفیت محصول بخصوص در اراضی خشک و نیمه‌خشک می‌گردد (بنده‌حق و همکاران، 2021). برآورد شده که حدود 800 میلیون هکتار از اراضی زراعی در دنیا، زیر تأثیر این تنش است که سطح آن در کشور حدود 7 میلیون هکتار می‌باشد (دهقانی و سعادت، 1397). محرک رشد گیاه، هر ماده یا ریز جانداری است که به‌منظور افزایش بازده تغذیه، تحمل به تنش غیر زیستی و یا کیفیت محصول، صرف‌نظر از محتوای عناصر غذایی آن، در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (دو ژاردین و همکاران، 2015). ازجمله این مواد می‌توان به اسیدهای آمینه، هیومیک، فولویک و عصاره جلبک دریایی اشاره نمود (غفاری‌نژاد و همکاران، 1399). کاربرد محرک‌های زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و غیرزیستی (اسیدهای آمینه و اسیدهای آلی) به‌صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، یکی از راهبردهای تغذیه تلفیقی گیاه برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید آنها در سامانه‌ی کشاورزی پایدار در شرایط شور می‌باشد (کالوو و همکاران، 2014؛ براون و سا، 2015).

طهرانی (1394) زمان مناسب استفاده از اسید آمینه به‌عنوان مواد محرک رشد گیاهی برای گندم، محلول‌پاشی در شروع زمان پنجه‌زنی و مرحله تکمیل آن اعلام نموده است. این محقق، پیروی از اصول صحیح تغذیه گندم و استفاده از کودهای حاوی عناصر غذایی، مواد آلی و محرک‌های رشد گیاهی را در کاهش تنش‌ها از جمله سرمازدگی مؤثر می‌داند. همچنین، کاربرد این مواد در دوره کوتاهی قبل از بروز تنش سرما، تأثیر کمتری بر مقاومت گیاه داشته ولی مصرف این مواد پس از وقوع تنش، برای کاهش عوارض سرمازدگی مؤثرتر می‌باشد.

بررسی مصرف اسید هیومیک در لوبیا نشان داد در بالاترین غلظت نمک (120 میلی‌مولار)، همه گیاهان خشک شدند ولی با کاربرد 0/05 و 0/1 درصد (وزنی/وزنی) از اسید هیومیک گیاهان زنده ماندند. در این آزمایش، کاربرد 0/1 درصد (وزنی/وزنی) از اسید هیومیک، باعث کاهش هدایت الکتریکی خاک به میزان چهار درصد نسبت به عدم مصرف اسید هیومیک گردید که این امر به تشکیل کمپلکس‌های هیومیک با کاتیون‌ها و شستشو و خارج شدن آنها از ناحیه ریشه ارتباط داده شد (کالوو و همکاران، 2014). این موضوع در ذرت در شرایط شور نیز مشاهده شد (محمد، 2012). کاربرد خاکی اسید هیومیک در نهال‌های پسته و در کلیه سطوح شوری، باعث کاهش معنی‌دار غلظت اسید آبسیزیک در برگ های پسته در مقایسه با گیاهان بدون مصرف اسید هیومیک شد (مقدم و سلیمانی، 2012). شاه و همکاران (2017) اثر محرک‌های زیستی اسید هیومیک و فسفیت را بر بنیهٔ[2] گیاه، بروز بیماری و عملکرد دانه گندم و کلزای زمستانه مورد مطالعه قرار دادند. این محققان، افزایش تحمل در

[1] Organisation for Economic Co-operation Development (OECD/FAO)

[2] Vigor

برابر بیماری‌های برگی، بهبود عملکرد و کارایی مصرف عناصر غذایی و کاهش وابستگی به کودها و سایر نهاده‌ها را گزارش کردند. در پژوهشی دیگر، مصرف توأمان خاکی و محلول‌پاشی هیومات پتاسیم و اسید سالیسیلیک به‌همراه باکتری‌های آزادزی تثبیت کنندهٔ نیتروژن و حل کنندهٔ فسفر خاک، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، روغن و پروتئین کلزا و نیز، افزایش جذب عناصر غذایی اصلی و کم مصرف در شرایط شور شد (عامر و الرمادی، 2015). استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) سبب افزایش تحمل به تنش‌های خشکی، شوری و دمایی می‌شود (کارایجی، 2011).

مکانیسم تأثیر عصاره جلبک دریایی در مقاومت به تنش‌ها، هنوز شناخته‌نشده است؛ اما حضور مولکول‌های فعال زیستی مانند بتائین و سیتوکینین در این عصاره‌ها ممکن است در این زمینه، نقش داشته باشد. این عصاره‌ها غلظت مولکول‌های مرتبط با تنش مانند سیتوکینین، پرولین، آنتی اکسیدانت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گیاه افزایش می‌دهند. سیتوکینین اثر منفی رادیکال‌های آزاد را به دو روش خنثی می‌کند: از بین بردن مستقیم رادیکال‌ها و یا جلوگیری از تشکیل آن‌ها با ممانعت از اکسید شدن زانتین (فَن و همکاران، 2013). از سوی دیگر، بررسی غلظت هورمون‌های گیاهی در 12 عصاره مختلف جلبک دریایی از منابع مختلف نشان داد که غلظت هورمون‌های گیاهی در این عصاره‌ها برای تأثیر بر گیاه پایین‌تر از حد اثرگذاری بر گیاه است (وَلی و همکاران، 2013). در مطالعه‌ای دیگر، کاربرد عصارهٔ جلبک دریایی (*Ecklonia maxima*) و گوگرد عنصری در کلزا باعث افزایش جذب نیتروژن به ترتیب به میزان 16 و 13 درصد نسبت به شاهد شد (زیومِک و سزپانک، 2019). در این تحقیق، عصاره جلبک، تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در مرحلهٔ رشد و تکامل دانه‌ها داشته ولی در مرحلهٔ گل‌دهی، تأثیری منفی بر فعالیت آنزیم نیترورِداکتاز داشته است.

بر اساس گزارش پژوهشگران، مصرف اسید هیومیک در ذرت و سویا در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز در این گیاهان گردید؛ این آنزیم‌ها، نقش مهمی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد در غشاء سلول‌های ریشه دارند (واسن‌سلوز و همکاران، 2009). در آزمایش دیگری مشاهده شد کاربرد ماده محرک رشد حاوی اسید آمینه‌ی پرولین و گلوتامین کلات شده با عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش تحمل به تنش در گوجه‌فرنگی شد. این پژوهش‌گران بیان کردند که این افزایش تحمل، احتمالاً به دلیل افزایش کارایی مصرف آب باشد. اندازه‌گیری پرولین در این تیمار نیز نشان داد که با کاربرد این ماده‌ی محرک رشد، خسارت کمتری از طریق خشکی بر گیاه وارد شده است (سیمون‌گرا و همکاران، 2016). نتایج مثبت مشابهی از مصرف محرک‌های رشد طبیعی توسط سایر محققان ارائه شده است (خان و همکاران، 2009؛ پارادیکوویچ و همکاران، 2011؛ ارتانی و همکاران، 2013).

غالب پژوهش‌های انجام شده در خصوص کاربرد محرک‌های رشدی در شرایط معمولی و تنش خشکی، انجام شده و اطلاعات اندکی درباره‌ی تأثیر این مواد در شرایط شوری بر کلزا موجود است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از برخی محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای آن در کلزا در شرایط شور آهکی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر برخی از مواد محرک رشدی بر رشد و عملکرد کلزا در شرایط شور آهکی، آزمایشی دوساله در بخش قمرود استان قم و طی دو سال زراعی 98-97 و 99-98 اجرا شد. آزمایش در سال اول و دوم به ترتیب در دو مزرعه با خاک یکنواخت و مسطح، با شوری حدود 13 و 10 دسی‌زیمنس بر متر و آب حدود 8-7/5 دسی‌زیمنس بر متر اجرا شد. این پژوهش

مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل: 1- شاهد (مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک) 2- مصرف خاکی اسید هیومیک در زمان کشت (تیمار اول+ مصرف خاکی 5 کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار) 3- محلول-پاشی اسید آمینه (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت 5 در هزار) 4- محلول‌پاشی اسید هیومیک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت 5 در هزار) 5- محلول‌پاشی اسید فولویک (تیمار اول+ محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت 5 در هزار) 6- محلول‌پاشی عصاره جلبک دریائی (تیمار اول+ محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت 5 در هزار) و 7- تیمار ترکیبی (شامل تیمار اول+تیمارهای 2، 3، 4، 5 و 6) بودند. محلول‌پاشی در دو مرحله 57 (خروج از روزت) و59 (قبل از گلدهی) بر اساس مقیاس زادوکس در کلزا صورت گرفت. مقدار نیتروژن توصیه شده در هر دو سال 200 کیلوگرم و فسفر در سال اول، 50 و در سال دوم، 75 کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، با توجه به مقدار پتاسیم قابل جذب خاک (بالاتر از حد بحرانی)، کود پتاسیمی مصرف نشد. تمامی کود فسفری از منبع سوپر فسفات تریپل پیش از کاشت و به‌صورت نواری بر اساس آزمون خاک استفاده شد. مصرف عناصر کم‌مصرف نیز با محلول‌پاشی در دو مرحله (یکی در خروج از روزت (مرحله‌ی57 بر اساس مقیاس زادوکس) و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول‌پاشی (مرحله ی59 بر اساس مقیاس زادوکس) انجام شد. کود اوره در سه مرحله شامل: آبیاری سوم، انتهای روزت و انتهای ساقه دهی استفاده شد. رقم کلزای هایولا-50 در کرت‌هایی به ابعاد 9×1/5 متر (13/5 مترمربع) با دستگاه بذرکار، در منطقه قمرود استان قم کاشته شد. این منطقه در 20 کیلومتری شمال شرق شهرستان قم واقع شده است. ارتفاع مزرعه های 1 و 2 از سطح دریا به ترتیب حدود 880 و 885 متر و مختصات جغرافیایی آنها در سال اول 507049 شرقی و 3840484 شمالی (39S) و در سال دوم 506097 شرقی و 3840833 (39S) با رده‌بندی فامیل خاک Fine- Loamy, Mixed, Thermic, Typic Haplocalcids (Soil Survey Staff, 2014) بود. نتایج تجزیه خاک و آب آبیاری قبل از انجام آزمایش در این منطقه در جدول‌های دو و سه، ارائه شده است. بخش قمرود، طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک است (کریمی، 1366). همچنین، بررسی داده‌های هواشناسی منطقه در دو سال آزمایش نشان دهنده‌ی پراکنش مناسب بارندگی بود (جدول 1).

جدول 1– برخی داده‌های هواشناسی بخش قمرود قم در سال اول و دوم اجرای پژوهش

ویژگی-اقلیمی	بیشینه رطوبت نسبی (درصد)		کمینه رطوبت نسبی (درصد)		میزان بارش (میلی‌متر)		بیشینه دما (درجه سلسیوس)		کمینه دما (درجه سلسیوس)		میانگین دمای روزانه (درجه سلسیوس)	
ماه	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
مهر	73/5	75/6	28/3	25/5	11/5	6/7	28/8	26/4	10/2	11/2	19/5	18/9
آبان	80	82/9	40/6	36/6	26/9	22/6	23/2	18/2	8/4	6/2	15/3	12/1
آذر	77/7	85/7	48/3	52/3	27	57/5	16	13/7	4/2	3/3	10/1	8/5
دی	83/8	82/3	44/3	55/5	18	59/4	10	9/6	-0/6	-0/3	4/7	4/6
بهمن	80/8	80/5	39/2	44/4	21	28/0	12/2	11/2	0	-0/1	6/1	5/6
اسفند	74/8	76/7	31/8	26/4	19	0/7	15/5	14/4	1	1/1	8/2	7/7
فروردین	81/6	87/9	32/4	58/6	21	104/0	22/2	22/4	5/5	6/0	13/8	14/0
اردیبهشت	75/5	73/3	23/6	20/5	15	10/3	29/9	27/7	9/4	8/3	19/6	18/1

جدول 2- نتایج آزمون خاک مزرعه در سال اول و دوم منطقه قمرود قم

سال	عمق	SP %	EC_e $dS.m^{-1}$	pH	T.N.V %	O.C %	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
							mg.kg^{-1}					
اول	0-	33	13/57	7/5	20/5	1	12	468	3	0/8	0/51	24
دوم	0-	32	10/11	7/3	22/5	1	10	600	2/76	0/75	0/54	15

جدول 3 - نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری (میلی اکی‌والان در لیتر) در سال اول و دوم منطقه قمرود قم

سال	EC $dS.m^{-1}$	pH	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	SAR
اول	7/5	7/6	-	2/1	51/7	23/2	17/4	9/3	50/2	0/10	13/7
دوم	7/7	7/5	-	2/2	52/7	23/2	18/1	9/3	51/2	0/10	13/8

در طول فصل رشد، مراقبت های زراعی لازم از جمله وجین علف های هرز، مبارزه با آفات و آبیاری زمین (بر اساس نیاز آبی منطقه) صورت گرفت. در زمان 50 درصد گلدهی (مرحله‌ی65 بر اساس مقیاس زادوکس) (جلیلی و همکاران، 1382)، به‌منظور بررسی میزان جذب عناصر غذایی، ده بوته از هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد و پس از توزین و شستشو، وزن خشک، غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز، کلسیم و نیز سدیم آن‌ها اندازه‌گیری گردید (امامی، 1375). آن‌گاه از حاصل‌ضرب غلظت عناصر فوق در وزن خشک اندام هوایی، میزان جذب هر کدام به‌دست آمد.

تعداد10 بوته در دو ردیف وسط داخل هر کرت برای اندازه‌گیری ارتفاع، تعداد خورجین در هر بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در شاخه اصلی و فرعی انتخاب شدند. برداشت هر کرت، از دو ردیف وسط کرت ها و با حذف حاشیه ها و نیم متر از بالا و پایین کرت ها انجام شده و سپس عملکرد کاه (شاخساره) و دانه در سطح برداشتی محاسبه و به هکتار تبدیل گردید.

درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه استخراج سوکسله و زیر سامانه‌ی برگشت (رفلاکس) و حلال هگزان، استحصال و مقدار روغن به شکل کاهش وزن نمونه محاسبه شد (هرلیچ، 1990).

برای اطمینان از غلظت ترکیبات مواد محرک رشد استفاده شده، این مواد مجدداً در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مورد تجزیه و بررسی قرار گرفتند (شهبازی و همکاران، 1397). بر این اساس، نمونه اسید هیومیک استفاده شده دارای 52/95 درصد اسید هیومیک، اسیدآمینه حاوی 36/79 درصد اسیدآمینه آزاد، اسید فولویک استفاده شده دارای 22/1 درصد اسید فولویک و عصاره جلبک (*Ascophyllum nodosum*) استفاده شده دارای 10 درصد اسید آلجینیک بود.

اسیدآمینه مصرفی در این آزمایش، حاصل تخمیر پودرکنجاله سویا در دستگاه فرمانتور و متاثر از آنزیم‌های شکننده پروتئین تولید می‌شود. اسیدآمینه مورد استفاده ازمحصولات شرکت پارس فروغ زاگرس بود نوع جلبک مورداستفاده اسکوفیلوم نودوزوم (*Ascophyllum nodosum*) مربوط به آب‌های سرد کانادا است. شرکت آکادین سی پلنت[1] این جلبک‌ها را برداشت و با روش‌های شیمیایی عصاره‌گیری می‌کند. سپس این عصاره، خشک و تجاری می‌شود. ماده اولیه‌ی اسید فولویک و اسید هیومیک، ازمعادن لئوناردیت استخراج می‌گردد. برای استحصال اسیدفولویک، عصاره اسیدهای هیومیک و فولویک را اسیدی تا هیومیک رسوب کند و مایع رویی را برداشت می‌کنند. اسیدفولویک و اسید هیومیک، محصول

1. Acadian Seaplant

شرکت بلک ارت کانادا[1] بود. داده‌های پژوهش، پس از مرتب و استاندارد سازی، با استفاده از نرم افزار SASمورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (SAS, 2009). و به این ترتیب اثرات تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، کاه، اجزای عملکرد، درصد روغن دانه و غلظت و جذب عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و نیز سدیم و کلسیم در برگ گیاه مورد بررسی قرار گرفته شد.

نتایج

عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی

بر اساس نتایج جدول تجزیه‌ی واریانس مرکب دوسالانه داده‌های آزمایش (جدول 4)، مصرف کلیه مواد محرک رشد، تأثیر معنی‌داری (در سطح 5 درصد آزمون دانکن) بر عملکرد دانه، کاه و ویژگی‌های، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه کلزا رقم هایولا-50 نسبت به شاهد داشتند. براین‌اساس، بالاترین عملکرد دانه و کاه از تیمار هفت (ترکیبی) به ترتیب 4565 و 1066 کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول 5). بر اساس جدول مقایسه میانگین‌های مرکب (جدول 5)، بالاترین مقادیر میانگین ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد خورجین در شاخه فرعی، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد روغن دانه در هکتار در تیمار هفت به دست آمد.

شوری به علت اختلال در جذب عناصر غذایی و کاهش جذب آب، باعث کاهش مقادیر مؤلفه‌های رشد، از جمله طول ریشه و اندام هوایی و نیز وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (نیمیر و همکاران، 2015؛ ابراهیم و همکاران، 2016). در تحقیق حاضر، مصرف خاکی اسید هیومیک به همراه محلول‌پاشی برخی محرک‌های رشدی، باعث افزایش مقادیر مؤلفه‌های فوق گردید. نتایج پژوهش حاضر با سایر گزارش‌ها هم‌خوانی دارد (کوردی‌یرو و همکاران، 2011؛ حیدری و مینایی، 2014). بررسی نتایج محققان نشان داده مصرف خاکی اسید هیومیک در شرایط شور، باعث افزایش محتوای پروتئین گیاه می‌شود.

به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، با مصرف اسید هیومیک، احتمالاً افزایش سنتز پروتئین، افزایش رشد و اجزای آن اتفاق افتاده باشد (فرناندز و همکاران، 2018).

در اثر شوری، محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این امر به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی آهن و منیزیم، اثر ممانعت یونی گونه‌ها، کاهش کارآیی جذب کربن، افزایش اتانول و لاکتات بوده که منجر به کاهش سنتز کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد (آکالدیوس و محمد، 2018؛ لطیف و محمد، 2016). در این شرایط، مصرف خاکی اسید هیومیک می‌تواند باعث کاهش pH و یا افزایش فعالیت ریز جانداران خاک شده و درنتیجه، رهاسازی عناصر غذایی همچون آهن، باعث تحریک افزایش تولید رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و بهبود رشد گیاه شود (آکالدیوس و محمد، 2018؛ لطیف و محمد، 2016؛ عامر و الرمادی، 2015). اگرچه، مطالعات لطیف و محمد (2016) نشان داده محلول‌پاشی اسید هیومیک قادر است فعالیت فتوسنتزی گیاه و آنزیم *Rubisco* را افزایش دهد و درنتیجه تحمل به شوری را در گیاه بالا ببرد، در تحقیق حاضر، محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌تنهایی، اثر معنی‌داری نسبت به شاهد (مصرف عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک) بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و دانه نداشت اما زمانی که در ترکیب با سایر مواد محرک رشد و مصرف خاکی اسید هیومیک قرار گرفت، عملکردهای فوق را افزایش معنی‌داری داد (جدول 5). احتمالاً، یکی از دلایل عدم کارآیی محلول-پاشی اسید هیومیک و سایر محرک‌های مورداستفاده در تحقیق حاضر، غلظت و یا زمان مصرف نامناسب باشد (آکالدیوس و محمد، 2018)؛ لذا، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی، محلول‌پاشی غلظت‌های بالاتر از نیم درصد این محرک‌ها در نظر گرفته شود و یا روش بذرمال و یا زمان‌های دیگر برای محلول‌پاشی این محرک‌ها مورد توجه قرار گیرد.

1. Blackearth

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس اثر مواد محرک رشد بر عملکرد دانه، کاه و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا (هایولا-50) در منطقه قم (مرکب)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در شاخه اصلی	تعداد خورجین در شاخه فرعی	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	درصد روغن دانه	وزن هزار دانه	عملکرد روغن
سال	1	688896**	30834**	1050**	6/9	2393**	1/8**	0/38	0/006	0/001	94473**
بلوک (سال)	4	42367	3030	108	2/3	37	0/02	0/09	0/92	0/007	10945
محرک رشد	6	1223252**	49694**	385**	133**	4496**	0/73**	3/4**	48/6**	0/2**	111042**
محرک رشدx سال	6	106144**	4481*	242**	48	606	0/32	0/38	7/4**	0/008**	28556**
خطای آزمایش	24	19978	1370	33/5	20/4	238	0/11	0/34	0/46	0/001	3628
ضریب تغییرات	-	3/9	4/2	4/8	9/4	9/1	6/2	4/7	1/8	1/01	4/4

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح 1% و 5% آزمون دانکن.

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین اثر مواد محرک رشد بر عملکرد دانه، کاه و برخی ویژگی‌های زراعی کلزا (هایولا-50) در منطقه قم (ترکیب دو سال)

شماره تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد خورجین در شاخه اصلی	تعداد خورجین در شاخه فرعی	طول خورجین (سانتیمتر)	تعداد دانه در خورجین	درصد روغن دانه	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
1	3392^{c}	816^{c}	110/8^{d}	41/7^{d}	137/3^{c}	4/8^{d}	11/7^{d}	37/7^{c}	3/6^{e}	1279/3^{c}
2	3927^{b}	953^{b}	123/7^{ab}	55/3^{a}	196/8^{a}	5/3^{bc}	13^{b}	37/1^{cd}	3/93^{c}	1455/2^{b}
3	3335^{c}	836^{c}	115/8^{cd}	42/5^{cd}	152/7^{c}	5/3^{bc}	12/3^{bcd}	36/6^{d}	3/7^{d}	1219/9^{c}
4	3423^{c}	861^{c}	129/2^{a}	50^{ab}	175^{b}	5/5^{ab}	12/7^{bc}	42/1^{a}	4/05^{ab}	1441/8^{b}
5	3377^{c}	828^{c}	108/7^{d}	47/5^{bc}	154/5^{c}	5/1^{bcd}	12^{cd}	41/3^{b}	3/94^{c}	1395/3^{b}
6	3520^{c}	849^{c}	120/8^{bc}	50/2^{ab}	155^{c}	4/9^{cd}	12/7^{bc}	35/1^{e}	4/07^{a}	1237/6^{c}
7	4565^{a}	1066^{a}	127/7^{ab}	48/3^{b}	213/8^{a}	5/8^{a}	14^{a}	34/8^{e}	4/02^{b}	1593/2^{a}

1- شاهد 2- اسید هیومیک مصرف خاکی 3- اسیدآمینه 4- اسید هیومیک محلول‌پاشی 5- اسید فولویک 6- عصاره جلبک 7- تیمار ترکیبی

در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون دانکن ندارند.

جدول 6- اثر برخی مواد محرک رشد بر غلظت بعضی از عناصر غذایی شاخساره کلزا (هایولا-50) در منطقه قم (مرکب)

نوع مواد محرک رشد	پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم	نسبت پتاسیم به سدیم	آهن	روی	منگنز	مس	کسر مولی کلسیم*
	درصد ماده خشک					میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک				
1	2/02^{b}	1/34^{a}	0/87^{d}	0/26^{a}	1/75^{d}	67^{c}	39/8^{b}	53^{a}	7/6^{a}	0/19^{d}
2	1/84^{c}	0/54^{d}	0/96^{bcd}	0/25^{a}	3/62^{a}	55/3^{d}	33/2^{c}	34^{b}	8^{a}	0/27^{ab}
3	1/69^{d}	0/78^{c}	0/72^{e}	0/17^{b}	2/85^{c}	85^{a}	33/7^{c}	26^{e}	6/3^{b}	0/21^{cd}
4	1/98^{b}	1/04^{b}	0/92^{cd}	0/25^{a}	2/69^{c}	53/2^{d}	29/7^{d}	31^{c}	5/1^{c}	0/22^{c}
5	2/24^{a}	0/82^{c}	0/98^{bc}	0/26^{a}	3/35^{ab}	70^{c}	38/8^{b}	28^{d}	5^{c}	0/23^{c}
6	1/59^{e}	0/95^{b}	1/15^{a}	0/27^{a}	1/89^{d}	69/3^{c}	58/2^{a}	30^{c}	7/9^{a}	0/29^{a}
7	2/05^{b}	0/74^{c}	1/04^{ab}	0/27^{a}	2/99^{bc}	79/5^{b}	29/1^{d}	27/5de	5/1^{c}	0/25^{b}

1- شاهد 2- اسید هیومیک مصرف خاکی 3- اسیدآمینه 4- اسید هیومیک محلول‌پاشی 5- اسید فولویک 6- عصاره جلبک 7- تیمار ترکیبی

در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند

- کسر مولی کلسیم برابر است با نسبت غلظت کلسیم به مجموع غلظت کل کاتیون‌ها (سدیم+پتاسیم+کلسیم+منیزیم)

جدول 7- اثر مواد محرک رشد بر جذب کل برخی عناصر غذایی اندام هوایی کلزا (هایولا-50) در منطقه قم (ترکیب دو سال)

نوع مواد محرک رشد	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	منگنز	مس
	(کیلوگرم در هکتار)				(گرم در هکتار)		
1	15/6^{c}	6/8^{d}	1/98^{c}	53^{d}	31^{c}	41^{a}	5/9^{c}
2	17/2^{d}	9/3^{c}	2/4^{b}	54^{d}	31^{c}	32^{c}	7/6^{a}
3	14/7^{e}	6/3^{d}	1/49^{d}	75/1^{b}	30^{c}	23^{e}	5/5^{cd}
4	20/3^{c}	9/4^{c}	2/5^{b}	53^{d}	30^{c}	31^{c}	5/1^{d}
5	21/9^{b}	9/6^{c}	2/6^{b}	67/5^{c}	38^{b}	27^{d}	4/9^{d}
6	15/6^{e}	11/4^{b}	2/63^{b}	69^{c}	57^{a}	30^{c}	7/8^{a}
7	27/5^{a}	14/05^{a}	3/62^{a}	105/2^{a}	39^{b}	37^{b}	6/8^{b}

1- شاهد 2- اسید هیومیک مصرف خاکی 3- اسیدآمینه 4- اسید هیومیک محلول‌پاشی 5- اسید فولویک 6- عصاره جلبک 7- تیمار ترکیبی

در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد آزمون دانکن ندارند

نتایج مطالعات برخی پژوهشگران نشان داده مصرف خاکی اسید هیومیک، تأثیر مثبتی بر آنزیم آسکوربات پراکسیداز داشته است (کایا و همکاران، 2018). این آنزیم در مهار رادیکال‌های سوپر اکسید هیدروژن و گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) نقش بسزایی ایفاد می‌کند؛ لذا، به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر، مصرف خاکی اسید هیومیک، باعث افزایش فعالیت این آنزیم و در آخر، افزایش تحمل گیاه به شوری شده باشد. اگرچه در آزمایش اخیر، این تیمار پس از تیمار ترکیبی در خصوص عملکرد ماده خشک و دانه قرار داشت که نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت برهمکنش سایر محرک‌های رشد علاوه بر مصرف خاکی اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای آن در کلزا بوده است.

بر اساس نتایج پژوهش‌ها، مصرف برخی اسیدهای آمینه از جمله مصرف توأمان متیونین و پرولین و یا گلوتامیک اسید به همراه متیونین و تریپتوفان به شکل محلول‌پاشی، سبب افزایش عملکرد ماده خشک گیاهی و تحمل به شوری گوجه‌فرنگی شد (آلفوسا-سیمون و همکاران، 2020). در تحقیق حاضر، محلول‌پاشی اسیدآمینه، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و ماده خشک گیاهی نداشت. باتوجه به این‌که نتایج تحقیقات نشان داده تنها برخی اسیدهای آمینه بر تحمل گیاه به شوری اثرگذار است، لذا، احتمالاً درصد اسیدهای آمینه مؤثر بر تحمل به شوری در نمونه‌ی مورداستفاده در آزمایش پایین بوده و احتمالاً نتوانسته تأثیر معنی‌دار و قابل‌توجه بر عملکرد داشته باشد. در این راستا، پیشنهاد می‌شود در آزمایش‌های تکمیلی احتمالی، اثر خالص و یا تومان اسیدهای آمینه‌ی مؤثر بر تحمل گیاه به شوری مورد بررسی قرار گیرد.

در خصوص عدم تأثیر معنی‌دار اسید فولویک بر عملکرد نیز تحقیقات نشان داده مصرف خاکی این ماده به همراه بیوچار توانسته تحمل به شوری را در گیاه افزایش دهد و اصولاً این ماده با کاتیون‌های غذایی پیوند برقرار کرده و جذب آنها را تسهیل می‌کند (سان و همکاران، 2020). نکته‌ی مهم آن است که با توجه به حلالیت بالای این ماده، حتماً باید با ماده‌ای محافظت‌کننده مانند بیوچار مصرف شود تا توسط آن تثبیت و از شستشو ممانعت حاصل شود. از آن‌جا که یکی از کاربردهای خاکی محرک‌های رشد، ممانعت از جذب و انتقال کلر به اندام-های هوایی است که جهاز فتوسنتزی را در برابر شوری محافظت و تعادل تغذیه‌ای و اسمزی را در گیاه حفظ و از فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال می‌کاهد، لذا مصرف محلول‌پاشی این ماده نتوانسته مانع از جذب و انتقال کلر از خاک شود و بنابراین، اثر معنی‌داری بر عملکرد و رشد نداشته است (سان و همکاران، 2020).

غلظت و جذب برخی عناصر غذایی

بررسی جدول تجزیه مرکب واریانس اثر مواد محرک رشد بر غلظت و جذب عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم، آهن، روی، مس و منگنز نشان داد که مصرف محرک‌های رشد، اثر معنی‌داری بر غلظت این عناصر در مقایسه با تیمار شاهد داشت (جدول‌های 6 و 7). بالاترین مقدار میانگین غلظت پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس به ترتیب در تیمار هفت، یک، هفت، هفت، سه، چهار، یک و شش حاصل شد. به‌علاوه، بیشترین مقدار جذب پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن در تیمار هفت و از آنِ روی و مس در تیمار شش و در خصوص مس، در تیمار یک مشاهده شد. (جدول‌های 6 و 7).

این نتایج با یافته‌های سایر محقان هم‌خوانی دارد که نشان دادند با مصرف خاکی اسید هیومیک، جذب پتاسیم، کلسیم و نیتروژن در شرایط شور افزایش داشته و از سوی دیگر، جذب فسفر، منیزیم، آهن و روی نیز به طور مثبتی متأثر از مصرف هیومیک اسید شد (تورهان و همکاران، 2020). به نظر می‌رسد مواد محرک رشد استفاده شده اثر متفاوتی بر غلظت و جذب عناصر گیاه داشته‌اند. بالاترین مقدار جذب پتاسیم (27/5 کیلوگرم در هکتار)، کلسیم (14/05 کیلوگرم در هکتار) و منیزیم (3/62 کیلوگرم در هکتار) در تیمار هفت به‌دست آمد که با شاهد (تیمار یک)، اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد آزمون دانکن داشت (جدول 7).

از لحاظ نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کلزا، تیمار دو (مصرف خاکی اسید هیومیک) بیشترین نسبت را داشت (3/62) که با تیمار پنج (محلول‌پاشی اسید فولویک) اختلاف معنی‌داری نداشته ولی نسبت به شاهد، این اختلاف معنی‌دار بود. همچنین، کسر مولی کلسیم (نسبت کلسیم به مجموع کاتیون‌های کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم) در تیمار شش (عصاره جلبک دریایی) بالاترین مقدار بود (0/29). مقدار بالاتر این کسر در تیمارهای دو و هفت، نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول). یافته‌های محققان نشان داده شاخص انتخاب پذیری پتاسیم نسبت به سدیم (K^+/Na^+)، یکی از شاخص‌های مهم نشان دهنده‌ی تحمل گیاه به شوری می‌باشد (کرامر و همکاران، 1987). در پژوهش حاضر، این نسبت در تیمار مصرف خاکی بالاترین مقدار بود که با نتایج محققان دیگر هم‌خوانی داشت (کرامر و همکاران، 1987)

تحلیل اقتصادی کاربرد تیمارهای محرک رشد گیاهی نسبت به شاهد

اثر تیمارهای محرک رشد بر نسبت سود به هزینه در جدول 8 نشان داده شده است. در شرایط تنش شوری کاربرد خاکی اسید هیومیک بیشترین نست سود به هزینه را داشت و تیمار هفت (ترکیبی)، با نسبت سود به هزینه معادل 3/27 در اولویت بعد قرار گرفت. سایر محرک‌های رشد گیاهی به ترتیب عصاره جلبک دریایی و محلول‌پاشی اسید هیومیک در مرتبه‌ی بعدی قرار داشتند. مصرف اسید آمینه و اسید فولویک، اثر منفی بر نسبت سود به هزینه داشته‌اند (به علت پایین بودن عملکرد دانه این دو تیمار نسبت به شاهد). در تیمار ترکیبی، علی‌رغم این که افزایش عملکرد قابل توجهی نسبت به شاهد حاصل شد اما کمترین صرفه اقتصادی در این تیمار بدست آمد.

جدول 8- نسبت سود به هزینه ناشی از کاربرد محرک‌های رشد گیاهی در شرایط تنش شوری در سال دو سال آزمایش

شماره تیمار	افزایش عملکرد نسبت به شاهد	افزایش سود تیمار نسبت به شاهد	افزایش هزینه تیمار نسبت به شاهد	نسبت سود به هزینه
	کیلوگرم در هکتار	ریال		
2	535	41730000	2000000	20/86
3	-57	-4446000	4000000	-1/11
4	31	2418000	3500000	0/69
5	-15	-1170000	9000000	0-/13
6	128	9984000	14000000	0/71
7	1173	91494000	28000000	3/27

قیمت هر لیتر/کیلوگرم اسید آمینه، اسید هیومیک، اسید فولویک، عصاره جلبک دریایی، هزینه محلولپاشی و کلزا به ترتیب500000 ،400000 ، 1500000، 2500000، 1500000و 78000 ریال

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تیمار هفت (مصرف خاکی اسید هیومیک به‌همراه محلول‌پاشی اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک)، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن و نیز درصد و عملکرد روغن دانه در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم مصرف این محرک‌های رشد) و سایر محرک‌های رشدی شد. همچنین، بین مصرف سایر محرک‌های رشد (محلول‌پاشی اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک و مصرف خاکی اسید هیومیک) با شاهد در خصوص عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری دیده نشد ولی مصرف آنها باعث بهبود برخی ویژگی‌های رشدی گردید. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی، محلول‌پاشی غلظت‌های بالاتر از نیم درصد این محرک‌ها در نظر گرفته شود و یا روش بذرمال

و یا زمان‌های دیگر برای محلول‌پاشی این محرک‌ها موردتوجه قرار گیرد.

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره 182، چاپ اول، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
2. بدون نام. 1399. آمارنامه کشاورزی. جلد اول. محصولات زراعی و باغی سال زراعی 98-1397. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصاد. وزارت جهاد کشاورزی.
3. جلیلی، ف.، م. ج. ملکوتی و رحیم کسرایی. 1382. نقش تغذیه بهینه در عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در کشت پاییزه و بهاره در خوی. در کتاب تغذیه بهینه دانه های روغنی، گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. انتشارات خانیران. تهران. ایران. 452 صفحه.
4. جلالی، م. 1386. شوری آب های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک: مطالعه‌ی موردی: تجرک، غرب ایران. زمین شناسی محیط زیست. 52، 1133-1149.
5. دهقانی، ف؛ و س. سعادت. 1397. دستورالعمل استفاده از گچ برای اصلاح خاک‌های سدیمی. نشریه فنی 556. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
6. شهبازی، ک.، م. ح. داوودی و م. فیض‌اله‌زاده اردبیلی. 1397. روش‌های تجزیه کود. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
7. طهرانی، م. م.1394. مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش سرما. موسسه تحقیقات خاک و آب.
8. غفاری نژاد، س. ع. ، ف. نورقلی پور و م. ن. غیبی. 1399. محرک¬های رشد گیاهی، نقش آنها در فیزیولوژی گیاه، جذب عناصر غذایی و مقابله با تنش‌های محیطی. دو فصلنامه مدیریت اراضی، شماره 1 دوره 8.
9. غیبی، م. 1399. اصول عملی تغذیه گندم (مقابله با تنش های محیطی). توانگران، تهران، ایران، 68 ص.
10. کریمی، م. 1366. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، 97صفحه.
11. مومنی، ع. 1389. توزیع جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله تحقیقات خاک (علوم خاک و آب). 24 (3)، 203-215.
12. همایی، م. 1381. واکنش گیاه به شوری.کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، ایران، 88 ص.
13. Akladious, S.A., and H.I. Mohamed. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants grown under salt stress. Scientia Horticulturae (Amsterdam), 236, 244–250.
14. Alley, M.M., D.E. Brann, E.L. Stromberg, E.S. Hagood, A. Herbert, E.C. Jones, and W.K. Griffith. 1993. Intensive soft red winter wheat production: a management guide. Virginia Tech Cooperative Extension Publication. 424-803.
15. Alfosea-Simón, M.E., A. Zavala-Gonzalez, J.M. Camara-Zapata, J.J. Martínez-Nicolás, I. Simón, S. Simón-Grao, and F. García-Sánchez. 2020. Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. Scientia Horticulturae. 1-9.
16. Amer, M. M. and H. R. El-Ramady.2015. Alleviation soil salinity and sodicity hazard using some bio-chemical amendments for production of canola (*Brassica napus* L.) in North Delta region. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 6(4): 415- 432.
17. Bandehagh, A., Z. Dehghanian, R. Henry, and M.A. Hossain. 2021. Salinity Tolerance in Canola: Insights from Proteomic Studies. In Brassica Breeding and Biotechnology. IntechOpen.

18. Bybordi, A. 2010. Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Notulae Scientia Biologicae 2 (1): 81-83.
19. Bouyoucos, G.H. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of Soils. Agronomy Journals. 43, 434-438.
20. Brown, P. and S. Saa. 2015. Biostimulants in agriculture. Frontiers in plant science, 6, 1-3.
21. Brown, E., M.W. Skougstad, and M.J. Fishman. 1970. Methods for Collection and Analysis of Water Samples for Dissolved Minerals and Gases. Laboratory analysis. Book 5. Washington, D.C. USA.
22. Calvo, P., L. Nelson, and J.W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil. 383, 3–41.
23. Cordeiro, F.C., C. Santa-Catarina, V. Silveira, and S.R. De Souza. 2011. Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays* L.). Bioscience, biotechnology, and biochemistry. 75(1), 70-74.
24. Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of applied phycology, 23(3), pp.371-393.
25. Cramer, R., Y. Haly, A. Lauchli, and E. Epstein. 1987. Influx of Na^{+}, K^{+}, Ca^{++} into roots of salt-stressed cotton seedling. Journal of Plant Physiology. 510-516.
26. Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196:3-14.
27. El-Bassiouny, H.M.S., and M.A. Bekheta.2005. Effect of salt stress on relative water content lipid peroxidation, polyamines, amino acids and ethylene of two wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Biology. 3, 363-368.
28. Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis. Technical Journal No. 182, First Edition, Soil and Water Research Institute. Karaj, Iran.
29. Ertani, A., M. Schiavon, A. Muscolo, and S. Nardi. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. Plant and soil. 364(1), 145-158.
30. Fan, D., A.T. Hodges, and B. CritchleyPrithiviraj. 2013. A commercial extract of BrownMacroagla (Ascophyllum nodosum) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. Communications in soil science and plant analysis. 44,1873–1884.
31. Fernández, M.B.M., L.E. Cosio-Vargas, D.C. Montero, A.C. García, and D.M. López. 2013. Potentiality of vermicompost humic acids in banana in vitro micro propagation clone. Enano Guantanamero. Journal of Environmental Science and Engineering. 2, 677–685.
32. Heidari, M., and A. Minaei. 2014. Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macroelements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Production Research. 21, 167–182.
33. Helrich, K. 1990. Official methods of analysis association of official analytical chemists. 15th Edn. AOAC Inc. Arlington, USA.
34. Ibrahim, M.E.H., X. Zhu, G. Zhou, and E.H.M.A. Abidallhaa. 2016. Effects of nitrogen on seedling growth of wheat varieties under salt stress. Journal of Agricultural Science. 8, 131–146.
35. Jamil, A., S. Riaz, M. Ashraf, and M.R. Foolad. 2011. Gene expression profiling of plants under salt stress. Critical Review of Plant Science. 30(5),435–458.
36. Kaya, C., N.A. Akram, M. Ashraf, and O. Sonmez. 2018. Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physicobiochemical attributes. Cereal Research Communications. 46, 67–78.
37. Keutgen, A., and E. Pawelzik. 2008. Contribution of amino acids to straw berry fruit quality and the irrelevance as stress indicators under NaCl salinity. Food Chemistry. 111, 642–647.

38. Khalil, A.A., E.A.M. Osman, and F.A.F. Zahran. 2008. Effect of amino acids and micronutrients foliar application on growth, yield and its components and chemical characteristics. The Journal of Agricultural Science. Mansoura University. 33, 3143-3150.
39. Khan, W., U.P. Rayirath, S. Subramanian, M.N. Jithesh, P. Rayorath, D.M. Hodges, A.T. Critchley, J.S. Craigie, J. Norrie, and B. Prithiviraj. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation. 28(4), 386-399.
40. Knudsen, D., and G.A. Peterson. 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. p. 225-246. In A.L. Page et al., (eds.) Methods of Soil Analysis. *Agronomy* No. 9, Part 2, 2nd ed. Am. Soc. of Agronomy, Madison, WI.
41. Latif, H.H., and H.I. Mohamed. 2016. Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. South African Journal of Botany. 106.
42. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell.1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society American Journal. 42, 421-428.
43. Marosz, A. 2009. Effect of fulvic and humic organic acids and calcium on growth and chlorophyll content of tree species grown under salt stress. Dendrobiology. 62, 47–53.
44. Moghaddam, A.R.L., and A. Soleimani. 2012. Compensatory effects of humic acid on physiological characteristics of pistachio seedlings under salinity stress. Acta Horticulturae 940:252–255.
45. Mohamed, W.H. 2012. Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6,597–604.
46. Nimir, N.E.A., S. Lu, G. Zhou, W. Guo, B. Ma, and Y. Wang. 2015. Comparative effects of gibberellic acid, kinetin and salicylic acid on emergence, seedling growth and the antioxidant defense system of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under salinity and temperature stresses. Crop Pasture Science. 66, 145–157.
47. OECD/FAO .2019. OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2019-2028. Paris, OECD.
48. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with NaHCO3, USDA Cir.939. U.S. Washington.
49. Parađiković, N., T. Vinković, I. Vinković Vrček, I. Žuntar, M. Bojić, and M. Medić-Šarić. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(12), 2146-2152.
50. SAS Institute .2009. SAS/STAT user's guide. Version 9. SAS Institute. Cary, NC.
51. Shah, S., Hhookway, S., Wilkinson, S., Fletcher, J., 2017. The effect of biostimulants on crop vigour, disease incidence and grain yield of winter wheat and winter oilseed rape. Asp. Appl. Biol. 134, 59–69.
52. Simon-Grao, S., F. Garcia-Sanchez, , M. Alfosea-Simon, I. Simon, V. Lidon, and W.M.R. Ortega.2016. Study on the foliar application of fitomare® on drought tolerance of tomato plants. International Journal of Plant Animal and Environmental Sciences. 6, 15-21.
53. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
54. Sun, Y., J. Yang, R. Yao, X. Chen, and X. Wang. 2020. Biochar and fulvic acid amendments mitigate negative effects of coastal saline soil and improve crop yields in a three year field trial. Scientific Reports. Nature Research. 10:8946.
55. Turhahn, A., B.B. Aşik, and H. Kuşçu. 2020. The Influence of Irrigation Water Salinity and Humic Acid on Nutrient Contents of Onion (*Allium cepa* L.). Journal of Agricultural Science. 26,147-153

56. Vasconcelos, A.C.F., X. Zhang, E.H. Ervin, and J.C. Kiehl. 2009. Enzymatic antioxidant responses to biostimulants in maize and soybean subjected to drought. Scientia Agricola. 66(3), 395-402.
57. Wally, O.S., A.T. Critchley, D. Hiltz, J.S. Craigie, X. Han, L.I. Zaharia, S.R. Abrams, and B. Prithiviraj. 2013. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in Arabidopsis following treatment with commercial extract from the marine macroalga Ascophyllum nodosum. Journal of plant growth regulation, 32(2), 324-339.
58. Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37, 29–37.
59. Ziomek, A.S., Szczepanek, M., 2019. Soil extracellular enzyme activities and uptake of N by oilseed rape depending on fertilization and seaweed biostimulant application. Agronomy 9, 480. https://doi.org/10.3390/ agronomy9090480.

Effects of Some Plant Growth Biostimulants on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brasica napus* L.) in a Saline Calcareous Soil

M. H. Mirzapour[1] and F. Nour Gholipour
Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO);
E-mail: mhmirzap@yahoo.com
Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); E-mail: nourfg@yahoo.com
P: 163-176
Received: January, 2022, and Accepted: Auguest, 2022

Abstract

The purpose of this study was to use some plant growth biostimulants to improve canola yield in calcareous saline conditions. Therefore, a two-year experiment was conducted in Qomroud section of Qom Province during two cropping years of 2018-20 in a soil with salinity of about 13 and 10 $dS.m^{-1}$, respectively, and irrigation water of 7.5-8 $dS.m^{-1}$. The study was carried out in field conditions with uniform and flat soil using a randomized complete blocks design, in three replications. Seeds of Hayola-50 cultivar were planted by hand. Experimental treatments were: 1) Control (application of chemical fertilizer based on soil test), 2) Soil application of humic acid (treatment 1+ soil application of 5 kg of humic $acid.ha^{-1}$), 3) Amino acid spraying (treatment 1+ spraying of amino acid with a concentration of 5 g per thousand), 4) Foliar spraying of humic acid (treatment 1+ spraying of humic acid with a concentration of 5 g per thousand), 5) Foliar spraying of folic acid (treatment 1+ foliar acid spraying with a concentration of 5 g per thousand), 6) Spraying of seaweed extract (treatment 1+ spraying of seaweed extract with a concentration of 5 g per thousand), and 7) Combined treatment (including treatment 1+ treatments 2, 3, 4, 5 and 6). Foliar application was done at two stages of 57 (after rosette) and 59 (before flowering). The biennial results showed that the combined treatment of growth biostimulants had a significant effect on grain and oil yield as well as some agronomic characteristics of rapeseed. The highest grain and straw yield was obtained from treatment 7 with an average of 4565 and 1066 $kg.ha^{-1}$, respectively. Also, the highest mean values of K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, and Cu were obtained in, respectively, treatments 7, 1, 7, 7, 3, 4, 1, and 6. In addition, the highest uptake of K, Ca, Mg, and Fe was observed in treatment 7, followed by Zn and Cu in treatment 6, and in the case of Cu, in treatment 1. Based on the results, the combined use of growth biostimulants, compared to the control treatment, had a significant effect on yield and some agronomic characteristics of rapeseed in saline conditions, indicating the effect of these substances on increasing rapeseed tolerance to saline conditions.

Keywords: Humic acid, Folic acid, Amino acid, Seaweed extract, Salinity

[1]. Corresponding author: Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center