Archive of SID

تأثیر کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و کود فسفر بر شاخص‌های رشد رویشی و فراهمی فسفر در کلزا

آمنه جهاندیده[۱]، مجتبی بارانی مطلق[۲*]، اسماعیل دردی‌پور[۳]، رضا قربانی نصرآبادی[۴]، طالب نظری[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۳)

چکیده

اسید هیومیک دارای فعالیت شبه‌هورمونی است که رشد گیاه و جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، تأثیر کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و کود فسفر بر برخی شاخص‌های رشد رویشی (ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک ساقه و برگ، تعداد گل، تعداد برگ و شاخه‌های فرعی) و فراهمی فسفر در گیاه کلزا (*Brassica napus L.*) رقم هایولا ۵۰ بررسی شد. برای این کار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت گلدانی اجرا شد. تیمارها شامل فسفر در سه سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و اسید هیومیک در سه سطح ۰، ۰/۵ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک و روش مصرف اسید هیومیک و فسفر بود. بر پایه نتایج به‌دست آمده، اثر غلظت‌های مختلف فسفر، اسید هیومیک و روش مصرف آن و اثر متقابل آن‌ها در تمام صفات مورد مطالعه بجز تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد معنادار بودند. نتایج اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و روش های کاربرد آن در حضور تیمارهای فسفر نشان داد که بیشترین مقادیر در صفات وزن تر و خشک برگ و ساقه از تیمار کودی ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم و سطح ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم مصرف همراه با آب آبیاری به‌دست آمد. بیشترین غلظت فسفر برگ و ساقه با غلظت ۰/۳ درصد در تیمار مصرف ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم همراه با آب آبیاری سطح ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلو گرم مشاهده شد. همچنین غلظت‌های مختلف فسفر، اسید هیومیک و روش مصرف آن و اثر متقابل آن‌ها طول دوره گل‌دهی را از ۱۴۴ روز به ۹۳ روز کاهش داد. مصرف ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم و ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم همراه آب آبیاری بیشترین افزایش را در شاخص‌های رشد رویشی و غلظت فسفر در بخش هوایی کلزا داشت.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشد رویشی، فسفر، کلزا، اسید هیومیک

جهاندیده آ.، بارانی مطلق م.، دردی‌پور ا.، قربانی نصرآبادی ر.، نظری ط. ۱۳۹۹. تأثیر کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و کود فسفر بر شاخص‌های رشد رویشی و فراهمی فسفر در کلزا. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۱. صفحه: ۶۸-۷۸.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران (مکاتبه کننده)
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
٤- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۵- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
*پست الکترونیک: mbarani2002@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کلـزا (*Brassica napus* L.) یکی از گیاهان روغنی مهم، با میزان روغن دانه زیاد (۴۰ تا ۴۵ درصد) است. روغـن کلزا مکمل غذایی بسیار با ارزشی برای انسان است، زیـرا اسیدهای چرب اشباع آن کم، ولـی اسیدهای چرب غیراشباع آن زیاد است. کلزا از نظر پروتئین نیز گیاه با ارزشی اسـت و در تغذیـه انسان اهمیت دارد (Barth, 2007). سطح زیر کشت این گیاه در جهان ۲۲ میلیون هکتار، در ایران ۱۱۷۳۲۳ هکتار و در استان گلستان ۳۱۹۰۶ هکتار می‌باشد (Nazari *et al*, 2017). فسفر از عناصر ضروری و پرمصرف برای رشد و نمو، ذخیره و انتقال انرژی در گیاهان به شمار می‌رود. این عنصر جزء ترکیبات ساختمانی سلول‌ها و بسیاری از ترکیبات شیمیایی است و بعد از نیتروژن، دومین عنصر غذایی است که کمبودش محدود کنندهٔ رشد گیاهان است. (Hopkins & Ellsworth, 2003). به دلیل شیمی پیچیده فسفر در خاک، تقریباً ۱۵ تا ۳۰ درصد فسفر مصرف شده مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و بقیه آن در خاک تثبیت شده و به شکل غیر قابل دسترس گیاه تجمع می‌یابد (Syers *et al*, 2008). از این رو مدیریت مناسب کودهای فسفر برای به‌دست آوردن محصول بهینه بسیار مهم می‌باشد. از جمله روش‌های افزایش مقدار قابل جذب عناصرغذایی استفاده از مواد آلی است (Karami *et al*, 2009). مواد هیومیک شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقی‌مانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند و شامل سه بخش فولویک اسید، اسید هیومیک و هومین هستند (Pena-Mendez *et al*., 2005). اسید هیومیک یک پلیمر طبیعی است که دارای موضع‌های H^+ مربوط به عامل‌های اسیدی کربوکسیل (بنزوئیک و فنلی) و مکان های تبادل کاتیونی است که این اسید یک ماکرومولکول پیچیده آلی می‌باشد که با پدیده شیمیایی و باکتریایی در خاک تشکیل می‌شود و نتیجه نهایی عمل هوموسی‌شدن است (Samavat & Malakoti, 2005). اسید هیومیک شامل بسیاری از عناصر غذایی می‌باشد که حاصلخیزی خاک و مقدار مواد آلی خاک را افزایش و در نتیجه رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hartwigsen & Evans, 2000). از مزایای مهم اسید هیومیک کلات کنندگی عناصرغذایی مختلف مانند پتاسیم و منیزیم، کلسیم، روی، آهن و مس برای غلبه بر کمبود عناصر غذایی است که افزایش طول، وزن ریشه و ایجاد ریشه‌های جانبی را سبب می‌شود (Abedi & Pakniyat, 2010). اسید هیومیک می‌تواند مستقیماً عناصر مختلف را از مواد معدنی آزاد کرده، به خود جذب نموده و در زمان مناسب در اختیار ریشه قرار دهد. ثانیاً هومیک اسید خوراک و محرک رشد ریزجانداران مفید خاک است که با روش‌های گوناگون به آزادسازی عناصر در خاک کمک می‌کنند (Merkl *et al*., 2006). اسید هیومیک می‌تواند پیوندهای Al-P یا Fe-P را در خاک‌های اسیدی و Ca-P را در خاک‌های قلیایی بشکند و فسفر را داخل محلول خاک آزاد سازد (Vaughan & Malcolm, 1979). سای و همکاران (Xie *et al*, 1979) گزارش کردند به دلیل جذب رقابتی که بین اسیدهای آلی و فسفات وجود دارد جذب فسفر روی سطوح فعال کمتر می‌شود که دلیلی برای افزایش بازده کود فسفر در خاک‌های اصلاح شده با مواد آلی است. سپهر و زبردست (Sepehr & Zebardast, 2013)گزارش کردند که مواد هیومیکی و کودهای فسفاته از طریق رقابت بر سر مکان-های جذب و درنتیجه کاهش تثبیت فسفر در خاک، می-تواند گامی مهم در کاهش مصرف کودهای فسفر در نتیجه کاهش اثرات زیست محیطی باشد. از آنجا که اسید هیومیک منبعی با ارزش از عناصر غذایی پرمصرف و کم-مصرف است، هنگام کاربرد هم‌زمان با کودهای شیمیایی تعادل تغذیه‌ای مناسبی را برای گیاه فراهم می‌کند و به جذب بیشتر عناصر غذایی و پاسخ‌های عملکردی مشخص در گیاه منجر می‌شود. در این راستا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و کود فسفر بر شاخص‌های رشد رویشی و مقدار فسفر در گیاه کلزا (رقم هایولا ۵۰) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تأثیر کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و کود فسفر بر شاخص‌های رشد رویشی و فراهمی فسفر در گیاه کلزا (رقم هایولا ۵۰) بررسی شد. خاک مورد استفاده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برداشته شد. پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده‌شده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک (Berg *et al*., 1978) کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی

www.SID.ir

Archive of SID

با اسید (Page *et al*., 1982)، pH و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، کربن آلی (Walkley & Black, 1934)، ظرفیت تبادل کاتیونی (Chapman, 1965)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر قابل‌استفاده (Olsen, 1954) و پتاسیم قابل‌استفاده با استفاده از استات‌آمونیوم (Berg & Gardner, 1978) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table1. Some soil physical and chemical characteristics using in the experiment

Soil texture	Clay	Sand	Silt	OC	pH	EC	CEC	K	P	N
		%				$dS\ m^{-1}$	$Cmol_+\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$		%
Silty loam	C	18.3	67.25	0.95	7.83	0.92	9.86	448.8	6.46	0.0045

جدول۲ - خصوصیات اسید هیومیک مورداستفاده در پژوهش

Table2. Characteristics of humic acid used in the research

Trade name	K_2O	Fulvic Acid	Humic Acid
Humax-95	5	15	80

برای این کار آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار به‌صورت گلدانی اجرا شد. تیمارها شامل فسفر به شکل کود سوپر فسفات تریپل در ۳ سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و کاربرد اسید هیومیک در ۳ سطح ۰، ۰/۵ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک بود. اسید هیومیک و کود فسفر به شکل‌های مختلف باهم مخلوط شدند که عبارتند از: اختلاط خاکی و هم‌زمان اسید هیومیک و کود فسفر، حل نمودن اسید هیومیک و فسفر در آب آبیاری و کاربرد آنها همراه با آب آبیاری،

کود فسفر پوشش‌دار[1] توسط اسید هیومیک جامد قبل از کاربرد در خاک و همچنین اسید هیومیک به‌صورت جامد بود. اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش اسید هیومیک ۸۰ درصد (شرکت J.H.BIOTECH، آمریکا) با نام تجاری هیومکس (Humax-95WSG) بود (جدول ۲). بر اساس آزمون خاک عناصر نیتروژن و پتاسیم از منبع‌های اوره و سولفات‌پتاسیم و عناصر کم مصرف از منبع سولفات تأمین شد. مصرف کود پتاسیم و عناصر کم‌مصرف در زمان کاشت گیاه ولی کود نیتروژن به سه قسمت مساوی و در سه مرحله کاشت، به ساقه رفتن و گل‌دهی به گلدان‌ها اضافه شد. سپس تعداد ۱۰ عدد بذر در هر گلدان در عمق ۲ سانتی‌متری خاک کاشته که پس از سبز کاشته شده که پس از سبزشدن و گذشت دو هفته، تعداد بوته‌ها به چهار عدد در هر گلدان تقلیل یافت. برای حذف اثرات محیطی در طول دوره رشد جای گلدان‌ها دو بار در هفته به‌صورت تصادفی تغییر داده شد. عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. رطوبت خاک گلدان‌ها در طول دوره رشد گیاه در حدود ظرفیت مزرعه به روش وزنی تأمین شد. آنگاه پس از پایان دوره رشد (به مدت ۱۵۸ روز) گیاهان برداشت شدند، سپس شاخص‌های رشد رویشی شامل وزن تر برگ و ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ و گل، زمان تا اولین گل‌دهی و تعداد شاخه‌های فرعی اندازگیری شد. سپس شاخساره گیاه به تفکیک اندام (ساقه و برگ) با آب شهری سپس با آب مقطر شسته و روی تورهای پلاستیکی پخش شد تا آب اضافی موجود در سطح آنها حذف شود. سپس نمونه‌ها داخل آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و بعد از آن وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. عصاره‌گیری نمونه‌های گیاهی با روش خشک سوزانی انجام گرفت (Jones & Case, 1990). اندازه‌گیری غلظت فسفر عصاره‌های گیاهی با روش مولیبدات وانادات یا روش زرد (emami, 1996) و شاخص کلروفیل برگ دقیقاً قبل از برداشت در برگ‌های میانی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Hansatech، مدل CL-01) اندازگیری شد. تحلیل آماری مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

1. Coated

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر برخی شاخص‌های رویشی کلزا در جدول ۳ ارائه شده است. اثرهای اصلی تیمارهای مورد بررسی و اثر متقابل آنها بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف اسید هیومیک و سطوح فسفر و روش کاربرد آنها نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع با میانگین ۱۱۷/۴۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار یک گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و غلظت ۱۰۰ میلی گرم فسفر به صورت مصرف همراه با آب آبیاری بود.

هرچند که با تیمار ۵۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم از لحاظ آماری تفاوت معنادار نداشت (جدول۴). جمالی و همکاران (Jamali *et al*., 2015) گزارش کردند که در هر سطح از اسید هیومیک با افزایش سطح فسفر، ارتفاع بوته ریحان افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۵/۵ سانتی‌متر در تیمار ۲۰ میلی‌گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و سطح ۲۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم مشاهده شد. مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر تعداد برگ در گیاه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنادار شد ولی اثر متقابل روش مصرف × سطوح فسفر معنادار نشد. همچنین اثر متقابل سه‌گانه روش مصرف × سطوح اسید هیومیک × سطوح فسفر در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل نحوه کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که بیشترین تعداد برگ ۲۸/۳ برگ درگیاه مربوط به تیمار ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم به‌صورت مصرف همراه با آب آبیاری بود. هرچند با تیمار ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم به صورت مصرف خاکی از لحاظ آماری تفاوت معنادار نداشت (جدول۴). ورلیندن و همکاران (Verlinden *et al*., 2010) در پژوهشی اثر اسید هیومیک بر روی چند گونه مرتعی را مورد مطالعه قرار دادند. آنان دریافتند کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش شاخ و برگ گیاهان مرتعی می‌شود. شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al*., 2015) تأثیر مثبت اسید هیومیک را بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش کرده‌اند. از طرفی موحدپور و همکاران (Movahedpour *et al*., 2015) دریافتند که مصرف در هر دو غلظت ۱/۲۵ و ۲/۵ میلی‌گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم سبب افزایش تعداد برگ و سطح برگ کلزا شد، ولی تعداد برگ در بوته در این تیمارها اختلاف معناداری با شاهد نداشت. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر تعداد شاخه‌های جانبی کلزا نشان داد که در بین اثرات اصلی تیمارها، اثر روش مصرف معنادار نبود. همچنین در بین اثرات متقابل، تنها اثر متقابل سه‌گانه روش مصرف × سطوح اسید هیومیک × سطوح فسفر در سطح احتمال یک در صد معنادار بود (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نحوه کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی با میانگین ۶ مربوط به تیمار ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم به‌صورت مصرف همراه با آب آبیاری بود هر چند با تیمار ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم به‌صورت مصرف خاکی از لحاظ آماری تفاوت معنادار نداشت (جدول ۴). پاپ و همکاران (Pop *et al*., 2007) گزارش کردند افزایش اجزای عملکرد دانه و گل نظیر تعداد ساقهٔ اصلی و فرعی گل دهنده در بوته در گیاه گل جعفری را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با مصرف اسید هیومیک، گیاهان آسان تر به عناصر غذایی دسترسی پیدا می‌کنند و بهتر استقرار می‌یابند. از این رو نیاز ندارند که حجم ریشهٔ خود را افزایش دهند و در نتیجه انرژی بیشتری برای توسعهٔ بخش هوایی خود صرف می‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر شاخص‌های رویشی کلزا

Table 3. Analysis of variance of humic acid levels, p levels and methods of their application on growth parameters of canola

Source of variance	df	Mean Square						
		Plant height	Number of leaf	Number of branches	Leaf wet weight	Leaf dry weight	Stem wet weight	Stem dry weight
Application method (A)	2	321.1**	156.5**	0.11ns	34.5**	0.46**	130.6**	4.11**
HA levels (H)	2	2098.5**	110.7**	8.25**	491.6**	6.35**	1536**	67.8**
P levels (P)	2	1054.2**	135.5**	2.25*	162.4**	2.38**	743.2**	32.2**
A × H levels	4	103.9**	30.6**	0.81ns	10.4**	0.10ns	30.5**	2.04**
A × P	4	16.7**	4.5ns	0.37ns	1.87*	0.02ns	26.7**	0.86**
H × P	4	41.9**	22.3**	0.74ns	17.5**	0.18**	68.7**	2.05**
H × P ×A	8	15.4**	6*	1.54*	0.56ns	0.02ns	9.87**	0.19ns
Error	54	0.97	2.29	0.81	0.56	0.04	0.90	0.20
C.V (%)		0.97	7.77	18.1	4.84	9.77	2.90	6.60

ns، * و ** به ترتیب غیر معناداری و معناداری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارها و اثر متقابل سطوح اسید هیومیک × سطوح فسفر بر وزن تر و خشک، برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنادار بود ولی اثر متقابل روش مصرف × سطوح اسید هیومیک و روش مصرف × سطوح فسفر بر وزن خشک برگ معنادار نشد. همچنین اثر متقابل سه‌گانه روش مصرف × سطوح اسید هیومیک × سطوح فسفر تنها بر وزن تر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه داده‌ها نشان داد که بیشترین مقادیر وزن تر و خشک برگ به ترتیب با میانگین ۲۵/۶۲ و ۳/۲۳ گرم در گلدان، وزن تر و خشک، ساقه به ترتیب با میانگین ۵۴/۸۷ و ۱۰/۹۴ گرم در گلدان در تیمار کودی ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم و سطح ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم مصرف همراه با آب آبیاری به‌دست آمد (جدول ۳). محمدی پور و همکاران (Mohammadipour *et al*., 2012) گزارش کردند که اسید هیومیک بر تعداد گل و برگ، وزن خشک و ارتفاع بوته گیاه همیشه بهار اثر معنی‌دار داشت. آنان دریافتند که کاربرد ۲۰۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک بر لیتر، بیشترین وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد برگ و تعداد گل را داشت. رستمی و شکوهیان (Rostami & Shokouyan, 2018) در بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و ازت مشاهده کردند که بیشترین وزن تر بخش‌های هوایی با میانگین ۷۷/۷ گرم در بوته در سطح ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار و کاربرد خاکی ۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به‌دست آمده است. فرجامی و نبوی کلات (Farjami & nabavi kalat, 2013) در بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و فسفر نشان دادند که بیشترین وزن خشک گل همیشه بهار در سطح ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک و ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به‌دست آمد. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح هیومیک‌اسید، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر شاخص‌های گل‌دهی، شاخص سبزینگی و غلظت فسفر بخش هوایی در گیاه کلزا در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج تجریه واریانس داده ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مورد بررسی و اثر متقابل آنها بر تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار تعداد گل با میانگین ۳۰۵ گل در گیاه در تیمار کودی ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم و سطح ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم مصرف همراه با آب آبیاری به‌دست آمد (جدول ۶). منشی (Munshi, 1994) فسفر را عاملی مهم در بهبود گل‌انگیزی گیاه دانست.

یافته‌های این پژوهش با نتایج هارپر و همکاران (Harper *et al*., 2000) مطابقت داشت. آنان دریافتند که دسترسی به کلسیم و فسفر در حضور اسید هیومیک از طریق جلوگیری از ایجاد نمک غیرمحلول فسفات کلسیم افزایش یافته و بدین طریق سبب افزایش تعداد گل در گیاه می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر شاخص‌های رویشی گیاه کلزا

Table4. Compare the effects of interactions humic acid levels, P levels and methods of their application on growth parameters of canola

Application method	Humic acid levels	P Levels	Plant height	Number of Leaf	Number of branches	Leaf wet weight	Leaf dry weight	Stem wet weight	Stem dry weight
			cm				gr/plant		
Soil application	0	0	86.3l	15.3jk	3f	10.1p	1.39o	20.5m	4.03l
		50	92.6l	17.6j-f	4.33e-c	11.3m-o	1.82n-k	27.5k	5.68i
		100	96.3h	20e-f	4.66e-c	12.5l-k	1.85n-k	29.4ij	5.65ij
	0.5	0	92.3lj	21.3cd	4.33e-c	11.3m-o	1.75n-m	30.1i-h	6.15i-h
		50	97.3h	33.6cb	4.66e-c	13.8ji	2.04l-k	33.3f	7.26f-e
		100	100.6g	25b	6a	15.2hg	2.21g-i	36.7e	7.53d
	1	0	100.6g	21ed	5.66ba	16.3fg	2.21g-i	33.6f	7.39de
		50	110.6d	25b	4.66e-c	19.9d	2.60c-e	41.3d	8.94bc
		100	114.6b	15.3jk	5b-c	22.9b	2.88cb	49.4b	10.25a
Use with irrigation water	0	0	91j	17.6j-f	3.66e-f	10.6po	1.55no	19.3m	4.17l
		50	93.3l	20e-f	3.33ef	12l-k	1.84n-k	27.4k	5.66i
		100	96.3h	21.3cd	4.33e-c	12.7j	1.93l-k	31gh	6.57f-h
	0.5	0	102.5f	33.6cb	5.33b-c	14.1hi	2.13g-k	30.5i-h	5.83i
		50	111.6cd	25b	5.33b-c	18.4e	2.32g-f	33.5f	7.03f-e
		100	114.6b	21ed	4.66e-c	20.4cd	2.74c-e	36.8e	7.52d
	1	0	103.3f	25b	4.66e-c	16.5f	2.44g-e	31.4g	6.63f-h
		0	116.6a	28.3a	5b-c	21.3c	2.89c-b	45.1c	9.28b
		50	117.4a	15.3jk	6a	25.6a	3.23a	54.8a	10.94a
Coated p with humic acid	0	100	85l	17.6j-f	4.33e-c	10.8n-o	1.63n-o	20.4m	4.36lk
		0	92.3ij	20e-f	4e-c	11.4l-o	1.84n-k	22.5l	4.91jk
		50	97h	21.3cd	4.66e-c	12.4l-k	1.87n-k	28.3jk	5.81l
		100	91j	33.6cb	5b-c	11.7l-o	1.63n-o	29.8i-h	6.11i-h
	0.5	0	93.3i	25b	4.66e-c	14.0hi	1.95l-k	31.6g	6.76f-e
		50	108.3e	21ed	4e-c	16.3fg	2.43g-e	33.5f	7.29f-e
		100	97.8h	15.3jk	4.66e-c	15.6fg	2.18g-i	30.1i-h	5.95ih
	1	0	112.3c	17.6j-f	5.66ba	19.4ed	2.78cd	36.2e	7.52d
		50	113c	20e-f	4.33e-c	22.9b	3.18ab	40d	8.48c

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد است.

In each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر روش مصرف در سطح احتمال ۱ درصد و سطوح اسید هیومیک و سطوح فسفر و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر طول دوره گل‌دهی گیاه معنادار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمارها نشان داد که طول دوره گل‌دهی از ۱۴۴ روز در تیمار شاهد به ۹۳ روز در تیمار مصرف ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم همراه با آب آبیاری و سطح ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم کاهش یافت که حاکی از نقش قابل توجه و معنادار ($p \leq ۰/۰۱$) روش مصرف و استفاده همزمان از کود فسفر و اسید هیومیک بر کاهش طول دوره گل‌دهی گیاه می‌باشد (جدول ۶). تأثیر مثبت اسید هیومیک روی رشد و گل‌دهی گیاهان ازجمله خانواده گرامینه، به‌خوبی به اثبات رسیده است، کاهش زمان تا گل‌دهی احتمالاً به دلیل افزایش توسعه ریشه و جذب سریع عناصرغذایی بوده که این امر موجب تسریع رشد و گذر سریع‌تر گیاه از مرحله نونهالی به مرحله بلوغ می‌شود. به نظر می‌رسد این مواد بر تغییرات بیوشیمیایی دیواره سلولی غشاء سلول و حتی سیتوپلاسم اثر می‌گذارند (Chen & Aviad, 1990). مطابق جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای مورد بررسی و اثر متقابل آنها بر شاخص کلروفیل برگ[1] در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). نتایج

1-Chlorophyll index

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین اثرات سه گانه نحوه کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که بیشترین مقدار شاخص کلروفیل برگ با میانگین ۴۶/۶۵ مربوط به تیمار ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم مصرف همراه با آب آبیاری با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم بود (جدول ۶). غلظت کلروفیل برگ، شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن است و می تواند شاخصی از فعالیت فتوسنتزی گیاه باشد (Boostani *et al*., 2017). ال سید و همکاران (El-Sayed *et al*., 2014) در بررسی اثر اسید هیومیک با منبع مختلف فسفر بر عملکرد و رشد تربچه در خاک‌های آهکی گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک همراه با منابع مختلف فسفر، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیلa، b، کل و کارتنوئید) را افزایش داد. بالاترین مقدار رنگدانه‌ها از کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپر بیو فسفات در هکتار و میزان ۰/۱ درصد اسید هیومیک به‌دست آمد. مطابق با نتایج تجزیه واریانس کاربرد سطوح اسید هیومیک، سطوح مختلف فسفر و اثر متقابل آن‌ها از لحاظ آماری ($p \leq$ ۰/۰۱) بر غلظت فسفر برگ و ساقه در گیاه کلزا معنادار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نحوه کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که بیشترین غلظت فسفر برگ با میانگین ۰/۳۰ درصد مربوط به تیمار مصرف ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم همراه با آب آبیاری با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر برکیلوگرم بود هر چند که با تیمار ۰/۵ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم از لحاظ آماری تفاوت معنادار نداشت (جدول ۶). زمانی که میزان فسفر در خاک زیاد باشد، فسفر می‌تواند به شکل‌های پایدارتر خود مثل آپاتیت تبدیل شود و در نهایت میزان آپاتیت در خاک افزایش یابد. والن و چانگ (Whalen & Chang, 2002) گزارش کردند که استفاده دراز مدت از مواد آلی باعث نگهداری فسفر با پیوند کم انرژی‌تر شده و قابلیت فراهمی آن را در خاک افزایش می‌دهد. مواد آلی می‌تواند به‌صورت پوششی محافظ در اطراف ذرات کود یا به عنوان پیوند دهنده فسفر در محل‌های تبادل آنیونی و یا از طریق واکنش با فسفر و تشکیل ترکیبات فسفر آلی عمل نماید. در تمامی موارد، قابلیت استفاده فسفر برای گیاه افزایش می‌یابد و به‌تدریج فسفر در محلول خاک آزاد می‌شود (Barahimi *et al*., 2009). ال سید و همکاران (El-Sayed *et al*., 2014) با بررسی کاربرد اسید هیومیک و منابع مختلف فسفر بر جذب عناصر غذایی تربچه گزارش کردند که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر بیو فسفات و سطح ۰/۱ درصد اسید هیومیک بیشترین مقدار جذب فسفر را داشت. همچنین مورگان (Morgan, 2005) در مروری روی کودهای مختلف نتیجه گیری کرد که کود های شیمیایی برای رشد سریع گیاه بدلیل حلالیت مواد غذایی و جذب سریع آنها و عدم نیاز به تجزیه ارگانیسمی در کشاورزی مورد نیاز بوده و در تلفیق با کودهای آلی کارایی و اثرات بیشتری خواهند داشت. علاوه بر این تولید اسید های آلی مانند سیتریک اسید در نتیجه تجزیه مواد آلی می تواند در کاهش pH خاک های آهکی و در نتیجه افزایش فراهمی فسفر در خاک موثر باشد (Mohammadaria *et al*., 2011).

جدول۵- تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر شاخص‌های گل‌دهی، شاخص کلروفیل برگ و غلظت فسفر در گیاه کلزا

Table 5. Analysis of variance of humic acid levels, P levels and methods of their application on flower parameters, chlorophyll index and P concentration in canola

Source of variance	df	Mean Square				
		Number of flowers	Time to first flowering	Chlorophyll index	Leaf P concentration	Stem P concentration
Application method (A)	2	6061.9**	9.59*	577.8**	0.001**	0.0007**
HA levels (H)	2	54675**	2119.5**	2166.7**	0.02**	0.06**
P levels (P)	2	32914.6**	2273.4**	766.2**	0.02**	0.02**
A × H levels	4	2158.8**	25.4**	134.3**	0.0002**	0.00006**
A × P	4	1279.4**	43.03**	126.3**	0.0003**	0.0002**
H × P	4	4650.2**	313.8**	70.9**	0.001**	0.001**
H × P ×A	8	852.6**	53.2**	72.1**	0.0002**	0.00008**
Error	54	10.4	2.97	7.25	0.000002	0.000003
C.V (%)		2.19	1.34	9.52	0.63	0.89

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح اسید هیومیک، سطوح فسفر و روش مصرف آن‌ها بر شاخص‌های گل‌دهی، شاخص کلروفیل برگ و غلظت فسفر گیاه کلزا

Table6. Compare the effects of interactions humic acid levels, P levels and methods of their application on flower parameters, chlorophyll index and P concentration in canola

Application method	Humic acid levels	P levels	Number of flower	Time to first flowering	Chlorophyll index	Leaf P concentration	stem P concentration
			flower plant^{-1}	g (day)		(%)	
Soil application	0	0	76.3n	144a	16.6n	0.16r	0.13t
		50	114.6lm	139.6bc	18.3n-l	0.19p	0.16q
		100	122jk	135.6de	21.8i-l	0.20l	0.18m
	0.5	0	114.6lm	137dc	18.9n-l	0.19o	0.18n
		50	164.3e	127hi	22.7i-j	0.23h	0.20k
		100	169.3e	120k	28.8e	0.25e	0.23g
	1	0	149.6f	128hg	26.1i-g	0.21j	0.21j
		50	218.6d	123j	35.9c	0.26d	0.27e
		100	243b	106.3l	35.8c	0.26d	0.29b
Use with irrigation water	0	0	74n	142ba	18.1n-l	0.18q	0.14s
		50	117.6lk	133fe	21.6k-l	0.20n	0.17o
		100	132gh	130.6fg	27.2f-g	0.22i	0.19l
	0.5	0	131gh	137.3dc	23.4i-g	0.20on	0.18m
		50	152f	127.3hi	29.5e	0.24f	0.21i
		100	166.3e	123j	36.9c	0.27b	0.24f
	1	0	131hg	137dc	34.1dc	0.21k	0.21h
		50	228c	126.6hi	45.6b	0.29a	0.30a
		100	305a	93m	65.4a	0.30a	0.30a
Coated p with humic acid	0	0	78.6n	142ba	17.3nm	0.18q	0.14r
		50	114lm	137.6dc	20.1n-l	0.20n	0.16p
		100	125.3ji	128.6hg	24.4i-g	0.22i	0.18nm
	0.5	0	112.33m	134e	21.7i-l	0.20m	0.19l
		50	128.6hi	129.3hg	23.8i-g	0.24g	0.21i
		100	135.3g	124.6ji	28.3fe	0.27c	0.22h
	1	0	127.3hi	130.6fg	26.9f-g	0.22i	0.21j
		50	136g	123.3j	43.3b	0.26d	0.27d
		100	220.3d	106l	29.7de	0.27b	0.29c

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، کاربرد اسید هیومیک می‌تواند باعث افزایش شاخص‌های رشد رویشی و فراهمی فسفر در گیاه کلزا شود. نتایج به‌دست آمده، اثر غلظت‌های مختلف فسفر، اسید هیومیک و روش مصرف آن و اثر متقابل آن‌ها در تمام صفات مورد مطالعه بجز تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد معنادار بودند. نتایج اثر متقابل سه‌جانبه سطوح اسید هیومیک و روش های کاربرد آن در حضور تیمارهای فسفر نشان داد که بیشترین مقادیر در صفات وزن تر و خشک برگ و ساقه از تیمار کودی ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم و سطح ۱ گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم مصرف همراه با آب آبیاری به‌دست آمد. بیشترین غلظت فسفر برگ و ساقه با غلظت ۰/۳ درصد در تیمار مصرف ۱ گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک همراه با آب آبیاری با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلو گرم فسفر مشاهده شد. مصرف ترکیبی ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و ۱ گرم بر کیلوگرم مصرف همراه با شاخص‌های رشد رویشی و نیز غلظت فسفر در بخش هوایی کلزا داشت. در آخر با توجه به اهمیت تغذیه گیاه و برای بررسی این موضوع به‌صورتی که به واقعیت نزدیک‌تر باشد توصیه می‌شود تأثیر اسید هیومیک بر فراهمی فسفر در خاک آهکی در مقیاس مزرعه‌ای همچنین تأثیر مصرف اسید هیومیک بر فراهمی عناصر دیگر در خاک مورد پژوهش قرار گیرد.

.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Abedi T., and Pakniyat H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (Brassica napus L.). Czech J. *Genetics and Plant Breeding*, 46(1): 27-34.

Barahimi N., Afyuni M., Karami M., and Rezaee Nejad Y. 2009. Cumulative and residual effects of organic amendments on nitrogen, phosphorus and potassium concentrations in soil and wheat. *Journal of Water and Soil Science*-Isfahan University of Technology, 12(46): 803-812. (In Persian)

Barth C.A. 2007. Rapeseed for human nutrition–present knowledge and future options. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, Wuhan, China, pp. 3-5.

Berg M.G., and Gardner E.H. 1978. Methods of Soil Analysis Used in the Soil Testing Laboratory at Oregon State University. Agricultural Experiment Station Oregon State University, Corvallis, 46p.

Boostani H.R., Zarei M., and Barati V. 2017. Effects of coal and arbuscular mycorrhizal fungi ongrowth and chemical composition of the corn plant in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 7(2): 1-23. (In Persian)

Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen-Total. *In*: Page A.L., (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, pp. 595-624.

Chen Y., and Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. *In*: MacCarthy P., Clapp C.E., Malcolm R.L., and Bloom P.R. (Ed.), Humic Substances In Soil And Crop Sciences: Selected Readings, (humicsubstances), pp. 161-186.

El-Sayed S.A.A., Hellal F.A., and KAS M. 2014. Effect of Humic acid and phosphate sources on nutrient composition and yield of Radish grown in calcareous soil. *European International Journal of Science and Technology*, 3(9): 168-174.

Emami M. 1996. Legs analysis methods Technical Journal number 982. Soil and Water Research Institute, Tehran. Iran. 2: 128-128. (In Persian)

Fargami A.A., and Nabavi Kalat S.M. 2013. The role of humic acid and phosphorus on the quality and quantity of spring wheat (*Calendula officinalis* L.). *Ecophysiology of Crop Plants (Agriculture Sciences)*, 28(4): 443-452. (In Persian)

Harper S.M., Kerven G.L., Edwards D.G., and Ostatek-Boczynski Z. 2000. Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of Eucalyptus camaldulensis and from decomposed hay. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(10): 1331-1336.

Hartwigsen J.A., and Evans M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *HortScience: A Publication Of The American Society for Horticultural Science*, 35(7): pp. 1231-1233.

Hopkins B., and Ellsworth J. 2003. Phosphorus nutrition on potato production. Idaho Potato Conference. 22-23.

Hu H.Q., He J.Z., Li X.Y., and Liu F. 2001. Effect of several organic acids on phosphate adsorption by variable charge soils of central China. Environment and Agrochemistry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China, 26(5-6): 353-358.

Jones Jr J.B., and Case V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. *In*: Westerman, R.L. (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis, (Ed. 3), pp. 389-427.

Karami M., Afyuni M., Nejad, Y.R., and Goftarmanesh A.K. 2009. Cumulative and residual effects of sewage sludge on zinc and copper concentration in soil and wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(46): 639-653. (In Persian)

Mafakheri S. 2017. Effect of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical factors of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Plant Production, Scientific Journal of Agriculture*, 40(3): 27-40. (In Persian)

Merkl N., Hoogen V., Hoogen H., And Bens O. 2006. Humic acid-based soil conditioners for soil cultivation in arid and semiarid climates: Potential for the economization of water and fertilizers. International Symposium on Drylands and ecology and human security, isdehs, Sharjah, UAE.

Mohammadiaria M., Lakzaeian A., and Haghnia Gh. 2011. Effect of Inoculant Containing Thiobacillus and Aspergillus on Corn Growth. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 8(11): 82-89. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Mohammadipour E., Golchin A., Mohammadi J., Negahdar N., and Zarchini M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research*, 3(11): 5095-5098.

Morgan T. 2005. Organic Fertilizers, Chemical Fertilizers and Soil Fertility. Soil Science.

Movahedpour F., Dabbagh Mohammadi Nassab A., Najafi N., Amini R. 2015. Effect of humic acid and EDTA on growth characteristics, grain yield and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.) under copper toxicity stress. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 24(4): 103-121.

Munshi A.M. 1994. Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron under rain-fed condition. Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal, 18: 24-44.

Nazari T., Baranimotlagh M., Dordipour E., Ghorbani Nasrabadi R., and Sefidgar Shahkolaee S. 2017. Impact of application method and different levels of humic acid on vegetative growth parameters and yield components of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 7(3): 1-17. (In Persian)

Olsen S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Washington. 18-19.

Page A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Ed). 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy, No. 9. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 363-364.

Peña-Méndez E.M., Havel J., and Patočka J. 2005. Humic substances–compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of Applied Biomedicine*, 3(1): 13-24.

Salehi f., Bahmani M.J., Kazemini S.A., Pakitat H., Karimian N. 2013. Effect of mixing of wheat residues with soil on agronomic and physiological characteristics of red beans. *Plant Production, Scientific Journal of Agriculture*, 36(1): 89-101. (In Persian)

Samavat S., and Malakoti M.J. 2005. The necessity of using organic acids (humic and fluvic) to increase the quantity and quality of agricultural products. Technical Bulletin 463, Soil and Water Research Institute, Sana Press.

Shahbazi Sh., Fateh E., and Aynehband A. 2015. Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *The Plant Production Scientific Journal of Agriculture*. 34(2): 99-110. (In Persian)

Syers J. K., Johnston A.E., and Curtin D. 2008. Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus Use. FAO Fertilizers and Plant Nutrition Bulletin no 18. Rome, Italy. FAO.123p.

Vaughan D., and Malcolm R.E. 1979. Effect of soil organic matter on peroxidase activity of wheat roots. Soil Biology and Biochemistry, 11(1): 57-63.

Verlinden G., Coussens T., De Vliegher A., Baert G., and Haesaert G. 2010. Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. *Grass and Forage Science*, 65(1): 133-144.

Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1): 29-38.

Whalen J.K., and Chang C. 2002. Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(7-8): 1011-1026.

Xie R.J., O'halloran I.P., Mackenzie A.F. and Fyles J.W. 1993. Phosphate sorption and desorption as affected by addition sequences of ammonium lignosulphonate and diammonium phosphate in a clay soil. Canadian Journal of Soil Science, 73(2): 275-285.

Yildirim E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality oftomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B_Plant Soil Science*, 57(2): 182-186.

Zhen-Yu DU., Qing-Hua W., Fang-Chun L.,Bing-Yao M.A. and Malhi S.S. 2013. Movement of phosphorus in a calcareous soil as affected by humic acid. *Pedosphere*, 23(2): 229-235.

www.SID.ir

Archive of SID

The effects of Co-Application of Humic Acid and Phosphorous Fertilizer on Vegetative Growth Indices and Phosphorous Availability in Canola

Ameneh Jahandideh[1], Mojtaba Barani Motlagh[2*], Esmael Dordipour [3], Reza Ghorbani Nasrabadi [4], Taleb Nazari[5]

(Received: March 2019 Accepted: June 2019)

Abstract

Humic acid has a pseudo hormonal activity that increases plant growth and nutrient uptake. In the present study, the effects of different levels of humic acid and phosphorus fertilizer on vegetative growth indices (Plant height, Fresh and dry weight of stem and leaf, number of flowers, number of leaves and branches) and phosphorus availability in canola (*Brassica napus L.)* cv. Hyola 50 were investigated. For this purpose, the pot experiment as factorial based on completely randomized design in three replications has been conducted. Treatments include phosphorous fertilizer as super phosphate in three levels 0, 50 and 100 mg/kg, humic acid in three levels 0, 0.5 and 1 g/kg and application methods of phosphorous and humic acid. Based on the results, the effect of different concentrations of phosphorus, humic acid and its method of application, and their interaction in all studied traits, except for the number of branches, were significant ($p \leq 0.01$). Results of the interaction effect of humic acid concentration and its application methods in the presence of phosphorous treatments showed that the highest amounts of fresh and dry weight of leaves and stem obtained in 100 mg/kg phosphorous and 1 g/kg humic acid applied with irrigation water. The highest phosphorous content in leaves and stem by 0.3 percent observed in 1 g/kg humic acid and 100 mg/kg phosphorous applied with irrigation water. Additionally, different concentrations of phosphorous and humic acid and their application methods and their interactions decreased canola flowering period from 144 days to 93 days. Combined application of 100 mg/kg phosphorous and 1 g/kg humic acid within irrigation water resulted in maximum increase in vegetative growth indices and phosphorous content in canola shoot.

Keywords: Canola, Humic acid, Phosphorus, Vegetative growth parameters

Jahandideh A., Barani Motlagh M., Dordipour E., Reza Ghorbani Nasrabadi R., Nazari T. 2020. The effects of co-application of humic acid and phosphorous fertilizer on vegetative growth indices and phosphorous availability in canola. *Applied Soil Research*. 8(1): 68-78.

1. M.Sc. Student, Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
3. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
4. Assistant Professor Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
5. Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
* Corresponding Author Email: mbarani2002@yahoo.com

www.SID.ir