Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 1, Spring 2022 (189-200)
DOI**:** 10.22059/IJFCS.2021. 320634.654812

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱ (ص۲۰۰-۱۸۹)

Effect of some of growth stimulants and different levels of chemical fertilizer on yield and yield components of maize

Hashem Ebrahimi[1], Mohammad Nabi Ilkaee[2*], Mohammad Mehdi Tehrani[3], Farzad Paknejad[2], Majid Basirt[3]

1,2. Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. 3. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
(Received: March 19, 2021 - Accepted: April 18, 2021)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of plant growth stimulants and levels of chemical fertilizer on yield and yield components of corn, a factorial field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications and 21 treatments at research field of Soil and Water Research Institute (SWRI), Karaj, Iran, during 2019. The studied factors included different levels of fertilizer (application of 100% fertilizer required by the plant, application of 75% fertilizer required by the plant, and no fertilizer (control)) and different growth stimulants (foliar application of amino acid, seaweed and fulvic acid, humic acid fertigation, humic acid fertigation + foliar application of seaweed + amino acid, and no growth stimulants (control)). The results showed that the highest straw and biological yields were obtained from 75% fertilizer application with seaweed foliar application treatment, so that they were 10.33% and 11.85% more than the control, respectively. Also, 100% application of chemical fertilizer and humic acid fertigation, 100% chemical fertilizer application with combination of humic acid fertigation + seaweed foliar + amino acid foliar, and 75% chemical fertilizer application with seaweed foliar application treatments, produced 27%. 57%, 24.60%, and 23.83% grain yield higher than the control. According to the results of this experiment, not only seaweed application improved the yield, but also reduced the use of chemical fertilizers required by 25% without reducing the yield of the plant. Therefore, seaweed foliar application is recommended.

Keywords: Amino acids, foliar application, folic acid, humic acid, seaweed.

تأثیر برخی محرک‌های رشدی و سطوح مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

هاشم ابراهیمی[۱]، محمدنبی ایلکایی*[۲]، محمدمهدی طهرانی[۳]، فرزاد پاک نژاد[۲]، مجید بصیرت[۳]

۱و۲- به‌ترتیب دانشجو و دانشیار گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج. ۳- استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محرک‌های رشدی و مقادیر مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب در سال زراعی ۱۳۹۸ با سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. عوامل مورد بررسی شامل مقادیر مختلف کود در سه سطح (عدم استفاده از کود (شاهد) وکاربرد ۱۰۰ و ۷۵ درصد کود مورد نیاز گیاه) و استفاده از محرک‌های رشدی در هفت سطح (محلول‌پاشی اسیدآمینه، اسید فولویک و محلول جلبک دریایی، کود آبیاری اسید هیومیک، ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک + محلول‌پاشی اسیدآمینه + جلبک دریایی و عدم استفاده از محرک‌های رشدی (شاهد)) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد کاه و زیستی از تیمار کاربرد ۷۵ درصدی کود شیمیایی با محلول‌پاشی جلبک دریایی به‌دست آمد، به‌طوری که به‌ترتیب ۱۰/۳۳ و ۱۱/۸۵ درصد از شاهد بیشتر بودند. همچنین تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود شیمیایی و کود آبیاری اسید هیومیک، کاربرد ۱۰۰ درصدی کود شیمیایی با ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسیدآمینه و کاربرد ۷۵ درصدی کود شیمیایی در محلول‌پاشی جلبک دریایی به‌ترتیب ۲۷/۵۷، ۲٤/٦۰ و ۲۳/۸۳ درصد عملکرد بالاتری نسبت به شاهد تولید کردند. با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده از جلبک دریایی، نه تنها سبب بهبود عملکرد ذرت شد، بلکه استفاده از کودهای شیمیایی مورد نیاز گیاه را ۲۵ درصد کاهش داد، بدون آن‌که عملکرد گیاه کاهش یابد. بنابراین استفاده از محلول‌پاشی جلبک دریایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، اسید فولویک، اسید هیومیک، جلبک دریایی، محلول‌پاشی.

* Corresponding author E-mail: mohammad.ilkaee@kiau.ac.ir

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L.، یکی از گیاهان با ارزش خانواده غلات می‌باشد که سطح زیر کشت آن در سال ۲۰۱۹ در ایران، آسیا و دنیا به‌ترتیب ۲۰۴۳۰۵، ۶۶۴۷۴۰۹۳ و ۱۹۷۲۰۴۲۵۰ هکتار بود. عملکرد ثبت شده این گیاه در ایران، آسیا و دنیا در سال ۲۰۱۹، به‌ترتیب ۱۴۰۰۰۰۰، ۳۶۸۳۴۶۵۷۳ و ۱۱۴۸۴۸۷۲۹۱ تن به‌ترتیب بوده است (FAO, 2021). استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی، سبب کاهش چشم‌گیر مقدار ماده آلی در مزارع و همچنین مشکلات زیست محیطی و عدم توازن عناصر غذایی خاک شده است (Ghorbani *et al.*, 2010).

عصاره جلبک دریایی به‌دلیل وجود هورمون‌های رشد سیتوکینین، اکسین و ایندول بوتیریک اسید، عناصر غذایی مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، اثرات مفیدی روی گیاهان دارد (Taghadosi *et al.*, 2012). استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و بهبود مقاومت در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکسالی، شوری و دما می‌شود (Taghadosi *et al.*, 2012). این عصاره باعث افزایش رشد و بهره‌وری گیاهان می‌شود (Cristian Popescu, & Popescu, 2014) و کاربرد آن سبب افزایش رشد گیاه، تعداد برگ، تحریک رشد ریشه، تسریع زمان گلدهی، افزایش تشکیل میوه، تأخیر پیری برگ و افزایش کمیت و کیفیت میوه می‌شود (Shokouhi Far, 2016).

اسیدهای‌آمینه سبب افزایش غلظت کلروفیل می‌شوند و روی فتوسنتز اثر می‌گذارند و در نتیجه رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌دهند و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاه تأثیر دارند (Faten *et al.*, 2010). امروزه کاربرد ترکیب‌های آلی زیستی آمینواسیدی در زراعت گیاهان موردتوجه قرارگرفته است که دلیل این توجه، نقش اساسی اسیدهای‌آمینه در حیات موجودات می‌باشد. ارزش استفاده از فرآورده‌های زیستی با مجموعه‌ای از اسیدهای‌آمینه آزاد در این است که به‌دلیل غنای آمینواسیدی این فرآورده‌ها، سلول نیازی به بیوسنتز مجدد این ترکیب‌ها ندارد و انرژی مورد نیاز جهت این بیوسنتز، در گیاه ذخیره می‌شود. این فرآورده‌ها با تأثیر بر روند پروتئین‌سازی در سطوح ژنی و با تأثیر بر سوخت و ساز پایه گیاهی، رشد و تکوین گیاه را منظم می‌کنند و در مراحل مختلف رشد، کارآیی و کاربرد خاص خود را با محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار می‌دهند. در واقع تغذیه برگی اسیدهای‌آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین در گیاهان باشد (Raeisi *et al.*, 2014). استفاده از اسیدآمینه در گوجه‌فرنگی سبب افزایش تشکیل میوه شده است (Nahed *et al.*, 2009).

مواد هیومیک مانند اسید هیومیک و اسید فولویک، از پیچیده ترین و فعال‌ترین ترکیبات آلی شناخته شده از نظر زیستیی در خاک هستند که باعث تحریک رشد گیاهان گیاهان می‌شوند (Canellas & Olivares, 2014). اسید فولویک به‌عنوان فعال‌ترین ترکیب هیومیکی، از طریق کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با قدرت تبادل یونی بالا، جذب عناصر معدنی را درگیاهان افزایش می‌دهد و از این طریق، سبب افزایش کمیت و کیفیت محصول می‌شود (Saffar Sabzevar & Jami Moeini, 2015). در تحقیقی روی فلفل گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید فولویک، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان، فنل کل، کربوهیدرات‌ها و کارتنوئیدها را افزایش داد، ولی روی فلاونوئید کل و آسکوربیک اسید تأثیری نداشته است. همچنین این تیمار اثرات مثبتی را بر ویژگی‌های کیفی میوه فلفل نشان داده است (Aminifard *et al.*, 2012).

اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت و لیگنین به وجود می‌آید و باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Ghorbani *et al.*, 2010). اسید هیومیک، نوعی کود آلی می‌استباشد که در مقادیر اندک و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات مفیدی در افزایش و بهبود تولید محصولات کشاورزی

دارد (Samavat & Malakooti, 2006). مـــواد هیومیکی، رشد گیاهان را تحت‌تـأثیر قـرار مـی‌دهنـد، به‌طوری که گزارش شده است که هیومیک اسید باعث افـزایش جـذب نیتـروژن، پتاسـیم، فسـفر، کلسـیم و منیـــزیم در ســورگوم (Taghadosi *et al.*, 2012) وافزایش محتوی کلروفیل‌ها و کارتنوئید در چای ترش (Sanjari *et al.*, 2015) می‌شود. محلـول‌پاشـی اسـید هیومیک نسبت به شاهد؛ سبب افـزایش ۲۰ درصـدی در عملکـرد زیسـتی رازیانـه شـد (Gholami *et al.*, 2015). در مطالعه دیگـری، اسـید هیومیـک فـــسفر و نیتروژن را در گیاه بنـت گـراس افـزایش داد و سـبب افزایش تجمع ماده خشک شـد (Mackowiak *et al.*, 2001). محققان دیگری نیز اظهار داشـتند اسـتفاده از اسید هیومیک، علاوه بر افزایش عملکـرد مـی‌توانـد در جهـت کـاهش مصـرف کودهـای شـیمیایی و کـاهش آلـودگی محـیط‌زیسـت نقـش مثبتـی را ایفـا کنـد و به‌عنوان ماده‌ای با منبع طبیعـی در جهـت پایـداری و افزایش تولید محصـولات زراعـی مـورد اسـتفاده قـرار گیرد (Mojaddam *et al.*, 2016).

محافظـت از محـیط زیسـت و حرکـت در راسـتای کشاورزی پایدار و نزدیک شدن بـه مؤلفـه‌هـای آن، از اقدامات ضروری و مهم کشورها در دنیا می‌است که بـا توجه به اثرات نامطلوب و اسـتفاده بـی‌رویـه کودهـای شیمیایی، کاهش استفاده از آن‌ها و جایگزینی با مـواد آلی و محرک‌های رشدی به نظر مفید می‌آیـد. در ایـن راستا، هدف از این پژوهش، بررسی اثرات محرک‌هـای رشدی گیاهی در جهـت کـاهش اسـتفاده از کودهـای شیمیایی روی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر محـرک‌هـای رشـد گیـاهی و مقـادیر مختلـف کـود شـیمیایی در قالـب بلوک‌های کامل تصادفی بـه‌صـورت فاکتوریـل بـا سـه تکـرار در سـال زراعـی ۱۳۹۸ و ۲۱ تیمـار در مزرعـه پژوهشی مؤسسه تحقیقـات خـاک و آب بـا مختصـات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عـرض شـمالی و ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی با ارتفـاع ۱۲۸۰ متـر از سطح دریا اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، ویژگی‌هـای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در تعیین شـد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 2. Field soil physicochemical properties.

Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	soil texture	pH	EC (dS m^{-1})	N (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})	B (mg kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})	Organic matter (%)	Zn (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})
26	42	32	clay loam	7.81	1.16	0.06	5.6	221	1.32	0.8	4.7	1.77	0.36	17.4

بعد از آماده‌سازی زمـین شـامل شـخم و تسـطیح، بـا استفاده از فاروئر، پشته‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفتـه شـدند. هـر کـرت شـامل پـنج ردیف کاشت به طول چهار متر و یـک ردیـف نکاشـت بین کرت‌ها بود. اندازه هر کرت آزمایشی ۱۲ متر مربع بود و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظـر گرفتـه شد. کشـت ذرت رقـم سـینگل کـراس ۷۰۴ در اوایـل خرداد ۱۳۹۸ انجام گرفت. آبیاری به‌صورت قطره‌ای بـا نوار تیپ آبیاری و با توجه به نیاز گیاه انجـام شـد و در طول فصل رشد با علـف‌هـای‌هـرز بـه صـورت دسـتی مبارزه شد.

عوامل مورد بررسی شامل مقادیر مختلف کودی در سه سطح (کاربرد ۱۰۰ و ۷۵ درصد کود مورد نیـاز گیـاه و عدم استفاده از کود (شاهد)) و محرک‌های رشـدی در هفت سطح (محلول‌پاشی اسیدآمینه، اسید فولویـک و جلبک دریایی، کود آبیـاری اسـید هیومیـک، محلـول ترکیـب کودآبیـاری اسـید هیومیـک + محلـول‌پاشـی اسـیدآمینه + محلـول‌پاشـی جلبـک دریـایی و عـدم استفاده از محرک‌های رشدی (شاهد)) بود. کود مـورد نیاز گیاه با توجه آنالیز خاک (جدول ۱) محاسبه شـد،

به‌طوری‌که در سطح کودی ۱۰۰ درصد، مقدار کاربرد اوره، مونوآمونیوم فسفات، سولفات پتاسیم، آهن و روی، به‌ترتیب ۴۰۵، ۱۸۸ ، ۱۴۰ ، ۱۰ کیلوگرم و ۲۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. اوره به صورت سرک در دو مرحله هشت برگی و شروع گلدهی استفاده شد و مونوآمونیوم فسفات، سولفات پتاسیم، آهن و روی، قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. محلول‌پاشی‌های اسیدآمینه، جلبک دریایی، اسید فولویک و اسید هیومیک در دو مرحله هشت برگی و قبل از گلدهی با غلظت پنج در هزار لیتر انجام شد. کود آبیاری اسید هیومیک در دو مرحله (آبیاری دوم و قبل از گلدهی) با غلظت پنج کیلوگرم در هکتار انجام شد، ولی کود آبیاری در تیمار ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک + محلول‌پاشی اسیدآمینه + محلول‌پاشی جلبک دریایی، تنها در آبیاری دوم انجام شد. اسیدآمینه مورد استفاده در این آزمایش، AminoActiv GS 250 محصول شرکت Deretil کشور اسپانیا با ۲۵٪ اسیدآمینه آزاد بود؛ از HVITA DS80 محصول شرکت BlackEarth کشور کانادا به‌عنوان اسید هیومیک استفاده شد که دارای ۸۰٪ اسید هیومیک بود و جلبک دریایی مورد استفاده در این آزمایش، Acadian Agritech شرکت Acadian Seaplants کشور کانادا بود. اسید فولویک نیز از شرکت BlackEarth کشور کانادا تهیه شد که حاوی ۷۰٪ اسید فولویک بود.

عملکرد دانه و زیستی و اجزای عملکرد گیاه، در پایان فصل رشد و زمان رسیدگی اکولوژیک ذرت (۱۵ شهریور ۱۳۹۵) و پس از حذف اثر حاشیه، با برداشت یک متر مربع از هر واحد آزمایشی صفات اندازه‌گیری شدند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع، طول و قطر بلال، قطر چوب بلال، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکردهای کاه و زیستی، شاخص برداشت، غلظت آهن و روی در اندام‌های هوایی و عملکرد دانه بود.

اندازه‌گیری روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل AA6400-Shimadzu و با روش اکسیداسیون خشک انجام گرفت. بدین منظور، یک گرم از نمونه های پودر شده اندام‌های هوایی در ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شد و داخل کروزه ریخته شد. سپس کروزه داخل کوره با دمای ۵۵۰ درجه به مدت پنج ساعت، قرار داده شد. با استفاده از ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک یک نرمال و حرارت دادن روی اجاق شنی، نمونه گیاهی هضم و عصاره تهیه شد. نیم میلی‌لیتر از عصاره با استفاده از پیپت مدرج حباب دار برداشت شد و داخل کروزه ریخته شد و تا متوقف شدن بخارها، روی گرم‌کن حرارت داده شد. سپس کروزه به مدت چهار ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. پس از خارج کردن کروزه از کوره و سرد شدن آن، دو میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شد و تا تبخیر شدن اسید، روی گرم‌کن حرارت داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت دوباره در کوره قرار داده شد و پس از سرد شدن، دو میلی لیتر اسید کلریدریک ۲۰ درصد اضافه شد و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در داخل یک بالن ۱۰ میلی لیتری صاف و به حجم رسانده شد و با استفاده از دستگاه جذب اتمی، مقادیر آهن و روی اندازه‌گیری شد (Rouessac & Rouessac, 2007).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش تجزیه واریانس از برنامه آماری SAS[1] (SAS, 9.4 Institute Inc., 2019) و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD[2]) انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل مقادیر مختلف کودی و محرک‌های رشدی، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی ارتفاع داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع در تیمار محلوپاشی جلبک دریایی در شرایط تأمین ۱۰۰ درصدی کود (۲۳۹/۹ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). استفاده از عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و بهبود مقاومت

[1] Statistical Analysis System
[2] Least Significant Difference

در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکسالی، شوری و دما می‌شود (Taghadosi *et al.*, 2012).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیک ذرت، تحت تأثیر سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی.

Table 2. Variance analysis (Mean Squares) of some morphological traits of corn affected by the fertilizer and growth stimulants.

S.O.V	d.f	Mean Squares					
		Height	Corn cob diameter	Ear diameter	Ear length	Number of rows per ear	Number of grains per row
Block	2	36.99	1.89	4.34	2.35	0.23	1.97
Growth stimulants (G)	6	81.46	7.30**	7.29**	2.26	1.25	21.91**
Fertilizer (F)	2	5034**	244**	4.51	2.95	1.69	21.41**
GF	12	153.5**	30.15**	15.59**	0.90	1.57	16.18**
Error	40	35.22	1.53	1.91	1.18	1.28	3.80
C.V (%)		2.81	5.84	3.33	5.56	6.10	5.44

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

**: Significant at 1% of probability level.

جدول ۳- اثر سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی بر برخی صفات مورفولوژیک ذرت.

Tables 3. Effect of the different fertilizer levels and growth stimulants (G) treatments on some morphological traits of corn.

Treatments		Height (cm)	Corn Cob diameter (mm)	ear diameter (mm)	Number of grains per row
0% fertilizer	G1	195.5±4.8^{kl}	17.1±0.6^{hi}	40.2±0.8^{d-g}	35.2±0.4^{d-f}
	G2	189.9±3.4^{l}	18.3±0.3^{gh}	39.7±0.5^{fg}	33.7±0.4^{e-h}
	G3	190.4±1.6^{l}	19.0±1.0^{f-h}	41.0±0.4^{c-f}	34.7±1.2^{d-g}
	G4	198.9±3.0^{j-l}	19.6±0.3^{e-g}	42.0±1.9^{b-e}	31.8±0.1^{gh}
	G5	200.8±2.9^{i-k}	16.0±0.6^{i}	43.7±0.7^{ab}	37.6±0.4^{b-d}
	G6	195.9±2.4^{kl}	17.7±0.3^{g-i}	43.3±1.0^{ab}	37.6±0.4^{c-d}
	G7	189.9±1.1^{l}	18.7±1.5^{gh}	40.2±0.1^{d-g}	35.2±1.3^{d-f}
75% fertilizer	G1	213.7±2.8^{e-h}	18.3±0.9^{gh}	43.1±0.6^{bc}	35.3±0.0^{d-f}
	G2	205.1±4.2^{h-k}	25.7±0.3^{b}	43.3±0.3^{ab}	31.3±3.7^{h}
	G3	210.3±1.9^{f-i}	21.7±0.7^{cd}	43.2±0.4^{bc}	38.8±0.4^{ab}
	G4	218.1±3.0^{c-f}	19.0±1.0^{f-h}	39.9±0.2^{e-g}	35.4±1.2^{c-f}
	G5	215.1±2.0^{d-g}	21.0±0.6^{c-f}	44.0±0.5^{ab}	35.6±0.3^{b-f}
	G6	208.3±0.4^{g-j}	17.2±0.2^{hi}	41.0±0.8^{c-f}	33.2±1.3^{f-h}
	G7	225.1±1.5^{bc}	21.3±0.9^{c-e}	39.7±0.3^{fg}	38.7±0.4^{a-c}
100% fertilizer	G1	220.0±6.8^{c-f}	26.7±0.3^{b}	42.1±1.1^{c-e}	41.3±1.0^{a}
	G2	229.9±3.4^{b}	19.7±0.9^{d-g}	38.0±0.2^{g}	34.0±0.8^{e-h}
	G3	239.9±2.9^{a}	21.0±0.0^{c-f}	39.9±0.1^{e-g}	36.7±1.1^{c-e}
	G4	224.3±3.7^{b-d}	22.7±0.7^{c}	42.2±0.7^{b-d}	38.6±1.3^{a-c}
	G5	222.4±3.9^{b-e}	27.3±0.9^{ab}	41.9±1.2^{b-f}	36.6±0.1^{b-e}
	G6	214.4±1.7^{e-h}	27.3±0.9^{ab}	38.2±0.5^{g}	34.0±0.4^{e-h}
	G7	224.9±6.6^{bc}	29±0.6^{a}	45.6±1.7^{a}	37.9±1.1^{b-d}

G1: شاهد، G2: محلول‌پاشی اسیدآمینه، G3: محلول‌پاشی جلبک دریایی، G4: کود آبیاری اسید هیومیک، G5: محلول‌پاشی اسید فولویک، G6: محلول‌پاشی اسید هیومیک،G7: ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسید آمینه. حروف مشترک در هر ستون، نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

G1: Control, G2: Foliar application of amino acid, G3: Foliar application of seaweed, G4: Humic acid irrigation fertilizer, G5: Foliar application of fulvic acid, G6: Foliar application of humic acid, G7: Humic acid irrigation fertilizer + Foliar application of seaweed + amino acid. Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 1% of probability level.

برهمکنش مقادیر کودی مورد استفاده با محرک‌های رشدی، اثر معنی‌داری روی قطر بلال و چوب بلال و تعداد دانه در ردیف درسطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲)، در حالی که روی طول بلال و تعداد ردیف در بلال، اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین قطر چوب بلال در تیمار ۱۰۰ درصد کود با ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسیدآمینه (۲۹/۰ میلی‌متر) به‌دست آمد و با تیمارهای محلول‌پاشی اسید فولویک (۲۷/۳ میلی‌متر) و محلول

اسید هیومیک (۲۷/۳ میلی‌متر) در ۱۰۰ درصد کودی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). اسید هیومیک به دلیل اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Nardi *et al.*, 2002). اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه، سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد زیستی می‌شود (Ayas & Gulser, 2005). در یک بررسی، کاربرد اسید هیومیک در محلول غذایی، موجب افزایش محتوای نیتروژن در اندام هوایی و رشد شاخساره و ریشه در ذرت شد (Tan, 2003). تأثیر مثبت هیومیک اسید بر صفات رشدی لوبیا سبز از جمله تعداد برگ وشاخه فرعی، وزن تر و خشک بوته و ارتفاع بوته گزارش شده است (El-Bassiony *et al.*, 2010). بیشترین قطر بلال در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با ترکیب کود آبیاری اسیدهیومیک، محلوپاشی جلبک دریایی و اسیدآمینه (۴۵/۶ میلی‌متر)، کاربرد ۷۵ درصدی کود با محلول‌پاشی اسیدآمینه (۴۳/۳ میلی‌متر) و محلول‌پاشی اسیدفولویک (۴۴/۰ میلی‌متر)، عدم استفاده از کود با محلول‌پاشی اسیدفولویک (۴۳/۳ میلی‌متر) و محلول‌پاشی اسید فولویک (۴۳/۷ میلی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف، در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با کود آبیاری اسید هیومیک (۳۸/۶) و عدم استفاده از محرک‌های رشدی (۴۱/۳) و از کاربرد ۷۵ درصدی کود با محلول‌پاشی جلبک دریایی (۳۸/۸) و ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسید آمینه (۳۸/۸) به‌دست آمد (جدول ۳). اسید فولویک، یکی از ترکیبات هیومیکی با جرم مولکولی پایین است و در محلول‌های اسیدی و بازی حل می‌شود و این ویژگی، آن را از اسید هیومیک متمایز می‌کند که فقط در محلول‌های بازی حل می‌شود. اسید فولویک، نوعی کلات کننده مناسب با قدرت تبادل یونی بالا است که قدرت جذب عناصر معدنی را در گیاهان افزایش می‌دهد که در نتیجه آن، مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد و باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌شود (Vaughan & Linehan). کاربرد عصاره جلبک، باعث افزایش رشد گیاه، تعداد برگ، تحریک رشد ریشه، تسریع زمان گلدهی، افزایش تشکیل میوه، تأخیر در پیری برگ و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و درجه حرارت و افزایش کمیت و کیفیت میوه می‌شود (Sunarpi *et al.*, 2010; Shokouhi Far, 2016). طی تحقیقی، تأثیر مثبت محلول‌پاشی عصاره جلبک‌های دریایی بر افزایش طول سنبله در گیاه گندم گزارش شد (Mukesh *et al.*, 2013). اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست‌توده تولیدی و ارتفاع بوته می‌شود (Ayas & Gulser, 2015). اسید هیومیک به علت خواص سایتوکینینی، موجب به تأخیر انداختن تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها در برگ و پیری در گل‌ها می‌شود و این ترکیبات نیز در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به جوانه‌های در حال رشد نقش اساسی دارند و از این طریق موجب افزایش میزان ماده خشک در گل‌ها و افزایش طول عمر آن‌ها می‌شوند (Arteca, 1996).

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که وزن صد دانه، تحت تأثیر مقادیر مختلف کودی و محرک‌های رشدی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴)، به‌طوری‌که وزن صد دانه در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با محلول‌پاشی جلبک دریایی (۲۸/۳ گرم) و کاربرد ۷۵ درصدی کود با محلول‌پاشی اسیدآمینه (۲۸/۶ گرم) و ترکیب اسیدهیومیک، جلبک دریایی و اسیدآمینه (۲۸/۸ گرم)، بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۵). اسیدهیومیک می‌تواند از طریق بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست توده گیاهی، وزن هزار دانه را افزایش دهد (Gholami *et al.*, 2015). محققین بیان کردند که وزن هزار دانه رازیانه در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک در مقایسه با شاهد، ۱۱ درصد افزایش

یافت (Gholami *et al.*, 2015). از آن‌جا که‌اسیدهای آمینه به دلیل این‌که واحدهای سازنده پروئتئین هستند و در سنتز آن‌ها نقش دارند، با افزایش آن‌ها، میزان پروتئین دانه بیشتر می‌شود.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت، غلظت آهن و روی اندام هوایی و عملکردهای کاه، زیستی و دانه در ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی.

Table 4. Variance analysis (Mean Squares) of 100-seed weight, harvest index, Fe and Zn concentrations in shoot, and straw, biological and seed yields in corn affected by different fertilizer levels and growth stimulants.

S.O.V	d.f	Mean Squares						
		100-kernal weight	Straw yield	Biological yield	Seed yield	Harvest index	Fe	Zn
Block	2	0.08	1149976	542573	113135	0.31	13.82	0.50
Growth stimulants (G)	6	5.24**	219591511**	257065549**	3177477*	3.64**	2853**	156.2**
Fertilizer (F)	2	7.10**	6652990	26050485*	13152919**	13.87**	3160**	1675**
GF	12	10.20**	228828863**	279607265**	5737402**	4.61**	1838**	109.4**
Error	40	0.43	7375914	7370906	154564	0.36	160.1	0.74
C.V (%)		2.52	3.60	3.12	3.38	4.56	3.97	3.04

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۵- اثر سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی روی وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و عملکردهای کاه، زیستی و دانه در ذرت.

Tables 5- Effect of different fertilizer levels and growth stimulants (G) treatments on 100-seed weight, harvest index, and straw, biological,and seed yields in corn.

	Treatments	100-kernal weight (g)	Straw yield (kg ha^{-1})	Biological yield (kg ha^{-1})	Harvest index (%)	Seed yield (kg ha^{-1})
0% fertilizer	G1	24.3±1.0^{hi}	84050±1456^{b}	94729±1524^{bc}	11.3±0.2^{l}	10679±139^{hi}
	G2	25.2±0.0^{gh}	67914±1176^{gh}	78108±1125^{jk}	13.1±0.3^{f-j}	10193±112^{i}
	G3	28.3±0.3^{ab}	78507±1360^{c}	90074±1328de	12.8±0.2^{g-j}	11567±65^{fh}
	G4	24.5±0.2^{hi}	86029±1490^{b}	97595±1613^{b}	11.9±0.2^{kl}	11567±223^{fg}
	G5	25.8±0.5^{d-g}	74279±1287^{c-e}	86594±1413^{e-g}	14.2±0.2^{b-e}	12316±226^{c-e}
	G6	26.4±0.2^{c-f}	69007±1195^{f-h}	80703±1280^{h-k}	14.5±0.2^{b-d}	11696±155^{e-g}
	G7	22.8±0.3^{j}	65807±1140^{gh}	73220±1042^{lm}	10.1±0.4^{m}	7413±236^{j}
75% fertilizer	G1	25.4±0.1^{f-h}	68850±1193^{f-h}	79329±1305^{ik}	13.2±0.1^{f-i}	10479±113^{hi}
	G2	28.6±0.2^{a}	70257±1217^{e-g}	82100±1407^{h-j}	14.4±0.3^{c-d}	11843±293^{d-f}
	G3	25.7±0.2^{e-g}	92729±1606^{a}	105952±1697^{a}	12.5±0.1^{i-k}	13224±101^{ab}
	G4	26.7±0.4^{c-e}	78250±1355^{c}	90640±1209^{c-e}	13.7±0.6^{d-h}	12390±531^{cd}
	G5	26.7±0.1^{cd}	77150±1782^{cd}	89514±1845^{d-f}	13.8±0.4^{d-g}	12364±328^{cd}
	G6	23.6±0.1^{ij}	72836±1682^{d-f}	82978±1754^{g-i}	12.2±0.2^{j-l}	10142±72^{i}
	G7	28.8±0.0^{a}	72843±1682^{d-f}	85129±1439^{f-h}	14.4±0.7^{b-d}	12286±462^{c-e}
100% fertilizer	G1	27.4±0.7^{bc}	83780±1935^{b}	96673±1941^{b}	13.3±0.3^{e-i}	12893±13^{bc}
	G2	25.3±0.1^{f-h}	59386±1371^{i}	70470±1280^{m}	15.7±0.5^{a}	11084±208^{gh}
	G3	28.3±0.4^{ab}	65607±1515^{h}	77018±1551^{kl}	14.8±0.3^{a-c}	11410±119^{fg}
	G4	25.1±0.1^{gh}	77886±1799^{c}	91508±1632^{cd}	14.9±0.4^{ab}	13622±167^{a}
	G5	25.1±0.1^{gh}	72514±1675^{ef}	84197±1741^{gh}	13.9±0.2^{c-f}	11683±77^{e-g}
	G6	26.3±0.2^{d-f}	83779±1935^{b}	96079±1787^{b}	12.8±0.4^{h-k}	12300±148^{c-e}
	G7	24.0±0.7^{i}	83781±1935^{b}	97086±1835^{b}	13.7±0.4^{d-h}	13305±147^{ab}

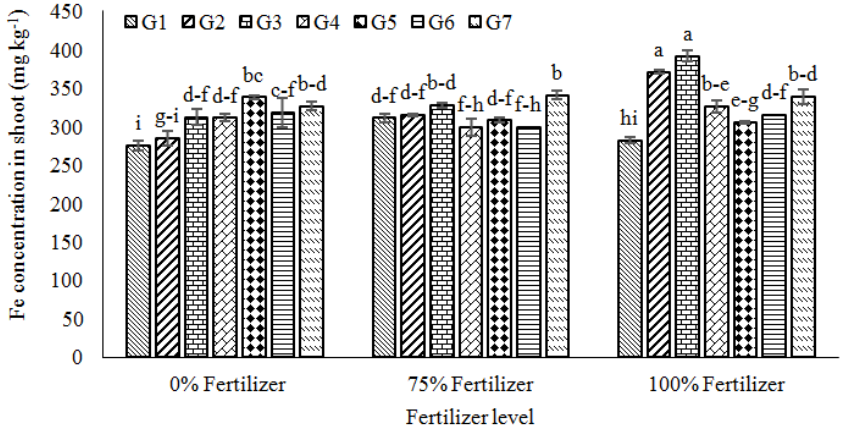
G1: شاهد، G2: محلول‌پاشی اسیدآمینه، G3: محلول‌پاشی جلبک دریایی، G4: کود آبیاری اسید هیومیک، G5: محلول‌پاشی اسید فولویک، G6: محلول‌پاشی اسید هیومیک،G7: ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسید آمینه. حروف مشترک در هر ستون، نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

G1: Control, G2: Foliar application of amino acid, G3: Foliar application of seaweed, G4: Humic acid irrigation fertilizer, G5: Foliar application of fulvic acid, G6: Foliar application of humic acid, G7: Humic acid irrigation fertilizer + Foliar application of seaweed + amino acid. Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 1% of probability level.

اثر متقابل مقادیر کودی و استفاده از محرک‌های رش،دی تأثیر معنی‌داری بر عملکردهای کاه و زیستی در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۴). جدول مقایسه میانگین برهمکنش مقادیر کودی و محرک‌های رشدی نشان داد که بیشترین عملکرد کاه (۹۲۷۲۹ کیلوگرم در هکتار) و زیستی (۱۰۵۹۵۲

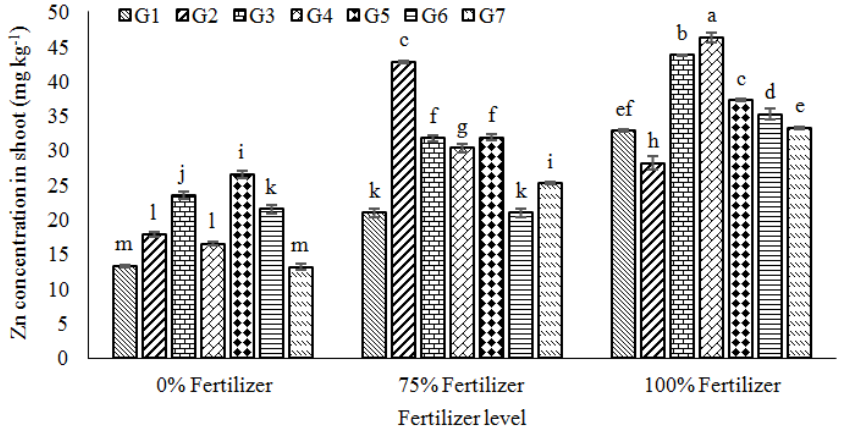
کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد ۷۵ درصدی کود با محلول‌پاشی جلبک دریایی به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت، تحت تأثیر برهمکنش سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بالاترین شاخص برداشت در تیمارهای ۱۰۰ درصد کود با محلول‌پاشی اسیدآمینه (۱۵/۷ درصد)، کودآبیاری اسید هیومیک (۱۴/۹ درصد) و محلول‌پاشی جلبک دریایی (۱۴/۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). طی تحقیقی، افزایش رشد رویشی، کلروفیل a و b، پروتئین و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز تحت تأثیر جلبک دریایی مشاهده و اعلام شد که محلول‌پاشی جلبک دریایی، سبب تولید محرک‌های رشد زیستی از قبیل هورمون‌های رشد و متابولیت‌های دیگر در گیاه می‌شود که افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، سنتز کلروفیل و پروتئین را در پی دارد (Latique *et al.*, 2013) و به تبع آن عملکرد زیستی و کاه افزایش می‌یابد.

اثر متقابل کاربرد سطوح مختلف کودی و محرک‌های رشدی، تأثیر معنی‌داری روی غلظت‌های آهن و روی در اندام هوایی ذرت داشت (جدول ۴). بیشترین میزان آهن از تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با محلول‌پاشی اسیدآمینه (۳۷۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و محلول‌پاشی جلبک دریایی (۳۹۲/۰ میلی‌گرم درکیلوگرم) به‌دست آمد، به‌طوری‌که گیاهان این تیمارها به‌ترتیب، ۳۷/۷ و ۳۹/۰ درصد آهن بیشتری در اندام‌های هوایی جذب کردند (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل مقادیر کودی و محرک‌های رشدی نشان داد که بیشترین غلظت روی در اندام‌های هوایی از تیمار کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با استفاده از اسیدهیومیک به‌صورت کود آبیاری (۴۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد (شکل ۲). یکی از مزایای مهم اسید هیومیک، توانایی کلات شدن مواد مغذی مختلف برای غلبه بر کمبود مواد غذایی است (Ghorbani *et al.*, 2010). اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی‌ها، منجر به تحریک رشد گیاه، تحریک یا ممانعت از فعالیت‌های آنزیمی، تغییر در نفوذپذیری غشای سلولی و در نتیجه افزایش تولید زیست توده می‌شود (El-Ghamry *et al.*, 2009).



شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت آهن در ساقه تحت تأثیر مقادیر کودی و محرک‌های رشدی در ذرت. (G1: شاهد، G2: محلول‌پاشی اسیدآمینه، G3: محلول‌پاشی جلبک دریایی، G4: کود آبیاری اسید هیومیک، G5: محلول‌پاشی اسید فولویک، G6: محلول‌پاشی اسید هیومیک،G7: ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسید آمینه. میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Figure 1. Means comparison of Fe concentration in shoot affected by the fertilizer levels and growth stimulants in corn. (G1: Control, G2: Foliar application of amino acid, G3: Foliar application of seaweed, G4: Humic acid irrigation fertilizer, G5: Foliar application of fulvic acid, G6: Foliar application of humic acid, G7: Humic acid irrigation fertilizer + Foliar application of seaweed + amino acid. Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 1% of probability level.



شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت روی در ساقه، تحت تأثیر مقادیر کودی و محرک‌های رشدی در ذرت. (G1: شاهد، G2: محلول‌پاشی اسیدآمینه، G3: محلول‌پاشی جلبک دریایی، G4: کود آبیاری اسید هیومیک، G5: محلول‌پاشی اسید فولویک، G6: محلول‌پاشی اسید هیومیک،G7: ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسید آمینه. میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند).

Figure 2. Means comparison of Zn concentration in shoot affected by fertilizer levels and growth stimulants in corn. (G1: Control, G2: Foliar application of amino acid, G3: Foliar application of seaweed, G4: Humic acid irrigation fertilizer, G5: Foliar application of fulvic acid, G6: Foliar application of humic acid, G7: Humic acid irrigation fertilizer + Foliar application of seaweed + amino acid. Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 1% of probability level.

برهمکنش مقادیر کودی و محرک‌های رشدی در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه ذرت داشت (جدول ۴). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد ۱۰۰ درصدی کود و کودآبیاری هیومیک اسید (۱۳۶۲۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و با تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود با ترکیب کود آبیاری اسید هیومیک، محلول‌پاشی جلبک دریایی و اسیدآمینه (۱۳۳۰۵ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد ۷۵ درصدی کود در محلوپاشی جلبک دریایی (۱۳۲۲۴ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). جدول همبستگی صفات مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع (r=۰/۴۳)، قطر چوب بلال (r=۰/۴۵)، قطر بلال (r=۰/۳۴)، طول بلال (r=۰/۳۹)، تعداد دانه در ردیف (r=۰/۴۴)، وزن صد دانه (r=۰/۴۱)، عملکرد کاه (r=۰/۵۲)، عملکرد زیستی (r=۰/۶۲)، شاخص برداشت (r=۰/۵۷) و میزان غلظت روی در اندام هوایی (r=۰/۶۳) داشت (جدول ۶). اسید هیومیک، نفوذپذیری غشای سلولی را بالا می‌برد که به سبب آن، فشار داخل سلولی و تقسیم سلولی افزایش پیدا می‌کند و از طرفی موجب افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز، جذب نیتروژن به درون سلول بیشتر وکاهش تولید نیترات می‌شود و در نهایت منجر به افزایش تولید می‌شود (Giasuddin *et al.*, 2007). پژوهشی نشان داد که اسید هیومیک، جذب نیترات و فعالیت آنزیم ATP آز در غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه افزایش داد؛ همچنین به سبب افزایش فتوسنتز و جذب عناصرغذایی، بر میزان عملکرد دانه در ذرت افزوده شد (Pinton *et al.*, 1999). عصاره جلبک دریایی، یکی از منابع تجدیدپذیر می‌باشد که دارای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و برخی عناصر ریزمغذی (آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن و منگنز)، هورمون‌های رشد (اکسین و سیتوکنین)، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه است و سبب تحریک رشد و نمو و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Elumalai & Rathore *et al.*, 2009; ; Rengasamy, 2012; Shahbazi *et al.*, 2015). گزارش شده است که محلول‌پاشی جلبک دریایی، عملکرد سویا (Rathore *et al.*, 2009) گندم (Shahbazi *et al.*,

2015)، نیشکر (Deshmukh & Phonde, 2013) و بادام زمینی (Sridhar & Rengasamy, 2010) را افزایش داده است. همچنین محلول‌پاشی جلبک دریایی افزایش ۵۷ درصدی عملکرد دانه سویا به سبب افزایش اجزای عملکرد از طریق افزایش جذب عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد را در پی داشته است (Rathore *et al.*, 2009). استفاده از عصاره مایع جلبک دریایی (۲۰ درصد) روی گندم، منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی، رشد و عملکرد (تعداد دانه و وزن خشک بذر) در گندم شد (Kumar & Sahoo, 2011). نتایج نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی سبز و قرمز و عصاره‌های تجاری جلبک دریایی با کمپوست، رشد رویشی و عملکرد خیار را بهبود بخشید (Ahmed & Shalaby, 2012).

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی

Table 6. Correlation coefficients between studied traits.

Traits	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	1.00												
B	0.44**	1.00											
C	-0.01	0.15	1.00										
D	0.28*	0.28*	0.32*	1.00									
E	-0.20	-0.01	0.09	-0.01	1.00								
F	0.28*	0.19	0.18	0.43**	0.10	1.00							
G	0.25*	0.18	-0.01	0.27*	-0.05	0.13	1.00						
H	-0.07	0.27*	0.24	0.22	-0.02	0.19	-0.05	1.00					
I	0.01	0.32*	0.27*	0.26*	-0.04	0.24	0.01	0.99**	1.00				
J	0.53**	0.19	0.10	0.16	-0.13	0.26*	0.49**	0.99**	-0.28*	1.00			
K	0.49**	0.03	-0.10	0.12	0.02	0.11	0.18	-0.40**	-0.32**	0.47**	1.00		
L	0.67**	0.63**	0.16	0.36**	-0.10	0.23	0.44**	0.05	0.14	0.61**	0.35**	1.00	
M	0.43**	0.45**	0.34**	0.39**	-0.11	0.44**	0.41**	0.52**	0.62**	0.57**	0.09	0.63**	1.00

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده همبستگی در سطح احتمال پنج و یک درصد. A: ارتفاع، B: قطر چوب بلال، C: قطر بلال، D: طول بلال، E: تعداد ردیف در بلال، F: تعداد دانه در ردیف، G: وزن صد دانه، H: عملکرد کاه، I: عملکرد زیستی، J: شاخص برداشت، K: غلظت آهن، L: غلظت روی و M: عملکرد دانه.

* and **: significant correlation at 5% and 1% of probability level, respectively. A: height, B: corn cob diameter, C: ear diameter, D: ear length, E: number of rows per ear, F: number of grains per row, G: 100-seed weight, H: straw yield, I: biological yield, J: harvest index, K: Fe concentration, L: Zn concentration and M: Seed yield.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از محرک‌های رشدی می‌توان از مصرف کودهای شیمیایی کاست، به‌طوری‌که به عملکرد آن لطمه‌ای وارد نشود. همچنین نتایج این پژوهش ثابت کرد که استفاده از جلبک دریایی، عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد و با استفاده از آن می‌توان در مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز گیاه، ۲۵ درصد صرفه‌جویی کرد. همچنین علاوه بر تولید حداکثری ذرت، می‌توان به یکی از مؤلفه‌های اصلی کشاورزی پایدار در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی عمل نمود. طبق نتایج این پژوهش، استفاده از جلبک

دریایی در تولید ذرت توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Ahmed, Y. M. & E. A. Shalaby. (2012). Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants,* 4(3), 235-240.
2. Aminifard, M. H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M. & Hawa, Z. E. (2012). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology,* 11(68), 13179-13185.
3. Arteca, R. N. (1996). *Plant Growth Subsances: Principle and Applications. Chapman and Hall.* New Yourk.
4. Ayas, H. & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences,* 5 (6), 801- 804.
5. Ayas, H., & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences,* 5(6), 801-804.
6. Canellas, L. P. & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1–3.
7. Cristian Popescu, G. & Popescu, M. (2014). Effect of the Brown Alga Ascophyllum Nodosum As Biofertilizer on Vegetative Growth in Grapevine (*Vitis Vinifera* L.). *Current Trends in Natural Sciences*, 3, 61–67.
8. Deshmukh, P. S. & Phonde, D. B. (2013). Effect of seaweed extract on growth, yield and quality of sugarcane. *International Journal of Agricultural Sciences,* 9 (2), 750-753.
9. El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Baky, M. M. H. & Asmaa, R.M. (2010). Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences,* 6(2), 169-175.
10. El-Ghamry, A. M., Abd El-Hai, K. M. & Ghoneem, K. M. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayed soil. *Australian Journal Basic and Applied Science,* 3(2), 731-739.
11. Elumalai, L. K. & Rengasamy, R. (2012). Synergistic effect of seaweed manure and Bacillus sp. on growth and biochemical constituents of *Vigna radiata* L. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides,* 3(3), 1-7.
12. Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science,* 6, 583-588.
13. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *Data, Crops, Retrieved March, 12, 2021,* from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
14. Gholami, A., Akbari, I. & Abbas Dokht, H. (2015). Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgar*). *Journal of Agroecology,* 7(2), 215-224. (In Persian)
15. Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M. & Banayan Aval, M. (2010). Effect of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.*). Journal of Ecological Agriculture,* 1, 123-131. (In Persian)
16. Ghorbani, S., Khazaei, H., Kafi, M. & Banayan aval, M. (2010). Effect of using humic in irrigation water on corn yield. *Journal of Agricultural Ecology,* 2(1), 111-118. (In Persian)
17. Giasuddin, A. B. M., Kanel, S. & Choi, H. 2007 Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Journal Environment Science Technology*. 41(6), 2022-2027.
18. Kumar, G. & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. pusa gold. *Journal of Applied Phycology,* 23(2), 251-255.
19. Latique, S., Chernane, H., Mansori, M. & El Kaoua, M. (2013(. Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant (*Phaesolus vulgaris* variety paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*, 9 (30), 174-191.
20. Mackowiak, C. L., Grossl, P. R. & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1744–1750.
21. Mojaddam, M., Dashti, M. & Derogar, N. (2016). Effect of humic acid and nitrogen fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics and nitrogen use efficiency of spring corn. *Journal of Crop Production Research,* 8(1), 43-50. (In Persian)

22. Mukesh, T. S., Sudhakar, T. Z., Doongar, R. C., Karuppanan, E. & Jitendra, C. (2013). Seaweed sap as alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal Plant Nutrition,* 36 (1), 192-200.
23. Nahed, A. A., Lona, T. & Soad, M. M. I. (2009). Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. *Ozean Journal of Applied Sciences,* 2, 169-179.
24. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry,* 34, 1527-1536.
25. Pinton, R., Cesco, S., Lacolettig, G., Astolfi, S. & Varanini, Z. (1999). Modulation of NO3-uptake by water–extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H+Atpase. *Plant Soil,* 215, 155-161.
26. Raeisi, M., Farahani, L. & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biosciences,* 4(1), 463-468.
27. Rathore, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S. T., & Patolia, J. S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany,* 75, 351-355.
28. Rouessac, F. & Rouessac, A. (2007). Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
29. Saffar Sabzevar, M. & Jami Moeini, M. (2015*). Reaction yield and yield components of Setaria italica under foliar spraying humic and fulvic acid*. Novel Finding in Bioscience and Agriculture, University of Zabol, Iran, 31 May 2015, 1-8. (In Persian)
30. Samavat, S. & Malakooti, M. (2006). Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers*, 463, 1-13.
31. Sanjari, M., Siroosmehr, A. & Fakheri, B. (2015). The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. *Journal of Crops Improvement,* 17(2), 403-414. (In Persian)
32. Shahbazi, F. Seyyed nejad, M. Salimi, A. & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences,* 8 (3), 283- 287.
33. Shokouhi Far, Y. (2016). *Application of algae in agriculture. Second International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Iran* (Tabriz), 23-25 Feb, 3-4.
34. Sridhar, S. & Rengasamy, R. (2010). Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. *Recent Research in Science and Technology,* 2 (5), 73-80.
35. Sunarpi, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N. I. & A. Nikmatullah. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience,* 2(2), 73-77.
36. Taghadosi, M., Hasani, N. & Sinki, J. (2012). Irrigation stress and spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in sorghum. *Crop Production under Environmental Stresses,* 4(1),1-12.
37. Taghadosi, M. Hasani, N. & sinky, J. (2012). Disruption of irrigation and spraying stress with humic acid and algae extract on antioxidant enzymes and propylene in forage sorghum. *Journal of Crop Production in Environmental Conditions,* 4(4),1-12. (In Persian).
38. Tan, K. H. (2003). *Humic Matter in Soil and the Environment.* Marcel Dekker, Inc., Madison, New York, 408 Pp.
39. Vaughan, D. & Linehan, D. J. (2004). The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. *Plant and Soil,* 44, 445-449.