Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد دهم، شماره دوم، ۱۳۹۹
۶۹-۸۸
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16943.1905

بررسی تأثیر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در یک خاک آهکی (مطالعه موردی استان خوزستان)

***محمدرضا رفیع[۱] و محمود صلحی[۲] و مریم جوادزاده[۳]**

[۱]استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، [۲]استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، [۳]محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: با وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی در خاک‌های آهکی، فرم قابل‌جذب این عناصر کم‌تر از مقدار لازم برای رشد گیاه بوده و کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدودکننده تولید محصول گیاهان به‌ویژه گندم در این خاک‌ها محسوب می‌شود. کاربرد محرک‌های رشد گیاهی ممکن است از طریق افزایش جذب عناصر غذایی گیاه باعث بهبود عملکرد و کیفیت گندم شود. بنابراین، هدف از انجام این بررسی، مقایسه اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی گندم رشد یافته در یک خاک آهکی است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به‌مدت یک سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک)، کاربرد اسید آمینه آزاد (L)، اسید فولویک، عصاره جلبک دریایی، اسید هیومیک، مایه تلقیح ازتوباکتر و مصرف توأم محرک‌های رشد (به‌جز اسید فولویک). محرک‌های رشد اسید آمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله و اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری به‌میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در مراحل اولیه رشد (قبل از پنجه‌زنی) استفاده شدند. در این پژوهش صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، زیست‌توده، پروتئین دانه و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن دانه اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصله توسط نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس‌شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

یافته‌ها: اثر محرک‌های رشد بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. کاربرد این مواد صرف‌نظر از نوع ماده مصرفی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۹۹ سانتی‌متر)، تعداد سنبله در مترمربع (۶۳۳)، تعداد دانه در سنبله (۴۳/۳۳)، وزن هزاردانه (۴۶/۱۲) و عملکرد دانه (۸۶۱۷/۷۱ کیلوگرم در

* مسئول مکاتبه: rafie1670@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

هکتار) در تیمار مصرف توأم محرک‌های رشد به‌دست آمد و نسبت به کاربرد تکی این مواد برتری معنی‌داری داشت. مصرف محرک‌های رشد باعث افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه، غلظت‌های پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن دانه در سطح احتمال ۱ درصد گردید. مصرف مواد مزبور بر غلظت فسفر دانه اثر معنی‌داری نداشتند. مصرف توأم محرک‌های رشد گیاهی باعث بیش‌ترین افزایش درصد پروتئین، پتاسیم، روی، منگنز و آهن دانه نسبت به شاهد شد. در بین محرک‌های رشد، اسید آمینه باعث بیش‌ترین افزایش درصد پروتئین و غلظت آهن دانه شده و اسید هیومیک باعث بیش‌ترین افزایش در غلظت پتاسیم، مس، روی و منگنز دانه نسبت به شاهد گردید.

نتیجه‌گیری: کاربرد توأم محرک‌های رشد گیاهی بهترین عملکرد و کیفیت دانه را نسبت به مصرف تکی این مواد تولید نمود. بنابراین می‌توان تلقیح بذور گندم با ازتوباکتر، مصرف اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری در اوایل رشد گیاه و محلول‌پاشی اسید آمینه و عصاره جلبک دریایی در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله را توصیه نمود. بر اساس نتایج به‌دست آمده در بین محرک‌های رشد به‌صورت تکی اولویت مصرف با کاربرد اسید آمینه یا اسید هیومیک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، اسیدفولویک، اسیدهیومیک، جلبک دریایی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی و تامین‌کننده بیش‌ترین نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای در حال توسعه است. استان خوزستان با سطح زیر کشت ۳۸۰۰۰۰ هکتار، بیش‌ترین سطح زیر کشت گندم آبی را در کشور به خود اختصاص داده است (۲). عملکرد گندم در واحد سطح در ایران، به‌دلیل آهکی بودن خاک، از متوسط تولید جهانی پایین‌تر می‌باشد (۲۶). خاک‌های آهکی با داشتن مقادیر زیاد کربنات کلسیم، در زمینه کشاورزی با مشکلات زیادی مواجهند. خاک‌های آهکی، در ترکیب مواد مادری خود دارای مقادیر زیادی کربنات کلسیم بوده و در ساختار خود یک افق کلسیک دارند. تجمع کربنات کلسیم ثانویه در این افق به‌گونه‌ای است که مقدار کربنات کلسیم معادل آن بیش از ۱۵ درصد بوده و نسبت به افق‌های زیرین خود بیش از ۵ درصد کربنات دارد (۱۶). یکی از عمده‌ترین مسائل کشاورزی ایران، کاهش آثار سوء ناشی از زیادی کلسیم در خاک است. بیش‌تر خاک‌های ایران در گروه خاک‌های به‌شدت آهکی به‌شمار می‌روند. برای مثال میزان کربنات کلسیم خاک‌های خوزستان تا ۵۸ درصد اندازه‌گیری شده است. بالا بودن pH در این خاک‌ها مسائل متعددی را از نقطه‌نظر تغذیه گیاه و به‌ویژه دشواری‌هایی در جذب عناصر غذایی، از جمله فسفر، روی، آهن و منگنز ایجاد می‌کند (۶). مهم‌ترین آثار سوء زیادی آهک در خاک‌های زراعی، واکنش آن با بعضی از عناصر کودی و تبدیل آن‌ها به ترکیبات تقریباً نامحلول و غیرقابل استفاده توسط گیاه می‌باشد. یکی از دلایل بروز مشکلات تغذیه‌ای در خاک‌های آهکی، وجود غلظت بالای بیکربنات در محلول خاک و محیط ریشه است که بنیان آن به وجود آهک فراوان در خاک بر می‌گردد. برخی از پژوهشگران در توجیه تأثیر آهک بر زرد برگی گیاهان، نقش بیکربنات را مهم‌تر از بقیه عوامل می‌دانند. وجود شرایط نامناسب خاک مانند بافت سنگین و فشردگی خاک، رطوبت بالا، زهکشی ضعیف، فعالیت بالای میکروارگانیسم‌ها و تنفس ریشه گیاهان با افزایش فشار جزئی CO_2 در خاک، باعث افزایش غلظت بی‌کربنات در محلول خاک می‌شود (۳۰). در خاک‌های آهکی و قلیایی به‌رغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (مانند فسفر، آهن و

www.SID.ir

Archive of SID

روی) در این خاک‌ها، فرم محلول و قابل‌جذب این عناصر کم‌تر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه بوده و کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدودکننده تولید محصول در این خاک‌ها محسوب می‌شود (۲۶).

به‌نظر می‌رسد در شرایط خاک‌های آهکی، محرک‌های رشد گیاهی بتوانند به‌عنوان یک استراتژی برای بهبود جذب عناصر غذایی استفاده شوند (۵۲). به‌کارگیری انواع کودهای طبیعی به‌عنوان محرک‌های رشد با اثر روی توسعه و رشد گیاه یکی از راه‌های افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش کیفیت محصول می‌باشد. این کودها گروه نسبتاً جدیدی از مواد شیمیایی برای به حداکثر رساندن کمیت و کیفیت محصول، به‌ویژه در شرایط نامطلوب برای رشد گیاه می‌باشند (۴۱). نقش مواد محرک رشد، کنترل و سرعت بخشیدن به فرآیندهای حیاتی گیاه، افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها و توسعه و رشد گیاهی به‌ویژه ریشه‌ها و برگ‌ها می‌باشد (۱۲). محرک‌های رشد گیاهی باعث جوانه‌زنی بهتر بذر و فعالیت بیولوژیکی بهتر گیاهان می‌شوند. این محصولات هم‌چنین برای محیط زیست ایمن هستند (۴۲).

یکی از انواع محرک‌های رشد گیاهی اسیدهای آمینه است (۳۴). اسیدهای آمینه برای تولید محرک‌های رشد به‌وسیله سنتز شیمیایی از پروتئین‌های گیاهی یا حیوانی که به‌وسیله هیدرولیز شیمیایی یا آنزیمی است ساخته می‌شوند (۱۰). اسیدهای آمینه اساس اصلی ساختمان بلوک‌های پروتئین‌ها هستند و وظایف متعدد در ساختار گیاه، سوخت و ساز و حمل و نقل گیاه را بر عهده دارد. اسیدهای آمینه می‌توانند به‌عنوان منبع نیتروژن برای برخی از گیاهان مورد استفاده قرار گیرند (۳۵). اسیدهای آمینه در گیاهان نقش‌های مختلف بازی می‌کنند. این نقش‌ها شامل بیوسنتز هورمون، به‌عنوان پیش سازهای انواع بسیار متنوعی از ترکیبات ثانویه و نیز درگیر شدن در سیستم دفاعی گیاه می‌باشد (۳۳). نتایج سالوا و اوساما (۲۰۱۴) نشان دادند که اسپری برگی اسید آمینه باعث افزایش قابل‌توجهی در ارتفاع، تعداد برگ، تعداد پنجه، سطح برگ پرچم، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد پروتئین و کربوهیدرات در دانه گندم می‌شود (۴۴).

انواع دیگر محرک‌های رشد گیاهی اسیدهیومیک و اسید فولویک می‌باشند. اسید هیومیک سبب تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول با عناصر میکرو گردیده و دارای درصد کربن بیش‌تری نسبت به اسید فولویک می‌باشد ولی اسید فولویک اکسیژن بیش‌تری دارند. میزان گروه‌های کربوکسیل اسید فولویک بیش‌تر از اسید هیومیک است (۴۵). اسید هیومیک نقش مهمی در افزایش تولید گندم دارد. اسید هیومیک جزء فعال‌ترین مواد بیوشیمیایی شناخته شده در خاک هستند که باعث افزایش رشد ریشه، جذب مواد مغذی، سنتز کلروفیل، بهبود جوانه‌زنی بذر، تحریک فعالیت‌های میکروبی سودمند و بهبود عملکرد گیاه می‌شود. اسید هیومیک اثرات مثبتی بر فعالیت آنزیمی، مواد مغذی گیاهی و محرک رشد دارد و به‌عنوان مواد غذایی گیاهی شناخته می‌شود (۱). نتایج شریف (۲۰۰۲) در بررسی اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نشان داد که اضافه کردن ۱ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد افزایش داد (۴۷). امروزه مشتقات اسید فولویک به‌دلیل نقش‌های چندگانه‌ای که در سلول‌های گیاهی بر عهده دارند مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند (۲۲). این ترکیبات در واکنش‌های متعددی شرکت می‌کنند که می‌توان به تثبیت دی‌اکسیدکربن در فتوسنتز و تبدیلات بیوشیمیایی نیتروژن، کربن و سولفور اشاره کرد (۱۵). پژوهشگران معتقدند که مشتقات اسید فولویک نقش بسیار مهمی در فرآیندهای متابولیسمی سلول‌های زنده برعهده دارد. به‌طوری‌که، در پژوهشی

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داده شده است که با کاربرد اسید فولیک در مراحل فنولوژیکی مختلف جو و گندم، عملکرد دانه، میزان اسیدهای آمینه و پروتئین دانه این گیاهان افزایش یافت (۲۲). در بسیاری از مطالعات، اسید هیومیک و اسید فولویک برای افزایش طول ریشه و افزایش جذب عناصر معدنی و افزایش وزن تر و خشک گیاهان زراعی گزارش شده است (۹).

یکی دیگر از انواع محرک‌های رشد گیاهی عصاره جلبک دریایی است. استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان کودهای جلبکی باعث کاهش اختلالات فیزیولوژیکی ناشی از کمبود عناصر معدنی است که برای نمونه می‌توان به افزایش تولید دانه و افزایش مقاومت نسبت به سرما و حشرات اشاره کرد (٤۹). از دیگر خواص کاربرد جلبک‌ها علاوه بر دارا بودن نیتروژن و سطوح بالایی از عناصر معدنی، دارا بودن هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد است. وجود ترکیبات هورمونی چون اکسین، جیبرلین و سیتوکینین در عصاره جلبک به اثبات رسیده است و به همین دلیل کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌عنوان کود سبب افزایش رشد و تولید در گیاهان می‌شود (٥٤). غفاری‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی پنج سطح عصاره جلبک دریایی (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) را بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گندم بررسی نمودند. در این مطالعه سطح ۱۰ درصد جلبک دریایی بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۹/۵۱ گرم در گلدان)، تعداد دانه در سنبله (۳۷/٤٤) و شاخص برداشت سنبله (۷۸/۳۸ درصد) را تولید نمود (۱۷).

نوع دیگری از محرک‌های رشد گیاهی کودهای بیولوژیک یا کودهای میکروبی شامل موادی هستند که حاوی یک و یا چند گونه میکروارگانیسم خاص بوده که از طریق تامین بخشی از یک عنصر مورد نیاز گیاه و یا مواد محرک رشد، به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند (۲۷). خسروی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که جدایه‌های مختلف بومی ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد و شاخص‌های رشدی گندم شده است (۲۷). توسلی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر مخلوطی از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس را به سه روش بر روی گندم بررسی نمودند (۵۳). نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد به روش بذرمال، کودآبیاری و اسپری برگی عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌ترتیب ٤٥/٥، ۳۷/۳ و ۲٤/۹ درصد افزایش داد. علی‌رغم گزارش‌ها اثرات مطلوب محرک‌های رشد گیاهی بر خصوصیات رویشی، عملکرد و کیفیت دانه گندم، مقایسه این ترکیبات بر عملکرد گندم در خاک‌های آهکی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، هدف از انجام این بررسی، مقایسه اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی مختلف بر روی جذب عناصر غذایی، کیفیت و عملکرد دانه گندم نان رقم برات در یک خاک آهکی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با ´۳٦ :°۳۰ عرض شمالی و ´۱٤ :°۵۰ طول شرقی، به‌مدت یک سال زراعی (۹۷-۱۳۹٦) اجرا شد (شکل ۱). تیمارها عبارتند از: شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک)، اسید آمینه آزاد (L)، اسید فولویک، عصاره جلبک دریایی، اسید هیومیک، مایه تلقیح ازتوباکتر و مصرف توأم تیمارها (به‌جز اسید فولویک). محل آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. استفاده از مواد محرک رشد در تیمار مصرف توأم تیمارها، اول، تحریک رشد گیاه در مرحله کاشت (تلقیح بذر با ازتوباکتر) می‌باشد. دوم، کاربرد اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری همراه با دومین آبیاری، رشد گیاه را تحریک می‌کند. سوم، محلول‌پاشی اسید

www.SID.ir

Archive of SID

آمینه و جلبک دریایی در مراحل حساس رشد گندم (پنجه‌زنی و ظهور کامل خوشه) سبب بهبود رشد و توسعه گیاه می‌شود. قبل از انجام آزمایش یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر از محل آزمایش جمع‌آوری و برخی از ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). براساس سیستم جامع طبقه‌بندی (USDA, Date)، این خاک از رده Aridic Calciustepts محسوب می‌شود. بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (ECe) اندازه‌گیری شد. pH خاک در سوسپانسیون خاک:آب ۱:۲/۵ با استفاده از pH متر رقومی اندازه‌گیری شد. درصد ماده آلی خاک به روش والکی و بلک (٥٦)، نیتروژن کل (TN) با استفاده از روش کجلدال (۷)، فسفر قابل‌جذب گیاه (P) به روش اولسن (۳۷) با دستگاه اسپکترفتومتر و پتاسیم قابل‌جذب گیاه با روش استات آمونیوم نرمال اندازه‌گیری شدند. عناصر کم‌مصرف قابل‌دسترس با عصاره‌گیر DTPA به روش لیندزی و نورول (۲۹) و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. خاک محل آزمایش با انجام عملیات‌های شخم، دیسک و تسطیح آماده گردیده و به کرت‌هایی در اندازه‌های ٤×٦ متر تقسیم‌بندی شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. رقم گندم مورد استفاده در این آزمایش برات بود که دارای عملکرد بالا، تحمل به بیماری زنگ زرد و زنگ سیاه، تحمل به ریزش دانه و خوابیدگی بوته، نسبتاً زودرس و پرپنجه است. بذور ضدعفونی‌شده گندم با میزان بذر مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها در تاریخ ۲۰ آذرماه ۱۳۹٦ کشت گردید.

قبل از کاشت گیاه، مصرف کود براساس نتایج آزمون خاک صورت گرفت. بر این اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شد. کود نیتروژن به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در ۳ نوبت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه‌زنی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موقع ساقه‌دهی به‌صورت سرک مصرف شد.

بذور گندم قبل از کاشت برای برخی تیمارها با باکتری ازتوباکتر از گونه کروکوکوم تلقیح شدند. هر میلی‌لیتر از مایه تلقیح دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود. مایه تلقیح ازتوباکتر از بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. به این ترتیب که پس از تعیین مقدار بذور آن‌ها در داخل ظرفی ریخته سپس مقدار ۱/۵ درصد مایه تلقیح باکتری به بذور اضافه شد و تمامی محتویات به خوبی تکان داده شده تا باکتری‌ها روی بذور قرار گیرد. (۲۸). محرک‌های رشد اسید آمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور کامل خوشه و اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری به‌میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در مراحل اولیه رشد (با آبیاری دوم) استفاده شدند (١٤، ٢٤، ٨ و ١٩). جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش برموکسینیل اکتانوآت به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و به‌منظور کنترل علف‌های هرز نازک‌برگ از علف‌کش آکسیال به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده گردید. در هنگام برداشت محصول ۳ خط وسط هر کرت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط به مساحت ۲/٤ مترمربع برداشت و در محاسبات منظور شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- مزرعه گندم.

Figure 1. Wheat farm.

پس ازکشت اولین آبیاری به‌طور یکنواخت جهت تمام تیمارها انجام تا مزرعه به‌طور یکنواخت سبز گردد (خاک آب). بعد از سبزشدن کامل مزرعه آزمایشی تمام تیمارها به‌طور یکنواخت آبیاری شده و سپس میزان تبخیر یادداشت و بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و توسط پارشال فلوم اعمال شد. یادداشت‌برداری‌ها شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، زیست‌توده (با رطوبت ۱۲ تا ۱٤ درصد)، ارتفاع، پروتئین دانه و عناصر فسفر و پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن دانه بود. در این پژوهش نتایج صفات حاصله نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experiment place.

بافت	آهن قابل‌جذب	منگنز قابل‌جذب	روی قابل‌جذب	مس قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	فسفر قابل‌جذب	کربن آلی	درصد آهک	پ‌هاش	هدایت الکتریکی	عمق خاک
Soil texture	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	OC (%)	TNV (%)	pH (1:2.5)	EC (dS/m)	Soil depth (cm)
Silty Clay Loam	6.7	11.5	1	0.9	200	11	0.60	55.5	7.8	3.3	0-30

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بین مصرف محرک‌های رشد گیاهی از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت (جدول ۲). بیش‌ترین ارتفاع بوته (۹۹/۰۰ سانتی‌متر) مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها بود که در مقایسه با سایر تیمارها به‌جز تیمار اسید آمینه برتری معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۳). معنی‌دار نشدن اختلاف ارتفاع گیاه در مصرف توأم تیمارها و اسید آمینه، بیانگر آن است که دلیل اصلی افزایش ارتفاع در تیمار مصرف توأم ناشی از کاربرد اسید آمینه در این تیمار می‌باشد. نتایج حاصله با یافته‌های ال- سعید و مهدی (۲۰۱٦) مبنی بر افزایش ارتفاع

www.SID.ir

Archive of SID

بوته تحت‌تأثیر محرک رشد اسیدآمینه مطابقت داشت (١٤). افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در حضور اسید آمینه به‌دلیل اثر اسید آمینه بر افزایش ایندول استیک اسید نسبت داده می‌شود. ایندول استیک اسید از طریق افزایش حجم و تقسیم سلولی سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (٣١). پاپکو و همکاران (٢٠١٤) گزارش کردند که سنتز اسیدهای آمینه برای گیاهان با صرف انرژی زیاد صورت می‌گیرد. بنابراین استفاده از اسیدهای آمینه سنتزشده برای جذب گیاه، به گیاه اجازه می‌دهد که از انرژی خود برای ساخت اسیدهای آمینه صرفه‌جویی کرده و سرعت رشد و توسعه خود را به‌خصوص در زمان‌های بحرانی افزایش دهد (٤٠).

تعداد سنبله در مترمربع: اثر تیمارهای مختلف محرک رشد بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢). بیشینه تعداد سنبله در مترمربع (٦٣٣) با مصرف توأم محرک‌های رشد به‌دست آمد و نسبت به سایر تیمارهای محرک رشد به‌جز اسید هیومیک و اسید آمینه معنی‌دار شد (جدول ٣). بالا بودن تعداد سنبله در مترمربع در مصرف توأم تیمارها را می‌توان به‌دلیل اثر هم‌افزایی اسید هیومیک و اسید آمینه در تیمار مزبور دانست. (٣٩). دلیل افزایش تعداد سنبله در مترمربع در تیمار اسید هیومیک را می‌توان به تأثیر این تیمار بر روی افزایش قدرت پنجه‌زنی نسبت داد (١). دلفاین و همکاران (٢٠٠٥) بیان نمودند که اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه، ریشه گندم و باروری سنبله می‌شود (١١).

جدول ٢- تجزیه واریانس اثر محرک‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و زیست‌توده گندم.

Table 2. Variance analysis of the plant growth biostimulants effect on Plant height, Number of spike per m^2, Number of grain per spike, 1000-grain weight, Grain yield and Biomass of wheat.

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squars					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
محرک رشد گیاهی Plant Growth Stimulus	6	19.33*	3837.30**	7.24*	3.951*	1494189**	11090230**
خطا Error	14	6.54	598.28	2.54	1.15	128668.3	1172753
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.20	4.23	3.87	2.41	4.72	6.45

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار.

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ns not significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج این آزمایش با نتایج پاپکو و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر افزایش تعداد سنبله در مترمربع تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدآمینه نیز مطابقت داشت. تأثیر مثبت اسیدآمینه بر تعداد سنبله در مترمربع ممکن است به‌دلیل سیتوکینین‌ها، ویتامین B_{12} و مواد معدنی باشد که در جهت‌گیری و انتقال متابولیت‌ها از برگ‌ها به اندام‌های تولیدمثل نقش داشته باشند (٤٤).

تعداد دانه در سنبله: اثر تیمارهای مختلف محرک رشد بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها (٤۳/۳۳) و کاربرد اسید آمینه (٤۲/۸۷) بود که در مقایسه با تیمار اسیدفولویک و شاهد برتری معنی‌داری پیدا کردند. معنی‌دار نبودن اختلاف تعداد دانه در سنبله در مصرف توأم تیمارها و اسید آمینه، بیانگر این مطلب است که بیش‌ترین تأثیر افزایش تعداد دانه در سنبله در مصرف توأم تیمارها به‌دلیل کاربرد اسید آمینه در تیمار مصرف توأم می‌باشد. اثر مثبت اسید آمینه بر تعداد دانه در سنبله ممکن است به‌دلیل نقش آن در ساخت DNA، RNA و پروتئین مورد نیاز برای تشکیل آنزیم‌هایی باشد که به‌شدت برای فعالیت حیاتی و افزایش تقسیم سلولی مورد نیاز است که منجر به افزایش این فعالیت‌ها در زمان گلدهی می‌شود (٤). علاوه بر این، اسید آمینه می‌تواند با تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی در مرحله گلدهی مقدار دانه گرده را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش تعداد دانه‌های سنبله شود (٤). یافته‌های حاصله در این پژوهش در مورد تأثیر اسیدهای آمینه بر افزایش تعداد دانه در سنبله با نتایج ال- سعید و مهدی (۲۰۱٦) مطابقت داشت (١٤).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محرک‌های رشد گیاهی بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیوماس گندم.

Table 3. Means comparison of the plant growth biostimulants effect on Plant height, Number of spike per m^2, Number of grain per spike, 1000- grain weight, Grain yield and Biomass of wheat.

زیست‌توده Biomass ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Number of Grain per spike	تعداد سنبله در مترمربع Number of Spike per m^2	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تیمار محرک رشد گیاهی Plant growth stimulation treatment
13663.60^{c}	6305.32^{c}	43.30^{c}	39.00^{b}	535.67^{c}	90.67^{c}	شاهد Control
17818.07^{b}	7980.90^{b}	45.84^{ab}	42.87^{a}	588.67^{ab}	96.33^{ab}	اسید آمینه Amino acid
17133.60^{b}	7803.27^{b}	43.38^{c}	41.33^{ab}	609.67^{ab}	94.53^{bc}	اسید هیومیک Humic acid
16131.15^{b}	7356.26^{b}	45.07^{abc}	39.73^{b}	538.67^{c}	95.07^{b}	اسید فولویک Fluvic acid
16580.25^{b}	7658.55^{b}	44.01^{bc}	41.23^{ab}	581.33^{bc}	94.40^{bc}	جلبک دریایی Seaweed extract
16170.58^{b}	7434.18^{b}	44.03^{bc}	40.80^{ab}	564.33^{bc}	93.67^{bc}	مایه تلقیح ازتوباکتر Inoculation of Azotobacter
20010.16^{a}	8617.71^{a}	46.12^{a}	43.33^{a}	633.00^{a}	99.00^{a}	مصرف توأم تیمارها Use all treatments (except fulvic acid)

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Similar letters in each column present insignificant differences by Duncan test at P<0.05.

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزاردانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مواد محرک رشد بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین وزن هزاردانه (٤٦/١٢ گرم) مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها بود که به‌جز اسید آمینه و اسید فولویک بر سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد. با وجود این‌که محرک‌های رشد اسید فولویک، جلبک دریایی و مایه تلقیح ازتوباکتر باعث افزایش وزن هزاردانه شدند ولی تنها اسید آمینه (٤٥/٨٤ گرم) موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه به‌میزان ۵/۹ درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). احتمالاً دلیل برتری تیمار مصرف توأم نسبت به سایر تیمارها از نظر وزن هزاردانه مربوط به کاربرد اسید آمینه در تیمار مصرف توأم باشد. عظیمی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اسید آمینه باعث افزایش وزن هزاردانه گندم تا ۷ درصد نسبت به شاهد گردید (۳). تأثیر مثبت اسیدهای آمینه بر وزن هزاردانه به جهت اثر اسیدهای آمینه بر ساخت مواد نیتروژن غیرپروتئینی نسبت داده می‌شود (١٤). مانال و همکاران (۲۰۱۸) نتایج مشابهی را در اثر محلول‌پاشی اسید آمینه گزارش کردند (۳۱).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محرک‌های رشد بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد دانه (٨٦١٧/٧١ کیلوگرم در هکتار) مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها بود که در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد. از آن‌جا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی مانند وزن هزاردانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که کاربرد توأم محرک‌های رشد از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد و سایر محرک‌های رشد گردیده است. دلیل برتری تیمار توأم محرک‌های رشد در مقایسه با محرک‌های رشد به‌صورت تکی، کاربرد این مواد در چهار مرحله: زمان کاشت، دومین آبیاری، پنجه‌زنی و ظهور کامل خوشه بوده است، در حالی‌که در تیمارهای تکی محرک رشد بسته به نوع ماده محرک رشد تنها در یک یا دو مرحله از مراحل رشد و نمو گندم مصرف شده‌اند.

هم‌چنین نتایج نشان داد که کاربرد محرک‌های رشد گیاهی به‌صورت تکی صرف‌نظر از نوع ماده مصرفی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (جدول ۳). بین مصرف محرک‌های رشد به تنهایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳) ولی اسیدآمینه (٢٦/٥٧ درصد) بیش‌ترین افزایش و اسید فولویک (١٦/٦٧ درصد) کم‌ترین افزایش عملکرد را نسبت به شاهد تولید نمودند (جدول ۳). علت افزایش عملکرد با کاربرد اسیدهای آمینه را می‌توان به تأثیر مثبت اسیدهای آمینه در رشد گیاه به‌ویژه افزایش ارتفاع گیاه و در نتیجه افزایش سطح برگ نسبت داد (۳۱). در این آزمایش اسید آمینه با افزایش ارتفاع گیاه (جدول ۳) سبب افزایش تشکیل برگ‌های جدید در بالای گیاه شده و باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه گردید (۳۸). عظیمی و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل‌توجهی در ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه گندم شد (۳).

افزایش عملکرد دانه با مصرف اسید هیومیک از طریق افزایش تعداد سنبله در مترمربع حاصل شد. افزایش پنجه‌زنی با کاربرد اسید هیومیک توسط تاهیر و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است (۵۱). احتمالاً اسید هیومیک با افزایش پنجه‌زنی باعث افزایش تعداد سنبله در مترمربع شده و نهایتاً این پارامتر سبب افزایش عملکرد شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش عملکرد دانه توسط عصاره جلبک دریایی به افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نسبت داده می‌شود (۵۰). در این پژوهش عصاره جلبک دریایی باعث افزایش نسبی تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه گردید. علاوه بر این، احتمالاً عصاره جلبک دریایی با افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی گرمای آخر فصل سبب افزایش عملکرد گندم شده است. افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده (بیماری‌ها و آفات، خشکسالی، درجه حرارت و شوری) با کاربرد عصاره جلبک دریایی توسط اسزسز پانک و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش شده است (۵۰). در این پژوهش، افزایش عملکرد دانه با کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر از طریق افزایش نسبی ارتفاع گیاه به‌دست آمد. تلقیح میکروبی باعث تغییر سطوح داخل ژنی هورمون گیاهی اتیلن می‌شود که بعداً منجر به تغییرات رشد و نمو گیاهان و افزایش ارتفاع گیاهان تلقیح شده می‌شود (۲۰). این باکتری‌ها با افزایش حجم و توسعه ریشه، سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و آب شده در نتیجه باعث جذب بیش‌تر عناصر غذایی و نهایتاً سبب افزایش رشد اندام هوایی می‌شود (۳۶). نتایج حاصله با یافته‌های تیوتان و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر افزایش عملکرد گندم تحت‌تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد نیز مطابقت داشت (۵۵). افزایش عملکرد در تیمار اسید فولویک نیز نشان می‌دهد محرک رشد اسید فولویک بر عملکرد محصول تأثیر داشته است. جوادی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که با کاربرد اسید فولویک عملکرد گندم افزایش می‌یابد (۲۲). علت افزایش عملکرد با کاربرد اسید فولویک را می‌توان به تأثیر مثبت اسید فولویک در رشد گیاه به‌ویژه ارتفاع گیاه و در نتیجه افزایش سطح برگ نسبت داد (۲٤).

زیست‌توده: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محرک‌های رشد بر زیست‌توده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد محرک‌های رشد گیاهی سبب افزایش معنی‌دار زیست‌توده شد (جدول ۳). بیش‌ترین زیست‌توده (۲۰۰۱۰/۱٦ کیلوگرم در هکتار) مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها بود که در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها برتری معنی‌داری پیدا کرد. بین مصرف محرک‌های رشد به تنهایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳) ولی اسیدآمینه (۳۰/٤۱ درصد) بیش‌ترین افزایش و اسید فولویک (۱۸/۰٦ درصد) کم‌ترین افزایش زیست‌توده را نسبت به شاهد داشتند (جدول ۳). افزایش زیست‌توده گندم در اثر مصرف اسید آمینه، اسید هیومیک، اسید فلوویک، عصاره جلبک دریایی و مایه تلقیح با باکتری به‌ترتیب توسط سالوا و اوساما (۲۰۱٤)، منظور و همکاران (۲۰۱٤) سوتاهار و همکاران (۲۰۱۹)، غفاری‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) و حق‌بهاری و سیدشریفی (۲۰۱٤) گزارش شده است (٤٤، ۳۱، ٤۸، ۱۷ و ۲۱).

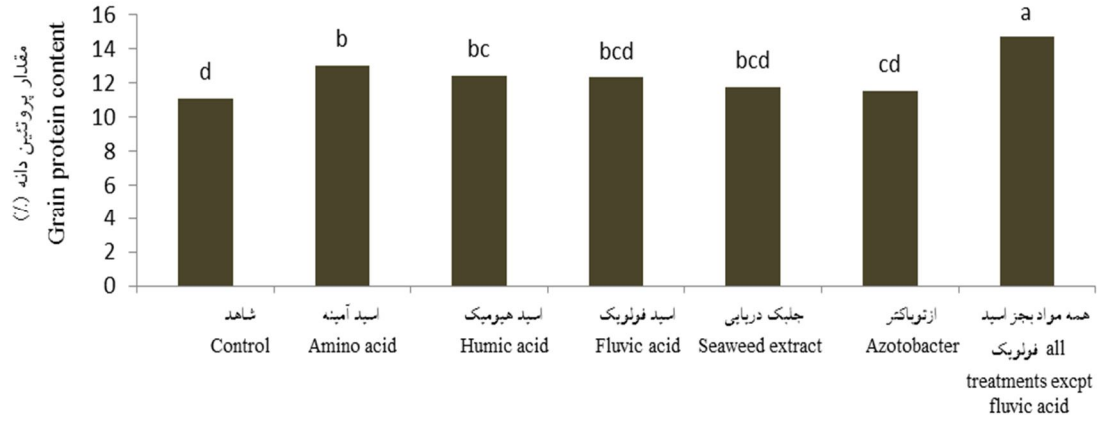
درصد پروتئین: بین اثر مصرف محرک‌های رشد از نظر درصد پروتئین دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ٤). بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه (۱٤/۳۰ درصد) مربوط به اثر مصرف توأم تیمارها بود که در مقایسه با شاهد و کاربرد محرک‌های رشد به‌صورت تکی برتری معنی‌داری پیدا کرد (شکل ۲). دلیل بالا بودن درصد پروتئین دانه در مصرف توأم تیمارها را می‌توان به هم‌افزایی اثر محرک‌های رشد در افزایش این صفت نسبت داد. اگرچه محرک‌های رشد باعث افزایش درصد پروتئین دانه شدند ولی فقط تیمارهای اسید آمینه (۱۲/۹۹ درصد) و اسید هیومیک (۱۲/٤۱ درصد) موجب افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین دانه در مقایسه با شاهد (۱۱/۰٦ درصد) شدند (شکل ۲). تأثیر اسید

www.SID.ir

Archive of SID

آمینه در افزایش پروتئین دانه گندم توسط ال سعید و مهدی (۲۰۱٦) گزارش شده است (١٤). در این رابطه ال- ناباراوی (۲۰۰۱) به اهمیت و نقش اسیدهای آمینه در فرایندهای سنتز آنزیم‌هایی که برای رشد و پروتئین بسیار مهم هستند، نیز اشاره کرده است (۱۳).

هم‌چنین شهبازی و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه اثر اسید هیومیک بر گندم گزارش نمودند که اسید هیومیک محتوی پروتئین دانه را ۸ درصد افزایش داد (٤٦). دلیل این امر ممکن است به جهت اثر اسید هیومیک بر روی افزایش رشد ریشه، جذب مواد مغذی و سنتز کلروفیل مربوط شود زیرا با افزایش جذب نیتروژن از ریشه سنتز اسیدهای آمینه نیز افزایش یافته و باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود (۱).



شکل ۲- اثر محرک‌های رشد گیاهی بر درصد پروتئین دانه گندم. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Figure 2. Effect of plant growth biostimulants on protein percentage of wheat grain. Similar letters in each column present insignificant differences by Duncan test at P<0.05.

عناصر غذایی دانه: در این پژوهش کیفیت دانه گندم علاوه بر میزان پروتئین، از طریق ترکیب عناصر غذایی دانه تعیین شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد محرک‌های رشد بر غلظت عناصر پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر این مواد بر عنصر فسفر معنی‌داری نبود (جدول ٤). در مورد جذب پتاسیم توسط دانه نتایج (جدول ۵) نشان می‌دهد که بیش‌ترین غلظت پتاسیم دانه در تیمار مصرف توأم به‌دست آمد که نسبت به سایر تیمارها به‌جز تیمار اسید هیومیک معنی‌دار بود. هم‌چنین کاربرد اسید هیومیک و مایه تلقیح ازتوباکتر غلظت پتاسیم دانه را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. این نتیجه با یافته‌های به‌دست آمده توسط تاهیر و همکاران (۲۰۱۱) که گزارش کرد که مصرف اسید هیومیک به‌طور قابل‌توجهی مقدار پتاسیم گندم را در خاک‌های آهکی بهبود می‌دهد مطابقت دارد (۵۱). تحریک جذب یون‌ها با استفاده از مصرف مواد اسید هیومیک ممکن است به اثر اسید هیومیک بر نفوذپذیری غشا و سیستم ریشه‌ای بهتر توسعه یافته نسبت داده شود. البته مقدار جذب عناصر غذایی با میزان اسید هیومیک مصرفی ارتباط دارد. به‌طورکلی، افزایش غلظت و جذب عناصر غذایی با افزایش سطح اسید هیومیک افزایش می‌یابد (۳۲). نظارت و غلامی

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۹) گزارش کردند که تلقیح بذور با باکتری‌ها می‌تواند موجب افزایش در میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه و منجر به افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی گیاه شود (۳٦). به این ترتیب در طول دوره زایشی، مواد معدنی تجمع‌یافته می‌توانند به اندام‌های زایشی منتقل و منجر به افزایش عملکرد دانه شوند.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر محرک‌های رشد گیاهی بر مقادیر پروتئین، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن دانه گندم.

Table 4. Variance analysis of the plant growth biostimulants effect on amounts of protein, nitrogen, phosphorus, potassium, copper, zinc, manganese and iron of wheat grain.

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squars						
		پروتئین دانه Protein of grain	فسفر دانه Phosphorus of grain	پتاسیم دانه Potassium of grain	مس دانه Copper of grain	روی دانه Zinc of grain	منگنز دانه Manganese of grain	آهن دانه Iron of grain
محرک رشد گیاهی Plant Growth Stimulus	6	4.299**	0.00018ns	0.0026**	0.672**	45.047**	23.623**	482.540**
خطا Error	14	0.443	0.00034	0.00027	0.140	9.190	5.142	57.142
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.37	6.40	4.72	6.87	6.45	5.33	7.47

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار.

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ns not significant, respectively.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های عنصر مس در دانه بیانگر آن بود که بیش‌ترین غلظت مس دانه (٦/۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد که به‌جز تیمارهای مصرف توأم و اسید فولویک بر سایر تیمارها و شاهد برتری معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۵). بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که اسید هیومیک بر روی جذب مس از خاک آهکی اثر گذاشته و باعث افزایش آن در دانه گندم شده است. احتمالاً این اثر سودمند اسید هیومیک از طریق قدرت کلات‌کنندگی آن با عنصر مس و اثر بر خصوصیات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی خاک ظاهر شده باشد (٤۳). هم‌چنین کاربرد اسید فولویک باعث افزایش معنی‌دار مس دانه شد. برخی از پژوهشگران بیان نمودند که اسید فولویک می‌تواند با تحریک رشد و عملکرد ریشه و با ترشح اسیدهای آلی از ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی شود (٤۸).

نتایج به‌دست آمده درباره اثر محرک‌های رشد بر غلظت عنصر روی نشان داد که بیش‌ترین غلظت روی دانه (۵۲/۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار مصرف توأم به‌دست آمد و نسبت به سایر تیمارها به‌جز اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی برتری معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۵). افزایش روی دانه در تیمارهای اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب ۲۳/٦ و ۱۷/۵ درصد باعث افزایش روی دانه نسبت به شاهد شدند. منظور و همکاران (۲۰۱٤) در آزمایشی در بررسی اثر اسید هیومیک بر عملکرد گندم دریافتند که اسیدهیومیک دسترسی به عناصر غذایی را افزایش داده و هم‌چنین سبب افزایش معنی‌دار در عملکرد شد (۳۲).

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌چنین کالایوانان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی جلبک دریایی باعث افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه شد (۲۵). آن‌ها افزایش محتوای کربوهیدرات محلول دانه را به تأثیر عصاره جلبک دریایی بر افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محرک‌های رشد گیاهی بر مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس، روی، منگنز و آهن دانه گندم.

Table 5. Means comparison of the plant growth biostimulants effect on Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Copper, Zinc, Manganese and Iron of wheat grain.

آهن دانه Iron of grain ($mg.kg^{-1}$)	منگنز دانه Manganese of grain ($mg.kg^{-1}$)	روی دانه Zinc of grain ($mg.kg^{-1}$)	مس دانه Copper of grain ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم دانه Potassium of grain (%)	فسفر دانه Phosphorus of grain (%)	تیمار محرک رشد گیاهی Plant growth stimulation treatment
85.000^{d}	37.000^{b}	41.000^{d}	4.833^{d}	0.326^{d}	0.270^{a}	شاهد Control
111.667^{ab}	42.000^{a}	44.667^{cd}	5.000^{cd}	0.337^{cd}	0.260^{a}	اسید آمینه Amino acid
93.333^{cd}	44.667^{a}	50.667^{ab}	6.167^{a}	0.383^{ab}	0.290^{a}	اسید هیومیک Humic acid
90.000^{cd}	41.167^{ab}	45.167^{bcd}	5.667^{abc}	0.327^{d}	0.286^{a}	اسید فولویک Fluvic acid
108.333^{ab}	43.833^{a}	48.167^{abc}	5.250^{bcd}	0.330^{cd}	0.290^{a}	جلبک دریایی Seaweed extract
100.000^{bc}	44.000^{a}	46.500^{bcd}	5.333^{bcd}	0.360^{bc}	0.290^{a}	مایه تلقیح ازتوباکتر Inoculation of Azotobacter
120.000^{a}	45.000^{a}	52.500^{a}	5.833^{ab}	0.400^{a}	0.293^{a}	مصرف توأم تیمارها Use all treatments (except fulvic acid)

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Similar letters in each column present insignificant differences by Duncan test at $P<0.05$.

در مورد جذب منگنز توسط دانه نتایج (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین منگنز دانه در تیمار مصرف توأم (٤٥ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آمد ولی این افزایش فقط نسبت به شاهد معنی‌دار بود. کاربرد اسید آمینه، اسید هیومیک، عصاره جلبک دریایی و مایه تلقیح ازتوباکتر به‌ترتیب ۱۳/۵، ۲۰/۷، ۱۸/۵ و ۱۸/۹ درصد موجب افزایش معنی‌دار منگنز دانه در مقایسه با شاهد گردیدند. برخی از پژوهشگران عامل افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف توسط اسید آمینه را به قدرت کلات‌کنندگی اسید آمینه نسبت می‌دهند (٤٠ و ۲۳). هم‌چنین اثر افزایشی جذب عناصر غذایی با استفاده از اسید هیومیک توسط پژوهشگران گزارش شده است (۵۱). تأثیر مثبت عصاره جلبک دریایی بر روی جذب منگنز نیز ممکن است به‌دلیل تحریک رشد ریشه گندم توسط فیتوهورمون‌هایی باشد که در عصاره جلبک وجود دارد، چرا که عمدتاً اکسین‌ها مسئول ریشه‌زایی می‌باشند (۵۰). هم‌چنین باکتری‌های افزاینده رشد گیاه می‌توانند از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه اثرات مثبتی را بر رشد گیاهان اعمال نمایند (۵۷).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج نشان داد که کاربرد اسید آمینه و عصاره جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌دار غلظت آهن دانه شده و به‌ترتیب این عنصر را ۳۱ درصد و ۲۷ درصد افزایش دادند. بیش‌ترین غلظت آهن دانه در تیمار مصرف توأم (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود که باعث افزایش ٤١ درصد غلظت آهن در دانه شد (جدول ۵). اسید آمینه به‌عنوان کلات یون‌های فلزی شناخته شده است. عناصر کم‌مصرف کلاته شده با اسیدهای آمینه، با اندازه بسیار کوچک و مولکول‌های الکتریکی خنثی، جذب و حمل و نقل خود را در درون گیاه تسریع می‌کنند (۲۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر جذب عناصر غذایی اسید هیومیک، اسید آمینه و عصاره جلبک دریایی تأثیر بیش‌تری در مقایسه با اسید فولویک و مایه تلقیح ازتوباکتر داشتند. برخی از پژوهشگران (۵) بیان نمودند که اسید هیومیک از طریق قدرت کلات‌کنندگی با عناصر سدیم، پتاسیم، منگنز، روی، کلسیم، آهن و مس در خاک قابلیت دسترسی این عناصر در خاک را افزایش داده و بر کمبود این عناصر غلبه می‌کند (۳۲). اسیدهای آمینه نیز یک لیگاند طبیعی بوده که قادرند عناصر فلزی را از طریق گروه‌های کربوکسیل کلات کنند و قابلیت جذب عنصر را برای گیاه افزایش دهند (۱۸). در حالی‌که تأثیر مثبت عصاره جلبک دریایی بر روی جذب عناصر غذایی ممکن است به‌دلیل تحریک رشد ریشه گندم توسط فیتوهورمون‌هایی باشد که در عصاره جلبک وجود دارد (۵۰).

به‌طورکلی نتایج نشان داد که بیش‌ترین تأثیر بر افزایش غلظت عناصر غذایی مربوط به تیمار مصرف توأم بود ولی اختلاف غلظت عناصر غذایی بین تیمار مصرف توأم و تیمار اسید هیومیک به‌جز غلظت آهن دانه معنی‌دار نبود. معنی‌دار نشدن اختلاف غلظت عناصر غذایی بین این دو تیمار بیانگر این مطلب است که دلیل برتری تیمار مصرف توأم نسبت به سایر تیمارها، کاربرد اسید هیومیک در این تیمار می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از محرک‌های رشد گیاهی به‌صورت تکی یا مصرف توأم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد ولی بیش‌ترین تأثیر مربوط به مصرف توأم تیمارها بود. در بین کاربرد تکی محرک‌های رشد تأثیر اسید آمینه و اسید هیومیک بیش‌تر از سایر محرک‌های رشد بود. افزایش نسبی جذب عناصر غذایی در تمامی تیمارهای محرک رشد از خاک محل آزمایش که به‌دلیل آهکی بودن مشکل جذب داشت دارای اهمیت فراوان است. از نظر افزایش خصوصیات کیفی دانه یعنی جذب عناصر غذایی و درصد پروتئین دانه بهترین تیمار مصرف توأم تیمارها بود. در بین کاربرد تکی محرک‌های رشد نیز بیش‌ترین جذب مربوط به اسید آمینه و اسید هیومیک بود. بنابراین با عنایت به این‌که مصرف توأم محرک‌های رشد گیاهی بهترین عملکرد و کیفیت دانه را تولید نمود می‌توان تلقیح بذور گندم با ازتوباکتر، مصرف اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری به همراه دومین آبیاری و محلول‌پاشی اسید آمینه و جلبک دریایی در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور سنبله را توصیه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Anwar, S., Iqbal, F., Khattak, W.A., Islam, M., and Khan, S. 2016. Response of wheat crop to humic acid and nitrogen levels. EC Agriculture. 3: 1. 558-565.

2.Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hoseinpour, R., Addeshah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2018. Agriculture Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Tehran, Iran, 1: 124. (In Persian)

3.Azimi, M.S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., and Zare, S. 2013. Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. Inter. J. Agric. Crop Sci. 5: 8. 816-819.

4.Baqir, H.A., and AL-Naqeeb, M.A.S. 2019. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars. Iraqi J. Agric. Sci. 50: 20-30.

5.Barron, P.F., and Wilson, M.A. 1981. Humic acid and coal structure study with Magic Angle Spinning. 13 CCP-NMR. Nature. 9: 289-293.

6.Besharati, H., and Malekzadeh, T. 2015. Effect of sulfur and thiobacillus on soybean growth and uptake of some nutrients in four calcareous soils with different buffering capacities. Karaj, Iran. J. Soil Res. 29: 2. 132-146. (In Persian)

7.Bremner, J.M., and Mulvancy, C.S. 1982. Nitrogen-Total. P 595-624. In: A.L. Page, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

8.Carvalho, M.E.A., Castro, P.R.D.C., Gallo, L.A., and Junior, M.V.D.C. 2014. Seaweed extract provides development and production of wheat. Revista Agrarian. 7: 23. 166-170.

9.Chen, Y., Nobili, D.E., and Avaid, T. 2004. Stimulatory effect of humic substances on plant growth, soil organic matter and sustainable agriculture. Weil R.R., eds CRC Press, NY, USA. Pp: 103-129.

10.Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., and Cardarelli, M. 2014. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. Frontiers in Plant Science. 5: 448. 1-6.

11.Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25: 183-191.

12.Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia horticulturae. 196: 3-14.

13.El-Nabarawy, M.A. 2001. Mitigation of dark induced senescence by some amino acids. Annals of Agricultural Science, Moshtohor. 39: 1. 225-232.

14.El-Said, M.A.A., and Mahdy, A.Y. 2016. Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. Mid. East J. Agric. 5: 4. 462-472.

15.Forde, B.G., and Lea, P.J. 2007. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. J. Exper. Bot. 58: 2339-2358.

16.Fuehring, H.D. 1973. FAO . Bulletin 21, Calcareous Soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

17.Ghafari Zadeh, A., Seyyed Nejad, S.M., and Gilani, M. 2015. Investigation the effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on the physiological traits and grain yield of wheat. Ahvaz, Crop Physiol. J. 7: 27. 69-83. (In Persain)

18.Ghasemi, S., Khoshgoftarmanesh, A.H., Afyuni, M., and Hadadzadeh, H. 2013. The effectiveness of foliar applications of synthesized zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate to increase yield and grain nutritional quality of wheat. Europ. J. Agron. 45: 68-74.

19.Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Bannayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Mashhad, J. Agroecol. 2: 1. 123-131. (In Persain)

www.SID.ir

Archive of SID

20. Gilik, B.R., Penrose, D.M., and Ma, W. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances. 19: 135-138.
21. Hagh Bahari, M., and Seyed Sharifi, R. 2014. Study of quantitative and qualitative yield, chlorophyll content and some growth indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to seed inoculation with PGPR at different levels of soil salinity.Isfahan, journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 5: 2. 51-65. (In Persain)
22. Javadi, A., Esfandeyari, E.A., Pormohammad, A.R., and Avans, A. 2017. Yield increase and improve the composition of amino acids and protein content of wheat grains with folic acid. Gorgan, J. Crop Prod. 10: 1. 115-128. (In Persain)
23. Johansson, A. 2008. Conversations on chelation and mineral nutrition. Austr. J. Grape Wine Res. 583: 53-56.
24. Justi, M., Morais, E.G., and Silva, C.A. 2019. Fulvic acid in foliar spray is more effective than humic acid via soil in improving coffee seedlings growth. Archives of Agronomy Soil Science. Pp: 1-15.
25. Kalaivanan, C., Chandrasekaran, M., and Venkatesalu, V. 2012. Effect of seaweed liquid extract of Caulerpa scalpelliformis on growth and biochemical constituents of blackgram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). Phycological Society. 42: 2. 46-53.
26. Khavazi, K., Jahandideh Mahjen Abadi, V.A., and Taghipoor, F. 2018. Effect of Sulfur, *Thiobacillus* bacteria and phosphorus on the yield and nutrient elements uptake of wheat in calcareous soil. Gorgan, Elec. J. Soil Manage. Sust. Prod. 8: 2. 23-41. (In Persain)
27. Khosravi, H., Tavasoli, A.R., Sedri, M. H., Ziaeain, A.H., Zabihi, H.R., and Montazeri, E.Z. 2015. Effects of inoculation of native Azotobacter on yeild and growth indices of wheat in iran. J. Soil Biol. 2: 2. 149-157. (In Persain)
28. Khosravi, H. 2015. Azotobacter and it's role in soil fertility management. J. Land Manage. 2: 2. 79-94. (In Persain)
29. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
30. Malakouti, M.J., and Homaie, M. 2004. Fertility of arid and semi-arid soils (problems and solutions). Trabiat Modares University Press, 518p. (In Persian)
31. Manal, F.M., Thalooth A.T., Essa, R.E.Y., and Mirvat, E.G. 2018. The stimulatory effects of tryptophan and yeast on yield and nutrient status of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed soil. Mid. East J. Agric. 7: 1. 27-33.
32. Manzoor, A., Khattak, R.A., and Dost, M. 2014. Humic acid and micronutrient effects on wheat yield and nutrients uptake in salt affected soils. Inter. J. Agric. Biol. 16: 991-995.
33. Mohamed, E., Awadi, E.A., and Abd, El Wahed, S.A. 2012. Improvement the growth and quality of green onion (*Allium Cepa* L.) plants by some bioregulators in the new reclaimed area at nobaria region, Egypt. New York Sci. J. 5: 9. 114-120.
34. Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., and Ertani, A. 2015. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. Scientia Agricola. 73: 1. 18-23.
35. Nasholm, T., Kielland, K., and Ganeteg. U. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. New Phytologist. 182: 31-48.
36. Nezarat, S., and Gholami, A. 2009. The effects of co-inoculation of Azospirillum and Pseudomonas rhizobacteria on nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). Mashhad, J. Agroecol. 1: 1. 25-32. (In Persian)
37. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. P 403-430. In: A.L. Page, (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2., 2nd edn. ASA and ASSA, Madison WI.
38. Omidi Nasab, D., Gharineh, M.H., Bakhshande, A., Sharafizade, M., Shafeinia, A., and Saghali, A. 2015. The effect of seeding rates and nitrogen fertilizer on yield and yield components of wheat cultivars in corn residue (No Tillage). Iran. J. Field Crop Res. 13: 3. 598-610. (In Persain)

www.SID.ir

Archive of SID

39. Paradikovic, N., Vinkovic, T., Vinkovic Vrcek, I., and Tkalec, M. 2013. Natural biostimulants reduce the incidence of BER in sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.) Agricultural and Food Science. 22: 307-317.
40. Popko, M., Wilk, R., and Gorecki, H. 2014. New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of keratin. Molecules. 93: 1012-1015.
41. Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K., and Gorecki, H. 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Molecules. 23: 1-13.
42. Radkowski, A., and Radkowska, I. 2013. Effect of foliar application of growth biostimulant on quality and nutritive value of meadow sward. Ecological Chemistry and Engineering A. 20: 10. 1205-1211.
43. Sabzevari, S., and Khazaei, H.R. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Mashhad, J. Agroecol. 1: 2. 53-63. (In Persain)
44. Salwa, A.R.H., and Osama, A.M.A. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Annals Agricultural Sciences. 59: 1. 133-145.
45. Samavat, S., and Malakuti, M. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and soil researchers technical issue. 463: 1-13.
46. Shahbazi, S.H., 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. Ahvaz, J. Plant Prod. 38: 2. 99-110. (In Persain)
47. Shariff, M. 2002. Effect of lignitic coal derived HA on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil. Ph.D. Thesis, NWFP Agric Univ Peshawar, Pakistan.
48. Sootahar, M.K., Zeng, X., Su, S., Wang, Y., Bai, L., Zhang, Y., Li, T., and Zhang, X. 2019. The effect of fulvic acids derived from different materials on changing properties of albic black soil in the northeast plain of china. Molecules. 24: 1-12.
49. Sridhar, S., and Rengasamy, R. 2010. Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer on the flowering plant tagetes erecta in field trial. Advances in Bioresearch. 1: 2. 29-34.
50. Szczepanek, M., Wszelaczynska, E., and Poberezny, J. 2018. Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat. AgroLife Sci. J. 7: 1. 131-136.
51. Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., and Kazmi, M.H. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere. 21: 124-131.
52. Taleh Farahi, F., Gholamalizadeh, and A., Hemati, A. 2019. The effect of extracted humic acid from different sources on the characteristics of sunflower grown in a calcareous soil. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12: 2. 617-630. (In Persain)
53. Tavasolee, A.R., Asgharzade, A., and Zamani, S. 2017. Evaluation of different application methods of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on wheat growth in a saline soil. J. Soil Biol. 4: 2. 190-202. (In Persain)
54. Thambiraj, J., Lingakumar, K., and Paulsamy, S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from sargassum wightii and hypnea musciformis on the growth and biochemical constituents of the pulse, *cyamopsis tetragonoloba* (L.). J. Res. Agric. 1: 1. 65-70.
55. Tutan, M., Gulluce, M., Cakmakci, R., Oztas, T., and Sahin, F. 2010. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia. Pp: 140-143.

www.SID.ir

Archive of SID

56. 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: 29-38.

57. Yadav, A., Gaur, I., Goel, N., Mitra, J., Saleem, B., Goswami, S., Paul, P.K., and Upadhyaya, K.C. 2015. Rhizospheric microbes are excellent plant growth promoters. Ind. J. Natur. Sci. 5: 30. 6584-6595.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 10(2), 2020
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16943.1905

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Study the effect of plant growth biostimulants application on quantitative and qualitative characteristics of wheat in a calcareous soil (Case study in Khuzestan)

***M.R. Rafie[1], M. Sohi[2] and M. Javadzadeh[3]**

[1]Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Ahwaz, Iran,

[2]Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO,

[3]Researcher, Soil and Water Research Department, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO

Received: 07.24.2019; Accepted: 12.14.2019

Abstract

Background and Objective: Despite the abundance of some nutrients in calcareous soils, the available form of these nutrients is less than the amount required for plant growth, and the deficiency of nutrients is one of limiting factor in the production of plants especially wheat in these soils. The application of plant growth biostimulants may improve the availability of nutrients in calcareous soils and consequently increase yield and grain quality of wheat. Therefore, this study was conducted to evaluate the effect of plant growth biostimulants on quantitative and qualitative characteristics of wheat in a calcareous soil.

Materials and Methods: This research was conducted in randomized complete design with seven treatments and three replications at Behbahan Agricultural Research Station in one year (2017-2018). Treatments included: control (application of chemical fertilizers according to soil test), free amino acid (L), fulvic acid, seaweed extract, humic acid, grain inoculation with Azotobacter and application of all studied biostimulants (except fulvic acid). Foliar application of amino ccid, fulvic acid and seaweed extract was done at a concentration of 0.5% at two stages, tillering and heading. Humic acid was used as fertigation at 5 $kg.ha^{-1}$ in the early stages of growth (prior to tillering). During experiment: plant height, number of spikes per m^2, number of grain per spike, 1000-grain weight, grain yield, biomass, grain protein, phosphorus, potassium, copper, zinc, manganes and iron of grain were measured. Varince analysis were done by MSTATC statistical software and meanes were compared using Duncan's Multiple Range Test at the 5% prpbability level.

Results: The effect of biostimulants on grain yield was significant at the 1% prpbability level. A significant increase in grain yield observed in plants treated with biostimulants compared with control. The highest plant height (99 cm), number of spikes per m^2 (633), number of grain per spike (43.33), 1000-grain weight (46.12 g) and grain yield (8617.71 $kg.ha^{-1}$) were recorded in the combined treatment. The differences of grain yield among this treatment and other treatments were significant. Application of biostimulants significantly increased the grain protein percentage, the concentration of potassium, copper, zinc, manganes and iron of grain at the 1% prpbability level. These formulations had no significant effect on grain phosphorus. Application of combined biostimulants significantly increased the grain protein percentage, potassium, copper, zinc, manganes and iron of grain compared with control. Among growth biostimulants, the highest increase in the grain protein percentage and grain iron was achieved by amino acid while the highest increase in potassium, copper, zinc and manganese of grain was obtained by humic acid compared with control.

* Corresponding Author; Email: rafie1670@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusion: The combined use of plant growth biostimulants produced the best grain yield and quality in comparision to alone of these substances.Therefore, inoculation of wheat seeds with Azotobacter, use of humic acid as fertigation at in the early stages of growth and foliar application of amino ccid and seaweed extract at two stages of tillering and heading, are recommended. According to the results, among growth biostimulants, application of amino acid or humic acid is preferred.

Keywords: Amino acid, Fulvic acid, Humic acid, Seaweed

www.SID.ir