نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir

اثرات کاربرد اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در یک خاک شور– سدیمی

*محمدجواد روستا[۱]، کوکب عنایتی[۲]، ولی سلطانی[۳]، مهدی شیران[۴]، فاطمه قانع[۵]، نادیا بشارت[۶] و عماد نشاط[۷]

[۱]دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، [۲]کارشناس‌ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، [۳]کارشناس‌ارشد باغبانی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، [۴]کارشناس‌ارشد آبیاری، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، [۵]کارشناس‌ارشد سابق شیمی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، [۶]کارشناس‌ارشد خاکشناسی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، [۷]کارشناس‌ارشد خاکشناسی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد در خاک‌های تحت‌تأثیر شوری، سمیت نمک، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی نامناسب خاک‌ها می‌باشد که می‌تواند اثرات منفی زیادی بر اکوسیستم‌های زراعی بگذارد. برای افزایش تولید گیاه در خاک‌های شور، روش‌هایی از جمله آبشویی، کشت گیاهان سازگار، استفاده از ارقام مناسب، روش‌های به‌زراعی، استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی پیشنهاد شده است. این پژوهش با هدف بررسی میزان تأثیر کاربرد ترکیبات حاوی اسیدهیومیک بر رشد و عملکرد گیاه گندم و ویژگی‌های شیمیایی یک خاک شور–سدیمی انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر اسیدهیومیک بر رشد و عملکرد گندم رقم ارگ و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) اجرا شد. سطوح شوری آب آبیاری (۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در کرت‌های اصلی، زمان مصرف کود هیومسترفود (مایع) کاربرد در اسفند، کاربرد در فروردین، کاربرد در هر دو زمان و بدون کاربرد کود هیومسترفود) در کرت‌های فرعی و سطوح کود آلی پارس‌هیومیک گرانول جامد (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی فرعی بودند. در انتهای دوره رشد گیاه، ارتفاع، عملکرد اندام‌هوایی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد و شاخص برداشت نیز محاسبه گردید. قبل از کاشت و پس از برداشت محصول، از خاک مزرعه نمونه‌برداری شده و مقدار یون‌های سدیم، مجموع کلسیم و منیزیم، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، نسبت جذب سدیم، واکنش خاک و درصد ماده آلی اندازه‌گیری گردیدند.

* مسئول مکاتبه: mjrousta@yahoo.com

یافته‌ها: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که اثرات متقابل هیومسترفود و پارس‌هیومیک و اثرات متقابل شوری، هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز نشان داد اثرات متقابل سطوح شوری و تیمارهای کود هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر نسبت جذب سدیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف کود آلی هیومسترفود در اسفند و فروردین، غلظت سدیم، مجموع کلسیم و منیزیم و نسبت جذب سدیم را به‌ترتیب به‌میزان ۳۷/۳، ۳۰/۱ و ۲۸/٤ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داد و باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گندم، به‌میزان ۸/۵ درصد در مقایسه با شاهد گردید.

نتیجه‌گیری: توانایی اسیدهیومیک موجود در کودهای حاوی اسیدهیومیک، برای ایجاد تغییرات در غلظت کاتیون‌های تک‌ظرفیتی و دوظرفیتی خاک و در نهایت تغییر در نسبت جذب سدیم خاک، افزایش نفوذپذیری و در نهایت، افزایش آبشویی خاک مطلوب بوده و کاربرد آن‌ها در مناطقی که خاک‌ها محدودیت زهکشی ناشی از نسبت جذب سدیم بالا دارند پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پارس‌هیومیک، شوری، کود آلی، گندم، هیومسترفود

مقدمه

شوری یکی از مشکلات مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک در دنیا است که باعث کاهش عملکرد و کاهش تنوع محصولات زراعی می‌گردد (٤، ۵، ۱۳ و ٤۳). یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد در خاک‌های متأثر از شوری، سمیت نمک و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی نامناسب خاک‌ها می‌باشد که می‌تواند اثرات منفی زیادی بر اکوسیستم‌های زراعی بگذارد (۱۲ و ۳۱). از کل ۱٦۵ میلیون هکتار اراضی سطح کشور، مساحتی حدود ۱۳/۵ میلیون هکتار آن که معادل ۱٤/۲ درصد می‌باشد به درجات مختلف شوری سدیمی زه‌دار و ماندابی بودن مبتلا هستند (۳۲). فائو (۱۹۸۸) اراضی دارای خاک‌های سدیمی را ۲/٦ درصد از کل اراضی متأثر از شوری در ایران ذکر می‌کند (۱۰). در خوزستان، خاک‌های شور و سدیمی ۱۷ درصد از کل خاک‌های شور استان را در بر می‌گیرند و در فلات مرکزی، سهم خاک‌های شور و سدیمی ۱٦/۵ درصد است (۳۵). افزایش سدیم تبادلی و مقدار بالای pH خاک سبب تغییر شکل ساختمان خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذپذیری خاک‌ها می‌گردد (۲۰). این فرآیندها بر رشد گیاهان اثر می‌گذارد و جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه گیاه محدود شده و این وضعیت اصطلاحاً خشکی فیزیولوژیکی نامیده می‌شود (٦، ۱۱ و ۱۷).

برای اصلاح خاک‌های شور، آبشویی می‌تواند یکی از مهم‌ترین راهکارها به‌شمار آید، در صورتی که اصلاح خاک‌های سدیمی مشکل‌تر است. برای اصلاح خاک‌های شور- سدیمی از موادی مانند گچ، گوگرد و اسیدسولفوریک استفاده می‌شود (۳۲). لبرون و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که مصرف گچ در سه خاک شور- سدیمی، درصد سدیم تبادلی (ESP)، نسبت جذب سدیم (SAR) و pH این خاک‌ها را کاهش داد (۲۱). شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۳) گزارش کردند که تأثیر گچ در کاهش درصد سدیم تبادلی (ESP) در مقایسه با سیمان بیش‌تر بود (٤۱).

روستا و عنایتی (۱۳۹۲) کاربرد کاه و کلش همراه با گچ، کاه و کلش تنها و کود دامی همراه با گچ را برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی پیشنهاد دادند (۳۷).

مواد هیومیک توسط آیکن و همکاران (۱۹۸۵) به‌عنوان یک دسته از مواد طبیعی، با منشأ زیستی (بیوژنیک) و ناهمگن، که معمولاً به رنگ زرد تا سیاه، با وزن مولکولی بالا و مقاوم در برابر حرارت تعریف شده است (۱).

مواد هیومیک با مکانیسم‌های مختلف سبب تسریع رشد در گیاهان می‌شوند. یکی از این مکانیسم‌ها به اثر مستقیم این ترکیبات و وجود ترکیبات شبه‌هورمونی، از جمله ترکیبات اکسینی و شبه‌اکسینی، مربوط می‌باشد که می‌توانند رشد سلول‌ها را تحت‌تأثیر قرار دهند (۷). همچنین، این مواد دارای ترکیبات شبه‌جیبرلینی هستند که می‌تواند بر رشد سلول‌ها مؤثر باشد (۳۰). با توجه به وجود اسیدآمینه‌های مختلف در اسیدهیومیک می‌توان انتظار داشت که این اسیدآمینه‌ها نیز به‌طور مستقیم در بهبود شرایط گیاه مؤثر واقع شوند (۹).

امروزه، تمایل به استفاده از پتانسیل ترکیبات هیومیکی به‌عنوان بهبوددهنده و محرک رشد گیاه، افزایش یافته است. درجه و شدت واکنش گیاهان زراعی به اسیدهیومیک بستگی به نوع خاک، شرایط آب و هوایی، گونه زراعی، عملیات زراعی و منابع مورد استفاده این ترکیب دارد (۲٤). پیچیدگی اثرات بیولوژیکی ترکیبات هیومیکی بستگی به غلظت، ساختار شیمیایی، اندازه و وزن مولکولی آن‌ها دارد (۲۹).

پژوهش‌های مختلف نشان داده است که اسیدهیومیک می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد گیاه داشته باشد. این پژوهش‌ها نشان داده است که در محیط‌های شور ریزوسفر، اثرات غیرمستقیم این ترکیبات، بر سیستم خاک از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن است (۲۵، ۲٦، ۳٤، ۳٦، ۳۸ و ٤۸). اثرات مستقیم این ترکیبات بر سیستم گیاه از طریق افزایش جوانه‌زنی، به‌دلیل ویژگی جذب آب و تأمین رطوبت مناسب برای بذر، رشد گیاه، افزایش نفوذپذیری غشای سلولی و جذب عناصر غذایی، تسریع انتقال عناصر غذایی ضروری در ریشه، سنتز و فعالیت‌های آنزیمی و فعالیت‌های شبه‌هورمونی می‌باشد و به این ترتیب سبب ایجاد تحمل گیاه به شوری خواهد شد (۱۳ و ۳۱). مواد هیومیک می‌توانند واکنش متقابلی با ساختار فسفولیپیدهای موجود در غشاهای سلولی و به‌عنوان حاملی برای عناصر غذایی در سرتاسر آن‌ها باشند (۱۷). اثر اسیدهیومیک به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. دیوید و همکاران (۱۹۹٤) نشان دادند که برجسته‌ترین اثرهای اسیدهیومیک روی گیاهان در شرایط نامساعد رشد مشاهده می‌شود (۸).

تریویسان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند ترکیبات‌هیومیکی به‌واسطه فعالیت‌های هورمونی با افزایش وزن ریشه، راندمان فوتوشیمیایی و سطح آنتی‌اکسیدان‌ها باعث افزایش تحمل گیاه به تنش موجود خواهند شد (٤٤). همچنین، افزودن این ترکیبات به خاک مزایای زیادی برای خاک زراعی فراهم می‌کند. از جمله، کاهش مؤثر تبخیر از خاک، به‌دلیل تأثیر آن بر خاکدانه‌سازی، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، ایجاد ظرفیت بهتر نگهداری عناصر غذایی، ساختمان بهتر و مقادیر بیش‌تری از فعالیت‌های میکروبی در خاک می‌شود (۳۱). همچنین، باعث افزایش استفاده از آب توسط گیاهان در خاک‌های غیررسی، خشک و شنی می‌گردد. ترکیبات هیومیکی از طریق افزایش نیروهای چسبندگی ذرات بسیار ریز خاک سبب بهبود ساختمان خاک و ویژگی‌های فیزیکی آن می‌گردند (۳۱). علاوه بر این،

باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده و با تغییر pH موضعی خاک به‌دلیل وجود گروه‌های عاملی از جمله کربوکسیل و بهبود فرآیند کلاته‌کردن عناصرغذایی مورد نیاز گیاهان آن‌ها را در دسترس و قابل‌جذب برای گیاهان می‌نماید (۱۸). منظور و همکاران (۲۰۱٤) تأکید کردند که اثر اسیدهیومیک بر فاکتورهای رشد گیاه گندم مانند زیست‌توده کل و عملکرد دانه و همچنین ترکیبات معدنی مانند روی و مس نیز بیش‌تر می‌باشد (۲٤). آزمایش‌های انجام شده در مورد بررسی اثر چندین نوع اسید هیومیک به‌دست آمده از منابع مختلف نشان داد که اسیدهیومیک استخراج شده از لئوناردیت سبب افزایش طول ریشه به‌دلیل اثر شبه‌هورمونی آن در افرای قرمز شد (۱٦). نتایج مشابه در مورد چغندرقند (۳۹) و ذرت (۲) نیز گزارش شده است. لیبو و همکاران (۱۹۹۸) دریافتند که اسیدهیومیک تجاری[1] به‌طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز، توسعه بیوماس ریشه و محتوی مواد غذایی گیاه بنت گراس را افزایش می‌دهد که این افزایش به‌ویژه در غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک دیده شد (۲۲). واگان (۱۹۷٤) و کوثر و آزم (۱۹۸۵) طی آزمایشی روی گندم دریافتند که اسیدهیومیک تجاری به‌میزان ٥٤ میلی‌گرم در لیتر ٥۰ درصد افزایش در طول ریشه و ۲۲ درصد افزایش در ماده خشک را به همراه داشت و همچنین جذب نیتروژن هم در حضور اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری نشان داد (۱٥ و ٤٦). لیبو و کوپر (۲۰۰۰) در آزمایشی روی گیاه بنت‌گراس نشان دادند که در غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک، وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و همچنین فعالیت آنزیم‌ها هم از ۲۳ درصد به ۱۰۰ درصد افزایش یافت که خود عامل افزایش تنفس ریشه و رشد بیش‌تر آن شد (۲۳). ترکمن و همکاران (۲۰۰٥) و پاکسوی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند با کاربرد ترکیبات هیومیکی، در شرایط شور پارامترهای رشد ریشه و ساقه به‌شکل مثبتی افزایش یافت (۳۳ و ٤٥). افزون بر این، رشد ریشه بیش‌تر از ساقه تحت‌تأثیر قرار گرفت. بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی واجد ترکیبات هیومیکی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، شاخص‌های رشد رویشی و عملکرد گندم در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیرشور برای برنامه‌ریزی و مدیریت استفاده از این کودها هدف انجام این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسیدهیومیک بر رشد و عملکرد گندم رقم ارگ در شرایط شور- سدیمی، پژوهشی به‌صورت آزمایش کرت‌های دو بار خردشده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار اجرا شد. سطوح شوری آب آبیاری (۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در کرت‌های اصلی و زمان مصرف کود هیومسترفود (کود مایع تولیدی شرکت گلسنگ کویر یزد) به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار (سطوح آن شامل کاربرد در اسفند (M1)، کاربرد در فروردین (M2)، کاربرد در هر دو مرحله (M12) و شاهد (M0) شامل عدم‌مصرف کود هیومسترفود) در کرت‌های فرعی و سطوح کود آلی پارس‌هیومیک گرانول تولیدی شرکت گلسنگ کویر یزد (۰، ۷٥ و ۱٥۰ کیلوگرم در هکتار که به‌ترتیب به‌صورت P0، P75 و P150 نمایش داده شده است) در کرت‌های فرعی فرعی قرار داشت. اسیدهای هیومیک مایع و جامد مورد استفاده در این آزمایش تحت‌تأثیر هیدروکسید پتاسیم (KOH) به‌صورت محلول درآمده و نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف به آن‌ها اضافه شده است.

مقدار مصرف این کودها با توجه به توصیه شرکت سازنده صورت پذیرفت. مقدار مصرف بذر در هر

1- Commercial HA

کرت معادل ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده از کود شیمیایی اوره با توجه به نتایج آزمون خاک و توصیه کارشناسان انجام گرفت. به‌دلیل این‌که میزان فسفر قابل‌استفاده خاک بیش از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، هیچ‌گونه کود شیمیایی فسفردار مصرف نگردید. به‌علت این‌که آب آبیاری مورد استفاده دارای ۰/۲٤ میلی‌اکی‌والان در لیتر پتاسیم بود، بنابراین از طریق آب آبیاری حدود ٦۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص (معادل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) به خاک وارد می‌شد، از کود شیمیایی پتاسیم‌دار نیز استفاده نشد. همچنین، به‌دلیل این‌که کودهای هیومیکی شرکت حاوی عناصر کم‌مصرف بود از کودهای شیمیایی حاوی عناصر کم‌مصرف نیز استفاده نشد. کود پایه اوره به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با کاشت به‌صورت دست‌پاش، مخلوط کردن با خاک، مصرف شد. کود اوره در دو نوبت با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه‌زنی و شروع رشد رویشی در اوایل بهار مصرف گردید. برای اعمال تیمارهای کود هیومسترفود، با توجه به توصیه شرکت سازنده، این کود به‌میزان ۵ میلی‌لیتر برای هر کرت به مساحت ٦ مترمربع استفاده شد که به‌منظور توزیع یکنواخت کود در سطح کرت، در مقدار ثابتی آب (۵ لیتر) رقیق گردیده و در کرت توزیع شد. سطوح اسید هیومیک گرانول جامد به‌صورت مصرف خاکی هم‌زمان با کاشت در کرت‌های فرعی فرعی تا عمق ۱۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. دور آبیاری در پاییز و زمستان هر ماه یک‌بار و در بهار هر دو هفته یک‌بار اعمال گردید. در مجموع، با احتساب ۲۰ درصد نیاز آبشویی، حجم کل آب مصرفی در طول دوره رشد گیاه حدود ٦۰۰۰ مترمکعب بود. پس از پایان دوره رشد گیاه و برداشت محصول، از خاک مزرعه نمونه‌برداری شده و مقدار Na، Ca، EC_e، pH، OC و SAR اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH، ابتدا از خاک گل اشباع تهیه گردید و بعد از گذشت یک شبانه‌روز، pH گل اشباع، با دستگاه pH متر الکتریکی اندازه‌گیری شد (۳). سپس گل اشباع با قیف بوخنر عصاره گیری گردید. در عصاره اشباع به‌دست آمده هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید (۳). مقدار کلسیم به روش کمپلکسومتری از طریق تیتراسیون با استفاده EDTA ۰/۰۲ نرمال اندازه‌گیری شد (۳). مقدار سدیم با استفاده از روش نورسنجی و با کمک دستگاه فلیم‌فتومتری و نمودارهای تهیه شده تعیین گردید (۳). نسبت جذب سدیم خاک (SAR) با استفاده از مقادیر کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم محلول محاسبه گردید (۳). مقدار کربن آلی با روش اکسیداسیون تر یا والکلی بلک (۱۹۳٤) اندازه‌گیری شد (۳).

در انتهای دوره رشد، ارتفاع، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

جدول ۲ تجزیه واریانس ویژگی‌های مربوط به گیاه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، مشخص می‌شود که اثر شوری آب آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است. اثر کود هیومسترفود بر وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل هیومسترفود و پارس‌هیومیک و اثرات متقابل شوری، هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Some chemical and physical properties of the soil under study.

ویژگی Property	مقدار Value	ویژگی Property	مقدار Value
عمق Depth (cm)	0–30	پتاسیم قابل‌جذب K_{avail} (mg/kg)	134
قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS/m)	15.24	کربن آلی Organic Carbon (%)	0.35
واکنش خاک pH	7.43	رس Clay (%)	23
سدیم محلول $Na_{soluble}$ (meq/l)	107.96	شن Sand (%)	51
نسبت جذبی سدیم $SAR\ (meq/l)^{1/2}$	21.95	سیلت Silt (%)	26
فسفر قابل‌جذب P_{avail} (mg/kg)	15.05	بافت Texture	Sandy Clay Loam

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده گیاه گندم در تیمارهای آزمایشی.

Table 2. The ANOVA of measured traits in wheat under experimental treatments.

منابع تغییرات Sources of variations	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد دانه در سنبله Number of grain in spike	وزن هزاردانه 1000 grain weight	عملکرد اندام هوایی Shoot yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	ns	ns	ns	ns	ns	ns
شوری Salinity	ns	ns	*	**	**	ns
هیومستر Humaster	ns	*	ns	*	ns	**
شوری * هیومستر Salinity*Humaster	ns	ns	ns	ns	ns	ns
پارس هیومیک Parshumic	ns	ns	ns	ns	ns	ns
شوری * پارس‌هیومیک Salinity*Parshumic	ns	ns	ns	ns	ns	ns
هیومستر * پارس‌هیومیک Humaster*Parshumic	ns	ns	ns	*	ns	ns
شوری * هیومستر * پارس‌هیومیک Salinity*Humaster*Parshumic	ns	ns	ns	*	ns	ns
خطای کل Total error	15.582	14.580	4.096	0.016	0.002	11.261

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

**, *, ns are significant at 0.01, 0.05 probability level and not significant, respectively.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص می‌گردد کودهای هیومیکی محلول مانند هیومسترفود بر وزن خشک اندام هوایی مؤثرتر از انواع جامد آن مانند پارس‌هیومیک بوده است. این امر به‌دلیل اثر افزایشی بر رشد سبزینه‌ای گیاه می‌باشد. خالد و فاوی (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند ترکیبات هیومیکی محلول با غلظت ۰/۱ درصد در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک ذرت دانه‌ای داشته است (۱۷). شیرمحمد و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند تیمار محلول پاشی اسیدهیومیک در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر اگرچه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شده است ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌داری نبوده است (۲۷). آن‌ها همچنین، افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی از ۷۷۳۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۱۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار فوق را گزارش کردند (۲۷).

نتایج به‌دست آمده در ارتباط با بی‌تأثیر بودن تیمارهای پارس‌هیومیک بر وزن خشک اندام هوایی با نتایج پژوهش‌های منظور و همکاران (۲۰۱٤) که گزارش کردند وزن خشک اندام هوایی تحت‌تأثیر استفاده از تیمار دو کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر از ۹/٤ در تیمار شاهد به ۱۷/۱ درصد افزایش یافت، مغایرت دارد (۲٤). همچنین با نتایج پژوهش‌های خاتک و همکاران (۲۰۱۳) و شریف و همکاران (۲۰۰۲) مغایرت دارد (۱۹ و ٤۲).

وجود اثرات متقابل بین میزان مصرف کود پارس‌هیومیک با مصرف کود هیومسترفود در زمان‌های مختلف نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که عدم‌مصرف کودهای پارس‌هیومیک و هیومسترفود با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار پارس‌هیومیک و کاربرد هیومسترفود در اسفندماه باعث افزایش بیوماس شده و بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نگردید.

شیرمحمد و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند اسیدهیومیک مصرف شده به‌شکل محلول پاشی در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بر وزن هزاردانه همراه با سایر تیمارها اگرچه باعث افزایش این فاکتور در مقایسه با شاهد شدند ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (۲۷). با مصرف کود هیومسترفود در فروردین به‌علت تشدید رشد رویشی تعداد دانه در سنبله کاهش یافت. این امر احتمالاً به‌علت تأثیر مثبت مصرف کود هیومسترفود در این زمان بر رشد رویشی بوده که باعث شده مواد فتوسنتزی بیش‌تر به رشد رویشی اختصاص یابد. شیرمحمد و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مورد اثر تیمار اسیدهیومیک محلول‌پاشی شده در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد بر تعداد دانه در سنبله و وزن تر سنبله در خاک غیرشور ولی تا حدودی قلیایی به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۷). نتایج به‌دست آمده از این بررسی در مورد هر دو نوع کود هیومیکی با نتایج پژوهش‌های شیرمحمد و همکاران (۲۰۱۳) در مورد اجزای عملکرد گندم با مصرف کود هیومیکی به‌صورت محلول‌پاشی و احسان‌اله و باخاشوین (۲۰۱۳) برای اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای به‌صورت مصرف خاکی در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مطابقت ندارد (۱٤ و ۲۷).

ویژگی‌های شیمیایی خاک: جدول ۳ تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های مربوط به خاک را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، مشخص می‌شود که اثرات متقابل کاربرد کود هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر مقدار SAR خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین، اثرات متقابل سطوح شوری و تیمارهای کود هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر مقدار SAR در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در خاک تحت تیمارهای آزمایشی.

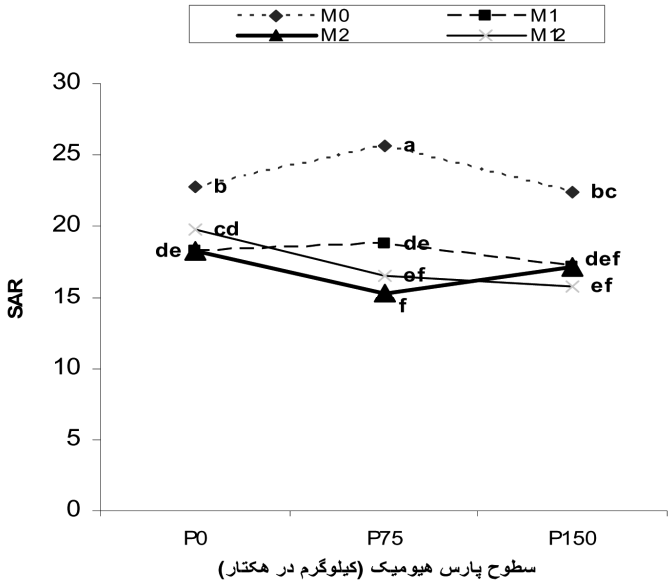
Table 3. The ANOVA of measured soil properties under experimental treatments.

سدیم محلول خاک $Na_{soluble}$	مجموع کلسیم و منیزیم $Ca^{2+}+Mg^{2+}$	نسبت جذب سدیم SAR	اسیدیته گل‌اشباع pH	کربن آلی Organic Carbon	منابع تغییرات Sources of variations
ns	*	ns	ns	ns	تکرار Replication
**	**	**	*	ns	شوری Salinity
ns	ns	ns	ns	ns	هیومسترفود Humaster
ns	ns	ns	ns	ns	شوری * هیومسترفود Salinity*Humaster
ns	ns	ns	ns	ns	پارس‌هیومیک Parshumic
ns	ns	ns	ns	ns	شوری * پارس‌هیومیک Salinity*Parshumic
ns	ns	*	ns	ns	هیومسترفود * پارس‌هیومیک Humaster*Parshumic
ns	ns	**	ns	ns	شوری * هیومسترفود * پارس‌هیومیک Salinity*Humaster*Parshumic
2477.76	939.430	5.183	0.012	0.009	خطای کل Total error

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

**, *, ns are significant at 0.01, 0.05 probability level and not significant, respectively.

میزان SAR: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود هیومسترفود و پارس‌هیومیک و مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری، هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر نسبت جذبی سدیم خاک به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

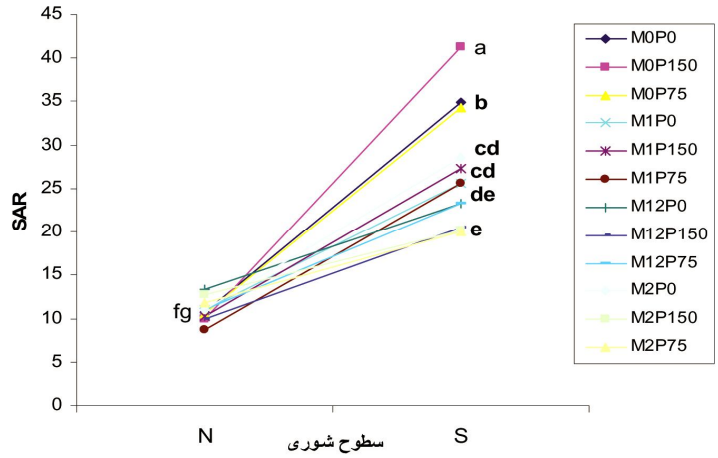


شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر SAR خاک.

Figure 1. Comparison of the interactions of Humasterfood and Parshumic fertilizers on soil SAR.

M0- عدم‌مصرف کود هیومسترفود (شاهد)، M1- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در اسفند، M2- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین، M12- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در اسفند و فروردین.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که مصرف هیومسترفود در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر مقدار SAR خاک ندارد، اما مصرف هیومسترفود به‌خصوص در فروردین باعث کاهش معنی‌دار مقدار SAR خاک در مقایسه با شاهد (عدم‌مصرف هیومسترفود) شد. همچنین، مشخص شد که بین تیمارهای کود پارس‌هیومیک و هیومسترفود نیز اثرات متقابل معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که در صورت کاربرد کود هیومسترفود در فروردین، مقدار SAR خاک با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار پارس‌هیومیک به کم‌ترین مقدار کاهش یافت. در سایر تیمارها، کم‌ترین مقدار SAR با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پارس‌هیومیک حاصل شد. اثرات متقابل سه‌گانه تأثیر سطوح مختلف پارس‌هیومیک، هیومسترفود و شوری آب آبیاری بر میزان SAR خاک نشان داد که مصرف کودهای هیومیکی بر میزان SAR خاک در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نشده و فقط باعث ایجاد تغییرات جزیی در برخی تیمارها شد. در تیمار آبیاری با شوری دارای ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، اختلافات بین تیمارها متفاوت بود. به‌طوری‌که در صورت عدم‌مصرف هیومسترفود کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم پارس‌هیومیک نه تنها باعث کاهش SAR نشد بلکه باعث افزایش معنی‌دار آن نیز گردید. بیش‌ترین میزان SAR در این آزمایش، در تیمار آبیاری با شوری دارای ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پارس‌هیومیک و عدم‌مصرف هیومسترفود به‌دست آمد (SAR=٤١/٣٥) در حالی‌که این مقدار در تیمار شاهد (عدم‌مصرف پارس‌هیومیک و هیومسترفود) و همچنین، در تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار پارس‌هیومیک تقریباً معادل ۳٤ بود.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری، هیومسترفود و پارس‌هیومیک بر SAR خاک در شوری ۲ (N) و ۱۰ (S) دسی‌زیمنس بر متر.

Figure 2. Comparison of mean interactions of salinity, Humasterfood and Parshumic on SAR in salinity 2 (N) and 10 (S) dS/m.

M0P0- عدم‌مصرف کودهای هیومسترفود و پارس‌هیومیک (شاهد)، **M0P75**- عدم‌مصرف کود هیومسترفود و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، **M0P150**- عدم‌مصرف کود هیومسترفود و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، **M1P0**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در اسفند و عدم‌مصرف کود پارس‌هیومیک، **M1P75**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در اسفند و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، **M1P150**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در اسفند و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، **M2P0**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و عدم‌مصرف کود پارس‌هیومیک، **M2P75**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، **M2P150**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و مصرف کود پارس هیومیک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، **M12P0**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و اسفند و عدم‌مصرف کود پارس هیومیک، **M12P75**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و اسفند و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، **M12P150**- مصرف کود هیومسترفود به‌میزان ۸/۳۳ لیتر در هکتار در فروردین و اسفند و مصرف کود پارس‌هیومیک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار.

همچنین، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در رابطه با تغییرات SAR خاک در تیمار آبیاری با شوری دارای ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که در صورت مصرف هیومسترفود، SAR خاک به‌میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که میزان SAR در شرایط عدم‌مصرف هیومسترفود از متوسط ۳٦ به ۲٦ در صورت مصرف یک نوبت هیومسترفود در اسفندماه کاهش یافت. خالد و فاوی (۲۰۱۱) معتقدند که تغییرات معنی‌دار بیش‌تری در ارتباط با نقش مفید ترکیبات هیومیکی در بهبود ویژگی‌های خاک، در سطوح بالاتر شوری در مقایسه با سطوح کم‌تر شوری وجود دارد. کودهای مذکور تأثیر قابل‌توجهی بر اسیدیته خاک نداشته و ظرفیت بافری خاک بیش از توان اسیدهیومیک در تغییر اسیدیته خاک می‌باشد (جدول‌های ۳ و ٤) (۱۷).

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که غلظت سدیم در تیمار شاهد کود هیومسترفود تقریباً دو برابر غلظت آن در سایر تیمارهای کودی است، که علت آن می‌تواند تجمع سدیم محلول به‌دلیل کم بودن میزان نفوذ آب به خاک و همچنین حرکت سدیم از عمق خاک از طریق لوله‌های مویین باشد. به‌نظر می‌رسد مصرف کود هیومسترفود توانسته با کاهش غلظت سدیم، از اثرات منفی و سمی آن بر گیاه بکاهد. کاهش غلظت مجموع کلسیم و منیزیم خاک تحت‌تأثیر مصرف کود هیومسترفود به‌تنهایی ممکن است باعث افزایش SAR خاک به‌دلیل تشکیل کمپلکس نامحلول هیومات کلسیم و منیزیم و تخریب ساختمان خاک شده و با کاهش نفوذپذیری خاک، شوری خاک افزایش می‌یابد. اما با توجه به این‌که شرایط مشابهی در مورد غلظت یون سدیم در خاک نیز به‌وجود آمده است، مقدار مطلق تغییرات این یون‌ها به تنهایی مهم نبوده و تغییر SAR خاک به‌طور مستقل بایدمدنظر قرار گیرد. هرچه زمان مصرف کود هیومسترفود به زمان اندازه‌گیری SAR در خاک نزدیک می‌شود میزان SAR خاک کاهش بیش‌تری نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در تیمارهایی که هیومسترفود در فروردین‌ماه استفاده شد صرف‌نظر از تعداد دفعات کاربرد هیومسترفود، میزان SAR کاهش یافته، اما اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این موضوع نشان می‌دهد که هیومسترفود می‌تواند در کاهش میزان SAR خاک تأثیر داشته باشد. محمد و خاتک (۲۰۱۱) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۸). اونی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که مقدار بالای نسبت K^+/Na^+ در افزایش تحمل گیاهان به شوری عامل بسیار مهمی بوده و این امر با حضور مقدار قابل‌توجهی از ترکیبات هیومیکی در محیط ریشه جهت تحریک گیاه به جذب پتاسیم محقق خواهد شد (۳۱). شعبان و همکاران (۲۰۱۳) نیز به نتایج مشابهی در ارتباط با تأثیر این مواد بر SAR خاک زیر کشت برنج در شرایط شور دست یافتند (٤۰). آن‌ها معتقدند که اثرات کودهای هیومیکی بر SAR و EC خاک تحت کشت برنج همراه با ترکیبات معدنی مانند گچ و کود حیوانی در شرایط شور مؤثرتر خواهد بود. خالد و فاوی (۲۰۱۱) نیز به نتایج مشابهی در ارتباط با عدم تأثیر این مواد بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در شرایط شور دست یافتند (۱۷).

نتیجه‌گیری

کاربرد ترکیبات هیومیکی باعث تغییر در غلظت کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم خاک و در نهایت تغییر در SAR خاک گردید. این امر می‌تواند نفوذپذیری خاک و در نهایت افزایش آبشویی نمک‌ها را افزایش دهد. بنابراین، کاربرد آن‌ها در خاک‌هایی که محدودیت زهکشی ناشی از SAR بالا دارند قابل توصیه است. همچنین، باید به مقدار مصرف ترکیبات هیومیکی در شرایط شور توجه شده و با در نظر گرفتن شرایط خاک و نوع محصول زراعی، مقادیر مطلوب را مورد استفاده قرار داد. برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر، انجام آزمایش‌های تکمیلی پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., and MacCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment and water, P 1-9. In: G.R. Aiken D.M. McKnight, R.L. Wershaw, and P. MacCarthy (eds.). Humic substances in soil, sediment and water: Geochemistry, isolation and characterization, Wiley, New York.
2. Alexandrova, I.V. 1977. Soil organic matter and the nitrogen nutrition of plants. Soil Science. 9: 293-301.
3. Ali Ehyaei, M., and Behbahani Zadeh, A.S. 1993. Explanation of soil chemical analysis methods (Volume I), Pub. No. 893, Soil and Water Research Institute, 129p. (In Persian)
4. Ashraf, M., and Foolad, M.A. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany. 59: 206-216.
5. Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science. 166: 3-6.
6. Aşık, B.B., Turan, M.A., Çelik, H., and Katkat, V. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. Asia. J. Crop Sci. 1: 87-95.
7. Atiyeh, R.M., Lee, S., and Edwards, C.A. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. 84: 7-14.
8. David, P.P., Nelson, P.V., and Sanders, D.C. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedlings in solution culture. Plant Nutrition. 17: 173-184.
9. Ding, G.W., Mao, J.D., and Xing, B.S. 2001. Characteristics of amino acids in soil humic substances. Communication of Soil Science and Plant Analysis. 32: 13-14.
10. FAO. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO soils bulletin 39, Rome, Italy, 131p.
11. Franzen, D. 2007. Salt accumulation processes. North Dakota state University. Fargo ND 58105, 12p.
12. Gao, S., Ouyang, C., Wang, S., Xu, Y., Tang, L., and Chen, F. 2008. Effects of salt stress on growth, antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia-lyase activities in *Jatropha curcas* L. seedlings. Plant, Soil Environ. J. 54: 374-381.
13. Gulser, F., Sonmez, F., and Boysan, S. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. J. Environ. Biol. 31: 873-876.
14. Ihsanullah, D., and Bakhashwain, A.A. 2013. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. Pak. J. Bot. 45: 1. 21-25.
15. Kauser, A., and Azam, F. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environmental and Experimental Botany. 25: 245-252.
16. Kelting, M., Harris, J.R., Fanelli, J., and Appleton, B. 1998. Biostimulants and soil amendments affect two-year posttransplant growth of red maple and Washington hawthorn. Horticultural Science. 33: 819-822.
17. Khaled, H., and Fawy, H.A. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil Water Res. J. 1: 21-29.
18. Khan, A., Gurmani, A.L.I.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E., and Khan, S. 2012. Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). J. Chem. Soc. Pak. 1: 1-7.
19. Khattak, R.A., Haroon, K., and Dost, M. 2013. Mechanisms of humic acid induced beneficial effects in salt-affected soils. Scientific Research and Essays J. 8: 21. 932-939.
20. Lauchli, A., and Epstein, E. 1990. Plant response to salinity and sodic conditions. P 113-137, In: K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assesment and Management). American Society of Civil Engineers. Manual and Report Engineering Practice.

21. Lebron, I., Suarez, D.L., and Yoshida, T. 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soil under reclamation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 66: 92-98.
22. Liu, C., Cooper, R.J., and Bowman, D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science. 5: 235-242.
23. Liu, C., and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. Golf Course Management. Pp: 49-53.
24. 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.
25. Mikkelsen, R.L. 2005. Humic materials for agriculture, Davis, California, USA. Better Crops with Plant Food. 89: 3. 6-7.
26. Mohamed, W.H. 2012. Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition, Austr. J. Basic Appl. Sci. 6: 8. 597-604.
27. Mohammad, S., Tanveer, S.K., Sattar Anjum, A., Javed, A., and Arshad Ullah, M. 2013. Evaluation of organic substrates for Wheat Production under Rainfed Conditions, 1 National Institute of Organic Agriculture, NARC, Islamabad, Pakistan. Science Technology and Development. 32: 1. 1-6.
28. Mohammad, D., and Khattak, R.A. 2011. Wheat yield and chemical composition as influenced by integrated use of gypsum, pressmud and FYM in saline-sodic soil. J. Chem. Soc. Pak. 33: 82-86.
29. Muscolo, A., Sidari, M., Francioso, O., Tugnoli, V., and Nardi, S. 2007. The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. J. Chem. Ecol. 33: 115-129.
30. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34: 1527-1536.
31. Ounia, Y., Ghnayaa, T., Montemurrob, F., Abdellya, C.H., and Lakhdara, A. 2014. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity Inter. J. Plant Prod. 8: 3. ISSN: 1735-6814. (Print), 1735-8043 (Online) www.ijpp.info. Inter. J. Agric. Biol.
32. Pazira, E. 2011. The possibility improvement of saline and sodic soils using chemical materials, J. Water Soil Cons. 4: 27-44. (In Persian)
33. Piccolo, A., Celanoand, G., and Pietramellara, G. 1993. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicon esculentum*). Biology and fertility of soil. 16: 11-15.
34. Pizzeghello, D., Francioso, O., Ertani, A., Muscolo, A., and Nardi, S. 2013. Isopentenyladenosine and cytokinin-like activity of different humic substances. J. Geochem. Explor. 129: 70-75.
35. Qureshi, A.S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H., and Javadi, A. 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. International Water Management Institute, IWMI Working Paper 125, Colombo, Sri Lanka, 30p.
36. Rady, A.A. 2012. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. South Afric. J. Bot. 81: 8-14.
37. Rousta, M.J., and Enayati, K. 2013. Effect of organic and mineral amendments on mean-weight diameter of soil agglomerates, Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), Spring 92. 26: 1. 24-33. (In Persian)
38. Sangeetha, M., Singaram, P., and Devi, R.D. 2006. Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. Proceedings of 18th World Congress of Soil Science July 9-15, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
39. Sanchez-Conde, M.P., Ortega, C.B., and Perz-Brull, M.I. 1972. Effect of humic acid on sugar beet in hydroponic culture. Anales de Edafologia y Agrobiologia. 31: 3/4. 319-331.

40. Shaaban, M., Abid, M., and Abou-Shanab, RAI. 2013. Amelioration of salt affected soils in rice paddy system by application of organic and inorganic amendments, Plant Soil Environ. J. 59: 5. 227-233.
41. Shanmuganathan, R.T., and Oades, J.M. 1983. Modification of soil physical properties by addition of calcium compounds. Australian. J. Soil Res. 21: 285-300.
42. Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 33: 19. 3567-3580.
43. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. J. 91: 503-527.
44. Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., and Nardi, S. 2010. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. Plant Signal. Behavior J. 5: 1-9.
45. Türkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., and Dursun, A. 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. J. Biol. Sci. 5: 568-574.
46. Vaughan, D. 1974. A possible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segments of *Pisum sativum* under aseptic conditions. Soil Biology and Biochemistry. 6: 241-247.
47. Walkley, A., and Black, T.A. 1934. An examination of the Dehigaroff method for determining organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.
48. Yang, H.L., Hseu, Y.C., Hseu, Y.T., Lu, F.J., Lin, E., and Lai, J.S. 2004. Humic acid induces apoptosis in uman premyelocytic leukemia HL-60 cells. Life Sci. J. 75: 1817-1831.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(4), 2019
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The Effects of Humic Acid Application on Yield and Yield Components of Wheat and Some Chemical Properties of a Saline-Sodic Soil

***M.J. Rousta[1], K. Enayati[2], V. Soltani[3], M. Shiran[4], F. Ghane[5], N. Besharat[6] and E. Neshat[7]**

[1]Associate Prof. of Soil Science, Dept. of Soil Conservation and Watershed Management Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran, [2]M.Sc. of Soil Science, Dept. of Soil Conservation and Watershed Management Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran, [3]M.Sc. of Horticulture Science, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, [4]M.Sc. of Irrigation, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, [5]Previous M.Sc. of Chemistry, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, [6]M.Sc. of Soil Science, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, [7]M.Sc. of Soil Science, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran

Received: 11.12.2017; Accepted: 06.12.2018

Abstract

Background and Objectives: One of the most important reasons for the decrease of yield in salt affected soils is ion toxicity, poor chemical and physical properties of soils, can have profound effects on crop ecosystems. In order to increase the plant production in saline soils, considering salinity and weather conditions, methods such as soil leaching, compatible plant cultivation, the use of suitable cultivars, agronomy operations and the use of plant growth regulating agents have been proposed. The aim of this study was to investigate the effect of humic acid compounds application on plant growth and yield and chemical characteristics of a saline-sodic soil.

Materials and Methods: In order to study the effect of humic acid on soil chemical characteristics, wheat growth and yield of *Arg* cultivar, an experiment was conducted in a randomized complete block design with 4 replications. a split split plot experiment carried out as a randomized complete block design with 4 replicates in which there were 2 levels of irrigation salinity (2 and 10 dS/m) as the main plots, 4 levels of Humasterfood application in different stages of growth (without application, application in March or April and in both months) as the sub plots and also application of Parshumic in 3 levels (0, 75 and 150 Kg/ha) randomly in every sub plot. Before planting and after harvesting, soil samples were taken from the soil and the amount of sodium ions, the sum of calcium and magnesium, electrical conductivity of saturated extract, sodium ratio, pH and organic matter percentage were measured. At the end of the plant growth period, height, shoot yield, grain number per spike, 1000 seed weight and grain yield were measured and harvest index was calculated.

Results: The analysis of variance of the data obtained from the experiment showed that the interaction between Humasterfood and Parshumic and the interaction effects of salinity, Humasterfood and Parshumic on shoot dry weight were significant at $P<0.05$. The effect of treatments on soil specific properties also showed that the interactions between salinity levels and

* Corresponding Author; Email: mjrousta@yahoo.com

Humasterfood and Parshumic on sodium adsorption ratio (SAR) was significant at $P<0.01$. Means comparison showed that the application of Humasterfood in March and April, decreased the concentration of sodium and calcium+magnesium and SAR as amount as 37.3, 30.1 and 28.4%, respectively. Also, this fertilizer increased the shoot dry weight as 8.5% compared to control.

Conclusion: The ability of humic acid in humic acid containing fertilizers to modify the concentration of single and bivalent soil cations and changes in SAR, permeability and, finally, increased soil leaching are desirable and suggested their application in areas where soils are to be drainage constraints due to high SAR.

Keywords: Humaster-Food, Organic fertilizer, Parshumic, Salinity, Wheat