# اثر شوری آب آبیاری، گچ و کود دامی بر تنفس میکروبی و فعالیت فسفاتازها ریزوسفر سویا

هانی قنبری مفتی کلایی[۱*]، محمدعلی بهمنیار[۲]، سروش سالک گیلانی[۳] و فایز رئیسی[۴]

۱* - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (Hanighanbari@gmail.com)

۲و۳- بتر تیب دانشیار و مربی گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۸

## چکیده

**شوری یکی از تنش های مهم محیطی است که تاثیر منفی بر فعالیت های بیولوژیک خاک دارد. مصرف مواد اصلاحی آلی و معدنی در خاک های شور، می تواند سبب تعدیل اثرات شوری بر فعالیت های میکروبی و ویژگی‌های بیوشیمیایی آن گردد. به منظور بررسی اثر شوری آب آبیاری و اصلاح کننده های آلی و غیرآلی بر تنفس میکروبی و فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی خاک ریزوسفری در مراحل تشکیل بند و گلدهی گیاه سویا، آزمایشی با ۵ سطح شوری (شامل $S_1$= ۰/۸، $S_2$= ۱/۶، $S_3$= ۳/۲، $S_4$= ٤/۸ و $S_5$= ٦/٤ دسی زیمنس بر متر از منبع آب دریا) و ۵ تیمار مواد اصلاح کننده شامل $T_1$(شاهد بدون مصرف ماده اصلاحی)، $T_2$(۲۰ تن گچ در هکتار)، $T_3$(۲۰ تن کود دامی در هکتار)، $T_4$(۱۰ تن گچ + ۱۰ تن کود دامی در هکتار) و $T_5$(۱۵ تن گچ + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) در شرایط گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. نتایج نشان داد مصرف آب آبیاری شور موجب کاهش تنفس میکروبی و فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی خاک در مرحله تشکیل بند($V_2$) و گلدهی($R_2$) گیاه سویا گردید؛ اما به کارگیری اصلاح کننده های خاک (آلی و معدنی) موجب افزایش شاخص های بیولوژیکی مورد آزمایش شد. در مرحله تشکیل بند ($V_2$)، استفاده از اصلاح کننده آلی ($T_3$) در همه ی سطوح شوری، بیش ترین تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی را باعث شد، که نسبت به تیمار شاهد ($T_1$) در تنفس میکروبی ۵۵ درصد، آنزیم فسفاتاز اسیدی ۲٤ درصد و در آنزیم فسفاتاز قلیایی ۲۷ درصد افزایش نشان داد. با تجمع نمک حاصل از آب آبیاری شور در خاک، تنفس میکروبی و فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی($R_2$) کاهش پیدا کرد. مصرف توام اصلاح کننده آلی و معدنی($T_5$)، بیش ترین اثر را بر افزایش تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک در سطوح مختلف شوری در مرحله گلدهی($R_2$) داشت.**

***کلید واژه ها: گچ، کود دامی، تنفس میکروبی خاک، آب آبیاری شور، فسفاتازهای اسیدی و قلیایی، سویا***

### مقدمه

شوری پس از خشکی از مهم ترین و متداول ترین تنش های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است (۳). بخش قابل توجهی از اکوسیستم های طبیعی و زراعی دنیا تحت تنش شوری قرار دارند (۹) و خاک های تحت تاثیر شوری در بیش از ۱۰۰ کشور جهان با خصوصیات و گستردگی های متفاوت پراکنده‌اند (۱۴). با توجه به گزارش های تات و همکاران[1] (۱۹)، مساحت خاک های تحت تاثیر شوری در حدود یک میلیارد هکتار برآورد شده است. هریک[2] (۱۰) بیان نمود که شاخص های

1- Thth *et al.*
2- Herrick

میکروبی خاک از جنبه های مهم کیفیت آن به شمار می آیند و به همین دلیل کیفیت خاک با استفاده از خواص مختلف میکروبی نیز قابل ارزیابی می باشد. ساردینا و همکاران[1] (۱۶) در مطالعات خود فعالیت‌های میکروبی محدودی را در خاک های تحت تاثیر شوری گزارش نمودند. اکثر مطالعات مربوط به عوامل بیولوژیک در خاک‌های شور، بیانگر کاهش تنفس، فعالیت آنزیم‌ها (۷و ۱۳) و زیست توده میکروبی خاک می‌باشند (۱۵). زاران[2] (۲۳) بیان نمود که فعالیت ریزجانداران خاک عامل مهم در کنترل چرخه عناصر غذایی، به خصوص در محیط‌های شوری که از لحاظ عنصر نیتروژن فقیر هستند، می‌باشد. فرانکن‌برگر و بینگام[3] (۷) نیز تحت شرایط آزمایشگاه، اثرات منفی شوری را بر فعالیت آنزیمی و تنفس میکروبی خاک مشاهده کردند.

ریتز و هاینس[4] (۱۵) در شرایط کنترل شده دریافتند که افزایش شوری ناشی از آب آبیاری باعث کاهش زیست توده میکروبی، تنفس و فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی خاک می‌شود. ساردینا و همکاران (۱۶) مشاهده کردند که با افزایش سطح شوری از ۲/۲ به ۱۳/۲ میلی گرم نمک در گرم خاک، تنفس خاک از ۴۱/۷ به ۱۶/۳ میکرو گرم کربن در هر گرم خاک کاهش یافت. تری‌پاتی و همکاران[5] (۲۰) بیان نمودند که مواد آلی می‌تواند فعالیت میکروبی را تقویت کند و رشد را از طریق افزایش چرخه بیوژئوشیمیایی مواد غذایی در خاک بالا ببرد. به نظر می رسد استفاده از اصلاح کننده های حاوی کلسیم، که موجب جایگزینی با سدیم می‌شوند، همراه با کاربرد مواد آلی در بهبود شرایط بیولوژیکی خاک های تحت تنش شوری موفقیت آمیز باشد (۱۸).

سویا از جمله گیاهان روغنی حساس به شـــوری محسوب می شود و آبیاری با آب های شور پتانسیل بالای تولید آن را در معرض خطر قرار می دهد (۱). سویا در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، نیمی از عملکرد خود را از دست می‌دهد و در شوری ۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر نیز، عملکرد آن به صفر می‌رسد (۸). مهم ترین واکنش گیاه سویا به افزایش شوری خاک، کاهش آهنگ رشد است. در خاک های تحت تنش شوری، ابتدا رشد رویشی سویا و سپس توسعه برگ ها متاثر شده و اندازه گیاه کوچک می شود (۸). تنش شوری با افزایش غلظت نمک در محلول خاک، در دسترس بودن آب و برخی یون ها را در اثر افزایش فشار اسمزی محلول خاک کاهش می‌دهد. در مرحله گلدهی این موضوع باعث افزایش ریزش گل ها، کمبود مواد معدنی و پژمردگی می‌شود (۲)؛ بنابراین، کاهش اثرات شوری و افزایش فعالیت های میکروبی در مراحل حساس رشد گیاه (تشکیل بند و گلدهی)، با اضافه کردن مواد اصلاح کننده به خاک حائز اهمیت است. هدف از این تحقیق، بررسی اثر شوری آب آبیاری و اصلاح کننده های گچ و کود دامی بر تنفس میکروبی خاک و فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی در مراحل تشکیل بند و گلدهی گیاه سویا می‌باشد.

## مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا گردید. این منطقه در عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و میانگین ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا واقع شده است. آزمایش شامل فاکتورهای شوری در پنج سطح ($S_1$= ۰/۸، $S_2$= ۱/۶، $S_3$= ۳/۲، $S_4$= ۴/۸ و $S_5$= ۶/۴ دسی زیمنس بر متر از منبع آب دریا) و مواد اصلاحی در پنج تیمار $T_1$ (شاهد بدون مصرف ماده اصلاحی)،

1- Sardinha *et al.*
2- Zahran
3- Frankenberger & Bingham
4- Rietz & Haynes
5- Tripathi *et al.*

$T_2$(۲۰ تن گچ در هکتار)، $T_3$(۲۰ تن کود دامی در هکتار)، $T_4$(۱۰ تن گچ + ۱۰ تن کود دامی در هکتار) و $T_5$(۱۵ تن گچ + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) در ۳ تکرار در شرایط گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا گردید. نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک سطحی مزرعه تهیه و به گلخانه منتقل گردید. سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و برخی خصوصیات شیمیایی کود دامی(گوسفندی) اندازه گیری شد که نتایج آنها در جدول ۱ آمده است.

در هر گلدان ۱۰ کیلوگرم خاک ریخته و تیمارهای مواد اصلاحی قبل از کشت اعمال گردید؛ ضمناً قبل از کاشت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به عنوان کود پایه طبق نتایج آزمون خاک اضافه گردید. تعداد ۸ بذر سویا (رقم۰۳۲) در هر گلدان کاشته و پس از سبز شدن به سه گیاه تنک شدند. به منظور استقرار بهتر جوانه ها، آبیاری گلدان ها در هفته اول با آب شرب شهری صورت گرفت. اعمال فاکتورهای مختلف شوری به وسیله آبیاری با آب شور که از مخلوط آب دریا و آب شرب تهیه شده بودند، صورت گرفت. در طی مراحل تشکیل بندهای گیاه ($V_2$) و گلدهی ($R_2$) به مقدار لازم از خاک اطراف سیستم ریشه ای برداشته شد و حدود یک گرم از آن برای اندازه گیری فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی پس از اضافه کردن یک میلی لیتر محلول پارانیتروفنیل سدیم فسفات به عنوان سوبسترا در حضور تامپون MUB (pH=۶/۵ برای فسفاتاز اسیدی و pH=۱۱ برای فسفاتاز قلیایی) با استفاده از روش عیوضی و طباطبایی[1] (۶) اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری تنفس میکروبی مقدار ۵۰ گرم از خاک هر تکرار بعد عبور از الک ۲ میلی متری در ظرف پلاستیکی نیم لیتری ریخته شد و با تنظیم رطوبت در حدود ۶۰٪ ظرفیت مزرعه، ظروف در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. $CO_2$ ناشی از تنفس میکروبی در سود (NaOH) ۰/۲۵ نرمال جمع آوری گردید و به روش آلف و نانیپیری[2] (۴) تنفس میکروبی خاک، از طریق تیتراسیون با HCl ۰/۲۵ نرمال محاسبه گردید. در پایان، داده های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و MSTATC تجزیه و تحلیل، رسم نمودارها به کمک EXCEL و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح $P< ۰/۰۵$ انجام شد.

## نتایج و بحث

### تنفس میکروبی خاک در مرحله تشکیل بند ($V_2$)

سطوح شوری آب آبیاری و مواد اصلاح کننده و همچنین اثر متقابل بین آنها، بر میزان تنفس میکروبی خاک تاثیر معنی دار داشت (جدول ۲). افزایش سطوح شوری باعث کاهش تنفس و افزودن مواد اصلاح کننده به خاک باعث افزایش تنفس میکروبی خاک گردید (جدول ۳). تیمار $T_3$ (۲۰ تن کود دامی در هکتار) با مقدار ۸/۷۳ میلی گرم کربن در گرم خاک، بیش ترین اثر را در افزایش تنفس میکروبی خاک از خود نشان داد که نسبت به تیمار $T_1$ (شاهد) ۵۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳). افزایش تنفس میکروبی خاک با اضافه کردن کود دامی، به نقش تغذیه ای و بیولوژیکی این اصلاح کننده برای ریزجانداران خاک و افزایش جمعیت آنها نسبت داده می شود که با نتایج به دست آمده توسط پژوهشگران نیز مطابقت دارد (۲۱).

با توجه به شکل ۱، تیمار $T_2$ (۲۰ تن گچ در هکتار) با تیمار $T_1$ (شاهد) در تمام سطوح شوری

1- Eivazi & Tabatabai

2- Alef & Nannipieri

**جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود دامی مورد استفاده در این آزمایش**

| | بافت خاک | شن | سیلت | رس | کربن آلی | نیتروژن (N) | اسیدیته (pH) | هدایت الکتریکی (EC) | فسفر (P) | پتاسیم (K) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (درصد) | | | | | | (دسی زیمنس بر متر) | قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) | |
| خاک | سیلتی رسی | ۷/۳ | ۴۴/۷ | ۴۸ | ۱/۶ | ۰/۲ | ۷/۶۳ | ۱/۸۴ | ۱۴/۹۵ | ۲۶۹/۶۷ |
| کود دامی | - | - | - | - | ۲۳/۴ | ۰/۴۴ | ۶/۶۵ | ۷/۵ | ۴۰۰۵/۳۷ | ۲۱۷۰/۹۸ |

**جدول۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مواد اصلاح کننده و شوری بر تنفس میکروبی خاک و فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مراحل تشکیل بند($V_2$) و گلدهی($R_2$) گیاه سویا**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تنفس میکروبی | | فسفاتاز اسیدی | | فسفاتاز قلیایی | |
| | | $V_2$ | $R_2$ | $V_2$ | $R_2$ | $V_2$ | $R_2$ |
| تکرار | ۲ | ۱/۸۲ | ۰/۶۷ | ۱/۰۲ | ۰/۴۳ | ۰/۴۱ | ۰/۰۶ |
| مواد اصلاحی | ۴ | ۳/۳۶$^{**}$ | ۵/۴۱$^{**}$ | ۱۰/۴۸$^{**}$ | ۷/۹۱$^{**}$ | ۱۵/۴۵$^{**}$ | ۹/۷۱$^{**}$ |
| شوری | ۴ | ۳/۳۵$^{**}$ | ۴/۷۶$^{**}$ | ۱۳/۹۲$^{**}$ | ۹/۴۳$^{**}$ | ۷/۷۰$^{**}$ | ۹/۵۲$^{**}$ |
| مواد اصلاحی* شوری | ۱۶ | ۰/۰۵$^{*}$ | ۴/۲۴$^{**}$ | ۱۰/۰۶$^{**}$ | ۸/۶۴$^{**}$ | ۱۴/۲۲$^{**}$ | ۸/۴۵$^{**}$ |
| خطا | ۴۸ | ۰/۴۱ | ۰/۷۲ | ۰/۷۶ | ۰/۱۲ | ۰/۲۸ | ۰/۱۲ |

** و * به ترتیب، معنی دار بودن در سطح احتمال۱ و ۵ ٪

**جدول۳- مقایسه میانگین تنفس میکروبی خاک(میلی گرم کربن در گرم خاک) و فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی(میکروگرم پارا- نیتروفنل آزاد شده از یک گرم خاک) در دو مرحله تشکیل بند($V_2$) و گلدهی($R_2$) گیاه سویا در تیمارهای مواد اصلاح کننده و شوری**

| تیمار | سطوح تیمار | تنفس میکروبی | | فسفاتاز اسیدی | | فسفاتاز قلیایی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $V_2$ | $R_2$ | $V_2$ | $R_2$ | $V_2$ | $R_2$ |
| مواد اصلاحی | $T_1$ | ۵/۶۲$^{d}$ | ۳/۹۷$^{c}$ | ۸/۱۸$^{c}$ | ۴/۶۱$^{c}$ | ۹/۵۴$^{c}$ | ۷/۳۳$^{c}$ |
| | $T_2$ | ۵/۹۷$^{d}$ | ۴/۲۴$^{c}$ | ۸/۳۵$^{c}$ | ۵$^{bc}$ | ۶/۲۰$^{d}$ | ۷/۵۹$^{bc}$ |
| | $T_3$ | ۸/۷۳$^{a}$ | ۵/۰۴$^{b}$ | ۱۰/۱۵$^{a}$ | ۵/۴۳$^{ab}$ | ۱۲/۰۸$^{a}$ | ۸/۱۳$^{ab}$ |
| | $T_4$ | ۶/۹۲$^{b}$ | ۴/۹۸$^{b}$ | ۹/۳۹$^{b}$ | ۵/۴۴$^{ab}$ | ۹/۸۰$^{bc}$ | ۸/۳۶$^{ab}$ |
| | $T_5$ | ۸/۳۳$^{a}$ | ۵/۵۹$^{a}$ | ۹/۵۵$^{ab}$ | ۵/۷۶$^{a}$ | ۱۰/۶۸$^{b}$ | ۸/۵۷$^{a}$ |
| شوری | $S_1$ | ۸/۰۱$^{a}$ | ۸/۴۷$^{a}$ | ۹/۸۱$^{a}$ | ۹/۸۴$^{a}$ | ۱۰/۷۰$^{a}$ | ۱۰/۷۸$^{a}$ |
| | $S_2$ | ۷/۵۵$^{b}$ | ۵/۱۳$^{ab}$ | ۹/۷۷$^{a}$ | ۵/۳۲$^{b}$ | ۱۰/۰۴$^{ab}$ | ۸/۲۵$^{ab}$ |
| | $S_3$ | ۷/۲۹$^{b}$ | ۴/۶۶$^{bc}$ | ۹/۶۸$^{a}$ | ۵/۲۷$^{b}$ | ۹/۶۶$^{abc}$ | ۷/۸۴$^{bc}$ |
| | $S_4$ | ۶/۶۸$^{c}$ | ۴/۴۵$^{cd}$ | ۸/۷۹$^{b}$ | ۴/۹۸$^{bc}$ | ۹/۲۲$^{bc}$ | ۷/۶۴$^{bc}$ |
| | $S_5$ | ۶/۰۲$^{d}$ | ۴/۱۱$^{d}$ | ۷/۵۷$^{c}$ | ۴/۸۲$^{c}$ | ۸/۶۷$^{c}$ | ۷/۴۵$^{c}$ |

در هر فاکتور میانگین ها با حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ تفاوت معنی دار با یکدیگر ندارند.

شوری اختلاف چندانی در میزان تنفس میکروبی خاک نداشت؛ اما با افزایش میزان اصلاح کننده‌ها به خاک، از ۱۰ تن در تیمار $T_4$ به ۱۵ تن در تیمار $T_5$ مقدار تنفس نیز افزایش یافت. با توجه به کاربرد گچ که موجب افزایش شستشوی سدیم، کاهش درصد سدیم قابل تبادل و افزایش میزان نفوذپذیری خاک می شود (۱۸) می توان نتیجه گرفت که گچ شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را برای جمعیت‌های میکروبی بهبود بخشیده است و اضافه کردن کود دامی به خاک نیز موجب افزایش زیست توده میکروبی و میکروب‌هایی از خاک که در چرخه مواد غذایی اکوسیستم‌ها نقش دارند، گردید (۵ و ۱۱).

با افزایش شوری آب آبیاری از سطح $S_1$ به سطح $S_5$، فعالیت تنفسی خاک ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۳). کاهش تنفس میکروبی با افزایش سطوح شوری آب آبیاری به نقش منفی شوری بر جمعیت ریزجانداران و فعالیت آنها مربوط می شود (۱۵).

**تنفس میکروبی خاک در مرحله گلدهی ($R_2$)**

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات شوری آب آبیاری و مواد اصلاح کننده و نیز اثرات متقابل بین این دو فاکتور بر میزان تنفس خاک در مرحله گلدهی، در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). افزایش سطوح شوری باعث کاهش تنفس و افزودن مواد اصلاح کننده باعث افزایش تنفس میکروبی خاک گردید (جدول ۳). حداکثر تنفس میکروبی از اضافه کردن تیمار $T_5$ (۱۵ تن گچ+ ۱۵ تن کود دامی) به خاک مورد آزمایش به دست آمد، که نسبت به تیمار فاقد ماده اصلاحی ($T_1$) ۴۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). با افزایش مواد اصلاح کننده از $T_4$ (۱۰ تن گچ + ۱۰ تن کود دامی در هکتار) به $T_5$ (۱۵ تن گچ + ۱۵ تن کود دامی در هکتار)، تنفس میکروبی خاک از ۴/۹۸ میلی گرم کربن در گرم خاک در تیمار $T_4$ به ۵/۵۹ میلی گرم کربن در گرم خاک در تیمار $T_5$ افزایش یافت (جدول ۳). این افزایش را می توان به دسترسی بیشتر سوبسترا در پی اضافه کردن مواد آلی بیشتر، و بهبود شرایط شیمیایی با اضافه کردن گچ نسبت داد (۱۸). اضافه نمودن کود دامی و گچ به عنوان اصلاح کننده به خاک باعث افزایش مواد تغذیه ای و جمعیت های میکروبی، و همین طور بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک گردید که با نتایج به دست آمده توسط تجادا و همکاران[1] (۱۸) نیز مطابقت دارد.

نتایج جدول مقایسه میانگین حاکی از آن است که با افزایش سطوح شوری، میزان تنفس میکروبی خاک کاهش می‌یابد (جدول۳). تیمار $S_1$ با شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیش ترین تنفس میکروبی را از خود نشان داد؛ اما تیمار $S_5$ با شوری ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر، کم ترین میزان تنفس میکروبی را داشت. کاهش تنفس میکروبی با افزایش سطوح شوری آب آبیاری به نقش منفی شوری خاک بر جمعیت ریزجانداران و فعالیت آنها مربوط می‌شود (۱۵).

در تمامی سطوح شوری، اصلاح‌کننده آلی بعلاوه اصلاح‌کننده معدنی ($T_5$) نسبت به سایر تیمارهای مواد اصلاحی بیش ترین اثر را بر افزایش تنفس میکروبی خاک داشت (شکل ۱). در شوری‌های پایین اثرات تیمارهای $T_1$ (شاهد) و $T_2$ (۲۰ تن گچ در هکتار) بسیار به هم نزدیک بودند؛ اما در شوری های بالا ($S_4$ و $S_5$) تیمار $T_2$ اثر افزایشی و تیمار $T_1$ اثر کاهشی بر روند تنفس میکروبی خاک داشتند (شکل ۱). گچ به خاطر نداشتن اثر تغذیه‌ایی و بیولوژیکی در خاک نمی‌تواند در شوری‌های پایین ($S_1$ و $S_2$) تنفس میکروبی خاک را افزایش دهد؛ اما در شوری‌های بالا ($S_4$ و $S_5$) از طریق مبادله کلسیم با سدیم، از اثرات زیان‌آور سدیم بر تنفس میکروبی خاک می‌کاهد (۲۰). با افزایش سطوح شوری

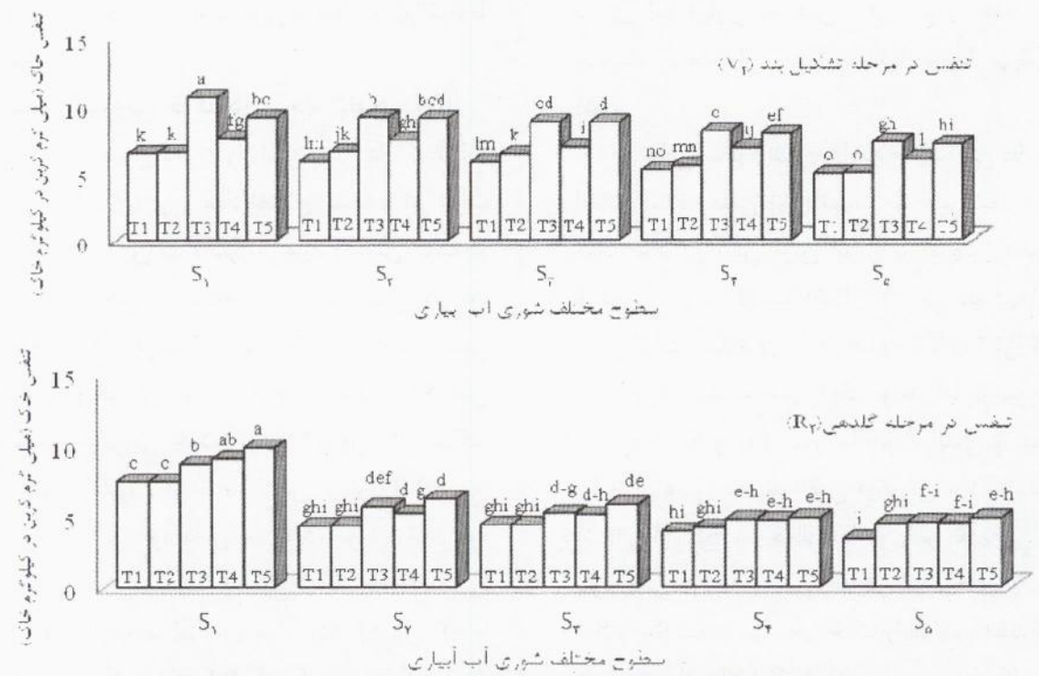
1- Tejada *et al.*

اختلاف اثرات تیمارهای مواد اصلاحی کاهش یافت، به طوری که در شوری $S_5$، کلیه تیمارها بجز تیمار $T_5$ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نشان ندادند (شکل ۱).

**فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله تشکیل بند ($V_2$)**

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای شوری و مواد اصلاح‌کننده و نیز اثرات متقابل آنها بر فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی کاملاً معنی دار است. افزایش سطوح شوری باعث کاهش فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی گردید؛ در حالی که اضافه کردن کود دامی به عنوان اصلاح کننده آلی به خاک($T_3$) بهترین اثر را بر فعالیت آنزیمی داشت و باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها شد (جدول ۳).

تجادا و همکاران (۱۸) افزایش دسترسی ریزجانداران به سوبسترا در اثر اضافه کردن مواد آلی و افزایش ترشحات ریشه ای را دلیلی بر افزایش فعالیت فسفاتازها عنوان نمودند. اضافه کردن کود دامی از طریق افزایش زیست توده میکروبی و ترشحات ریشه‌ای، فعالیت ریزجانداران را در ریزوسفر گیاه افزایش می دهد و در نتیجه باعث افزایش تولید و فعالیت فسفاتازها در ریزوسفر گیاه می شود (۵ و۱۱). با توجه به شکل ۲، میزان فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در سطوح بالای کود دامی ($T_3$) و سطوح مختلف شوری خاک بیش تر از مقدار آن در سطوح پایین کود دامی و گچ ($T_4$ و $T_5$) می باشد و این بیانگر افزایش فعالیت این آنزیم ها در اثر افزایش مواد آلی خاک است. تیمار $T_3$




**شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای مواد اصلاح کننده و شوری بر میزان تنفس میکروبی خاک ریزوسفری در دو مرحله تشکیل بند ($V_2$) و گلدهی ($R_2$) گیاه سویا**

ستون هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری در سطح ۵ ٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

فسفاتاز اسیدی و قلـ

درصد افزایش داد. فعالیت فسفاتاز قلیایی در مرحله تشکیل بند ($V_2$) نسبت به فعالیت فسفاتاز اسیدی در همان مرحله، بیش تر تحت تاثیر اصلاح کننده آلی ($T_3$) قرار گرفت.

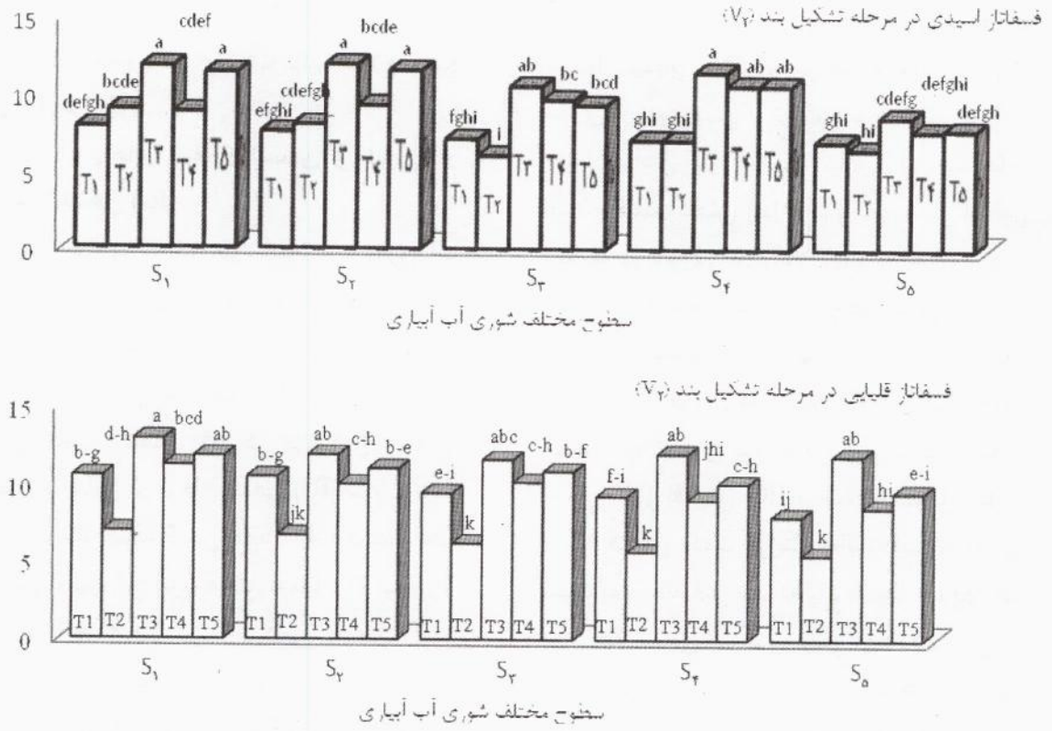
**فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی ($R_2$)**

اثر تیمارهای مختلف مواد اصلاحی، شوری آب آبیاری و برهمکنش این دو عامل بر فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در این مرحله نیز کاملاً معنی‌دار گردید (جدول ۲). افزایش سطوح شوری باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی ($R_2$) سویا گردید؛ در حالی که اضافه کردن مواد اصلاح‌کننده باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها شد (جدول ۳). تیمار $T_5$ (۱۵ تن گچ + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) در فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی ($R_2$) به ترتیب با میانگین های ۵/۷۶ و ۸/۵۷ میکروگرم پارا نیتروفنل، بهترین اثر را بر فعالیت این آنزیم‌ها داشت؛ در حالی که تیمار $T_1$ با میانگین ۴/۶۱ میکروگرم پارا نیتروفنل برای فسفاتاز اسیدی و ۷/۳۳ میکروگرم پارا نیتروفنل برای فسفاتاز قلیایی کم ترین فعالیت آنزیمی را نشان داد (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که کاربرد اصلاح-کننده معدنی (گچ) به واسطه بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک برای جمعیت‌های میکروبی، و اضافه کردن اصلاح‌کننده آلی(کود دامی) به علت افزایش زیست توده میکروبی و میکروب‌هایی از خاک که در چرخه مواد غذایی اکوسیستم‌ها نقش دارند، بهترین اثر را در صورت استفاده توام (کود دامی+گچ) بر فعالیت آنزیمی فسفاتازهای خاک خواهند داشت (۱۸ و ۲۲).

ضمناً در مرحله گلدهی تیمار $T_5$(۱۵ تن گچ + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) برخلاف تیمار $T_3$(۲۰ تن کود دامی در هکتار) در مرحله تشکیل بند، بیش ترین فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی را در بین سایر تیمارهای مواد اصلاحی از خود نشان داد (شکل ۳)؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که گچ شرایط شیمیایی خاک را در هنگام افزایش میزان شوری و سدیم، بیش تر تحت تاثیر قرار می دهد.

با افزایش شوری آب آبیاری، اثر تیمارهای اصلاح کننده کاهش پیدا کرد، و تفاوت بین اثر این تیمارها در شوری های بالا ($S_5$) به حداقل رسید (شکل ۳). فسفاتاز قلیایی در مرحله گلدهی بیش تر از مرحله تشکیل بند تحت تاثیر اصلاح کننده غیرآلی ($T_2$) قرار گرفت. تیمار $T_2$ (۲۰ تن گچ در هکتار) تنها تیماری بود که با تجمع نمک در خاک (شکل ۴) و افزایش EC از مرحله تشکیل بند تا مرحله گلدهی، باعث افزایش فعالیت فسفاتاز قلیایی نسبت به مرحله قبل شد. فعالیت فسفاتاز اسیدی هم در مرحله گلدهی نسبت به تیمار $T_2$ (۲۰ تن گچ در هکتار) افزایش نشان داد. این امر نتیجه اثر مثبت اصلاح کننده های غیرآلی (گچ) با منبع کلسیم را در شوری های بالا نشان می دهد، که از طریق مبادله کلسیم با سدیم از اثرات زیان آور شوری و سمیت بعضی از عناصر در محیط ریشه می‌کاهند (شکل ۳).

به نظر می رسد که یکی از دلایل احتمالی کاهش فعالیت فسفاتازها در شوری های بالای خاک، تغییر در نوع و ترکیب جمعیت ریزجانداران در ریزوسفر گیاه باشد. تری‌پاتی و همکاران (۲۰) نیز کاهش فعالیت فسفاتازهای خاک از ۲۵۶ به ۱۲۰ میلی گرم پارا نیترو فنل بر کیلوگرم خاک را برای فسفاتاز اسیدی و از ۴۰۷ به ۱۷۶ میلی گرم پارا نیترو فنل بر کیلوگرم خاک را برای فسفاتاز قلیایی، با افزایش سطح شوری از ۲/۲ به ۱۴/۷ میلی گرم نمک در هر گرم خاک گزارش نمودند. نتایج مشابهی نیز توسط ساردینا و همکاران (۱۶) و ریتز و هاینس (۱۵) گزارش شده است. این پژوهشگران نشان دادند که فعالیت اغلب آنزیم های خاک تحت تاثیر شوری های بالا قرار می گیرد؛ اما محققان دیگری گزارش کردند که افزایش شوری باعث




**شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای مواد اصلاح کننده و شوری بر میزان فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی خاک ریزوسفری در مرحله تشکیل بند(V۲) گیاه سویا**

ستون هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

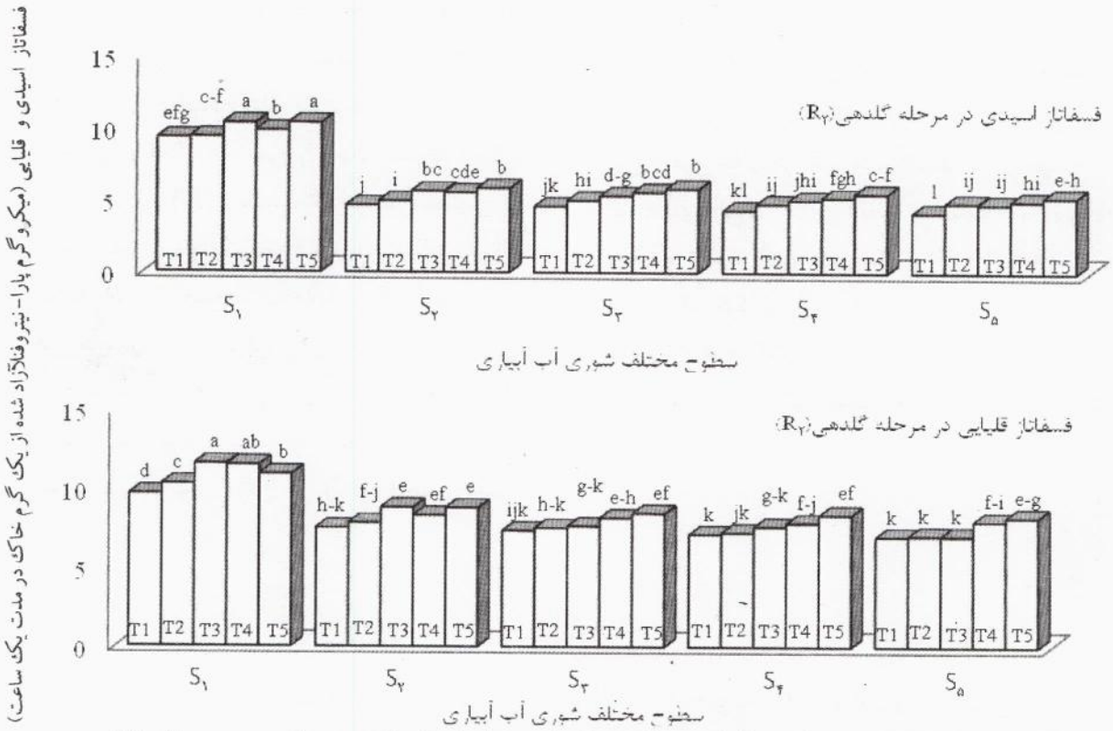
بیش ترین فعالیت آنزیمی را از خود نشان داد و با افزایش سطوح شوری، میزان فعالیت آنزیمی روند کاهشی داشت (شکل ۲).

استاهاور و مک نیل[1] (۱۷) گزارش کردند که در خاک شور، فعالیت های میکروبی با اضافه کردن کود دامی به عنوان اصلاح کننده آلی به خاک، که منبع انرژی را برای جمعیت میکروبی فراهم می نمایند، افزایش پیدا کرد (۱۲).

در این تحقیق تیمار $T_۳$ (۲۰ تن کود دامی در هکتار) بیش ترین افزایش را در فعالیت آنزیم های فسفاتازهای اسیدی و قلیایی داشت و تیمار $T_۵$ نیز به عنوان اصلاح کننده توام آلی و غیر آلی فعالیت آنزیمی را نسبت به تیمار $T_۱$ (شاهد) افزایش داد. با توجه به این که تیمار $T_۲$ کم ترین اثر را در بین تیمارها داشت و حتی باعث کاهش نسبی فعالیت آنزیمی نیز گردید، لذا به نظر می رسد که گچ به عنوان اصلاح کننده غیر آلی ($T_۲$) نقش موثری در افزایش فعالیت آنزیمی نداشته است. این امر می تواند به این علت باشد که اعمال تنش شوری در مراحل اولیه خود بوده و تا کنون تجمع نمک در خاک حاصل نشده است (۱۵)؛ ضمناً، تیمار $T_۳$ (۲۰ تن کود دامی در هکتار) در همه ی سطوح شوری آب آبیاری بیش ترین فعالیت آنزیمی (فسفاتاز اسیدی و قلیایی) را باعث شد، که نسبت به تیمار $T_۱$ فسفاتاز اسیدی را ۲۴ درصد و فسفاتاز قلیایی را ۲۷

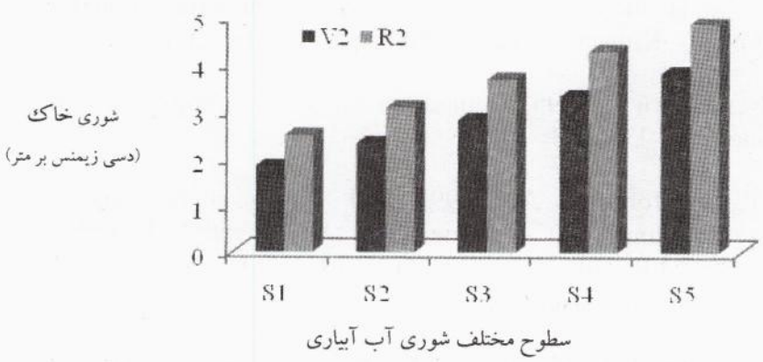
1- Stehouwer & Macneal

افزایش فعالیت آنزیم های د-آمیناز می‌شود. به هر حال شوری خاک یکی از تنش های محیطی مهم برای ریزجانداران خاک و فعالیت آنها در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (۱۳). این محققان همچنین معتقد هستند که افزودن اصلاح کننده‌های آلی و غیرآلی (توام) به خاک می‌تواند تا اندازه‌ای اثرات تنش شوری را تعدیل کند (۱۳).




**شکل۳- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای مواد اصلاح کننده و شوری بر میزان فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی(R۲) گیاه سویا**

ستون هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.




**شکل ٤- تاثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر تجمع نمک خاک در طی مرحله تشکیل بند (V۲) و گلدهی (R۲) سویا**

**نتیجه گیری**

اضافه کردن اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی به خاک تحت تنش شوری، توانست موجب افزایش تنفس میکروبی و فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی در مراحل تشکیل بند ($V_2$) و گلدهی ($R_2$) گیاه سویا گردد. در مرحله تشکیل بند ($V_2$) تیمار $T_3$ به عنوان اصلاح‌کننده آلی، بیش ترین تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی را باعث شد؛ اما اصلاح کننده غیرآلی ($T_2$) نتوانست اثر افزایشی مطلوبی بر شاخص‌های بیولوژیکی مورد آزمایش در این مرحله داشته باشد. با تجمع نمک حاصل از آب آبیاری شور در خاک، تنفس میکروبی و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مرحله گلدهی ($R_2$) کاهش پیدا کرد. مصرف توام اصلاح کننده آلی و معدنی ($T_5$)، بیش ترین اثر را بر افزایش تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک در سطوح مختلف شوری در مرحله گلدهی ($R_2$) داشت. با افزایش شوری اختلاف اثر تیمارها کاهش یافت؛ اما تیمار $T_2$ به عنوان اصلاح کننده غیرآلی برخلاف سایر تیمارهای مواد اصلاحی، با افزایش سطوح شوری آب آبیاری، باعث افزایش تنفس میکروبی و فعالیت های آنزیمی در مرحله گلدهی شد. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از تاثیر مثبت اضافه کردن اصلاح کننده‌های آلی و غیرآلی (توام) بر تنفس میکروبی خاک و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی هستند که خود می تواند دلیلی بر ضرورت استفاده از این اصلاح کننده‌ها در شرایط تنش شوری با توجه به دوره رشد گیاه باشد.

## منابع


۱. ملکوتی، م ج. و سپهر، ا. ۱۳۸۲. تغذیه بهینه دانه های روغنی (مجموعه مقالات). انتشارات خانیران، تهران، ایران.

۲. منصوری، ح. و احمدی مقدم، ع. ۱۳۸۵. تأثیر میکوریز در مقاومت گیاه جو(*Hordum vulgare*) به شوری. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد ۲۴ شماره ۲، صص ۲۷-۳۹.

3. Akhani, H., and Ghorbanli, M. 1993. A contribution to the halophytic vegetable and flora of Iran.In leith, H. and A. A. Al Massom (eds). Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp: 35-44.

4. Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in soil microbiology and biochemistry. Academic, London, pp: 232–233

5. Christenen, B.T., and Johnston, A.E. 1997. Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. in Gregorich, E.G., Catrer, M.R. (eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, Elsevier, Amsterdam, Neth, pp: 157-159

6. Eivazi, F., and Tabatabai, M. 1977. Phosphates in soils. Soil Biology and Biochemistry, 9: 167-172.

7. Frankenberger, J., and Bingham, F. 1982. Influence of salinity on soil enzyme activities. Soil Science Society of American Journal, 46: 1173-1177.

8. Grattan, S., and Oster, J. 2003. Use and reuse of saline–sodic water for irrigation of crops. In Goyal, S.S., Sharma, S.K., Rains, D.W. (eds.), Crop Production in Saline Environments: Global and Integrative Perspectives. Haworth Press, New York, USA., pp: 131–162.

9. Hafsi, C., Lakhdar, A., Rabhi, M., Debez, A., Abdelly, C., and Ouerghi, Z. 2007. Interactive effects of salinity and potassium availability on growth, water status, and ionic composition of Hordeum maritimum. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170: 469–473.

10. Herrick, J.E. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management. Applied Soil Ecology, 15: 75-83.

11. Lakhdar, A., Ben Achiba, W., Jedidi, N., and Abdelly, C. 2008. Effect of MSW compost and sewage sludge on soil biologic activities and wheat yield. 9th (ed). Tunisian- Japan Symposium on Society, Science and Technology, 23: 456-462

12. Muhammad, S., Muller, T., and Joergensen, R. 2007. Compost and P amendments for stimulating microorganisms and maize growth in a saline soil from Pakistan in comparison with a nonsaline soil from Germany. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170: 745–751.

13. Pathak, H., and Rao, D. 1998. Carbon and nitrogen mineralization from added organic matter in saline and alkali soils. Soil Biology and Biochemistry, 35: 845-854.

14. Rengasamy, P. 2005. World salinisation with emphasis on Australia. Comparative Biochemistry and Physiology, 141: 337–348.

15. Rietz, D., and Haynes, R. 2003. Effect of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry, 35: 845-854.

16. Sardinha, M., Muller, H., Schmeisky, R., and Joergensen, G. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. Applied Soil Ecology, 23: 237-244.

17. Stehouwer, R., and Macneal, C. 2003. Use of yard trimming compost for restoration of saline soil incineration ash. Compost Science and Utilization, 11: 51–60.

18. Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J., and Hernandez, M. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biology and Biochemistry, 38: 1413–1421.

19. Tóth, G., Montanarella, L., and Rusco, E. 2008. Updated map of salt affected soils in the european union threats to soil quality in Europe. European Communities, pp: 61–74.

20. Tripathi, S., Kumari, S., Chakraborty, A., Gupta, A., Chakrabarti, K., and Bandyapadhyay, B. 2007. Microbial biomass and its activities in salt-affected soils. Biology and Fertility of Soils, 42: 273–277.

21. Xiaogang, L., Fengmin, L., Bhupinderpal, S., Zhijun, C., and Zed, R. 2006. Decomposition of maize straw in saline soil. Biology and Fertility of Soils, 42: 336–370.

22. Zahir, Z., Malik, M., and Arshad, M. 2001. Soil enzymes research: a review. Online Journal of Biological Science, 1 (5): 299-307

23. Zahran, H. 1997. Diversity, adaptation and activity of the bacterial flora in saline environments. Biology and Fertility of Soils, 25: 211-223.