

## پیامد کاربرد باکتری‌های بردبار به نمک و زغال زیستی بر کارایی آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی در گیاه جو زیر تنش شوری

مریم طالبی اتویی<sup>۱\*</sup>، محسن علمایی<sup>۲</sup>، رضا قربانی نصرآبادی<sup>۳</sup> و سید علیرضا موحدی نائینی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده	تاریخچه مقاله
<p>برای بررسی پیامد کاربرد باکتری‌های بردبار به نمک، زغال زیستی و گچ بر پاسخ‌های آنزیمی و ناآنزیمی جو در تنش شوری، آزمایشی با طرح کاملاً تصادفی به گونه فاکتوریل با سه تکرار در گل‌خانه در سال ۱۳۹۵-۹۶ انجام شد. تیمارهای پژوهش (۱) جدایه‌های باکتریای بردبار به نمک (بدون باکتری، <math>T_0</math>، باکتری <i>Bacillus megaterium</i> (<math>T_5</math>)، باکتری <i>Bacillus licheniformis</i> (<math>T_{17}</math>))، (۲) بیوجار (۰ و ۵٪ وزنی/وزنی) و (۳) آب‌شویی خاک (بدون آب‌شویی و آب‌شویی) و (۴) کاربرد گچ (۰ و ۵۰ درصد نیاز گچی) بود. نتایج این پژوهش نشان داد که به کارگیری باکتری و زغال زیستی مایه کاهش کارایی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه جو می‌شود. این کاهش در تیمارهای آب‌شویی شده بیشتر بوده است. همچنین گیاهان مایه‌زنی شده با هردو باکتری، دارای بیشترین غلظت پرولین بودند که این اندازه در باکتری <i>T17 Bacillus licheniformis</i> و همراه با زغال زیستی و گچ به گونه چشم‌گیری بیشتر بوده است. بهره‌گیری از بهساز زغال زیستی، گچ و مایه‌زنی با جدایه‌ها مایه افزایش پایداری پرده یاخته-ای شده است که بیشترین افزایش در تیمارهای مایه‌زنی شده با جدایه باکتری <i>T17 Bacillus licheniformis</i> در خاک آب‌شویی شده با ۵۰٪ نیاز گچی دیده شد. روی هم رفته این پژوهش نشان داد که بهره‌گیری از زغال زیستی، گچ و باکتری‌های بردبار در برابر نمک، می‌تواند ابزار کارایی در کاهش پیامد شوری بر گیاه شود.</p>	<p>دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۵/۳۱</p> <p><b>کلمات کلیدی:</b> باسیلوس، زغال زیستی، سوپراکسید دایسموتاز، کاتالاز، پرولین، خاک شور و سدیمی</p> <p>*عهده‌دار مکاتبات Email: olamaee_m@yahoo.com</p>

### مقدمه

تنش شوری بر یک پارچگی غشاها، کارایی‌های آنزیمی و کارکرد دستگاه‌های فتوسنتزی گیاهان نشانه می‌گذارد. شوری، می‌تواند با افزایش گونه‌های کارای اکسیژن در گیاه مایه تنش اکسیداسیونی شود (۶) که در پایان، مایه آسیب رساندن به ساختارهای غشایی، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل می‌شود (۹). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مهم‌ترین ترکیبات در سیستم‌های دفع، اکسیژن‌های رادیکال آزاد<sup>۱</sup> (ROS) هستند و نخستین راه رویرو شدن در برابر آسیب‌های اکسیژن‌های رادیکال آزاد هستند. از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، شامل گلوکاتیون پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز است (۲۳). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی که در برابر تنش نازنده و مرده می‌شوند، از غشاها در برابر پیامدهای ویرانگر اکسیژن رادیکال آزاد نگهداری می‌کنند و مایه پایداری گیاهان در برابر تنش‌هایی مانند شوری می‌شوند (۲۷). شوری کارایی آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و پلی‌فول اکسیداز و سوپراکسیداز دیسموتاز و اندازه مالون‌دیالدهید، رادیکال اکسیژن و هیدروژن پراکسید در برگ و ریشه را افزایش می‌دهد؛ همچنین با افزایش شوری، اندازه پروتئین و قند محلول، پرولین و گلايسین بتاین افزایش می‌یابد (۲۷ و ۱۴ و ۲۸).

یکی از مهم‌ترین واکنش‌های گیاهان به تنش شوری، تنظیم فشار اسمزی گیاه از راه ساخت زیستی و انباشتگی محلول‌های تنظیم‌کننده اسمزی، همانند اسید آمینه؛ مانند پرولین است که گاهی گزارش شده که می‌تواند ۲۰-۱۰٪ وزن خشک گیاه را بسازد (۴). پرولین همانند ترکیبی مهم، در پایداری آنتی‌اکسیداتیو در هماهنگی فشار اسمزی گیاه با بیرون، نگهداشت ماکرومولکول‌ها در دوران کم آبی و شرکت در مسیر فسفات پنتوز کارایی دارد (۱۹).

بررسی‌های گوناگون، نشان داده است که در زیستگاه‌های شور، برخی ریزجانداران نمک‌دوست توان زندگی دارند. این ریزجانداران با روش‌هایی مانند ساخت

بیوسورفکنانت‌ها و پلی‌ساکاریدهای برون‌یاخته‌ای، افزایش انحلال عناصر غذایی کم‌محلول، تثبیت نیتروژن و ساخت سیدروفور، ساخت اکسین، ساخت آنزیم ACC دآمیناز، کاهش جذب سدیم، افزایش چرخه آب، بهبود تنظیم اسمزی و انباشتگی پرولین در گیاه مایه افزایش رشد گیاه و کاهش تنش شوری در گیاهان کشاورزی می‌شوند (۷، ۳۶، ۱۰). گیاهانی که سیستم آنتی‌اکسیدانی کارآمدتری دارند، بهتر می‌توانند در برابر تنش‌های محیطی، مانند شوری پایداری کنند. برخی پژوهش‌ها نشان داده است که شوری مایه افزایش کارایی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان؛ مانند کاتالاز و پراکسیداز می‌شود و مایه‌زنی باکتری مایه کاهش در کارایی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واکنش به شوری می‌شود (۲۲، ۱۶).

یافته‌های برخی پژوهش‌ها، بیانگر آنست که زغال زیستی یا بیوجار، می‌تواند با جذب یون‌های نمک خاک‌های شور مایه کاهش پیامدهای شوری بر رشد و کارکرد گیاهان شود (۳). به گونه‌ای که کاربرد ۵۰ تن در هکتار بیوجار مایه افزایش تندی رشد و شرایط فیزیولوژی همانند با گیاهان در شرایط بدون تنش شوری می‌شود؛ همچنین بیومس گیاه در برابر تیمار شاهد ۵۰ درصد افزایش می‌یابد (۲۹). یافته‌های بررسی تسای و همکاران<sup>۲</sup> (۳۰) بیانگر آنست که بیوجار می‌تواند همانند انباره‌ای از کاتیون‌های دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) باشد و می‌تواند کارایی ویژه‌ای در جابجایی با سدیم در خاک شور-سدیمی داشته باشد. این نشان خوب زغال زیستی را می‌توان وابسته به برخی از ویژگی‌های این ماده سرشار از کربن، همانند تخلخل و رویه ویژه بالا، گنجایش تبادل کاتیونی بالا، تجزیه زیستی کم آن دانست (۱۸).

با نگاه به توان باکتری‌های بردبار به نمک در کاهش پیامدهای بد شوری در گیاه از راه ساخت مواد افزایش‌دهنده رشد گیاه و انگیزش سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه، در این پژوهش پیامد کاربرد آن‌ها به همراه زغال زیستی و گچ همانند ماده بهساز در خاک شور سدیمی بر آنزیم‌های آنتی-

GR مقدار گچ مورد نیاز برای عمق Ds خاک بر حسب کیلوگرم در هکتار،  $\rho_s$  جرم مخصوص ظاهری بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب، ESPi درصد سدیم تبادلی اولیه خاک، ESPf درصد سدیم تبادلی نهایی خاک، CEC گنجایش تبادل کاتیونی بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک، D عمق خاک بر حسب متر، A سطح خاک بر حسب هکتار و F درصد خلوص گچ بر حسب درصد است.

در آغاز شمار فراوانی از برزهای سالم گزینش و برای ۳۰ ثانیه در الکل ۹۶ درجه و سپس برای ۲-۱/۵ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد ضد عفونی روین شده و با آب مقطر استریل ۷-۸ مرتبه شستشو شد. در هر گلدان به شمار ۱۰ برز جو رقم صحرا کشت و هر برز با یک میلی‌لیتر از زادمایه باکتری با فراوانی  $10^9$  cfu/ml و روی آن‌ها با خاک پوشانده شد. پس از پیدایش گیاهچه بذره‌های جو به چهار تا گیاه در هر گلدان کاهش یافت. آبیاری با بهره‌گیری از توزین گلدان‌ها به روش وزنی ۷۵ درصد آب قابل بهره‌گیری انجام شد. اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین در گام ساقه‌دهی انجام شد. کوددهی بر پایه آزمون خاک و پیشنهاد کودی انجام شد و از کودهای اوره (در سه گام)، فسفات‌دی‌آمونوم، سولفات پتاسیم (پیش از کشت) به ترتیب به اندازه ۲۰۰، ۲۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بهره‌گیری شد.

#### اندازه‌گیری آنزیم‌های اکسیداتیوی

برای آماده‌سازی عصاره برای سنجش آنزیمی بافت گیاه، یک گرم نمونه برگگی (از برگ‌های گسترش یافته) با چهار میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیری دارای ۱/۲ گرم تریس، ۲ گرم اسید آسکوربیک، ۳/۸ گرم بوراکس، ۵۰ گرم پلی-اتیلن‌گلیکول و رساندن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر با آب مقطر با اسیدپته ۶/۵ برای ۳۰ دقیقه همگن شد و برای ۳۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی برای سنجش آنزیمی بهره‌گیری شد.

برای سنجش آنزیم کاتالاز، به ترکیبی از ۱۵ میکرولیتر آب اکسیژنه سه درصد و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی،

اکسیدانی و پرولین و پایداری پرده یاخته‌ای در گیاه جو بررسی شد.

#### مواد و روش‌ها

برای بررسی پیامد کاربرد زغال زیستی و باکتری‌های بردبار به نمک، آزمایشی به گونه فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گل‌خانه انجام شد.

فاکتورها، شامل (۱) مایه‌زنی جدایه‌های باکتریای بردبار به نمک (بدون باکتری، T0، باکتری (T5)، باکتری (T17))، (۲) زغال زیستی (۰ و ۵٪ وزنی/وزنی) و (۳) آب شویی (بدون آب شویی و آب شویی) و (۴) کاربرد گچ (۰ و ۵۰ درصد نیاز گچی) بود. در این بررسی دو جدایه باکتری *Bacillus licheniformis* به شماره دسترسی KY889149.1 (T17) و باکتری *Bacillus megaterium* به شماره دسترسی KY889148 (T5) همانند جدایه برتر از دیدگاه توانایی رشد در شوری‌های بالا، ساخت پلیمر (پلی‌ساکارید) و ویژگی‌های افزایش‌دهی رشدی گیاه همانند ساخت اکسین، سیدروفور، سیانید هیدروژن، آزادسازی فسفر و پتاسیم از منبع نامحلول معدنی گزینش شدند. در این بررسی از جو رقم صحرا بهره‌گیری شد. آماده کردن زغال زیستی از کاه و کلش برنج در دمای ۴۰۰-۴۲۰ درجه سلسیوس و زمان ۲/۵ ساعت انجام شد. برخی ویژگی زغال زیستی در جدول (۱) آورده شده است. زغال زیستی پس از گذر از الک دو میلی‌متری به اندازه ۵ درصد وزنی به خاک افزوده شد. برخی ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک به کار رفته برای کشت در جدول (۲) آورده شده است.

برای کشت گیاه از گلدان‌های پلاستیکی، دارای سه کیلوگرم خاک هوا خشک گذر یافته از الک چهار میلی‌متری بهره‌گیری شد. در تیمارهای آبشویی، پیش از کشت آب‌شویی به روش غرقابی انجام گرفت. میزان گچ مورد نیاز بر اساس ویژگی‌هایی همانند درصد سدیم تبادلی خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک، عمق مورد نظر برای اصلاح و نیز درصد خلوص گچ از رابطه زیر برآورد شد.

$$GR = (ESP_i - ESP_f) \times CEC \times A \times D \times \rho \times 8.61/f$$

طالبی اتویی و همکاران: پیامد کاربرد باکتری‌های بردبار به...

لوله‌های آزمایش در زیر لامپ فلورسنت ۳۰ وات، پس از گذشت ۱۵ دقیقه از آغاز واکنش، لامپ‌ها خاموش و لوله‌های آزمایش در تاریکی گذاشته شدند تا واکنش بایستد. از آمیخته واکنشی بدون آنزیم که برای ۱۵ دقیقه در نور قرار گرفته بود، برای ارزیابی توان ساخت کمپلکس سوپراکسید نیتروبلوترازولیوم و معیار سنجش کارایی آنزیمی بهره‌گیری شد؛ همچنین از آمیخته واکنشی دیگری که از آغاز در تاریکی بود، همانند گواه آزمون بهره‌گیری شد. پس از ایست واکنش اندازه جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر خوانده شد. اندازه کارایی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر پایه واحد بین‌المللی در گرم وزن تر گیاه (IU/gr.fw) گزارش شد (۲۰).

محلول ۰/۱ مولار بافر فسفات پتاسیم با اسیدیت ۷ تا حجم نهایی محلول به سه میلی‌لیتر افزوده شد. میزان کارایی آنزیم کاتالاز با بررسی دگرگونی غلظت پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر به کمک اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. اندازه کارایی آنزیم کاتالاز بر پایه واحد بین‌المللی در گرم وزن تر گیاه (IU/gr.fw) گزارش شد (۲).  
سنجش سوپراکسید دیسموتاز بر پایه احیای نوری نیترو بلوترازولیوم انجام شد. برای این کار آمیخته واکنش دارای نیتروبلوترازولیوم ۵۵ میلی‌مولار، ۱/۴۲ درصد تریتون X-100، ۱۰۰ میکرومولار و پیروگالول ۱۶ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود؛ سپس با افزودن یک دهم میلی‌لیتر ریوفلاوین ۶۰ میکرومولار و گذاشتن

#### جدول (۱) برخی ویژگی‌های شیمیایی زغال زیستی

Table(1) Some chemical properties of biochar

ویژگی Property	pH (نسبت ۱:۱۰)	رسانندگی الکتریکی (نسبت ۱:۱۰) EC (dSm <sup>-1</sup> )	کربن آلی OC %	گنجایش تبادل کاتیونی CEC
مقدار Value	7.4	7.5	38.4	68.8

#### جدول (۲) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table(2) Some soil physical and chemical properties

مقدار Value	ویژگی Property
15.53	رسانندگی الکتریکی در عصاره اشباع خاک (EC (dSm <sup>-1</sup> ))
7.58	اسیدیت pH
0.83	کربن آلی (%)
Clay رسی	بافت خاک
18	درصد سدیم تبادلی خاک ESP (%)
67	پتاسیم قابل تبادل Available K (میلی گرم در کیلوگرم)
7.8	فسفر قابل جذب Available P (میلی گرم در کیلوگرم)
0.056	نیتروژن کل Total N (%)
2.3*10 <sup>5</sup>	فراوانی باکتری ها (MPN)

الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد سپس با بهره‌گیری از معادله ۲ درصد پایداری پرده یاخته‌ای برآورد شد (۲۵).

$$MS = 1 - \frac{EC40}{EC100} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، MS شناسه پایداری پرده یاخته‌ای است که از نسبت رسانندگی الکتریکی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس (EC40) به رسانندگی الکتریکی در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس (EC100) برآورد می‌شود.

### تجزیه آماری داده‌ها

در این پژوهش، آزمایش‌ها به گونه فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. داده‌های اندازه‌گیری شده با بهره‌گیری از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آزمون میانگین نیز با آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام شد. رسم نمودارها با بهره‌گیری از نرم افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰) انجام شد.

### نتایج و بحث

#### اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

تجزیه داده‌ها نشان داد که پیامد باکتری، زغال زیستی، گچ و آب‌شویی و برهم کنش آن‌ها بر کارکرد آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود ( $p < 0.05$ ). آزمون میانگین پیامدهای باکتری‌ها، زغال زیستی، گچ بر آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در دو سطح آب‌شویی در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بیشترین اندازه کارایی آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در تیمار گچ به کار برده شده به تنهایی و بدون آب‌شویی به ترتیب (۳/۳۷، ۹/۰۹) و کمترین اندازه در تیمار زغال زیستی و باکتری T17 (۲/۲۹، ۳/۹۲) دیده شد. شاید به دلیل افزایش رسانندگی الکتریکی با انحلال گچ و پیدایش تنش شوری و افزایش اندازه کارایی آنزیم است. کاربرد گچ در خاک و حل شدن آهسته آن و ورود یون‌های رها شده از آن به محلول خاک مایه افزایش رسانندگی

#### اندازه‌گیری پرولین

به اندازه نیم گرم برگ تازه را به تکه‌های کوچکتر از پنج میلی‌متر بریده و همراه با ۱۰ میلی‌لیتر، سولفوسالیسیلیک سه درصد در یک هاون چینی کوچک به مدت سه دقیقه ساییده شد. محلول هموژنیزه شده با کاغذ پاله واتمن شماره دو پالایش شد. سپس دو میلی‌لیتر از محلول پالایش شده با دو میلی‌لیتر از شناساگر نین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک در یک لوله آزمایش ریخته شد و برای یک ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس در گرمابه گذاشته شد؛ سپس به محلول واکنش در لوله آزمایش پس از سرد شدن چهار میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد و لوله آزمایش برای ۲۰-۱۵ ثانیه به شدت همزده شد. جذب نوری محلول روئی به کمک اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر با بهره‌گیری از محلول شاهد تولوئن خوانده شد و غلظت اسید آمینه پرولین آزاد نمونه با بهره‌گیری از منحنی استاندارد پرولین ناب برآورد شد و اندازه آن بر پایه رابطه (۱) میکرومول در گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (۵).  
رابطه (۱) = میکرومول پرولین بر گرم وزن تر

$$\frac{\text{گرم نمونه} \times \text{میکروگرم پرولین بر میلی‌لیتر} * \text{میلی لیتر تولوئن}}{5} = 115/13 \text{ میکرو بر گرم میکرومول}$$

#### اندازه‌گیری پایداری پرده یاخته‌ای

برای برآورد شناسه پایداری پرده یاخته‌ای، از هر گلدان دو برگ جوان گسترش یافته گزینش شده و ۰/۱ گرم برگ درون دو سری لوله‌های آزمایش دارای ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر شده، ریخته شد؛ سپس یک سری از نمونه‌ها در دستگاه بن ماری در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه گذاشته و پس از این زمان رسانندگی الکتریکی نمونه‌ها به کمک دستگاه EC سنج مدل Jenway-4320 اندازه‌گیری شد؛ سری دوم از لوله آزمایش را نیز برای ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس گذاشته و پس از سرد شدن رسانندگی

پژوهش‌های دیگر بر روی گیاهان گوناگون دیده شده است. مایه‌زنی سودوموناس (۱۶) و آزوسپیریلوم (۱۰) مایه کاهش کارایی آنزیم کاتالاز در گیاه شد.

به‌هرروی برخی از پژوهش‌ها، افزایش اندازه کارایی آنزیم کاتالاز در پی مایه‌زنی باکتری‌ها را گزارش کرده‌اند. با افزایش شوری، کارایی آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ میکوریز و نیز در تیمارهای نبود مایه‌زنی آن افزایش یافت که بالاترین کارایی در شوری ۱۲۰ میلی-مولار دیده شد. اندازه این افزایش در گیاهان میکوریزایی بیش از گیاهان غیر میکوریزایی بود (۳۷).

پلی‌ساکاریدهای برون‌یاخته‌ای باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، به پیوند کاتیون‌هایی مانند سدیم کمک می‌کند و مایه کاهش سدیم فراهم برای جذب گیاه می‌شود (۳۲). تیمارهای مایه‌زنی شده با باکتری، کاهش چشم‌گیر سدیم در گیاه در شرایط تنش شوری و بدون تنش را نشان دادند. این سویه‌ها دارای توانایی ساخت پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای هستند که دارای توان پیوند با کاتیون‌هایی مانند سدیم بوده و مایه افزایش کلنیزاسیون در پیرامون ریشه و کاهش جذب سدیم توسط گیاه می‌شوند (۳۱، ۳۲).

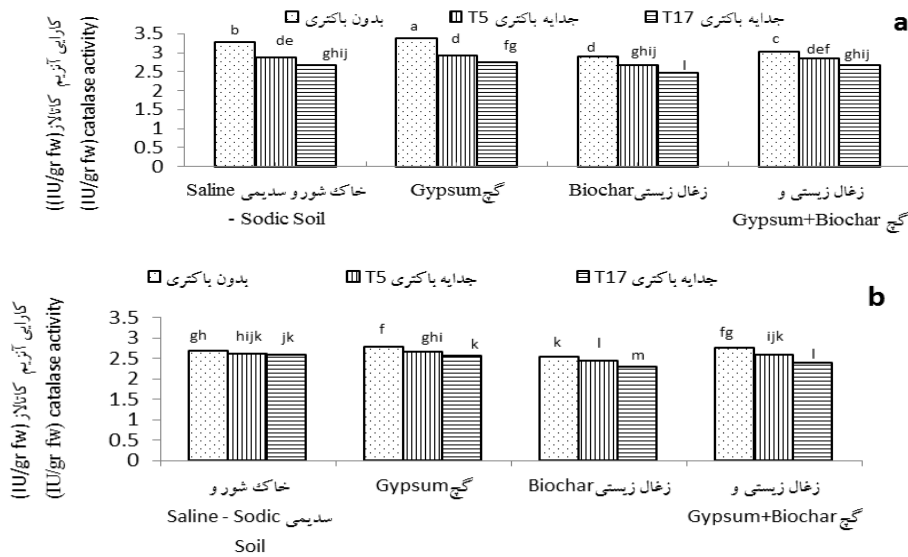
کاربرد به‌سازها مایه کاهش تنش شوری می‌شود و در برخی موارد، مایه کاهش اندازه این آنزیم‌ها در گیاه می‌گردد. کاربرد زغال زیستی به‌دلیل بهبود وضعیت نگهداری آب، فراهمی بیشتر پتاسیم و کاهش جذب سدیم توسط گیاه به‌دلیل گنجایش تبادل کاتیونی زیاد، می‌تواند اثر تنش شوری را کاهش داده و مایه کاهش اندازه کارایی آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در گیاه گردد.

الکتریکی خاک می‌شود. با کاربرد زغال زیستی و باکتری آنزیم کاتالاز کاهش یافت که این کاهش در تیمار باکتری T17 در برابر دیگر تیمارها بیشتر بوده است؛ همچنین آب‌شویی با کاهش پیامدهای شوری و سدیمی بودن خاک مایه کاهش کارایی آنزیم کاتالاز در گیاه گردید.

کاتالاز، اصلی‌ترین آنزیم از بین برنده پراکسید هیدروژن و از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان محسوب می‌شود و تنش شوری در بسیاری از گیاهان مایه افزایش کارایی آنزیم کاتالاز شده است (۳۷). با افزایش اندازه رادیکال‌های کارا اکسیژن در گیاه برای کاهش پیامدهای سمی تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری، روش‌های گوناگونی در گیاه کارا می‌شود. در این شرایط اندازه آنتی‌اکسیدان‌ها افزایش می‌یابد و آنزیم‌های مهارکننده رادیکال کارا اکسیژن در راستای کاهش پیامدهای زهری تنش اکسیداتیو پدید آمده از تنش شوری، افزایش پیدا می‌کنند.

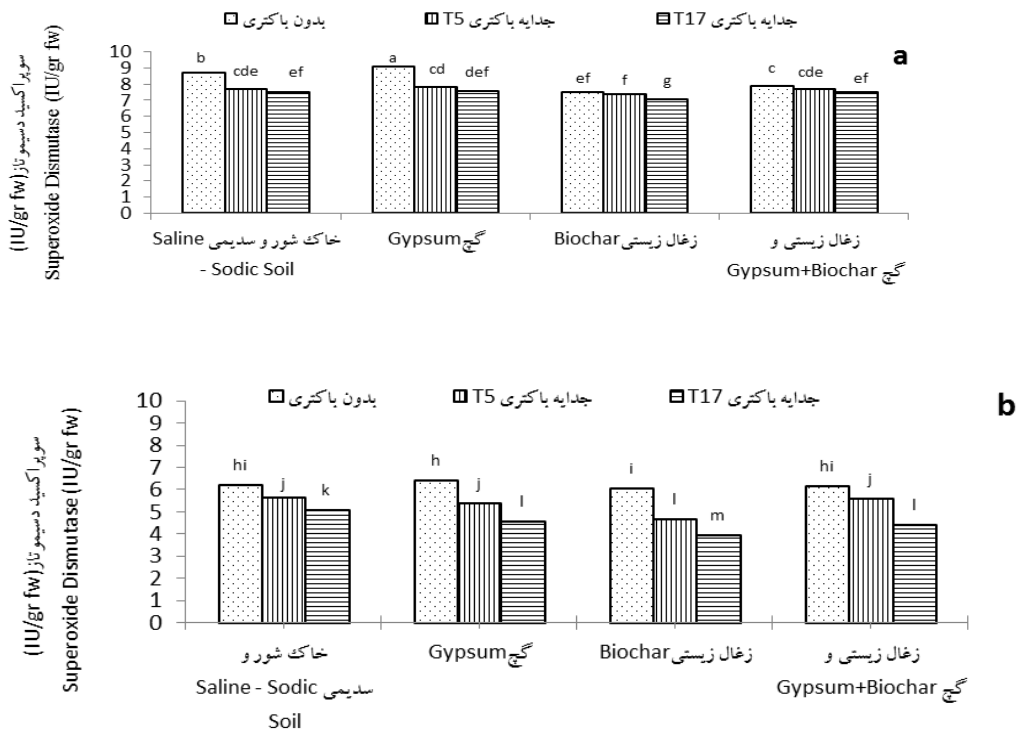
همچنین اندازه کارایی آنزیم سوپراکسید دسیموتاز در تیمارها در برابر آنزیم کاتالاز بیشتر بوده است. گیاهانی که دارای سطوح بالاتری از آنتی‌اکسیدان‌ها هستند، پایداری بیشتری در برابر آسیب‌های اکسیداتیو نشان می‌دهند. افزون بر این، در پژوهش‌های یان<sup>۱</sup> و همکاران (۳۵) گزارش شده کارایی آنزیم‌های سوپراکسیداتیو دسیموتاز و پراکسیداز در شرایط تنش افزایش در برابر کارایی کاتالاز کاهش می‌یابد.

پژوهش‌ها نشان داده است که برخی ریزجانداران، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی را کارا کرده‌اند و مایه زدودن گونه‌های کارا اکسیژن شده‌اند. مایه‌زنی برز با باکتری بردبار به نمک به‌دلیل برخی ویژگی‌های افزایش‌دهنده رشدی آن‌ها همانند ساخت اکسین، آنزیم ACC دامیناز، تثبیت نیتروژن، که مایه بهبود رشد گیاه در خاک شور سدیمی می‌شود و مایه کاهش اثر تنش شوری بر گیاه و کاهش اندازه این آنزیم‌ها شد. این یافته‌ها در برخی



شکل (۱) آزمون میانگین کارایی آنزیم کاتالاز در بافت‌های برگ گیاه جو در تیمارهای مایه‌زنی، زغال زیستی و گچ، (a) بدون آبشویی (b) آبشویی شده

Figure (1) Mean comparison of catalase activity in plant tissue in bacteria, biochar and gypsum treatments, (a) without leaching and (b) with leaching



شکل (۲) آزمون میانگین کارایی آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در بافت‌های برگ گیاه جو در تیمارهای مایه‌زنی، زغال زیستی و گچ، (a) بدون آبشویی (b) آبشویی شده

Figure (2) Mean comparison of Superoxide Dismutase enzyme activity in plant tissue in bacteria, biochar and gypsum treatments, (a) without leaching and (b) with leaching

در هر ستون میانگین‌های با واژه‌های یکسان از دیدگاه آماری ناهمبندی چشم‌گیری ندارند

Columns followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )

فتوسنتز و کارکرد در برنج شد که از نظر اقتصادی قابل توجه است (۱۷).

### پرولین

تجزیه داده‌ها نشان داد که پیامد باکتری، گچ، زغال زیستی و آب‌شویی و پیامدهای متقابل آن‌ها بر اندازه پرولین از دیدگاه آماری چشم‌گیر شد. شکل (۳) آزمون میانگین زغال زیستی، باکتری گچ بر اندازه پرولین در گیاه جو در دو سطح آب‌شویی را نشان می‌دهد. بیشترین اندازه پرولین در تیمارهای مایه‌زنی شده با باکتری T17 همراه با گچ و زغال زیستی به اندازه ۳۱/۳ و کمترین در خاک آب‌شویی شده، بدون بهره‌گیری از هیچ بهسازی (۸/۴۱) مشاهده شد. طبق نتایج محققان کاربرد همزمان گچ و زغال زیستی در خاک مایه افزایش رسانندگی الکتریکی و کاهش نسبت سدیم قابل جذب<sup>۴</sup> (SAR) می‌شود (۲۶) و مایه تنش بیشتر می‌گردد، در نتیجه کارکرد پرولین در این تیمار نسبت به دیگر تیمارها بیشتر می‌باشد که مایه زنی با باکتری سبب افزایش اندازه پرولین می‌شود.

در شرایط تنش، انباشتگی پرولین سریعتر از اسید آمینه‌های دیگر رخ می‌دهد. انباشتگی پرولین نتیجه هیدرولیز پروتئین‌ها بوده و مسیر پیشنهادی ساخت آن از گلو تامیک اسید گزارش شده است (۲۱). نتایج محققان نشانگر آن است که با افزایش شوری اندازه پرولین در گیاه افزایش می‌یابد (۱۴). کاهش کلروفیل در گیاه زیر تاثیر شوری را می‌توان به دلیل افزایش پرولین دانست که منجر می‌شود گلو تامات که پیش ماده سنتز کلروفیل است کمتر در سنتز آن نقش داشته باشد (۲۸).

اندازه پرولین در گیاهان مایه زنی شده با آزوسپیریولوم سازگار به مناطق شور و غیر شور در برابر گیاهان شاهد به ترتیب به اندازه ۶۲/۴۴ و ۳۶/۹۶ درصد زیر تنش شوری افزایش یافت (۱۲). تلقیح سیانوباکتری مایه کاهش اندازه سدیم و افزایش اندازه پرولین در برنج گردید همچنین مایه افزایش رشد و کارکرد برنج شد (۱).

مایه زنی با باکتری بردبار به نمک *Bacillus aquimaris*

نتایج فرهنگی آبریز<sup>۱</sup> و همکاران (۸) نشان داد که کاربرد زغال زیستی در خاک در دو سطح (۱۰ و ۲۰ درصد) مایه کاهش کارایی همه آنتی‌اکسیدان‌ها به خصوص در مقدار ۲۰ درصد زغال زیستی شد. با اضافه کردن زغال زیستی اندازه مالون دی‌الدهید، رادیکال اکسیژن و هیدروژن پراکسید و همچنین انباشتگی سوبسترای اسموتیک در برگ‌ها و ریشه کاهش یافت. نتایج نشان داد که زغال زیستی با کاهش کارایی تنش اکسیداتیو، می‌تواند تنش شوری را کاهش دهد (۸)؛ همچنین گزارش شده است کاربرد زغال زیستی برنج مایه کاهش کارایی آنزیم‌های اسکوربات پراکسیداز و گلو تاتیون رداکتاز می‌شود (۱۵).

گزارش شده است که زغال زیستی بقایای برنج مایه افزایش قابلیت بهره‌گیری از پتاسیم می‌شود؛ اما اندازه کلسیم، منیزیم و سدیم تبادلی را کاهش می‌دهد (۱۱)؛ همچنین در بررسی وو و همکاران<sup>۲</sup> (۳۴) زغال زیستی مایه کاهش (۰/۴-۰/۲۵) pH، افزایش کربن آلی خاک، CEC و فسفر فراهم خاک (به اندازه ۲-۵ برابر) و کاهش ۴۳ درصدی در اندازه درصد سدیم تبادلی (ESP) خاک شور شد. پژوهش‌های اخترو همکاران<sup>۳</sup> (۳) بیانگر آنست که زغال زیستی با جذب یون‌های نمک خاک-های شور مایه کاهش پیامدهای شوری بر رشد و کارکرد گیاهان می‌شود. زغال زیستی با جذب سدیم می‌تواند پیامدهای شوری بر گیاه را کاهش دهد. اضافه کردن زغال زیستی در هر سطح شوری به‌طور چشم‌گیری ازدیدگاه آماری بیومس ساقه، طول و حجم ریشه، کارکرد غده و اندازه فتوسنتز (a) را افزایش و مایه کاهش آبسزیک اسید در برگ و آوند چوبی در مقایسه با تیمارهای بدون کاربرد زغال زیستی شد (۳). بهره‌گیری از زغال زیستی حاصل از برنج به تنهایی و همراه با کود نیتروژنی مایه افزایش ارتفاع گیاه، سطح برگ و اندازه

1- Farhangi-Abriz et al.

2- Wu et al.

3- Akhtar et al.

4- sodium adsorption ratio



کربوهیدرات و اسیدهای نوکلئوتیک می‌شود. تنش شوری و خشکی با نشانه بد بر پرده یاخته سیتوپلاسمی و آسیب به آن مایه رها شدن اندوخته یاخته می‌شود و در پایان مرگ یاخته می‌گردد.

وانوزی<sup>۱</sup> (۳۳) نشان داد تنش خشکی از یاخته‌ای فرگشت دیواره یاخته جلوگیری نموده و مایه نشت الکترولیت از دیواره یاخته ای می‌گردد. با توجه به آسیب پذیری پرده یاخته سیتوپلاسمی محتویات سلول به بیرون تراوش می‌کند که اندازه آن را می‌توان با اندازه گیری نشت یونی و رسانندگی الکتریکی اندازه گرفت.

مایه‌زنی با باکتری از راه کاهش جذب سدیم و افزایش جذب کلسیم و همچنین افزایش جذب آب در گیاه مایه پایداری پرده یاخته در برابر تنش کم آبی و شوری می‌شود.

پوربابایی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۴) گزارش دادند که مایه زنی گندم با باکتری بردبار به نمک مولد آنزیم ACC دآمیناز، *Bacillus mojavensis* مایه افزایش پایداری پرده یاخته در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر شده است؛ همچنین کاربرد زغال زیستی، به دلیل توانایی بالا در جذب و نگهداری آب و با فراهمی کلسیم، مایه کاهش خسارت ناشی از تنش کم آبی بر پرده یاخته سیتوپلاسمی می‌شود.

حضور کلسیم در محیط و افزایش جذب آن، مایه کاهش جذب  $Na^+$  و کاهش سمیت آن می‌شود. کلسیم با پیوند گروه‌های فسفات و کربوکسیل فسفو لیپیدها و پروتئین‌ها در سطوح پرده یاخته مایه افزایش پایداری و در نتیجه افزایش رشد گیاه می‌شود.

SU8 مایه افزایش معنی‌داری در اندازه پرولین و انباشتگی قند محلول در گندم شده در حالیکه *Bacillus aquimaris* SU44 مایه انباشتگی قندهای احیا کننده در طی ۶۰ روز شده است. اغلب مایه زنی باکتری‌های محرک رشد بردبار به نمک مایه افزایش درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ‌ها شدند (۳۱).

زغال زیستی با فراهمی عناصری همانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم و کاهش سدیم و افزایش ظرفیت نگهداری آب برای گیاه و فراهمی شرایط بهتر رشد برای باکتری‌ها می‌تواند بر اندازه پرولین در گیاه نیز تاثیر بگذارد.

### پایداری پرده یاخته

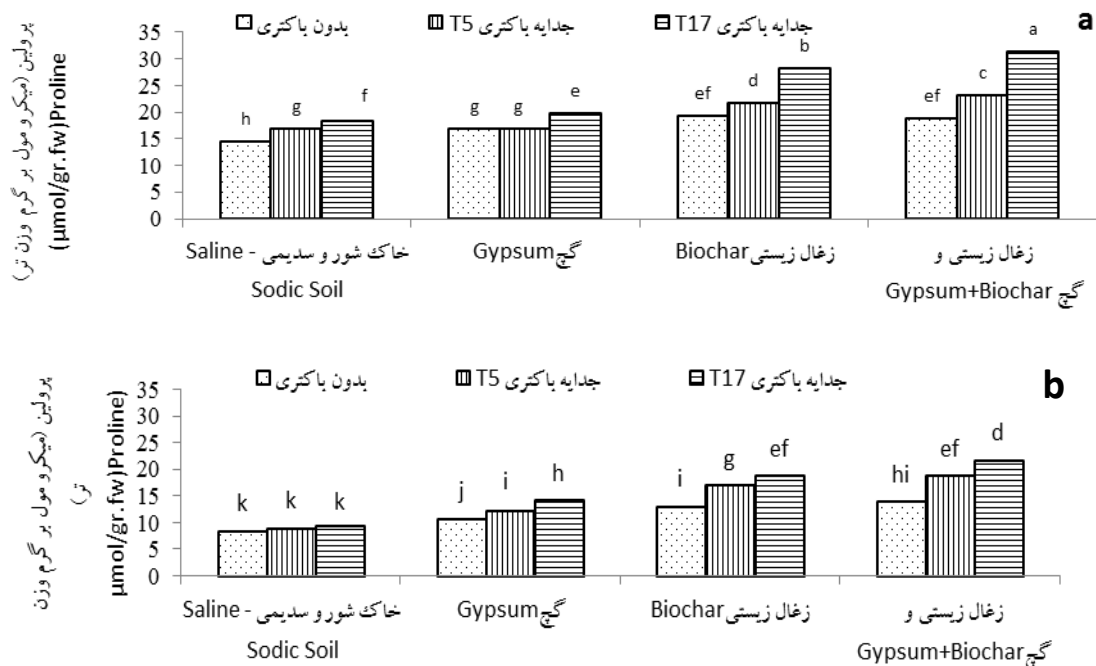
نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که پیامد باکتری، زغال زیستی، گچ دارای پیامد چشم‌گیری بر اندازه پایداری پرده یاخته در سطح ۵٪ می‌باشند. شکل (۴) آزمون میانگین زغال زیستی، باکتری گچ بر پایداری پرده یاخته در گیاه جو در دو سطح آب‌شویی را نشان می‌دهد. بیشترین اندازه پایداری پرده یاخته با اختلاف از دیدگاه آماری چشم‌گیری در جدایه T17 و کمترین اندازه پایداری پرده یاخته در تیمار بدون مایه‌زنی با باکتری مشاهده شد. کاربرد زغال زیستی و گچ در خاک مایه افزایش پایداری پرده یاخته شد. همچنین آب‌شویی با ۵۰٪ نیاز گچی مایه کاهش سدیم تبادل و کاهش پیامدهای شور و سدیمی بر گیاه شد. آب‌شویی خاک به تنهایی در افزایش پایداری پرده یاخته به دلیل خروج نمک اضافی از خاک تاثیر داشته اما به تنهایی بدون بهسازها کافی نبوده است. در کاربرد همزمان باکتری بسته توان افزایش‌دهنده رشد (ساخت اکسین، پلی‌ساکارید برون یاخته ای، گشودن برخی کانی‌های دارای عناصر مانند پتاسیم و ...) که مایه جذب بهتر عناصر و آب شده و مایه افزایش رشد گیاه و در نتیجه پایداری و بردباری گیاه شد.

تنش‌ها، می‌توانند مایه انباشتگی گونه‌های کارا اکسیژنی در گیاهان شوند که مایه آسیب به گیاه در ساخت بسیاری از ترکیب یاخته‌ای‌های یاخته، مانند چربی، پروتئین،

1- Vannozi

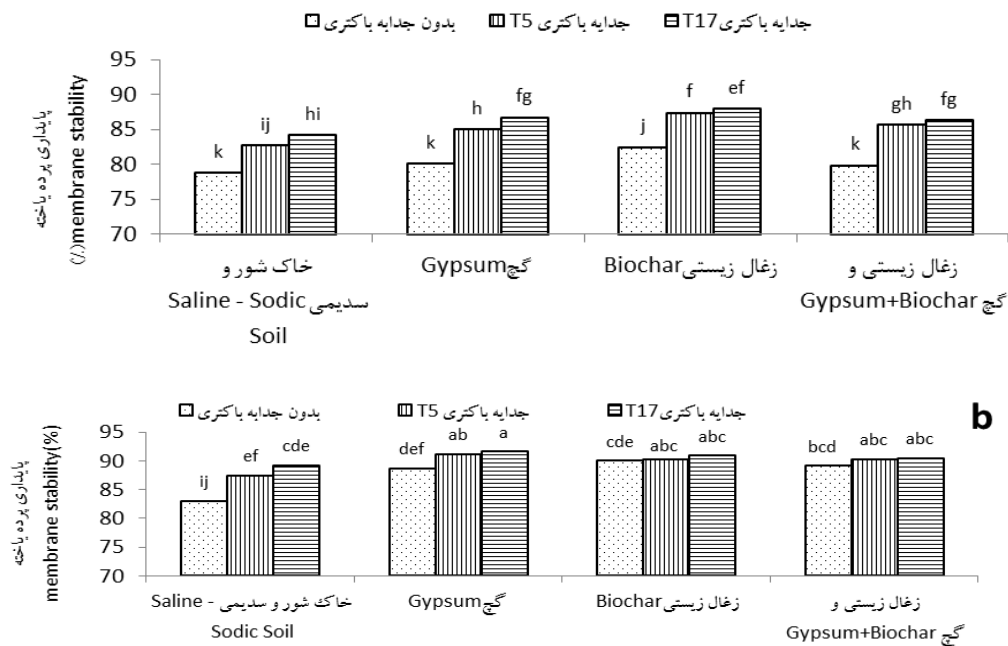
2- Pourbabaee et al.

طالبی اتویی و همکاران: پیامد کاربرد باکتری‌های بردبار به...



شکل (۳) آزمون میانگین پرولین در بافت‌های برگ گیاه جو در تیمارهای مایه زنی، زغال زیستی و گچ، (a) بدون آب‌شویی (b) آب‌شویی شده

Figure(3) Mean comparison of proline in plant tissue in bacteria, biochar and gypsum treatments, (a) without leaching and (b) with leaching



شکل (۴) آزمون میانگین پایداری پرده یاخته‌ای در بافت‌های برگ گیاه جو در تیمارهای مایه زنی، زغال زیستی و گچ، (a) بدون آب‌شویی (b) آب‌شویی شده

Figure(4) Mean comparison of membrane stability in plant tissue in bacteria, biochar and gypsum treatments, (a) without leaching and (b) with leaching

در هر ستون میانگین‌های با واژه‌های یکسان از دیدگاه آماری ناهمانندی چشم‌گیری ندارند

Columns followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ )

### نتیجه‌گیری

یک ماده سرشار از کربن است، در خاک‌های سرزمین-های خشک و نیمه‌خشک که ماده آلی پایینی دارند، با نگاه به توان بهسازی زغال زیستی در خاک همانند کاهش چگالی ظاهری خاک، افزایش گنجایش تبدلی خاک، افزایش کاتیون-های پتاسیم و کلسیم به خاک، افزایش توان نگهداری آب، پخشیدگی بهتر ریشه و جذب بهتر عناصر غذایی و آب در گیاه، می‌تواند همانند گنج کارایی بالایی در بهسازی خاک‌های شور سدیمی داشته باشد. نظر به افزایش پهنا زمین‌های دچار دشواری شوری و شور سدیمی، برای مدیریت بهتر و کاراتر این زمین‌ها، بهره‌گیری از مواد آلی، همانند زغال زیستی و ریزجانداران نمک دوست می‌تواند راهکاری شایسته در راستای افزایش کارکرد و پایداری گیاهان باشد.

این پژوهش، نشان داد که شور و سدیمی بودن خاک مایه افزایش اندازه کارایی آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در گیاه می‌شود. مایه‌زنی با ریزجانداران و زغال زیستی، مایه کاهش این آنزیم‌ها و افزایش پرولین و پایداری پرده یاخته در گیاه جو رقم صحرا شد. هردو باکتری به کار رفته مایه کاهش اندازه کارایی این آنزیم‌ها و افزایش پرولین در گیاه شدند که این پیامد در باکتری T17 (*Bacillus licheniformis*) بیشتر از باکتری T5 (*Bacillus megaterium*) بود. باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد از راه ساخت آنزیم‌های دفاعی گوناگون، همانند (کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز) ساخت هورمون‌های گیاهی و نیز ساخت رها سازی پلی- ساکارید برون یاخته‌ای، در افزایش پایداری گیاهان در برابر تنش کارایی دارند. از آنجایی که زغال زیستی

### منابع

1. Abbas, H.H., Ali, M.E., Ghazal, F.M., and El-Gaml, N.M. 2015. Impact of Cyanobacteria Inoculation on Rice (*Orize sativa*) Yield Cultivated in Saline Soil. *Journal of American Science*, 11(2):13-19.
2. Aebi, H., 1984. Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121–126.
3. Akhtar, S., Andersen, M N., Iu, F. 2015. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*, 15: 861–868.
4. Babaeian Jelodar, N., and ZiaTabar Ahmadi, M. 2002. *Plant Growth in Salt Lands (Translation)*. Mazandaran University Press. Mazandaran. 408 pp (in Persian)
5. Bates, L.S., Waldren, R.O., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for waterstress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
6. Dat, J., Vandenberghe, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D., and Van Breusegem, F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant Stress Responses. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 57: 779-795.
7. Deshwal, VK., Kumar, P. 2013. Effect of salinity on growth and PGPR activity of Pseudomonads. *Journal of Academia and Industrial Research*, 2(6):353-356.

8. Farhangi- Abriz, S., Torabian, SH. 2017. Antioxidant enzyme and osmotic adjustment changes in bean seedlings as affected by biochar under salt stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 137: 64–70
9. Gossett, DR., Millhollon, EP., and Lucas, MC. 1994. Anti oxidant response to NaCl stress in Salt-tolerant and Salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Science*, 34: 706-714.
10. Grover, M., Ali, S.Z., Sandhya, V., Rasul, A., and Venkateswarlu, B. 2011. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(5): 1231-1240
11. Haefele, S., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A., Pfeiffer, E., Knoblauch, C., 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Research*, 121(3):430-441.
12. Hajinia, S., Zarea, M.J. 2014. Effect Of Co-Inoculation Of Endophytic Fungus *Piriformospora Indica* And *Azospirillum* Strains On Some Physiological Traits, Nutrient Absorption And Grain Yield Of Wheat (*Triticum Aestivum* Cv. Sardari) Under Salt Stress Conditions. *Plant Products Technology (Agricultural Research)*, 14 (2); 149 -161. (in Persian)
13. Jensen H L., 1951. Notes on the biology of *Azotobacter*. *Journal of Applied Microbiology*, 14 (1): 89-94
14. Kamalnejad, J., S. Farrahi-Aschtiani and F. Ghanati. 2006. The effects of salinity and potassium on growth and proline accumulation in two barley cultivars. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 13(1): 58-66. (in Persian)
15. Kim, HS., Kim, KR., Yang, JE., Ok, YS., Owens, G., Nehls, T., Wessolek, G., and Kim, KH. 2016. Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, 142: 153–159.
16. Kohler, J., Hernandez, J.A., Caravaca, F., and Roldan, A. 2009. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65:245-252
17. Lai, L., Ismail, M. R., Muharam, F. M., Yusof, M. M., Ismail, R., and Jaafar, N.M. 2017. Effects of Rice Straw Biochar and Nitrogen Fertilizer on Rice Growth and Yield. *Asian Journal of Crop Science*, 9 (4): 159-166.
18. Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1812-1836.
19. Miller, KJ., and Woods, JR. 1996. Osmoadaptation by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Microbiology*, 50: 101-136.
20. Minami, M., and Yoshikawa, H. 1979. A simplified assay method of superoxide dismutase activity for clinical use. *Clinica Chimica Acta*, 92: 337–342.

21. Mureiel, J. 1984. Free proline and reducing sugars accumulation in water stress. *SerAgricola*, 29:39-46.
22. Omar, M.N.A., Osman, M.E.H., Kasim, W.A., and Abd El-Daim, L.A. 2009. Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stress using *Azospirillum brasilense*. *Salinity and Water Stress*, pp.133-147.
23. Pan, Y., Wu, L.J., and Yu, Z.L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis fisch*). *Plant Growth Regulation*, 49: 157-165.
24. Pourbabae, A.A., Bahmani, E., Alikhani, H.A. and. Emami, S. 2016. Promotion of Wheat Growth under Salt Stress by Halotolerant Bacteria Containing ACC deaminase. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 855-864
25. Sairam, R.K. and. Saxena. D.C 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184: 55-61
26. Schultz, E., Chatterjee, A., DeSutter, T., and Franzen, D. 2017. Sodic Soil Reclamation Potential of Gypsum and Biocharadditions: Influence on Physicochemical Properties and Soil Respiration. *Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(15); 1792-1803.
27. Tan, Y., Liang, Z.S., Hongbo, H.B., and Du, F. 2006. Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix Astragali* at graining stage. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 49: 60-65.
28. Tavakoli, F., Vazan, S., Sorkheh, K., Shakeri, E. 2016. Effect of Salinity Stress on Some Physiological Traits and Electrophoresis Pattern of Leaf Proteins of Two Barley Genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*, 6 (19): 191-202. (in Persian)
29. Thomas, S., Frye, S., Gale, N., Garmon, M., Launchbury, R., Machado, N., Melamed, S., Murray, J., Petroff, A., and Winsborough, C. 2013. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *Journal of Environmental Management*, 129: 62-68.
30. Tsai, WT., Liu, SC., Chen, HR., Chang, YM., and Tsai, YL. 2012. Textural and chemical properties of swine manure-derived biochar pertinent to its potential use as a soil amendment. *Chemosphere*, 89(2): 198-203.
31. Upadhyay, S. K., and Singh, D.P. 2015. Effect of salt-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on wheat plants and soil health in a saline environment. *Plant Biology*, 17: 288–293
32. Upadhyay, S.K., Singh, J.S., and Singh, D.P .2011. Exopolysaccharide-producing plant growth-promoting rhizobacteria under salinity condition. *Pedosphere*, 21: 214-222.

33. Vannozzi G.a.L F. 2007. Proline accumulation during drought rhizogene in maise. *Journal of Plant Physiology*, 85: 441-467.
34. Wu, Y., Xu, G., and Shao, H B. 2014. Furfural and its biochar improve the general properties of a saline soil. *Solid Earth*, 5: 665–671.
35. Yan, P., Wu, L.J., and Yu, Z. L. 2006. Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhizauralensis fisch*). *Plant Growth Regulation*, 49:157–165.
36. Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. *European Journal of Soil Biology*, 46:49-54.
37. Younesi, O., Moradi, A. 2016. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) on antioxidant enzyme activities in salt-stressed.wheat. *Journal of Crops Improvement*, 18( 1); 21-30. (in Persian)