اثر باکتری محرک رشد گیاه و مواد آلی بر غلظت برخی عناصر غذایی کم مصرف در اسفناج در خاک آهکی تحت تنش شوری

زهره بوالحسنی[1]، عبدالمجید رونقی، رضا قاسمی و مهدی زارعی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان؛ z.bolhasani93@yahoo.com

استاد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ amronaghi@yahoo.com

دانشیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ ghasemif@gmail.com

دانشیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ mehdizarei20@yahoo.cam

دریافت: 98/11/29 و پذیرش: 99/4/25

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کاربرد کلرید سدیم، ماده آلی و باکتری محرک رشد بر وزن تر و خشک و غلظت عناصر کم مصرف در اندام هوایی اسفناج، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کلرید سدیم (شاهد (S0)، 2 (S2) و 4(S4) گرم نمک بر کیلوگرم خاک)، پنج سطح ماده آلی (شاهد، 0/5% و 1% وزنی پوسته برنج و 0/5% و 1% وزنی بیوچار پوسته برنج) و دو سطح باکتری (بدون و با باکتری) بود. نتایج نشان داد کاربرد 2 و 4 گرم نمک بر کیلوگرم خاک، سبب افزایش جزیی غلظت آهن اندام هوایی اسفناج گردید، در حالی که غلظت مس به ترتیب به میزان 48/10%و 48/32% در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت، اما غلظت روی و منگنز کاهش نشان داد. عملکرد گیاه تحت تاثیر شوری قرار نگرفت که احتمالاً به دلیل تعدیل اسمزی ناشی از افزایش تدریجی نمک بود. کاربرد منابع مواد آلی سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی شد. مایه زنی با باکتری سودوموناس فلورسنس نیز سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی، غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد مربوطه (عدم کاربرد باکتری) گردید. بطور کلی اسفناج (رقم ویروفلی) به خوبی افزایش تدریجی شوری را تحمل نمود و کاربرد مواد آلی همراه با باکتری محرک رشد سبب افزایش غلظت عناصر ضروری کم مصرف و رشد اسفناج در خاک آهکی تحت تنش شوری گردید.

واژه‌های کلیدی: کلرید سدیم، باکتری محرک رشد، تعدیل اسمزی، سودوموناس فلورسنس

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: خرم آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

مقدمه

شوری آب و خاک در بسیاری از نقاط جهان به خصوص نواحی خشک و نیمه خشک، یک عامل محدودکننده رشد محسوب می‌شود. در ایران 50 درصد از اراضی زراعی با شوری مواجه هستند و کمبود آب نیز به این مشکل می‌افزاید (همایی، 1381). تحت شرایط شوری، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی، جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیر فعال شدن فیزیولوژیک بخش هایی از گیاه که در جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌توانند باعث بهم خوردن تعادل غذایی گیاه شوند (گراتن و گریو، 1999). در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم مصرف مانند آهن، مس، روی و منگنز معمولاً کم بوده و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند اغلب از نظر این عناصر دچار کمبود می‌شوند. البته در مواردی نیز این عناصر در حد کافی در گیاه وجود دارند (خوشگفتارمنش و سیادت، 1381). بنابراین میزان کمبود عناصر غذایی بسته به نوع گیاه، نوع بافت گیاهی، سطح شوری، شرایط رشد، غلظت عناصر کم مصرف در محیط رشد، نوع ترکیب بستر گیاه و طول دوره تیمار شوری متفاوت می‌باشد (پیگ و همکاران، 1990).

به طور کلی رابطه بین شوری و عناصر کم مصرف بسیار پیچیده بوده و شوری ممکن است غلظت عناصر کم مصرف را کاهش و یا افزایش داده و یا اثری بر آن نداشته باشد (گراتن و گریو، 1999). اضافه کردن مواد آلی به خاک به‌صورت بقایای گیاهی یک شیوه مدیریتی مهم است که می‌تواند قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش داده و باعث اصلاح خاک‌های شور شود و رشد گیاه را افزایش دهد (مظاهری و مجنون حسینی، 1382). بیوچار، ترکیب پایداری از کربن، ماده‌ای متخلخل و بسیار ریزدانه است که در دمای کم تا متوسط تحت شرایطی با اکسیژن محدود تولید می‌شود و طی فرایند نوعی سوخت زیستی به صورت مایع یا گاز نیز تولید می‌شود که برای مصارف مختلف قابل استفاده است (سوهی و همکاران، 2009). بیوچار را می‌توان از بقایای محصولات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر تهیه کرد. بیوچار می‌تواند به‌عنوان اصلاح کننده خاک برای بهبود کیفیت خاک استفاده شود. از اثرات این ماده می‌توان به کاهش انتشار گازهای گلخانه-ای، افزایش پتاسیم، کاهش آبشویی عناصر غذایی، افزایش پ‌هاش در خاک‌های اسیدی، کاهش نیاز به آبیاری و کاربرد کود اشاره کرد (لهمان و همکاران، 2003). یکی از استراتژی های مقابله با تنش شوری که چندی است مورد توجه قرار گرفته است، تلقیح بذر گیاهان با انواع مختلفی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد. توانایی ریزجانداران در تولید و رهاسازی متابولیت‌های مختلف مؤثر بر رشد و سلامت گیاه به عنوان یکی از مهمترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شود. (راسو و همکاران، 2005).

اصطلاح ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه ابتدا برای باکتری‌های ریزوسفری متعلق به گروه سودوموناس فلورسنت[1] (گونه های فلورسنس و پوتیدا) مورد استفاده قرار گرفت و دلیل آن افزایش قابل توجهی بود که در رشد گیاهان تلقیح شده با این باکتری مشاهده گردید. این در حالی است که این عنوان امروزه طیف وسیعی از باکتری‌های ریزوسفری سودمند را در بر می‌گیرد. بر این اساس، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، گروهی از باکتری‌های ریزوسفری مفید هستند که قادرند به طور مستقیم، از طریق تثبیت نیتروژن، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه، تولید ویتامین‌ها و دیگر مواد محرک رشد گیاه و یا غیرمستقیم، از طریق تولید آنتی‌بیوتیک، تخلیه ریزوسفر از آهن مورد نیاز ریزجانداران بیماری‌زا، رقابت با گونه‌های بیماری‌زا برای اشغال محیط ریشه، تولید آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی قارچ‌های بیماری زا، ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، موجب افزایش رشد گیاه شوند (گلیک، 1995). یکی از مکانیسم‌های مهم که به وسیله تعدادی از باکتری‌های محرک رشد گیاه برای‌تسهیل و افزایش رشد گیاه در شرایط شور استفاده می‌گردد، کاهش سطح اتیلن گیاه به‌وسیله د آمیناسیون ACC (پیش‌ماده سنتز اتیلن در گیاه) می‌باشد. تعداد زیادی از باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ACC دآمیناز، پیش ماده تولید اتیلن در گیاه را به آمونیوم و آلفاکتوبوتیرات[1] هیدرولیز کرده و مانع تولید بیش از حد اتیلن تنشی در گیاه (ACC) و کاهش رشد ریشه می‌شوند (پنروس و گلیک، 2003). شیرمردی وهمکاران (2010) با بررسی اثر باکتری‌های سودوموناس فلورسنت و قارچ میکوریزا آربسکولار بر رشد و تغذیه آفتابگردان در شرایط تنش شوری بیان کردند که تلقیح بذر آفتابگردان با باکتری *سودوموناس فلورسنس* باعث افزایش معنی‌داری داری در جذب نیتروژن، فسفر، روی ومس گیاه شد. اسفناج با نام علمی (*Spinacia oleracea*, L.) و از خانواده *Chenopodiaceae* بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال

[1] Pseudomonas fluorescens

قوی ایران است که از سبزی‌های دیگر نسبت به شوری مقاوم‌تر است (خوشخوی و همکاران، 1370). در رابطه با تحمل گیاه اسفناج به میزان شوری، آستانه تحمل شوری برای اسفناج بسیار متفاوت گزارش شده است که احتمالا عمدتا به دلیل متفاوت بودن رقم اسفاج می باشد. ماس و هافمن (1997)، طی آزمایشی، حد آستانه تحمل به شوری را برای اسفناج 2 دسی زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک و شیب کاهش عملکرد را 7/6 درصد، برای افزایش هر واحد قابلیت هدایت الکتریکی گزارش کردند. در طبقه بندی مقاومت گیاهان مختلف نسبت به شوری، اسفناج را گیاهی نسبتاً حساس با آستانه تحمل 2 دسی زیمنس بر متر معرفی نموده اند. اما نتایج آزمایشات سال-های اخیر در این زمینه متفاوت می‌باشد. شیخی و رونقی (1391)، کاربرد شوری تـا میزان 3 گرم کلرید سدیم (5/11 دسی‌زیمنس بر متر)، کـاهش معنی‌داری در عملکرد انـدام هوایی اسفناج مشاهده نشد.

با توجه به اینکه بررسی‌های انجام شده نشان داد در ارتباط با بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و باکتری محرک رشد بر ویژگی‌های رشد و زیست‌فراهمی عناصر غذایی در اسفناج در شرایط تنش شوری تاکنون تحقیقی انجام نشده است. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و باکتری محرک رشد بر غلظت برخی عناصر کم مصرف در اندام هوایی اسفناج در خاک آهکی تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و باکتری محرک رشد بر عملکرد و زیست فراهمی برخی عناصر غذایی اندام هوایی اسفناج، در خاک تحت تنش شوری، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در یک خاک آهکی طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح ماده آلی (صفر، 0/5 و 1 درصد وزنی پوسته برنج و 0/5 و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج)، دو سطح باکتری (حضور باکتری و عدم حضور باکتری) و سه سطح شوری (صفر، 2و 4 گرم نمک بر کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم که به ترتیب معادل 0/7، 8 و 16/8 دسی زیمنس بر متر) بود.

جمع آوری و تجزیه آزمایشگاهی خاک مورد استفاده

جهت انجام این پژوهش، مقدار مورد نیاز خاک (از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری) سری کوی اساتید با اسم علمی (Loamy-skeletal over fragmental, carbonatic, mesic,Fluventic Xerorthents) واقع در منطقه باجگاه استان فارس (در ارتفاع 1852 متری از سطح آزاد دریا و واقع در طول جغرافیای 52 درجه و 46 دقیقه و عرض جغرافیایی 29 درجه و 50 دقیقه) جمع‌آوری شد. پس از خشک کردن خاک در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه از جمله بافت خاک به روش هیدرومتر (جی و بادر، 1986) ، ماده آلی به روش اکسایش مرطوب (نلسون و سامرز، 1996)، پ هاش خاک در خمیر اشباع (توماس، 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی (رودرز، 1996)، فسفر قابل استفاده به وسیله عصاره گیری با بی کربنات سدیم (اولسن و همکاران، 1954)، نیتروژن کل به روش کلدال (برمنر، 1996)، عناصر کم مصرف کاتیونی (منگنز، مس، آهن و روی) به روش عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌اِ (لیندسی و نورول، 1978) و پتاسیم به وسیله عصاره گیری با استات آمونیوم (کنودسون و همکاران، 1982) و قرائت به وسیله دستگاه شعله سنج اندازه‌گیری شد (جدول1).

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Sand	Silt	Clay	Zn	Fe	Mn	Cu	K	P	N	O.C	pH	Ec
%			(mg.kg^{-1})						%			dS.m^{-1}
43	30	28	0/32	4/4	9/4	1	280	20	0/09	0/69	7/6	0/7

تهیه و تجزیه آزمایشگاهی پوسته برنج و بیوچار آن

پوسته برنج از کارخانه برنج کوبی شهرستان مرودشت (استان فارس) جمع‌آوری و به آزمایشگاه تحقیقاتی بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی منتقل شد. پس از هوا خشک شدن پوسته‌های برنج، آن‌ها را آسیاب کرده و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد. جهت تهیه بیوچار، پوسته‌های برنج هواخشک شده را در ورقه آلومینیومی بسته‌بندی و به مدت چهار ساعت در دمای 300 درجه سلسیوس در داخل کوره قرار داده شد تا فرآیند پیرولیز (آتشکافت) انجام شود. برخی ویژگی‌های

فیزیکی و شیمیایی پوسته برنج و بیوچار حاصل از آن، مانند پ‌هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت یک به ده نمونه به آب (سینگ و همکاران، 2010)، کربن آلی به روش اکسیداسیون مرطوب (نلسون و سامرز، 1996) و نیتروژن کل به روش کلدال (برمنر، 1996) اندازه‌گیری شدند. به منظور تجزیه شیمیایی پوسته برنج و بیوچار حاصل از آن، یک گرم از هر نمونه برداشته شد و به‌طور جداگانه در کوره‌ای الکتریکی به مدت 4 ساعت در دمای 550 درجه سلسیوس خاکستر می‌شود و سپس در اسیدکلریدریک 2 نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی با آب مقطر به حجم رسانده و غلظت آهن، منگنز، روی و مس با دستگاه جذب اتمی، پتاسیم به وسیله‌ی دستگاه شعله سنج و غلظت فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات (چاپمن و پرات، 1962) اندازه‌گیری شدند. (جدول 2).

جدول 2- برخی ویژگی‌های شیمیایی پوسته برنج و بیوچار حاصل از آن

	pH	EC	OC	N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
	-	$dS.m^{-1}$	%				$mg.kg^{-1}$			
پوسته برنج	5/9	0/34	62/20	0/42	0/35	0/03	53/85	4/38	85/16	12/35
بیوچار	6	2/4	68/37	0/46	0/42	0/82	229/4	9/66	248/9	23/70

pH، **EC**: نسبت یک به ده بیوچار با آب

تهیه باکتری محرک رشد

Pseudomonas fluorescens با کد دسترسی KX683310 در بانک ژن (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/KX683310) از آزمایشگاه بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک گروه علوم خاک دانشگاه شیراز تهیه گردید. سویه باکتری قادر به تولید اکسین، سیدروفور و همچنین حل کردن فسفات‌های معدنی و آلی نامحلول می‌باشد (روانبخش، 2016؛ خسروی و همکاران، 2018). برخی از ویژگی‌های باکتری در جدول 3 آورده شده است.

جدول 3- برخی از خصوصیات باکتری مورد استفاده در این ازمایش

باکتری	نوع گرم	توانایی تولید اکسین (µg.l-1)	توانایی حل فسفات معدنی (قطر هاله به کلنی)	توانایی حل فسفات آلی (قطر هاله به کلنی)	سیدروفور
Pseudomonas fluorescens	منفی	20	1/6	3	+

به منظور تهیه زادمایه، باکتری‌ها بر روی محیط کشت[3] NB و به مدت 24 ساعت در دمای 28 درجه سلسیوس بر روی شیکر دورانی با شدت 120دور در دقیقه قرار داده شدند. سپس یکسان سازی جمعیت باکتری‌ها به روش مک فارلند به نحوی صورت گرفت که سوسپانسیون باکتری دارای جمعیت تقریبی 10^7ml cfu^{-1} بودند.

کشت گیاه و اعمال تیمارها

در ابتدا با توجه به کاربرد منابع مواد آلی (پوسته برنج و بیوچار آن)، نمونه‌های خاک به وزن سه کیلوگرم آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک عناصر نیتروژن، آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب به مقدار 150، 10، 5، 10 و 2/5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و از منابع اوره، سکوسترین آهن، سولفات منگنز، سولفات روی و سولفات مس و به‌صورت محلول به خاک اضافه شد (هاولین و همکاران، 2013). سپس خاک درون کیسه‌ها کاملاً مخلوط شده و به داخل گلدان‌های سه کیلوگرمی پلاستیکی منتقل شد. در هر گلدان ده عدد بذر اسفناج (رقم *Virology*) در عمق حدود سه سانتی متری خاک کاشته شد و به گلدان های با تیمار باکتری پس از کاشت بذر، دو میلی لیتر cfu/ml*10^7، محلول حاوی باکتری محرک رشد به ازای هر بذر افزوده و روی آن با مقدار کافی خاک پوشانده شد

[3] Nutrient Broth

و رطوبت خاک در طول آزمایش در حدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد.

بعد از استقرار کامل بوته‌ها، تعداد آن‌ها به پنج عدد کاهش یافت. نیتروژن به‌صورت دو قسط (نصف قبل از کاشت و نصف دیگر 20 روز بعد از کاشت) اعمال شد. به‌منظور جلوگیری از تنش ناگهانی، تیمار شوری بعد از استقرار کامل بوته‌ها و به‌صورت تدریجی و در طول دو هفته اعمال شد. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر و در حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت. بعد از 63 روز از کاشت، ریشه‌ها و اندام هوایی اسفناج در هر گلدان از نزدیک سطح خاک قطع و پس از توزین و شستشو با آب معمولی و سپس با آب مقطر، نمونه‌های گیاهی در دمای 65 درجه سلسیوس و به مدت 48 ساعت و تا رسیدن به وزن ثابت در آون خشک شد. سپس نمونه‌های خشک شده توزین شده و به‌وسیله آسیاب برقی جهت تجزیه آزمایشگاهی پودر شدند. برای اندازه گیری غلظت عناصر کم مصرف در اندام هوایی، از روش خشک سوزانی استفاده شد. و بوسیله DTPA عصاره گیری و با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

پس از به‌دست آوردن نتایج آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزارSAS انجام شد و میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری پنج درصد با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج

سطوح شوری: (S0: شاهد، S2: 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک، S4: 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک) ، سطوح منابع ماده آلی: (OM0: شاهد، RS0.5: 0/5 درصد وزنی پوسته برنج، RS1: 1 درصد وزنی پوسته برنج، Bi0.5: 0/5 درصد وزنی بیوچار، Bi1: 1 درصد وزنی بیوچار، سطوح باکتری: (P0: بدون کاربرد باکتری، P1: با کاربرد باکتری)

کاربرد سطوح شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت وزن تر اندام هوایی شد. کاربرد 2 و 4 گرم نمک بر کیلوگرم خاک، میانگین وزن تر اندام هوایی گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری به ترتیب به میزان 2/23 و 4/12 درصد افزایش داد. کاربرد 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن اندام هوایی شد. کاربرد 2 و 4 گرم نمک بر کیلوگرم خاک، میانگین غلظت روی و منگنز اندام هوایی گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد. در حالیکه شوری سبب افزایش غلظت مس در اندام هوایی گردید. کاربرد منابع مواد آلی (پوسته برنج و بیوچار) و باکتری محرک رشد گیاه، سبب افزایش معنی‌دار وزن تر، وزن خشک، غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی گردید (جدول 5).

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات مورد بررسی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر	وزن خشک	آهن	روی	مس	منگنز
شوری	2	47/47**	1/181^{ns}	31180**	36418**	438/2**	72702**
ماده آلی	4	427/6**	5/285**	1563**	3683**	142/2**	3536**
باکتری	1	2170**	1/075**	469/9**	4486**	487/6**	14133**
شوری*ماده آلی	8	6/677^{ns}	0/430**	58 /89**	83 /72**	11 /96**	191 /5**
شوری*باکتری	2	3/377^{ns}	0/004^{ns}	234 /7**	47 /39^{ns}	6 /232*	356 /9**
ماده الی*باکتری	4	23/51**	0/032^{ns}	55 /26*	9 /424^{ns}	13 /40**	101 /5**
شوری*ماده آلی*باکتری	8	8/403*	0/032^{ns}	17 /68*	168 /4**	4 /165**	157 /5**
خطا	60	4/357	0/043	9/951	29/56	1/257	24/70

* و ** به ترتیب از لحاظ آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج و یک درصد معنی دار می‌باشد.

ns از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد

جدول 5- اثرات اصلی تیمارهای مختلف بر صفات اندازه گیری شده در اندام هوایی اسفناج

تیمار	وزن تر	وزن خشک	آهن	مس	روی	منگنز
	$g.pot^{-1}$		$mg.kg^{-1}$			
S0	60/79b	7a	171/2c	13/72b	126/5a	186/8a
S2	62/15ab	7/10a	228/8a	20/32a	113b	176/7b
S4	63/30a	7/28a	174/8b	20/35a	60/59c	96/99c
OM0	56/08e	6/31e	182/1d	15/04e	80/62d	142/1d
RS.05	58/57d	6/94d	184d	15/98d	92/46c	142/7d
RS1	62/05c	7/26c	189/9c	17/56c	99/7b	147/6c
Bi0.5	66/12b	7/37b	197/9b	20/62b	112a	160/2b
Bi1	67/59a	7/76a	204/1a	21/44a	115/4a	174/9a
P0	57/17b	7/02b	189/3b	15/8b	93/01b	141b
P1	66/99a	7/24a	139/9a	20/46a	107/1a	166a

بر اساس نتایج بدست آمده از لحاظ آماری، کاربرد توأم شوری و منابع مواد آلی بر وزن خشک اندام هوایی، غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4). جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول 6) نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج بود. در حالیکه با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. و همچنین کمترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار بدون نمک و بدون ماده آلی بود. بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمار 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج بود. همچنین کمترین مقدار آهن اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و بدون کاربرد ماده آلی بود هر چند با سایر تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین غلظت روی اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد شوری همراه با 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج بود. کمترین غلظت روی اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک و بدون کاربرد ماده آلی بود. بیشترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج بود. هر چند با برخی تیمارهای دیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و 0/5 درصد وزنی پوسته برنج بود هر چند با تیمار بدون نمک و بدون ماده آلی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج بود. کمترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک و بدون کاربرد ماده آلی بود هر چند با تیمار 4 گرم نمک و 0/5 درصد وزنی پوسته برنج تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول 7) نشان داد که بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمار 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک و با کاربرد باکتری بود. و کمترین غلظت آهن مربوط به تیمار بدون نمک و بدون کاربرد باکتری بود. هر چند از لحاظ آماری تفاوتی با تیمار بدون نمک و کاربرد باکتری وجود نداشت. بیشترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک و با کاربرد باکتری بود هر چند اختلاف معنی‌داری با تیمار 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک و با کاربرد باکتری مشاهده نشد. کمترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و بدون کاربرد باکتری بود. بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و با کاربرد باکتری بود. کمترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک و بدون کاربرد باکتری بود.

بر اساس نتایج بدست آمده از لحاظ آماری، کاربرد توأم باکتری و منابع مواد آلی بر وزن تر اندام هوایی، غلظت مس و منگنز اندام هوایی در سطح یک درصد و بر غلظت آهن اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 4). جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول 8) نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار 1 درصد وزنی بیوچار و همراه با باکتری بود. هر چند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار 0/5 درصد وزنی بیوچار و باکتری وجود نداشت.

جدول 6- اثرات متقابل سطوح شوری و منابع مواد آلی بر وزن خشک اندام هوایی و غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی

تیمارها		وزن خشک	آهن	روی	مس	منگنز
		$g.pot^{-1}$	$mg.kg^{-1}$			
S0	OM0	5/703h*	160/7i	103/7f	12/90f	172/8ef
	RS0.5	6/855f	162/1hi	116/2d	12/17f	172/9ef
	RS1	7/080efd	169/9g	127c	13/27f	178/5e
	BI0.5	7/301cde	180/8e	138/7b	14/47e	193/6c
	BI1	7/828a	182/6e	164/8a	15/57de	216/1a
S2	OM0	6/243g	223/2c	92/12g	16/37d	165g
	RS0.5	6/916f	224/1c	107/9ef	18/04c	164/9g
	RS1	7/345c	225/5c	110/6de	19/09bc	168/6fg
	BI0.5	7/333cd	230/7b	128c	23/67a	184/6d
	BI1	7/670ab	240/3a	126/6c	24/44a	200/7b
S4	OM0	7/005f	162/4hi	45/97k	15/85de	88/65j
	RS0.5	7/065f	165/8h	53/19j	17/75c	90/25ij
	RS1	7/376c	174/2f	61/40i	20/33b	95/62i
	BI0.5	7/498bc	182/3e	69/46h	23/51a	102/4h
	BI1	7/788a	189/4d	72/96h	24/31a	107/9h

*میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال5% ندارند.

سطوح شوری: (S0: شاهد، S2: 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک، S4: 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک) ،

سطوح منابع ماده آلی: (OM0: شاهد، RS0.5: 0/5 درصد وزنی پوسته برنج، RS1: 1 درصد وزنی پوسته برنج، Bi0.5: 0/5 درصد وزنی بیوچار، Bi1: 1 درصد وزنی بیوچار

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول4)، کاربرد توأم شوری و باکتری بر غلظت آهن و منگنز اندام هوایی در سطح یک درصد و بر غلظت مس در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

جدول 7- اثرات متقابل سطوح شوری و باکتری بر غلظت آهن، مس و منگنز اندام هوایی

تیمارها		آهن	مس	منگنز
		$mg.kg^{-1}$		
S0	P0	171e*	11/78d	173/4c
	P1	171/4de	15/65c	200/2a
S2	P0	223/3b	18/10b	168d
	P1	234/2a	22/54a	185/5b
S4	P0	173/6d	17/52b	81/53f
	P1	176c	23/18a	112/4e

میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال5% ندارند.

سطوح شوری: (S0: شاهد، S2: 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک، S4: 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک) ،

سطوح باکتری: (P0: بدون کاربرد باکتری، P1: با کاربرد باکتری).

جدول 8- اثر متقابل سطوح باکتری و منابع مواد آلی بر وزن تر اندام هوایی و غلظت آهن، مس و منگنز اندام هوایی

تیمارها		وزن تر	آهن	مس	منگنز
		$g.pot^{-1}$		$mg.kg^{-1}$	
P0	OM0	53f*	178/4g*	14/16e*	130/9f
	RS0.5	53/92f	181/2g	13/35e	131/1f
	RS1	56/09e	189/5de	14/37e	132/8f
	BI0.5	60/37d	195/7c	18/15c	144/9e
	BI1	62/49c	201/7b	18/97c	165/1c
P1	OM0	59/17d	185/7f	15/92d	153/4d
	RS0.5	63/22c	186/8ef	18/62c	154/2d
	RS1	68b	190/2d	20/75b	162/3c
	BI0.5	71/87a	200/1b	23/08a	175/5b
	BI1	72/70a	206/5a	23/91a	184/7a

*میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال5% ندارند.

سطوح منابع ماده آلی: (OM0: شاهد، RS0.5: 0/5 درصد وزنی پوسته برنج، RS1: 1 درصد وزنی پوسته برنج، Bi0.5: 0/5 درصد وزنی بیوچار، Bi1: 1 درصد وزنی بیوچار، سطوح باکتری: (P0: بدون کاربرد باکتری، P1: با کاربرد باکتری).

کمترین وزن تر اندام هوایی نیز مربوط به تیمار بدون ماده آلی و بدون باکتری بود. بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیماریک درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. کمترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد ماده آلی و بدون باکتری بود. هر چند با تیمار 0/5 درصد وزنی پوسته برنج و بدون باکتری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. هر چند با تیمار 0/5 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

کمترین غلظت مس اندام هوایی مربوط به تیمار 0/5 درصد وزنی پوسته برنج و بدون باکتری بود هر چند با برخی تیمارهای دیگر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. در حالی که کمترین غلظت منگنز اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد ماده آلی و بدون باکتری بود هر چند با برخی تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

بر اساس نتایج بدست آمده از لحاظ آماری، کاربرد توأم شوری، منابع ماده آلی و باکتری بر وزن تر اندام هوایی و غلظت آهن اندام هوایی در سطح پنج درصد و بر غلظت روی، مس و منگنز اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4). با توجه به اثرات سه گانه شوری، منابع ماده آلی و باکتری (جدول 9)، بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک همراه با 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار بدون نمک و بدون کاربرد ماده آلی و عدم کاربرد باکتری بود. بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمار 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک همراه با 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. کمترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمار بدون نمک و بدون کاربرد ماده آلی و بدون کاربرد باکتری بود هر چند با برخی تیمارهای دیگر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین غلظت روی اندام هوایی مربوط به تیمار بدون کاربرد نمک و 1 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و با کاربرد باکتری بود. هر چند با تیمار بدون نمک و 0/5 درصد وزنی بیوچار پوسته برنج و کاربرد باکتری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت روی اندام هوایی مربوط به تیمار 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک، بدون کاربرد ماده آلی و بدون باکتری بود هر چند با برخی تیمارهای دیگر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول 9- مقایسه میانگین اثر متقابل منابع شوری، منابع ماده آلی و باکتری بر وزن تر، غلظت آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی

سطوح باکتری	P0			P1		
سطوح شوری	S0	S2	S4	S0	S2	S4
سطوح منابع ماده آلی	وزن تر ($g.pot^{-1}$)					
OM0	49/43n*	54/23klm	55/33klm	57/85ijk	59/67hij	60hij
RS0.5	53/50m	54/05klm	54/20klm	62/61gh	64/33fg	62/72gh
RS1	53/80lm	56/92j-m	57/55jkl	67/15ef	67/43def	69/40cde
Bi0.5	60/71g-i	60/45g-i	59/97hij	70/29b-e	71/66bc	73/66b
Bi1	62/83gh	61/64ghi	63gh	69/75cde	71/16bcd	77/20a
	آهن ($mg.kg^{-1}$)					
OM0	158q	217/9f	159/5pq	163/4n-q	163/4cd	165/3no
RS0.5	159/8opq	218/3ef	165/4no	164/4n-p	229/9c	166/2mn
RS1	171/6klm	221/3ef	175/7jk	168/2l-n	229/8c	172/7kl
Bi0.5	182hi	223/5de	181/7hi	179/5ij	238b	182/9hi
Bi1	183/8hi	235/6b	185/5h	181/7hi	244/9a	193/1g
	روی($mg.kg^{-1}$)					
OM0	100/5gh	78/18ij	41/84o	107fg	106fg	50/10mno
RS0.5	111/9ef	96/25h	45/53no	120/5de	119/7de	60/85kl
RS1	121de	107/7fg	52/63lmn	133bc	113/5ef	70/16jk
Bi0.5	128/5bcd	127/5bcd	58/70lm	149a	128/5bcd	80/23i
Bi1	137/1b	125/6d	61/98kl	156/5a	127/7bcd	83/93i
	مس($mg.kg^{-1}$)					
OM0	13/90hij	14/95ghi	13/65ijk	11/90klm	17/80def	18/06de
RS0.5	9/933m	15/45ghi	14/66g-j	14/41g-j	20/63c	20/83c
RS1	10/63m	16/10efg	16/40d-g	15/91fgh	22/08c	24/26b
Bi0.5	11/65lm	21/71c	21/10c	17/70def	25/63ab	25/93a
Bi1	12/80jkl	22/31c	21/81c	18/35d	26/56a	26/81a
	منگنز($mg.kg^{-1}$)					
OM0	165/4ij	159/5jk	67/86q	180/2efg	170/5hi	109/4mn
RS0.5	161/4jk	157/4jk	74/63q	184/5d	172/4ghi	105/8n
RS1	161/1jk	154/1k	83/33p	169d	183/1ef	107/9mn
Bi0.5	170/6hi	175/1fgh	89/16op	216/7a	194/1d	115/7lm
Bi1	208/6bc	194d	92/66o	223/7a	207/3c	123/3l

* در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 5 درصد ندارند.

سطوح شوری: (S0: شاهد، S2: 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک، S4: 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک) ، سطوح منابع ماده آلی: (OM0: شاهد، RS0.5: 0/5 درصد وزنی پوسته برنج، RS1: 1 درصد وزنی پوسته برنج، Bi0.5: 0/5 درصد وزنی بیوچار، Bi1: 1 درصد وزنی بیوچار، سطوح باکتری: (P0: بدون کاربرد باکتری، P1: با کاربرد باکتری)

بحث

در این مطالعه، عملکرد گیاه تحت تأثیر شوری قرار نگرفت که احتمالاً به دلیل تعدیل اسمزی ناشی از افزایش تدریجی نمک می‌باشد. سطح شوری 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک باعث افزایش غلظت آهن شد. به نظر می‌رسد افزایش غلظت آهن بخش هوایی بر اثر اعمال شوری کلرید سدیم در خاک ناشی از دو عامل باش یکی ،افزایش غلظت آهن محلول در آب خاک بر اثر فرآیند تبادل سدیم با Fe^{+2} و Fe^{+3} که باعث آزادسازی آهن به محلول خاک می‌شود. دیگری، کاهش ماده خشک بخش هوایی گیاه

پس ازاعمال شوری که بر اثر وقوع پدیده اثر تغلیظ، غلظت آهن بخش هوایی افزایش می‌یابد. بروز اختلالات تغذیه‌ای بر اثر شوری ممکن است ناشی از تغییر قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک، رقابت بر سر جذب عناصر غذایی و مختل شدن انتقال و توزیع عناصر در اندام‌های مختلف باشد. پس از اعمال شوری، افزایش غلظت آهن در برگ کدو (ویلورا و همکاران، 2000)، در بخش هوایی دو رقم انبه (زوازی و همکاران، 2004) و در میوه گوجه-فرنگی (صفرزاده و همکاران، 1389) گزارش شده است. در حالیکه در شرایط شوری، غلظت آهن در برنج کاهش یافت (احمد و همکاران، 2009).

تولالی و همکاران (2009) گزارش کردند که تنش شوری منجر به کاهش غلظت روی در نهال‌های پسته تا حد کمبودگردید. این محققین بیان داشتند که غلظت‌های نسبتاً زیاد سدیم و یا قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه که به‌واسطه مقادیر زیاد نمک‌های محلول ایجاد می‌گردد، احتمالا مسئول کاهش غلظت روی در بافت‌های تحت تنش شوری است. با افزایش شوری، غلظت روی در ساقه و ریشه انبه کاهش یافت (زوازی و همکاران، 2004). با افزایش سطوح شوری، غلظت منگنز اندام هوایی کاهش یافت. سقفی و همکاران (1392) گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری، غلظت منگنز اندام هوایی در گیاه کلزا کاهش یافت. با افزایش شوری تا سطح 2/5 دسی زیمنس بر متر، غلظت منگنز ریشه و اندام هوایی به ترتیب 88 و 52 درصد افزایش یافت (زوازی و همکاران، 2004). این تفاوت‌ها می‌تواند به‌دلیل سطوح مختلف شوری و وضعیت رشد و طول مدت آزمایش باشد. با افزایش سطوح شوری، غلظت مس اندام هوایی افزایش یافت که با نتایج شیخی و رونقی (2012) مطابقت داشت. در حالیکه ایزو و همکاران (1999) بیان کردند شوری موجب کاهش غلظت مس در ذرت گردید. هو و هوشمایر (2001) بیان کردند که غلظت عناصرکم-مصرف اندام هوایی گیاه در شرایط شوری، بستگی به غلظت عناصر غذایی کم مصرف در خاک، میزان شوری و نوع اندام گیاه دارد. با افزودن مواد آلی (پوسته و بیوچار پوسته برنج) غلظت عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) افزایش یافت. افزودن بیوچار سبب افزایش غلظت آهن، روی، منگنز و مس در گیاه لوبیا شد، در گیاه ذرت غلظت آهن، روی و منگنز با افزودن بیوچار افزایش یافت (اینال و همکاران، 2015). این نتایج نشان می‌دهد که گیاه پاسخ خاصی به کاربرد مواد آلی و جذب عناصر غذایی اضافه شده به خاک نشان می‌دهد. آنان بیان کردند که این اختلاف احتمالا به نوع گیاه، نوع مواد ترشح شده از ریشه و مولکول‌های حل کننده عناصر غذایی بستگی دارد.باکتری‌های محرک رشد و مخصوصا سودوموناس-های فلورسنت اغلب سبب افزایش تحرک عناصر معدنی نامحلول در خاک می‌گردند و در نتیجه جذب این عناصر توسط گیاه را بهبود می‌بخشد (لیفشیتزو همکاران، 1987).

کاربرد باکتری سودوموناس فلورسنس باعث افزایش غلظت عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) اندام هوایی شد. باربر و لی (1974) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد (PGPR) می‌توانند با ایجاد کمپلکس‌های میکروبی در ریزوسفر سبب افزایش جذب عناصر ضروری مانند آهن و منگنز شوند. کاربرد PGPR ها به دلیل ترشح هورمون‌های گیاهی ایندول استیک اسید (IAA) رشد گیاه و در نهایت جذب آهن به‌وسیله گیاه را افزایش می‌دهند (خان و همکاران، 2009). بررسی تریق و همکاران (2007) نشان داد، کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش مقدار روی در گیاه برنج شد. کاربرد PGPR ها رشد گیاه و در نهایت جذب کل روی به وسیله گیاه را افزایش می‌دهند. محققان مکانیسم‌های احتمالی باکتری‌های محرک رشد گیاه برای افزایش جذب عناصر غذایی را 1- تولید اسیدهای آلی توسط باکتری‌ها در ریزوسفر و در نتیجه کاهش (pH) (ارتورک و همکاران، 2011)، 2- افزایش فعالیت پمپ پروتون ATPase (یائو و همکاران، 2010) و همچنین افزایش ترشحات ریشه‌ای از قبیل مواد احیایی و کلات کننده، 3- توسعه سیستم ریشه‌ای (شیرمردی و همکاران، 2010) و 4- محدود کردن جذب کلر و سدیم (ایلدریم و همکاران، 2008) ذکر کرده‌اند. باکتری‌های محرک رشد با گسترش سیستم ریشه‌ای وافزایش ترشحات آن و در نتیجه تشدید فعالیت‌های ریزوسفری، سبب افزایش دسترسی منگنز گیاه می‌شوند. همچنین آلتومار و همکاران (1999) بیان داشتند که تولید اسیدهای آلی، فرآیندهای کلاته شدن را در انحلال مس، و تولید اسیدهای آلی، فرآیندهای کاهشی را در انحلال منگنز دخیل هستند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد، عملکرد گیاه تحت تأثیر شوری قرار نگرفت که احتمالا به دلیل تعدیل اسمزی ناشی از افزایش تدریجی نمک می-باشد. کاربرد 2 گرم نمک در کیلوگرم خاک، سبب افزایش غلظت آهن اندام هوایی شد. کاربرد2 و 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک، غلظت مس اندام هوایی را به ترتیب به میزان 48/10 و 48/32 درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در حالیکه 4 گرم نمک در کیلوگرم خاک، غلظت روی و منگنز اندام هوایی را به ترتیب به میزان 52/10 و 48/07

درصد نسبت به شاهد کاهش داد. غلظت عناصرکم‌مصرف اندام هوایی گیاه در شرایط شوری، بستگی به غلظت عناصر غذایی کم مصرف در خاک، میزان شوری و نوع اندام گیاه دارد. کاربرد منابع مواد آلی سبب افزایش عملکرد و غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز اندام هوایی شد. همچنین باکتری محرک رشد، با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، اثر منفی تنش شوری بر غلظت برخی عناصر غذایی را در اندام هوایی اسفناج کاهش داد. کاربرد ماده آلی و باکتری در شرایط بدون تنش شوری، عملکرد و غلظت عناصر غذایی کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) را بطورکلی افزایش داد.

فهرست منابع:

1. خوشخوی م، شیبانیو ب، روحانی ا و تفضلی ع، 1370. اصول باغبانی، انتشارات دانشگاه شیراز
2. خوشگفتارمنش ا و سیادت ح ، 1381 . تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات معاونت امور باغبانی، چاپ اول، صفحه‌های60 تا 65.
3. مظاهری د و مجنون حسینی ن، 1382. مبانی زراعت عمومی. چاپ سوم،انتشارات دانشگاه تهران، 32 صفحه.
4. همایی م، 1381. واکنش گیاهان به شوری. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره 58،تهران، ایران.
5. سقفی د علیخانی ح و متشرع‌زاده ب،1392. اثر باکتری‌های ریزوبیومی محرک رشد گیاه بر بهبود شرایط تغذیه‌ای کلزا (Brassica napus L.) تحت تنش شوری. دانش آب و خاک، دوره 23، شماره 4، صفحه‌های 159 تا 175.
6. شیخی ج و رونقی ع، 1392. اثر شوری و کاربرد ورمی‌کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال 4، شماره 13، صفحه‌های 81 تا 92.
7. صفرزاده ص رونقی ع غلامی ع و زاهدی فرم، 1389. اثر شوری و نیتروژن بر کیفیت میوه و غلظت عناصر کم مصرف گوجه فرنگی درکشت هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، دوره 1، شماره 3، صفحه‌های 11 تا 22.
8. Ahmad MSA, Javed F, Javed S and Alvi AK, 2009. Relationship between callus growth and mineral Nutrients uptake in salt-stressed Indica rice callus. Journal of Plant Nutrition 32: 382-394.
9. Altomare C, Norvell WA, Björkman T and Harman GE, 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus Trichoderma harzianum Rifai 1295-22. Applied and Environmental Microbiology 65: 2926-2933.
10. Anahita Khosravi, Mehdi Zarei and Abdolmajid Ronaghi ,2018. Effect of PGPR, Phosphate sources and vermicompost on growth and nutrients uptake by lettuce in a calcareous soil, Journal of Plant Nutrition, 41:1, 80-89
11. Barber DA and Lee R B, 1974. The effect Of Micro-organism on the absorpthion of manganese by plants. New Phytologist 73: 97-106.
12. Bremner JM, Sparks DL, Page A L, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabian MA, Johnston CT and Sumner ME, 1996. Nitrogen-total. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods 1085-1121.
13. Chapman HD and Pratt PF, 1962. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Soil Science 93: 60-62.
14. Ertürk Y, Çakmakçi R, Duyar Ö and Turan M, 2011. The Effects of plant growth rromotion rhizobacteria on vegetative growth and Leaf Nutrient Contents of Hazelnut Seedlings (Turkish hazelnut cv, Tombul and Sivri). International Journal of Soil Science 6: 188.
15. Gee G W, Bauder JW and Klute A, 1986. Particle-size analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods 383-411.

16. Glick BR, 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41(2), 109-117.
17. Grattan SR. and Grieve CM, 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Soil science Hort 78: 127-157.
18. Inal A, Gunes A, Sahin O, Taskin MB and Kaya EC, 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil use and Management 31: 106-113.
19. Izzo R, Navari‐Izzo F and Quartacci MF, 1991. Growth and mineralabsorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations.Journal of Plant Nutrition 14: 687-699.
20. Khan MS, Zaidi A, Wani PA and Oves M, 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. Environmental Chemistry Letters 7: 1-19
21. Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF, 1982. Lithium, sodium, and potassium. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methods of soil an2) 225-246.
22. Lehmann J, da Silva Jr, J P, Steiner C, Nehls T, Zech W and Glaser B, 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil 249: 343-357.
23. Lifshitz R, Kloepper JW, Kozlowski M, Simonson C, Carlson J, Tipping EM and putida under gnotobioticconditions. Canadian Journal of Microbiology 33: 390-395.
24. Lindsay WL and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America journal 42: 421-428.
25. Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. ASCE, J. Irr. Drain. Div. 103(2): 115-134.
26. Nelson DW and Sommers L, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methods of soilan 2) 539-579.
27. Olsen SR, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate
28. Thomas GW, Sparks DL, Page A, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN and Sumner ME, 1996. Soil pH and soil acidity. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods 475-490.
29. Page AL, Chang AC and Adriano DC, 1990. Deficiencies and toxicities of trace elements. Agricultural Salinity Assessment and Management, Chapter 7, ASCE Manuals and Reports on Eng. Practice, ASCE71: 138-160.
30. Penrose M and Glick R, 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminasecontaining plant growth-promoting rhizobacteria. Physiology of Plant 118: 10-15.
31. Ravanbakhsh MH, 2016. Bioremediation of heavy metals by bacteria and fungi isolated from lead and zinc polluted locations. Ph.D. Dissertation in Soil Science, Shiraz University, Iran.
32. Rhoades JD, Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN and Sumner, M. E, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods 417-435.
33. Russo A, Felici C, Toffanin A, Gotz M, Collados C, Barea J.M, Moenne-Loccoz Y, Smalla K, Vanderleyden J and Nuti M, 2005. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and Fertility of Soils 41: 301-309.

34. Sheikhi J and Ronaghi A, 2012. Growth and macro and micronutrients concentration in spinach (Spinacia oleracea L.) as influenced by salinity and nitrogen rates. International Research Journal. Of Applied and Basic Sciences 3: 770-777.
35. Shirmardi M, Savaghebi G.R, Khavazi K, Akbarzadeh A, Farahbakhsh M, Rejali F and Sadat A, 2010. Effect of microbial inoculants on uptake of nutrient elements in two cultivars of sunflower (Helianthus annuus L.) in saline soils. Notulae Scientia Biologicae 2: 57-66.
36. Singh B, Singh BP and Cowie AL, 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 48: 516-525
37. Sohi S, Lopez-Capel E, Krull E and Bol R, 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 5: 17-31.
38. Tariq M, Hameed S, Malik KA and Hafeez FY, 2007. Plant root associated bacteria for zinc mobilization in rice. Pakistan Journal of Botany 39: 245.
39. Tavallali V, Rahemi M, Maftoun M, Panahi B, Karimi S, Ramezanian A and Vaezpour M, 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae 123: 272-279.
40. Ví llora G, Moreno DA, Pulgar G and Romero L, 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. ScientiaHorticulturae 86: 175-183.
41. 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.
42. Yildirim E, Turan ME and Donmez MF, 2008. Mitigation of salt stress in radish (Raphanus sativus L.) by plant growth promoting rhizobacteria. Roumanian Biotechnol Lett 13: 3933-3943.
43. Zuazo VD, Raya AM, Ruiz JA and Tarifa DF, 2004. Impact of salinity on macro-and micronutrients uptake in mango (Mangifera indica L. cv. Osteen) with different rootstocks. Spanish Journal of Agricultural Research 2: 121-133.

Influence of Growth Promoting Rhizobacteria and Organic Matter on the Concentration of Micronutrients of Spinach in a Calcareous Soil Affected by Salinity

Z. Bolhasani[1], A. M. Ronaghi, R. Ghasemi, and M. Zarei

PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University;
E-mail: z.bolhasani93@yahoo.com
Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: amronaghi@yahoo.com
Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: ghasemif@gmail.com
Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;
E-mail: mehdizarei20@yahoo.cam

Received: February, 2020 and Accepted: July, 2020

Abstract

In order to investigate the effect of sodium chloride application, organic matter sources and growth promoting bacteria on fresh and dry matter yield and concentration of micro nutrients in shoot of spinach, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The treatments were sodium chloride (control (S0), 2 (S2) and 4 (S4) g Na Cl kg^{-1} soil), organic matter (control (OM0), 0.5% and 1.0 % rice husk and 0.5% and 1.0 % rice husk biochar, w/w) and PGPR bacteria (without and with bacteria). Results showed that application of 2 and 4 g salt kg^{-1} of soil slightly increased iron concentration of aerial part, while Cu concentration increased by 48.10% and 48.32%, respectively. However, Zn and Mn concentrations decreased. Plant yield was not affected by salinity, probably due to the osmotic adjustment resulting from gradual increase in salt addition. Application of organic matter sources increased spinach fresh and dry weight, and Fe, Zn, Cu and Mn concentrations. Inoculation with Pseudomonas fluorescence significantly increased fresh and dry weight as well as Fe, Zn, Cu, and Mn concentrations in aerial part, compared with the related control (without bacteria). In conclusion, spinach (cv Virofly) very well tolerated gradual addition of salinity; and application of organic matter with growth promoting bacteria increased micronutrients concentration and growth of spinach in a calcareous soil affected by salinity.

Keywords: Sodium chloride, Growth promoting bacteria, Osmotic adjustment, Pseudomonas Fluorescenc

[1]. Corresponding author: Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad