اثر باکتری‌های‌محرک‌رشد، قارچ مایکوریزا و تنش‌شوری بر جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاه ذرت (*Zea mays* L.)

حمیدرضا بوستانی* و اسماعیل فرخ‌نژاد

دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵)

چکیده:

افزایش فعالیت میکروبی در خاک و استفاده از روابط همزیستی و هم‌افزایی بین قارچ مایکوریزا، باکتری‌محرک‌رشد و گیاه از طریق بهبود جذب عناصر غذایی می‌تواند سبب رشد بهتر گیاهان به‌ویژه در شرایط تنش شوری شود. به منظور بررسی اثر کاربرد قارچ مایکوریزا و باکتری‌محرک-رشد، بر جذب برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. عامل اول شامل سطوح شوری خاک (صفر (S_0)، ۱۵ (S_1) و ۳۰ (S_2) میلی‌اکی والان نمک در کیلوگرم خاک از منابع کلرید سدیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب به صورت ترکیبی ۱:۲:۳) و عامل دوم چهار سطح تلقیح میکروبی (قارچ *Glomus intraradices* (F)، باکتری *pseudomonas* (B)، تلقیح همزمان باکتری‌وقارچ (B+F) و بدون تلقیح (C)) بود. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری، درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه، جذب فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز در اندام هوایی گیاه به‌طور معنی-داری کاهش یافت. کاربرد تمام تیمارهای میکروبی سبب افزایش معنی‌دار همه‌ی شاخص‌های یاد شده در بالا شد. تاثیر تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری در افزایش صفات مذکور به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تیمار کاربرد مجزای باکتری بود. کاربرد تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی شد که نشان‌دهنده افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش شوری می‌باشد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار جذب عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز گیاه با برخی از شاخص‌های رشد ذرت مانند عملکرد خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع، سطح برگ، قطر ساقه، شاخص کلروفیل و درصد همزیستی مایکوریزایی وجود داشت. نتایج نشان داد که قارچ و باکتری کاربردی در این آزمایش از طریق افزایش درصد همزیستی مایکوریزایی و بهبود جذب عناصر غذایی، می‌توانند سبب افزایش مقاوت گیاه ذرت در برابر تنش شوری شوند.

کلمات‌کلیدی: باکتری *pseudomonas*، درصد همزیستی مایکوریزایی، *قارچ Glomus intraradices* ، شوری خاک

مقدمه

تجمع نمک در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک دنیا یکی از مسائل مهم کشاورزی است که به‌طور گسترده‌ای بر تولید گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد. از مهمترین عوارض شوری می توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت توسط برخی یون‌های سمی، تنش‌های اسمزی، کمبود عناصر غذایی ضروری، نسبت‌های بالای Na^{+1}/Ca^{+2}، Na^{+1}/K^{+1}، Mg^{+2}/Ca^{+2} و Cl^{-1}/NO_3^{-1} در گیاه، ناهنجاری‌هایی تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره نمود (Munns, 2005). کشور ایران دارای مناطق وسیع با خاک‌های شور بوده و ۱۵/۲ درصد از

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Hr.boostani@shirazu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

وسعت کل کشور (تقریبا ۳۳ میلیون هکتار) و ۵۰ درصد زمین های کشاورزی تحت تاثیر درجات مختلف شوری قرار دارند (Jafarzade and Aliasgharzad, 2007). مطالعات خاکشناسی حدود ۳۸ درصد از ٦/۵ میلیون هکتار اراضی خوزستان نشان داده است که تنها ۳/۱۵ درصد از اراضی مطالعه شده هیچگونه محدودیتی ندارند، در حالی که ۱٤/۷ درصد از این خاک‌ها در کلاس دو قرار گرفته و دارای محدودیت‌های گوناگون به‌ویژه شوری هستند. حدود ۱ میلیون هکتار از اراضی خوزستان با مشکل شوری مواجه است. همچنین استان خوزستان با سطح زیر کشت سالانه بیش از ۱۱۰ هزار هکتار ذرت قطب اول تولید ذرت در کشور است (بوستانی، ۱۳۹٤). طبق گزارش‌های موجود شوری سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و شاخص کلروفیل در ذرت می‌شود (بوستانی و همکاران، ۱۳۹٤). حد آستانه شوری گیاه ذرت ۱/۷ دسی زیمنس بر متر تعیین شده و در مقادیر بیش از این به ازای هر واحد افزایش در هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، عملکرد ۱۲ درصد کاهش می‌یابد (ترابی و عنابی‌میلایی، ۱۳۸۵). اسکندری و مظفری (۱۳۹۱) نشان دادند که با افزایش سطوح شوری (۰، ۰/۸، ۱/٦، ۲/٤ و ۳/۲ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) جذب عناصر غذایی کم مصرف شامل مس، آهن، روی و منگنز در شاخساره و ریشه نهال پسته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بویر احمدی و همکاران (۱۳۹۰) گارش کردند که افزایش سطوح شوری خاک از ۰/۵ به ۱۰دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک اندام‌هوایی و نسبت پتاسیم به سدیم اندام‌هوایی گندم شد. ایجاد گیاهان مقاوم به شوری از طریق مهندسی ژنتیک یا از بین بردن شوری خاک از طریق شستن نمک اضافی، اگر چه موفقیت‌آمیز بوده است اما برای مقاصد کشاورزی اقتصادی نمی‌باشد (Cantrell and Linderman, 2001). در کنار مهندسی ژنتیک راه‌های بیولوژیکی مانند استفاده از ارقام مقاوم و یا استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای کاهش تنش شوری به عنوان راه مفیدی پیشنهاد شده است (Dixon *et al*., 1993). قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار دارای رابطه همزیستی با ریشه اکثر گیاهان می‌باشند و در جذب مواد غذایی به ویژه عناصر کم تحرک در خاک موثر هستند .این قارچ‌ها علاوه بر افزایش جذب مواد غذایی معدنی در گیاه، می‌توانند سبب تحریک تولید مواد تنظیم کننده رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود تنظیم فشار اسمزی در شرایط خشکی و افزایش مقاومت به تنش های محیطی نیز شوند (Khavazi *et al*., 2005). قارچ‌های مایکوریز آربوسکولار گیاهان را در برابر اثرات مضر نمک محافظت می‌کنند (Almadini and Rabie, 2005). باکتری‌های ریزوسفری غیرهمزیست (باکتری‌های محرک رشد) از راه‌های گوناگون مانند تولید هورمون‌ها (اکسین، سیتوکینین‌ها و جیبرلین)، افزایش رهاسازی عناصر غذایی، افزایش جذب عناصر غذایی و همچنین جلوگیری از اثرات زیان‌آور تنش‌های محیطی سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Mehboob *et al*., 2009). Waqar و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد در یک آزمایش گلدانی، سبب افزایش عملکرد دانه و کلش، طول ریشه، تعداد خوشه و مقدار برداشت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر توسط دانه و کلش گندم شد. Daeia و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تحت تنش شوری گندم تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به تیمار شاهد مقدار بیشتری فسفر، پتاسیم و روی جذب کرده است. این محققان گونه‌های *Glomus etunicatum* و *Glomus mossae* را به‌عنوان گونه‌های برتر در تعدیل تنش شوری معرفی کردند.

نکته‌ای که باید به آن توجه‌داشت این است‌که گرچه تحقیقات مختلفی در مورد اثرات شوری بر فیزیولوژی، رشد و نمو و تغذیه‌ی گیاهان مختلف به‌ویژه گیاهان زراعی انجام شده است، اما در اکثر این پژوهش‌ها، تنها از نمک کلرید سدیم استفاده شده است، درحالی که در شرایط طبیعی در خاک مخلوطی از نمک‌های مختلف وجود دارد (Pessarakli, 1999). برخی محققین بر این باورند که در مطالعات مربوط به شوری که بر روی گیاهان غیر شورپسند (مانند گیاهان زراعی و علوفه‌ای) انجام می‌شود، بهتر است که از ترکیبی از نمک‌ها به عنوان عامل شوری استفاده شود درحالی که در درصد بالایی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

مطالعاتی که در این زمینه انجام می‌گیرد، از نمک کلریدسدیم به‌عنوان تنها عامل شوری استفاده می‌شود که سبب محدود شدن گستره تعمیم‌پذیری نتایج و ارتباط آن‌ها به شرایط مزرعه می‌گردد (Pessarakli, 1999). با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر کاربرد باکتری‌های محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا به‌صورت مجزا و ترکیبی، بر درصد همزیستی‌مایکوریزایی‌ریشه و جذب برخی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف گیاه ذرت (Zea mays L.) در شرایط تنش شوری حاصل از کاربرد ترکیبی نمک در یک خاک غیر استریل آهکی در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه به مقدار کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از منطقه صفی‌آباد دزفول (شمال خوزستان) که از نظر شوری در حد پایینی بود، تهیه شد. پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (Page, 1982) (جدول ۱).

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای (گلخانه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عامل اول شامل تلقیح میکروبی در چهار سطح (تلقیح باکتری‌های محرک رشد (B)، تلقیح قارچ مایکوریزا (F)، تلقیح همزمان باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا (B+F) و بدون تلقیح (C)) و عامل دوم شامل شوری (S) در سه سطح (صفر (S_0)، ۱۵ (S_1) و ۳۰ (S_2) میلی‌اکی والان در کیلوگرم خاک) از منبع کلرید سدیم (NaCl)، کلرید کلسیم ($CaCl_2,2H_2O$) و کلرید منیزیم ($MgCl_2,6H_2O$) به‌صورت ترکیبی ۱:۲:۳ بود. تعداد کل تیمارها و گلدان‌ها به ترتیب ۱۲ و ۳۶ عدد بود. سویه‌های میکروبی مورد استفاده در این بررسی شامل باکتری‌های *سودوموناس* (ترکیبی از گونه‌های *Pesudomonas. putida strain 41* و *Pesudomonas. fluorescens strain 169, 187*) به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*) بود، که به‌ترتیب از بانک میکروبی موسسه تحقیقات خاک و آب تهران و دانشگاه شیراز تهیه شد. نمونه‌های هفت کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سپس عناصر پتاسیم و فسفر را به‌ترتیب به‌صورت کامل از منبع سولفات پتاسیم (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و سوپرفسفات ساده (۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و نیمی از نیتروژن مورد نیاز را از منبع اوره (۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بر اساس نتایج آزمون خاک، به خاک‌ها افزوده شدند. نوبت دوم نیتروژن، در آخر هفته چهارم رشد گیاه به خاک گلدان‌ها افزوده شد.

برای اعمال تیمارهای میکروبی، در گلدان‌های مربوط به تیمارهای قارچی قبل از کشت، مقداری از خاک سطحی (۱ الی ۵ ساتی‌متری) را برداشته و به آن مقدار ۵۰ گرم از مایه تلقیحی قارچی (متوسط کلونیزاسیون ریشه ۷۵ درصد و تعداد اسپور در هر گرم بستره ۱۰ عدد) افزوده و با خاک مخلوط شد. تیمارهای فاقد قارچ به همان اندازه از زادمایه قارچی سترون شده (اتوکلاو شده در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ دقیقه) دریافت کردند. جهت تلقیح بذر با باکتری مورد نظر در هر حفره کاشت بذر، به ازائ هر بذر یک گرم مایه تلقیح جامد و پودری حاوی 10^8 سلول باکتری زنده و فعال، استفاده گردید. قبل از تلقیح، بذور را به‌مدت ۳۰ ثانیه با الکل ۹۶ درصد و سپس به‌مدت ۱/۵ تا ۲ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد ضدعفونی سطحی کرده و با آب مقطر استریل ۷ تا ۸ مرتبه شستشو داده شد. پس از اعمال تیمارهای میکروبی، در شهریور ماه ۹۲ کشت گیاه به تعداد ۷ بذر ذرت رقم سینگل‌گراس ۷۰۴ (مبین) در عمق حدود ۲ سانتی‌متری در شرایط گلخانه انجام شد. در هفته سوم رشد گیاه در هر گلدان فقط دو بوته نگهداری شد. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان‌ها روزانه بصورت وزنی با استفاده از آب مقطر (بدون ایجاد زهاب) در حدود ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه نگه داشته شدند. پس از تنک کردن گیاهان و در پایان هفته سوم رشد، جهت اجتناب از شوک اسمزی ناشی از شوری، مقادیر نمک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی نمونه خاک

بافت خاک	لومی رسی سیلتی	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۱۲
قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۲	پتاسیم قابل جذب($mg\ kg^{-1}$)	۱۰۴
پ‌هاش	۷/۸	آهن عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌۱ ($mg\ kg^{-1}$)	۱۳/۲
کربن آلی (٪)	۰/۷	منگنز عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌۱ ($mg\ kg^{-1}$)	۹/۴
کربنات کلسیم (٪)	۴۳/۲	مس عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌۱ ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۶
نیتروژن خاک (٪)	۰/۰۶	روی عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌۱ ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۵

در هر یک از تیمارها به تدریج و به‌مدت یک هفته به آب آبیاری افزوده شد تا در نهایت نمک مصرفی به اندازه تیمار مورد نظر برسد. به‌منظور کنترل سطوح شوری در طول آزمایش از گلدان‌های تخریبی (فاقد گیاه) استفاده گردید. دامنه اندازه-گیری شده قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمارهای شوری S_0، S_1 و S_2 در طول فصل رشد گیاه به‌ترتیب برابر با ۲/۲-۱/۹، ۵/۵-۴/۶ و ۸/۶-۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر ($dS\ m^{-1}$) بود. پس از اتمام ۱۰ هفته از رشد، گیاهان از محل طوقه قطع شدند و پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، خشک و پس از آن توسط ترازو وزن شدند (عملکرد خشک). همچنین پس از جدا کردن ریشه‌ها از خاک، مقداری از ریشه‌های گیاه انتخاب و بعد از شستشو جهت تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور اندازه-گیری درصد همزیستی مایکوریزایی، رنگ‌آمیزی ریشه‌ها انجام و درصد همزیستی مایکوریزایی به وسیله روش تقاطع خطوط شبکه (Koromanik and McGraw, 1982) تعیین شد.

اندام هوایی (مخلوط ساقه و برگ) به‌صورت خشک سوزانی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال به‌صورت محلول در آورده شدند. سپس غلظت عناصر پتاسیم و سدیم به روش شعله-سنجی با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (Corning 405, UK)، غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Milton roy Spectronic 20D, USA) در طول موج ۴۸۰ نانومتر و غلظت آهن، مس و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی (AAS; PG 990, PG Instruments Ltd. UK) اندازه‌گیری شد. مقدار جذب هر یک از عناصر توسط اندام هوایی ذرت از ضرب عملکرد خشک در غلظت هر عنصر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی تیمار شوری و میکروبی و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری از S_0 به S_2، درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه به ترتیب از ۳۰/۸۷ درصد به ۱۵/۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافت، که این کاهش معادل ۵۰/۷ درصد بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای میکروبی نشان داد که هر سه تیمار میکروبی کاربردی سبب افزایش معنی‌دار درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه نسبت به تیمار شاهد شد، بدین صورت که به ترتیب بیشترین افزایش مربوط به تیمار قارچ-باکتری به میزان ۸/۸۸ برابر و کمترین میزان افزایش مربوط به تیمار باکتریایی به میزان ۳/۲۱ برابر تیمار شاهد بود(جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه در تیمار توام قارچ و باکتری در سطح شوری S_0 و کمترین میزان درصد همزیستی مایکوریزایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ۲- میانگین مربعات خصوصیات مورد مطالعه در ذرت تحت تاثیر تیمار میکروبی و سطوح مختلف شوری خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد همزیستی ریشه	پتاسیم	فسفر	نسبت پتاسیم به سدیم	آهن	منگنز	مس
شوری	۲	۷۵۵/۲۹ **	۳۳۹۹۱ **	۱۶۹/۴۵ **	۲۵۳۵/۷۵ **	۱۶/۰۰ **	۲۸۸۹۵/۶۳ **	۱۳۰/۸۲ ns
تلقیح میکروبی	۳	۲۳۲۱/۲۵ **	۱۷۸۳۵ **	۴۸/۷۸ **	۱۳/۸۳ **	۱۱/۲۹ **	۴۶۷۰۳/۸۴ **	۱۰۴۹/۸۶ **
شوری × تلقیح میکروبی	۶	۱۷/۶۹ **	۱۴۰۹ **	۲۰/۱۰ **	۸۶/۶۹ **	۱/۹۴ ns	۲۹۷۴/۳۹ **	۸۱۶/۰۵ **
خطا	۲۴	۳/۷۶	۴۹/۳۴	۰/۰۶۱	۳/۴۷	۸۱۲۴/۹۳	۹۹/۳۶	۱۹۲/۹۹

**** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و غیر معنی‌دار**

جدول ۳- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا **بر درصد همزیستی** مایکوریزایی **ریشه در سطوح مختلف شوری خاک**

	S_0	S_1	S_2	
C	۹/۶۱ g	۲/۹۸ hi	۰ i	۴/۱۹ D
B	۲۱/۱۸ e	۱۳/۶۳ f	۵/۶۶ h	۱۳/۴۹ C
F	۴۴/۴۲ b	۳۱/۹۸ c	۲۶/۷۴ d	۳۴/۳۸ B
B+F	۴۸/۲۷ a	۳۴/۹۹ c	۲۸/۳۹ d	۳۷/۲۲ A
	۳۰/۸۷ A	۲۰/۹۰ B	۱۵/۲۰ C	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

***در همه ی جداول حروف اختصاری C، B، F و B+F به ترتیب نشانگر تیمار های شاهد، باکتری، قارچ و باکتری + قارچ و حروف اختصاری S_0، S_1 و S_2 به ترتیب نشانگر عدم کاربرد نمک، ۱۵ و ۳۰ میلی اکی والان نمک در کیلوگرم خاک می باشند.**

ریشه در سطح شوری S_2 در تیمار عدم تلقیح میکروبی حاصل شد. در سطح شوری S_0 بیشترین درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه مربوط به تیمار تلقیح توام قارچ و باکتری بود و نسبت به دیگر تیمارهای میکروبی تفاوت معنی‌داری داشت درحالی که در دو سطح شوری S_1 و S_2 بین تیمارهای کاربرد توام باکتری و قارچ و تیمار کاربرد مجزای قارچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که موید نقش منفی شوری در ایجاد کلونیزاسیون ریشه می‌باشد (جدول ۳). نتایج تحقیق Marulanda و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گیاه استوخودوس تیمار شده توسط میکوریز حاکی از آن است که گونه *Glomus intraradices* به میزان ۳۵ درصد با ریشه این گیاه همزیستی برقرار کرد. کاهش درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه با افزایش شوری توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (منصوری و همکاران، ۱۳۸۶). گزارش‌های اخیر حاکی از آن است که کاهش درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه تحت تنش شوری احتمالاً به علت کاهش تندش اسپور، رشد هیف و تشکیل آرباسکول می‌باشد (Rabie and Almadini, 2005).

جذب فسفر: اثرات اصلی تیمارهای شوری و تلقیح میکروبی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر مقدار جذب فسفر توسط گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار تلقیح میکروبی (جدول ٤) نشان داد که کاربرد هر سه تیمار میکروبی سبب افزایش معنی‌دار جذب فسفر توسط گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. ترتیب تاثیر تیمارهای میکروبی در افزایش مقدار فسفر جذب شده در گیاه نسبت به تیمار شاهد به صورت قارچ–باکتری > قارچ > باکتری بود. افزایش جذب فسفر در تیمارهای قارچی علاوه بر تأ ثیر همزیستی مایکوریزایی در افزایش سطح جذب ریشه، به عقیده Giri و همکاران (۲۰۰۳) می‌تواند به دلیل تاثیر این قارچ‌ها در ترشح فسفاتازها، اگزالات‌ها و تراوش یون پروتون نیز صورت گیرد. Almas و Saghir (۲۰۰۵) نشان دادند در حضور باکتری *Azotobacter* و *Pesudomonas esteria* میزان فسفر در گندم افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. همچنین Hammedaa و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادندکه استفاده از باکتری‌های *Pesudomonas florescent* و *Seratia marsenese* به همراه خاک فسفات در شرایط گلخانه فسفر گیاه را به ترتیب ٤۲ و ٤۷ درصد افزایش دادند. تاثیر کاربرد باکتری *pesudomonas* در افزایش جذب فسفر در گیاه می تواند ناشی از اثر اسیدهای آلی ترشح شده از باکتری و کاهش pH خاک و یا کلاته کردن یون‌های کلسیم که باعث تثبیت فسفر در خاک می‌گردند، باشد (Tian and Kolawole, 2004). با افزایش سطوح شوری، جذب فسفر توسط گیاه ذرت به طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که از ٦/٦۰ میلی‌گرم در گلدان در تیمار S_0 به ۳/٦۷ میلی‌گرم در گلدان در تیمار شوری S_2 رسید (جدول ٤). شهرآیینی و همکاران (۱۳۹۰) مشاهده کردند که افزایش سطح شوری خاک تا ٦ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار جذب فسفر در گیاه گندم در یک مطالعه گلخانه‌ای شد. بالا بودن قدرت یونی محیط‌های شور، عامل مهمی برای کاهش فعالیت فسفر در خاک است (Awad *et al.*, 1990). در خاک‌های شور، آنیون‌های کلر و دی‌هیدروژن فسفات برای جذب توسط گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند و در نتیجه، جذب فسفر و تجمع آن در اندام هوایی کاهش می‌یابد (Rending and Papadopoulos, 1983). همچنین می‌توان کاهش جذب آن را به کاهش طول ریشه گیاه در شرایط شوری نسبت داد. نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل دو تیمار نشان داد که تاثیر تیمارهای میکروبی در سطوح مختلف شوری خاک بر افزایش جذب فسفر توسط گیاه متفاوت بود بدین صورت که در سطح شوری s_0 بیشترین میزان جذب فسفر در تیمارهای کاربرد مجزای قارچ و باکتری بود درحالی که در سطوح شوری s_1 و s_2 بیشترین مقدار جذب فسفر مربوط به کاربرد تیمار توام قارچ و باکتری بود (جدول ٤) که احتمالاً به‌دلیل میزان بیشتر وزن خشک اندام هوایی گیاه در سطوح شوری s_1 و s_2 در تیمار کاربرد توام قارچ و باکتری نسبت به کاربرد مجزای قارچ و باکتری در مقایسه با سطح شوری s_0 است (نتایج وزن خشک اندام هوایی به‌علت محدودیت صفحات آورده نشده است). پارسامطلق و همکاران (۱۳۹۳) نتیجه گرفتند که کاربرد قارچ *Glomus intraradices* سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر در شرایط تنش شوری در برگ گیاه لوبیا شد.

جذب پتاسیم: اثرات اصلی تیمار شوری و تلقیح میکروبی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر جذب پتاسیم توسط اندام هوایی ذرت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری مقدار جذب پتاسیم به طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که از ۲۰۰/۱ میلی‌گرم در گلدان در تیمار بدون شوری به ۹۳/۷ میلی‌گرم در گلدان در تیمار S_2 رسید (جدول ۵). قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاه در خاک با کاهش محتوای آب خاک، کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تحرک پتاسیم تحت شرایط خشکی و شوری می‌شود. بنا به‌نظر برخی پژوهشگران، غالبیت یون سدیم در سطوح بالای شوری از جذب پتاسیم توسط گیاه جلوگیری نموده و سبب کاهش تجمع یون پتاسیم در گیاه می‌شود (Mosali *et al.*, 1992). Greenway و Munns (۱۹۸۳) کاهش پتاسیم در گیاه در اثر شوری را نتیجه رقابت عناصر سدیم و پتاسیم برای جذب دانستند. پارسامطلق و همکاران (۱۳۹۳) کاهش معنی‌دار مقدار جذب پتاسیم در اثر افزایش شوری خاک را در گیاه لوبیا گزارش کردند. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار تلقیح میکروبی نشان داد که کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول٤- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا **بر جذب فسفر شاخساره ذرت (میلی‌گرم در گلدان) در سطوح مختلف شوری خاک**

	S_0	S_1	S_2	
C	۳/۹۷ f	۲/٤۷ g	۱/٦۳ h	۲/٦۹ D
B	۷/۷۰ b	٦/۸۰ c	٤/۰۳ ef	٦/۱۸ C
F	۷/٦٦ b	۷/۹۷ b	٤/۳۳ e	٦/٦٦ B
B+F	۷/۰۳ c	۹/٤۰ a	٤/٦۷ d	۷/۰۳ A
	٦/٦۰ A	٦/٦٥ A	۳/٦۷ B	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

جدول ۵- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا بر جذب پتاسیم شاخساره ذرت (میلی‌گرم در گلدان) در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	
C	۱۲٥/۷ d	۷۱/۷ f	٤۷/٤ g	۸۱/٦ C
B	۲۳۹/۷ a	۱٦۱/۷ c	۹٦/٤ e	۱٦٥/۹ B
F	۲۳۲/۳ a	۱٦٥/۹ c	۱۰۳/۲ e	۱٦۷/۱ B
B+F	۲۰۲/۷ b	۲۰۰/۸ b	۱۲۷/۸ d	۱۷۷/۱ A
	۲۰۰/۱ A	۱٥۰/۰ B	۹۳/۷ C	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

هرسه تیمار میکروبی سبب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم در گیاه نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۵). تاثیر تیمارهای باکتری و قارچ در افزایش پتاسیم گیاه مشابه و به طور معنی داری کمتر از تیمار توام قارچ –باکتری بود. نتایج اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین مقدار جذب پتاسیم در تیمار مرکب عدم اعمال شوری و کاربرد مجزای قارچ و باکتری مشاهده شد درحالی که کمترین مقدار جذب پتاسیم مربوط به تیمار مرکب سطح شوری S_2 و عدم کاربرد تیمار میکروبی بود (جدول ۵). افزایش جذب پتاسیم در گیاهان مایکوریزی در سطوح مختلف شوری و در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده، علاوه بر افزایش سطح جذب ریشه، به عقیده Rabie و Almadini (۲۰۰۵) نتیجه تاثیری است که این قارچ‌ها بر انتقال دهنده‌های پتاسیم دارند. Waqar و همکاران (۲۰۰٤) نیز نشان دادند که تلقیح بذر گندم با سویه های مختلف باکتری‌های دارای فعالیت آنزیم ACC دی‌آمیناز در یک آزمایش گلدانی، سبب افزایش مقدار برداشت پتاسیم توسط دانه و کلش گندم شد. Vivas و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که غلظت پتاسیم در کاهوی تلقیح شده با *Bacillus* sp. تحت شرایط شور ۵۰ درصد نسبت به شاهد تلقیح نشده افزایش یافت.

نسبت جذب پتاسیم به سدیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای شوری و تلقیح میکروبی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر نسبت جذب پتاسیم به سدیم در اندام هوایی ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). Prakash و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که یکی از فاکتورهای نشان دهنده تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری، نسبت جذب پتاسیم به سدیم اندام هوایی است و هرچه این نسبت بیشتر باشد تحمل گیاه به شوری بیشتر است. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری نشان داد که با افزایش سطح شوری از S_0 به S_2 نسبت جذب پتاسیم به سدیم از ٦٥/۲ به ۱۱ رسید که این مقدار کاهش از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). سطوح بالای یون سدیم در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ٦- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا **بر نسبت جذب پتاسیم به سدیم شاخساره ذرت در سطوح مختلف شوری خاک**

	S_0	S_1	S_2	
C	٥٢/٦ [b]	٣٨/١ [d]	١٧/٨ [f]	٣٦/١ [B]
B	٥٥/٣ [b]	٤٥/٣ [c]	٧/٧ [g]	٣٦/١ [B]
F	٧٦/٣ [a]	٣٣/٣ [e]	٩/٦ [g]	٣٩/٧ [A]
B+F	٧٦/٥ [a]	٣٥/٩ [de]	٩/١ [g]	٤٠/٤ [A]
	٦٥/٢ [A]	٣٨/١ [B]	١١/٠ [C]	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ٥ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

محیط رشد، فعالیت کلسیم محلول را کاهش داده و ممکن است جایگزین یون کلسیم موجود در غشاء پلاسمایی سلول‌ها گردد، در نتیجه نسبت سدیم به پتاسیم به نفع سدیم تغییر می‌کند. این غلظت پایین یون کلسیم در شرایط شور، ممکن است به شدت عمل غشاء را متأثر کند که به عنوان مانعی برای ورود یون‌ها به داخل سلول عمل می‌کند (Netondo *et al.*, 2004). همچنین جوانمردی و همکاران (۱۳۷۹) علت کاهش این نسبت در تنش شوری را در خربزه به اثر متقابل یون سدیم بر جذب پتاسیم و حامل‌های انتقال دهنده این دو یون نسبت دادند. بویراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) کاهش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در دو گیاه شبدر ایرانی و گندم را در اثر افزایش سطح شوری خاک گزارش کردند. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار تلقیح میکروبی نشان داد که کاربرد باکتری تاثیر معنی‌داری بر تغییر نسبت جذب پتاسیم به سدیم نسبت به تیمار شاهد نداشت درحالی که تیمارهای کاربرد مجزای قارچ و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار این شاخص نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ٦). تیمار قارچ-باکتری نسبت به تیمار کاربرد مجزای قارچ در افزایش این شاخص تاثیر بیشتری داشت اما این تفاوت معنی‌دار نشد (جدول ٦). پارسامطلق و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که کاربرد قارچ‌های مایکوریزا سبب کاهش نسبت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا شدند. مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در تیمار مرکب عدم کاربرد شوری و قارچ-باکتری مشاهده شد درحالی که کمترین میزان این نسبت در تیمار مرکب سطح S_2 شوری و عدم تلقیح میکروبی مشاهده شد (جدول ٦). در همه‌ی سطوح شوری کاربرد تیمارهای میکروبی سبب افزایش نسبت جذب پتاسیم به سدیم شد. Daeia و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که نسبت پتاسیم به سدیم در رقم‌های مختلف گندم (کویر، روشن و طبسی) تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به شاهد (بدون تلقیح) به طور معنی‌داری بالاتر بود.

جذب آهن: نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات اصلی تیمار شوری و تلقیح میکروبی بر جذب آهن در اندام هوایی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد درحالی که اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی بر جذب آهن معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری نشان داد که با افزایش سطح شوری مقدار جذب آهن از ٥١٥/٢ میکروگرم در گلدان در تیمار شاهد (عدم کاربرد شوری) به ٣١٦/٩ میکروگرم در گلدان در تیمار سطح S_2 رسید که این کاهش معادل ٣٨/٥ درصد بود (جدول ٧). مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط می تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آهن را تشدید کند (یوسفی و همکاران، ١٣٨٦). Nenova (۲۰۰۸) با انجام یک آزمایش آبکشت، گزارش کرد که تیمار شوری، جذب و غلظت آهن در ریشه و شاخساره نخود را کاهش داد. Achakazi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که افزایش سطوح شوری از ۱/۱۹ به ۲۲/۳۸ میلی‌زیمنس بر سانتیمتر سبب افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گیاه آفتابگردان شد که احتمالاً به دلیل کاهش شدید عملکرد در اثر اعمال شوری است. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار میکروبی نشان داد که با کاربرد هر سه تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ۷- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا بر جذب آهن شاخساره ذرت (میکروگرم در گلدان) در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	
C	۴۲۷/۴ bcde	۲۷۲/۹ ef	۱۵۰/۲ f	۲۸۳/۵ B
B	۵۶۰/۷ ab	۴۹۸/۸ abc	۳۶۱/۲ cde	۴۷۲/۹ A
F	۵۲۹/۱ abc	۴۸۹/۷ abc	۴۵۲/۶ bcd	۴۹۰/۵ A
B+F	۵۴۳/۳ ab	۶۲۵/۷ a	۳۰۳/۸ def	۴۹۰/۹ A
	۵۱۵/۲ A	۴۷۱/۳ A	۳۱۶/۹ B	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

میکروبی مقدار جذب آهن به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح میکروبی) افزایش یافت. مقدار افزایش جذب آهن در تیمارهای قارچ-باکتری و قارچ نسبت به تیمار باکتری بیشتر بود اما از نظر آماری این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۷). افزایش جذب آهن توسط گیاه را می‌توان به تولید اسید توسط میکروارگانیسم‌های خاک و رهاسازی این کاتیون از کانی‌ها و افزایش قابلیت جذب آن توسط گیاه نسبت داد. Alipour و Sobhanipour (۲۰۱۲) بیان کردند افزودن باکتری *Pesudomonas florescent* به محیط رشد ذرت سبب افزایش جذب آهن در اندام هوایی می‌شود. نتایج حاصل از تاثیر برقراری رابطه همزیستی مایکوریزایی در غلظت کل آهن جذب شده توسط گیاه میزبان بسیار متغیر است. در گیاه سویا برقراری رابطه همزیستی مایکوریزی منجر به کاهش جذب آهن شده است درحالی‌که در گیاه ذرت منجر به افزایش آهن می‌شود. همچنین گونه‌های مختلف قارچ‌های مایکوریز توانایی متفاوتی در جذب آهن نشان می‌دهند. به‌نظر می‌رسد قارچ‌های مایکوریز از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن توانسته‌اند جذب و انتقال آهن را افزایش دهند (ساجدی و رجالی، ۱۳۹۰).

جذب مس: اثرات اصلی تیمار میکروبی و همچنین اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی بر جذب مس اندام هوایی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی که اثرات اصلی تیمار شوری بر جذب مس اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار میکروبی نشان داد که کاربرد تیمار باکتری و قارچ-باکتری جذب مس اندام هوایی را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد درحالی که کاربرد تیمار مجزای قارچ جذب مس اندام هوایی را افزایش داد ولی معنی‌دار نبود (جدول ۸). افزایش جذب عناصرغذایی کم مصرف توسط قارچ مایکوریزا می‌تواند مربوط به سرعت گسترش هیف‌های خارج ریشه‌ای این قارچ-ها باشد که به‌طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه است (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). میزان مس موجود در محلول خاک بسیار اندک بوده و از طرف دیگر ضریب پخشیدگی این عنصر در خاک بسیار کم است .این دو عامل سبب شده تا در گیاهان مایکوریزایی میزان مس جذب شده بیشتر از گیاهان غیر مایکوریزایی باشد (Marschner and Dell, 1994). Al-Karaki و Al-Raddad (۱۹۹۷) نیز افزایش جذب مس توسط گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های مایکوریزی را گزارش نمودند. Tarafdar و Marschner (۱۹۹۴) گزارش کردند که همزیستی گندم با قارچ‌های مایکوریزی سبب افزایش غلظت مس در اندام‌های هوایی گردید. نتایج اثرات متقابل شوری و تلقیح میکروبی نشان داد که تاثیر تیمارهای میکروبی بر افزایش جذب مس در سطوح مختلف شوری متفاوت بود (جدول ۸) به‌طوری که ترتیب جذب مس در سطح شوری S_0 به‌صورت باکتری > شاهد > قارچ > قارچ-باکتری بود در صورتی که در سطوح شوری S_1 و S_2 به صورت قارچ-باکتری > باکتری > قارچ > شاهد بود. به‌نظر می‌رسد که در شرایط شور قارچ و باکتری یک اثر هم‌افزایی بر روی یکدیگر در جذب مس داشتند و کاربرد همزمان باکتری با قارچ، کارایی قارچ مایکوریزا را در بهبود جذب مس، افزایش داده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ۸- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا بر جذب مس شاخساره ذرت (میکروگرم در گلدان) در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	
C	۳۰/۲ ab	۱۴/۵ b	۶/۵ b	۱۷/۱ B
B	۴۸/۴ a	۳۲/۸ ab	۱۸/۹ b	۳۳/۵ A
F	۲۰/۴ b	۱۹/۷ b	۱۳/۹ b	۱۸/۱ B
B+F	۱۳/۲ b	۴۹/۴ a	۵۲/۵ a	۳۸/۳ A
	۲۸/۲ A	۲۹/۱ A	۲۲/۹ A	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

جدول ۹- تاثیر کاربرد باکتری‌محرک‌رشد و قارچ مایکوریزا بر جذب منگنز شاخساره ذرت (میکروگرم در گلدان) در سطوح مختلف شوری خاک

	S_0	S_1	S_2	
C	۱۵۳/۸ f	۱۰۰/۶ g	۱۸۵/۰ g	۱۱۳/۲ C
B	۲۷۰/۴ c	۲۱۳/۶ d	۱۶۸/۱ f	۲۱۷/۳ B
F	۳۴۱/۰ a	۲۶۶/۹ c	۱۹۰/۱ e	۲۶۶/۱ A
B+F	۲۷۴/۱ c	۳۱۵/۹ b	۲۰۷/۵ d	۲۶۵/۸ A
	۲۵۹/۸ A	۲۲۴/۱ B	۱۶۲/۸ C	

*** میانگین‌های دارای حروف بزرگ مشترک و کوچک مشترک در هر ستون یا سطر از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.**

Hernandez و همکاران (۱۹۹۴) گزارش نمودند که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد مثل *Azotobacter* به همراه قارچ‌های مایکوریزی، کارایی قارچ مایکوریزا را در جذب عناصر غذایی افزایش داد. Behl و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که کاربرد هم زمان باکتری *Azotobacter* و قارچ مایکوریزا اثرات مثبت و هم‌افزایی روی گیاه گندم داشت و دلایل آن را تأثیر *Azotobacter*در افزایش رشد ریشه‌های مویین، افزایش رشد طولی میسلیوم‌های قارچ و نفوذ آن‌ها به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند، که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد.

جذب منگنز: اثرات اصلی تیمارهای شوری و تلقیح میکروبی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر جذب منگنز اندام هوایی ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری مقدار جذب منگنز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که از ۲۵۹/۸ میکروگرم در گلدان در تیمار S_0 به ۱۶۲/۸ میکروگرم در گلدان در تیمار S_2 رسید (جدول ۹). زاهدی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که با افزایش سطوح شوری (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و کلریدکلسیم نسبت وزنی ۲ به ۱) در کشت گوجه‌فرنگی به‌صورت آبکشت، جذب منگنز شاخساره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. Talei و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش سطوح شوری خاک (۴ به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) سبب کاهش معنی‌دار مقدار جذب منگنز توسط گیاه دارویی پادشاه تلخ (*Andrographis paniculata* Nees.) شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی تلقیح میکروبی نشان داد که کاربرد هر سه تیمار میکروبی سبب افزایش معنی‌دار جذب منگنز شاخساره ذرت نسبت به تیمار شاهد شد به‌طوری که تاثیر تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری مشابه و به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کاربرد مجزای باکتری بود (جدول ۹). ساجدی و رجالی (۱۳۹۰) افزایش معنی‌دار جذب منگنز توسط گیاه ذرت در یک آزمایش مزرعه‌ای تحت تاثیر کاربرد قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices*) را گزارش کردند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. نتایج اثرات متقابل شوری و تلقیح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

جدول ۱۰- نتایج ضریب همبستگی پیرسون (r) بین شاخص‌های رشد و جذب برخی عناصر غذایی در شاخساره ذرت تحت تاثیر تلقیح میکروبی و شوری خاک

	شاخص کلروفیل	ارتفاع	سطح برگ	عملکرد خشک	قطر ساقه	درصد همزیستی مایکوریزایی	وزن خشک ریشه
فسفر	۰/۸۷**	۰/۹۱**	۰/۸٤**	۰/۸۹**	۰/۸۰**	۰/۷٤**	۰/۸۹**
پتاسیم	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹٦**	۰/۹۰**	۰/۷۵**	۰/۹٦**
آهن	۰/۸۰**	۰/۷۷**	۰/۷۲**	۰/۷٦**	۰/٦۹**	۰/٤۰*	۰/۱٦^{ns}
منگنز	۰/۹۱**	۰/۹٤**	۰/۸۹**	۰/۹٦**	۰/۸٦**	۰/۸٦**	۰/۹۵**
مس	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۹^{ns}

****و * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار**

میکروبی نشان داد که بیشترین میزان جذب منگنز در تیمار مرکب عدم کاربرد شوری و کاربرد قارچ (FS_0) و کمترین میزان جذب منگنز در تیمار مرکب سطح S_2 شوری و عدم کاربرد تیمار میکروبی (CS_2) به‌ترتیب به میزان ۳٤۱ و ۸۵/۱ میکروگرم در گلدان مشاهد شد (جدول ۹). اثر کاربرد تیمار میکروبی در سطوح مختلف شوری بر جذب منگنز اندام هوایی متفاوت بود به‌طوری که در سطح S_0 شوری (عدم کاربرد نمک) تیمار کاربرد قارچ دارای بیشترین میزان جذب منگنز بود درحالی که در سطوح S_1 و S_2 شوری تیمار کاربرد توأم قارچ و باکتری دارای بیشترین میزان جذب منگنز بود که احتمالاً به دلیل ایجاد عملکرد بهتر بین قارچ و باکتری در سطوح شوری ایجاد شده و افزایش عملکرد گیاه در تیمار کاربرد توأم قارچ و باکتری نسبت به کاربرد مجزای قارچ در سطوح شوری اعمال شده می‌باشد.

ضریب همبستگی بین برخی از شاخص‌های رشد ذرت و جذب عناصر غذایی: نتایج همبستگی میان برخی شاخص های رشد ذرت و جذب عناصر غذایی اندام هوایی، نشان داد که تمام شاخص‌های مورد بررسی با جذب فسفر، پتاسیم و منگنز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۱۰). جذب آهن توسط گیاه فقط با میزان وزن خشک ریشه همبستگی معنی‌داری نشان نداد درحالی که با سایر پارامترهای رشد گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱۰). جذب مس در اندام هوایی با هیچ کدام از شاخص‌های رشد گیاه همبستگی معنی‌داری را نشان نداد. بنابراین می‌توان به نقش موثر عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز در بهبود پارامترهای یاد شده و افزایش تحمل گیاه به شوری در اثر کاربرد ریزجانداران میکروبی مورد استفاده در این پژوهش، اذعان کرد.

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش سطوح شوری درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه، جذب فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز در اندام هوایی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درصورتی که کاربرد همه‌ی تیمارهای میکروبی سبب افزایش درصد همزیستی مایکوریزایی ریشه و جذب عناصر مذکور در تمام سطوح شوری اعمال شده گشت. استفاده از قارچ آربوسکولار مایکوریزا و تیمار توأم قارچ-باکتری تاثیر بهتری را در افزایش اکثر ویژگی‌های مورد مطالعه نسبت به استفاده مجزا از تیمار کاربرد باکتری محرک رشد در همه‌ی سطوح شوری خاک داشت. کاربرد تیمارهای قارچ و قارچ-باکتری سبب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی شد که نشان‌دهنده افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش شوری در اثر کاربرد این تیمارها می‌باشد. برهمکنش شوری و تیمار میکروبی نیز بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز جذب آهن معنی‌دار بود، بنابراین تاثیر کاربرد تیمارهای میکروبی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی بستگی به سطوح شوری خاک داشت و کاربرد تیمارهای قارچ و باکتری در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

تمامی سطوح شوری خاک سبب بهبود این صفات شدند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار جذب عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز گیاه با برخی از شاخص‌های رشد ذرت مانند عملکرد خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع، سطح برگ، قطر ساقه، شاخص کلروفیل و درصد همزیستی مایکوریزای وجود داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای قارچی و باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش، می‌توانند در افزایش مقاومت گیاه به شوری و تولید عملکرد بهتر درشرایط تنش شوری مؤثر باشند. بنابراین با توجه گستردگی اراضی دچار مشکلات شوری و لزوم مدیریت بهینه مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور، استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند روش موثری در بهبود عملکرد ذرت و جذب بهتر عناصر غذایی در شرایط شور بدون ایجاد مشکلات زیست محیطی، محسوب شود. البته بررسی‌های بیشتر در شرایط مزرعه توصیه می‌شود.

منابع

اسکندری، س. و مظفری، و. (۱۳۹۱) اثر سطوح مختلف شوری و مقدار متفاوت مس بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف توسط ریشه و اندام‌هوایی دو رقم پسته در شرایط گلخانه، مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای ۱۲(۱): ۱۹-۲٤.

بوستانی، ح.، چرم، م.، معزی، ع.، عنایتی‌ضمیر، ن. و زارعی، م. (۱۳۹٤) اثر کاربرد کود زیستی بر جذب روی و برخی از شاخصهای رشد ذرت در یک خاک غیراستریل آهکی با درجات مختلف شوری، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۷(۲۲): ۱۰۹-۱۲۳.

بوستانی، ح. (۱۳۹٤) اثر باکتری PGPR، قارچ مایکوریزا آرباسکولار و ماده آلی بر شکل‌های شیمیایی و سینتیک آزادسازی روی در سطوح مختلف شوری برخاک آهکی تحت کشت ذرت. پایان نامه دکتری گروه علوم خاک دانشگاه شهید چمران اهواز.

بویراحمدی، م.، رئیسی، ف. و محمدی، ج. (۱۳۹۰) اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی شبدر ایرانی و گندم رقم چمران، مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۸: ۲۵-٤٤.

پارسامطلق، ب.، محمودی، س.، زهان، م. و نقیزاده، م. (۱۳۹۳) اثر قارچ مایکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا تحت تنش شوری، مجله اکولوژی کشاورزی ۳(۲): ۲۳۳-۲٤٤.

ترابی، م. و عنابی‌میلایی، ع. (۱۳۸۵) روش استفاده از آب شور در آبیاری و مدیریت شوری. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، تبریز، ایران.

جوانمردی، ج.، لسانی، ه. و کاشی، ا. (۱۳۷۹) اثر سطوح مختلف کلرید سدیم بر جذب و انتقال برخی عناصر غذایی در پنج رقم مختلف هندوانه، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲: ۳۱-٤۰.

خاوازی، ک.، اسدی‌رحمانی، ه. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۵) ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، انتشارات سنا، تهران، ایران.

زاهدی‌فر، م.، رونقی، ع.، موسوی، ع. و صفرزاده، ص. (۱۳۸۹) اثر سطوح شوری و نیتروژن بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی گوجه‌فرنگی در شرایط آبکشت، مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای ۱(۲): ۳۱-٤۰.

ساجدی، ن. ر. و رجالی، ف. (۱۳۹۰) اثر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح مایکوریزا بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه ذرت، مجله پژوهش‌های خاک ۲۵(۲): ۸۳-۹۲.

شهرآیینی، ا.، شبانپور، م. و سادات، س. (۱۳۹۰) اثر شوری و تراکم خاک بر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گندم، مجله پژوهش‌های خاک ۲۵(٤): ۲۷۹-۲۸٤.

منصوری، ه.، ا. احمدی‌مقدم و ن. روحانی. ۱۳۸٦. پاسخ‌های لوبیای مایکوریزایی و غیر مایکوریزایی به تنش شوری، مجله زیست-شناسی ایران ۲۰(۱): ۸۰-۸۸.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

Achakazi, A. K. K., Kayani, S. A., Hanif, A. 2010. Effect of salinity on uptake of micronutrients in sunflower at early vegetative stage. Pakestanian Journal of Botany 42(1): 129-139.

Alipour, Z. T. and Sobhanipour, A. (2012) The Effect of *Thiobacillus* and *Pseudomonas fluorescent* Inoculation on maize growth and Fe Uptake. Annals of Biological Research 3(3): 1661-1666.

Al-Karaki, G. N. and Al-Raddad, A. (1997) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhizae 7: 83-88.

Awad, A. S., Edward, D. G. and Campbell, L. C. (1990) Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. Crop Science 30: 123-128

Almas, Z. and Saghir, K. (2005) Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of wheat. Canadian Journal of Microbiology 28: 2079-2092.

Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V. and Singh, K. P. (2003) Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Agronomy and Soil Science 49: 25-31.

Cantrell, I. C. and Linderman, R. G. (2001) Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungireduces deleterious effects of soil salinity. Plant Soil 233: 269-281.

Caris, C., Hordt. W., Hawkins, H. J., Romhel, V. and Eckhard, G. (1998) Studies of iron transport by AM hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhizae 8: 35-39.

Daeia, G., Ardekania, M. R., Rejalic, F., Teimurib, S. and Miransari, M. (2009). Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. Journal of Plant Physiology 166: 617-625.

Dixon, R. K., Garg V. K. and Rao, M. V. (1993) Noculation of *Lecaena* and prosopis seedlings with *Glomus* and *Rhizobium* species in saline soil: rhizosphere relations and seedlings growth. Soil Research and Rehabilitants 7: 133-144.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, G. (2003) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soil 38: 170-175.

Greenvay, H. and Munns, R. (1980) Mechanism of salt tolerance of non-halophytes. Plant Physiology 31: 149-190.

Hameedaa, B., Harinib, G. O., Rupelab, P., Wanib, S. P. and Reddya, G. (2008) Growth promotion of maize by phosphate solubilizing bacteria isolated from composts and macro fauna. Microbiological Research 163: 234-242.

Hernandez, M., Pereira, M. and Tang, M. (1994) Use of microorganisms as bio fertilizers in tropical crops. Pastos-y-Forrajes 17: 183-192.

Jafarzadeh, A. A., and Aliasgharzad, N. (2007) Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugarbeet cultivars. Proceeding of "Bioclimatology and Natural Hazards" International Scientific Conference, Pol'ana Nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20.

Koromanik, P. P. and McGraw, A. C. (1982) Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizae in plant roots. In method and principles of mycorrhizal research. Ed. N. C. Schenck. The American Phyto Pathological Society. Pp. 36-37.

Marschner, H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and soil, 159: 82-102.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J. M. and Azcon, R. (2007) Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought tolerant or drought sensitive *Glomus* species. Microbial Ecology 54(3): 543-552.

Mehboob, I., Naveed, M. and Zahir, Z. A. (2009) Rhizobial Association with Non-Legumes: Mechanisms and Applications. Critical Review of Plant Sciences 28: 432-456.

Mosali, J., Desta, K., Teal, K. R., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J., Raun, W. R. and Oertli, J. J. (1992) Nutrient management under water and salinity stress. In: Proceedings of the International Symposium of Nutrient management for sustained productivity. Department of Soil Science. Punjab Agricultural University. Ludhiana, India p. 138-165.

Munns, R. (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist 167: 645-663.

Nenova, V. (2008) Growth and mineral content ratios of pea plants under different salinity levels and iron supply. Journal of Plant Physiology 34 (3-4): 189-202.

Netondo, G. W., Onyango, J. C. and Beck, E. (2004) Sorghum and salinity.I: Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Sciences 44: 797-805.

Papadopoulos, L. and Rendig, V. V. (1983) Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. Plant and Soil 73: 47-57.

Page, A. L. (1982) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy No.9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Pessarakli, M. (1999) Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker Incorporation. New York. 1254p.

Prakash, R. P., Sushil, S. K., Vinay, R. P., Vimal, J. P. Sunil, M. K. (2010) Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. Brasilian Society of Plant Physiology 22(1): 43-48.

Rabie, G. H. and Almadini, A. M. (2005) Role of bio inoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants. African Journal of biotechnology 4(3): 210-222.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]

Talei, D., Kadir, M. A., Yusop, M. K., Valdiani, A. and Abdollah, M. P. (2012) Salinity effects on macro and micro nutrients uptake in medicinal plant king of bitters (Andrographis *paniculata* Nees.). Plant Omics Journal 5: 271-278.

Tarafdar, J. C., and H. Marschner. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic Phosphorus by wheat plant. Soil Science and Plant Nutrition 40: 593-600.

Tian, G. and Kolawole, G. O. (2004) Comparison of various plant residues as phosphate rock amendment on Savanna Soils of West Africa. Journal of Plant Nutrition 27(4): 571-583.

Vivas, A., Marulanda, A., Ruiz-Lozano, J. M., Barea, J. M. and Azcon, R. (2003) Influence of a *Bacillus* sp. on physilogical activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant response to PEG-induced drought stress. Mycorrizae 13: 249-256.

Waqar, A., Shahroona, B., Zahir, Z. A. and Arshad, M. (2004) Inoculation with ACC deaminase Containing Rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pakistanian Journal of Agricultural Science 41: 119-124.

Yousfi, S., Wissal, M., Mahmoudi, H., Abdelly, C. and Gharsalli, M. (2007) Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 45: 309-314.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.24.14.9]