

Evaluation of haloalkaliphilic bacteria types on corn yield, yield components, and some micronutrients under saline and alkaline soil conditions

Mehrnoush Eskandari Torbaghan^{1*} and Gholam Hossein Khalil Torghabeh²

1- Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

2- Horticultural Science, Horticultural Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

* Corresponding author, Email: mehrnoosh eskandary@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Corn is a crop with moderate sensitivity to soil salinity; therefore, improving its resistance to salinity stress is very important.

Methods: To investigate the effect of native extremophile isolates of Khorasan Razavi (with the highest ability to produce tri-indoleacetic acid (IAA), soluble mineral phosphates (PSB), and exopolysaccharides (EPS)) on the yield, yield components, and micronutrient concentrations of supersweet corn (Elika cultivar), a study was conducted using three separate factorial experiments in a randomized complete block design. Each experiment included two factors: 1) type of bacteria (halophilic, alkaliphilic, and haloalkaliphilic) and 2) three different native isolates of each type, along with two controls (culture medium without bacteria and water) in nine replications under saline-alkali soil conditions in 2024.

Results: The average isolate's concentration of IAA, PSB, and EPS production were obtained for halophiles (74.55, 44.54 mg l⁻¹ and 29.27 μM l⁻¹), alkaliphiles (1390.50, 135.65 mg l⁻¹ and 19.12 μM l⁻¹), and haloalkaliphiles (256.97, 141.66 mg l⁻¹ and 99.79 μM l⁻¹), respectively. The average yield components and concentrations of micronutrients, except iron, were higher in the haloalkaliphilic group, and the average corn yield was higher in the halophilic group. Alkaliphilic bacteria showed superiority in the absorption of iron (145.4 mg/kg) and manganese (34.6 mg/kg). The efficiency of alkaliphiles was not as high as the other two groups, probably due to insufficient sodium concentration, but A14 had a higher yield (2.245 kg/m²) than the others.

Conclusions: The maximum average corn yield was observed in the halophilic isolate H5 with 3.879 kg/m², followed by the haloalkaliphilic isolate HA8 with 2.825 kg/m². There was a difference of 2.7 kg/m² between the maximum (H5) and minimum (A14) corn yield. The lower yield in the haloalkaliphilic isolates was probably due to the higher soil salinity (34.1 dS/m) compared to the halophilic isolates (12.5 dS/m).

Keywords: Indole-3-acetic acid, Suppersweet corn, Haloalkaliphiles, Micronutrients.

How to Cite: Shirmardi, M., Hayatzadeh, M., Ghaneei-Bafghi, M.J., Hemmat, N., Fooladi Doghzloo, M., 2025. Soil fertility assessment in saffron (*Crocus sativus* L.) cultivated fields (case study: Bahabad city, Yazd province). J. Soil Plant Interact. 16(4), 1–17 (In Persian). <https://doi.org/10.47176/jspi.16.4.20622>

ارزیابی انواع باکتری‌های شورقلیا بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت برخی عناصر کم‌مصرف در گیاه ذرت در شرایط شوری و قلیائیت خاک

مهرنوش اسکندری تربقان^{۱*} و غلام حسین خلیلی طرقله^۲

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- باغبانی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

*نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: mehrnoosh eskandary@gmail.com

چکیده

ذرت محصولی، با حساسیت زیاد به شوری خاک بوده؛ در نتیجه افزایش مقاومت آن در برابر تنش شوری بسیار مهم است. اثر جدایه‌های افراطی پسند بومی خراسان رضوی (با بیش‌ترین توانایی در تولید تری‌ایندول استیک اسید (IAA)، حلالیت فسفات‌های معدنی (PSB) و تولید آگروپلی ساکاریدها (EPS)) بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر کم‌مصرف ذرت فوق‌شیرین (رقم الیکا)، بررسی شد. این پژوهش در سه آزمایش مجزای فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. هر آزمایش شامل دو فاکتور ۱) نوع باکتری (شورپسند، قلیاپسند و شورقلیاپسند) و ۲) سه جدایه بومی مختلف از سه نوع باکتری (شورپسند (H22, H9, H5)، قلیاپسند (A16, A14, A11) و شورقلیاپسند (HA7, HA8, HA9))، و دوشاهد (محیط کشت بدون باکتری؛ و آب) در نه تکرار در شرایط سه خاک شور، قلیا، و شوروقلیا در سال ۱۴۰۳ بود. میانگین تولید غلظت IAA, PSB و EPS برای شورپسندها به ترتیب ۷۴/۵۵، ۴۴/۵۴ و ۲۹/۲۷ $\mu\text{M/l}$ ، قلیاپسندها ۱۳۹۰/۵۰، ۱۳۵/۶۵ و ۱۹/۱۲ $\mu\text{M/l}$ و شورقلیاپسندها ۲۵۶/۹۷ و ۴۱/۶۶ و ۹۹/۷۹ $\mu\text{M/l}$ به دست آمد. میانگین اجزای عملکرد و غلظت عناصر کم‌مصرف به جز آهن در گروه شورقلیاپسندها؛ و میانگین عملکرد ذرت در گروه شورپسندها بیش‌تر بود. باکتری‌های قلیاپسند در جذب آهن (۱۴۵/۴ mg/kg) و منگنز (۳۴/۶ mg/kg) نسبت به دو گروه دیگر برتری نشان دادند. کارایی جذب عناصر کم‌مصرف قلیاپسندها، احتمالاً به علت غلظت ناکافی سدیم، به اندازه دو گروه دیگر زیاد نبود، لیکن A14 عملکرد بیش‌تری ($2/245 \text{ kg/m}^2$) نسبت به سایر قلیاپسندها داشت. حداکثر میانگین عملکرد ذرت در جدایه شورپسند H5 با $3/879 \text{ kg/m}^2$ و سپس جدایه شورقلیاپسند HA8 با $2/825 \text{ kg/m}^2$ مشاهده شد. بین حداکثر (H5) و حداقل (A11) عملکرد ذرت 27 kg/m^2 اختلاف مشاهده شد. عملکرد کم‌تر ذرت در جدایه‌های شورقلیاپسند، احتمالاً به دلیل شوری خاک زیاد آن ($34/1 \text{ dS/m}$) در مقایسه با جدایه‌های شورپسند ($12/5 \text{ dS/m}$) بود.

واژه‌های کلیدی: تری‌ایندول استیک اسید، ذرت فوق‌شیرین، شورقلیاپسندها، عناصر کم‌مصرف.

۱- مقدمه

کاهش خاک و آب با کیفیت، از مهمترین عوامل ایجاد تنش‌های غیرزیستی در رسیدن به عملکرد مطلوب در گیاهان زراعی است (Jalali et al., 2017). با توجه به تغییر جدی در منابع؛ و بروز تنش‌های مختلف غیر زیستی، تغییر در استراتژی‌های مناسب برای جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد (Salar Ashaeri et, Sasani et al., 2014). استفاده از ریزجاندان مفید بومی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده‌های خاک، تجزیه سریع بازمانده‌های گیاهی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک، اصلاح خاک‌های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و مبارزه با تنش‌های زیستی و غیر زیستی (Saleh Rastin, 1998)، یکی از این استراتژی‌های سازگار با محیط زیست بوده که در دهه‌های اخیر نیز مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. افراطی‌پسندا (اکستروفیل‌ها) با داشتن ویژگی‌های بیولوژیک مفید، از جمله خصوصیات ترفیع‌دهندگی رشد گیاه (PGPH یا PGPA)، در عین حال بقا در شرایط نامناسب همانند شوری و قلیائیت شدید خاک، گزینه مناسبی در تعدیل تنش‌های غیرزیستی و افزایش عملکرد محصول هستند (Eskandari Torbaghan, 2017).

جداسازی باکتری بهبوددهنده رشد از خاک و مطالعه اثر آن بر رشد ذرت تحت تنش شوری نشان داد که استفاده از این باکتری‌ها سبب افزایش رشد گیاه ذرت، مقدار کلروفیل، افزایش مقدار قند محلول، پروتئین‌ها و سایر خصوصیات رشدی ذرت در شرایط شوری خاک گردید و قابل استفاده به عنوان کودبیولوژیک بود (Khorshidi et al., 2024). همدیا و الکومی (Hamdia and El-Komy, 1997) نشان داده‌اند که تلقیح ذرت با *آزوسپریلیوم*^۲ در شوری‌های زیاد حاصل از نمک کلرید سدیم افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل، پتاسیم و کلسیم، قندهای محلول و پروتئین نسبت به شاهد (تلقیح نشده) داشت. در یک مطالعه با بررسی فرآیندهای تحمل به نمک کلرید سدیم و

اثرات متقابل تلقیح با *آزوسپریلیوم برازیلنس*^۳ در ارقام ذرت رشد کرده در شرایط تنش شوری نشان داده‌اند که تحمل به نمک کلرید سدیم در ارقام تلقیح شده افزایش یافته است، و موجب افزایش عملکرد ماده خشک، سطح برگ، قندهای کل و محلول، پروتئین محلول در بخش هوایی و پروتئین کل ریشه در تیمارهای تحت تنش شوری شده است (Hamdi et al., 2004). این محققین همچنین نتیجه‌گیری کردند که تجمع پروتئین در گیاهان تلقیح شده به طور معنی‌داری کاهش یافته است؛ با این حال جذب سدیم را کاهش، اما جذب پتاسیم و کلسیم را افزایش داده است. پژوهشگران گزارش کردند که تلقیح ذرت با *آزوسپریلیوم برازیلنس* در شرایط شوری منتج به تکثیر ریشه‌های موئین و در نتیجه افزایش سطح ریشه شد (Molla et al., 2001). نتایج حاصل از آزمایشی بر روی گیاه ذرت نشان داد که تلقیح با برخی از سویه‌های باکتری *سودوموناس منجر* به افزایش معنی‌دار ارتفاع، وزن ریشه و زیست توده کل ذرت در مقایسه با شاهد در شرایط شوری خاک شد. به نظر می‌رسد این سویه‌ها از طریق کاهش میزان بازدارندگی اتیلن در ریشه‌ها موجب افزایش رشد ریشه گیاه شده و در نتیجه با بهبود آن، عملکرد و رشد ساقه را نیز افزایش دادند (Shaharoon et al., 2006). اخیراً مشخص شده است که رابطه مثبت و معنی‌داری بین فعالیت ACC دی‌آمیناز و طول شدن ریشه در ذرت به واسطه تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری وجود دارد. مطالعات دیگر نشان داده است که عملکرد دانه و رشد ریشه گیاهان تلقیح یافته با ریزوباکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش فعالیت ACC دی‌آمیناز بهبود می‌یابد (Glick et al., 1998, Belimov et al., 2002). محققان (Rohitashv-Singh et al., 1993) افزایش وزن خشک ذرت در اثر تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* را در شرایط شوری گزارش دادند. محققان افزایش وزن ریشه ذرت در اثر تلقیح با *آزوسپریلیوم برازیلنس* را نیز در شرایط شوری خاک گزارش کردند (Renato de Freitas, 2000). تیلاک و همکاران

3- *Azospirillum brasilense*

1- Extremophiles

2- *Azospirillum*

عناصر غذایی از خاک‌های کود داده شده (کود شیمیایی) کمک کنند. این فرضیه در گزارشی از مطالعه و بررسی بر روی یک مزرعه ذرت سه ساله مورد تایید قرار گرفت (Adesemoye et al., 2008) که طی آن کاربرد PGPR با و بدون میکوریزا، کود آلی و معدنی و نیز با و بدون شخم ارزیابی گردید. افزایش قابل توجهی در عملکرد دانه حاصل از تیمار میکروبی با افزایش در مقدار نیتروژن در وزن دانه و حذف برداشت مقادیر قابل توجهی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک همراه بود. بنابراین در صورت مدیریت یکپارچه عناصر غذایی مورد آزمایش، PGPR به صورت چشمگیری به کاهش برداشت عناصر غذایی در خاک کمک کرد. این مطالعه به منظور بررسی اثر جدایه‌های باکتریایی افراطی - پسند بومی خراسان رضوی (که دارای بیش‌ترین توانایی در تولید تری‌ایندول استیک اسید، حلالیت کمی فسفات‌های معدنی و تولید اگزوپلی ساکارید خارجی بودند) بر عملکرد کل (دانه و زیست توده)، اجزای عملکرد و غلظت عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) ذرت فوق شیرین (رقم الیکا) در سال ۱۴۰۳ در شرایط سه نوع خاک شور، قلیا و شورقلیا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو بخش (۱) آزمایشگاهی، با اندازه‌گیری خصوصیات محرک رشد گیاه شامل تولید تری‌ایندول استیک اسید^۵ (IAA)، حلالیت کمی فسفات‌های معدنی^۶ (PSB) و تولید اگزوپلی ساکاریدها^۷ (EPS) (۲ و ۳) مزرعه‌ای، در سه آزمایش فاکتوریل مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در کرت‌هایی به ابعاد سه متر مربع اجرا گردید. هر آزمایش شامل دو عامل (۱) نوع باکتری، در سه گروه باکتری شورپسند، قلیا پسند و شورقلیا پسند (۲) سه جدایه بومی از هر کدام از گروه‌های مورد بررسی (شورپسند (H22, H9, H5)، قلیا پسند (A16, A14, A11) و شورقلیا پسند (HA7, HA8, HA9)) به همراه دو شاهد (۱- محیط کشت عاری از باکتری (سه نوع محیط کشت

(Tilak et al., 1982) اثر تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را بر مقدار ماده خشک بخش هوایی ذرت و سورگوم قابل توجه ذکر کردند. (Besharati and Saleh Rastin 1999) در آزمایشی گلخانه‌ای گزارش نمودند که اثر چند سویه از باکتری‌های تیوباسیلوس بومی خاک‌های ایران موجب افزایش جذب فسفر و شاخص‌های مختلف رشد ذرت شد. نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour et al., 2000) در آزمایشی گلخانه‌ای تأثیر تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات از منبع خاک فسفات بر رشد ذرت را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین تیمارهای تلقیحی و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در بررسی دیگری نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour et al., 2006) در آزمایشی مزرعه‌ای تأثیر تلقیح باکتری تیوباسیلوس، گوگرد و فسفات خاک بر رشد سویا در سال اول و اثرات باقی‌مانده آن بر رشد ذرت را بررسی کردند، نتایج اثر تلقیح در این پژوهش چندان قابل توجه نبود. (Iranipour et al., 2008) در یک پژوهش مزرعه‌ای اثرات اصلی فسفات، گوگرد خاک و باکتری تیوباسیلوس بر شاخص‌های عملکرد محصول ذرت و اثرات باقی‌مانده آن بر عملکرد جو را بررسی و نتیجه گرفتند که تلقیح، تأثیری بر غلظت فسفر برگ، فسفر قابل جذب و عملکرد فسفر کل نداشته است اما عملکرد خشک برای هر دو محصول معنی‌دار بود. فلاح و همکاران (Fallah Nosrat Abadi et al., 1999) در یک آزمون آزمایشگاهی و گلخانه‌ای گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات موجب افزایش معنی‌دار جذب مقدار کل پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی ذرت شدند. حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2009)، اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR^۴) بر شاخص‌های رشد ذرت در مزرعه را معنی‌دار و قابل توجه ذکر نمودند.

یکی دیگر از فرضیه‌های کنونی به اثبات رسیده این است که PGPR ها، به‌عنوان یکی از اجزای مورد استفاده در سیستم‌های مدیریت یکپارچه عناصر غذایی می‌توانند به کاهش برداشت

6- Soluble mineral phosphates (PSB)

7- Exopolysaccharides (EPS)

4- Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

5- Tri-indoleacetic acid (IAA)

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی خاک‌های شور و قلیای نمونه‌برداری شده از استان خراسان رضوی

Table 1. Geographical characteristics of saline and alkaline soils sampled from Khorasan Razavi Province

تعداد نمونه Number of samples	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level (m)	مختصات نمونه‌برداری				محل نمونه برداری Sampling Location	منطقه Zone
		جهت Direction	درجه Degree	دقیقه Minute	ثانیه Second		
1	1046	N■	36	15	10	37	روستای سلیمانیه- جاده سبزوار قوچان
		E△	57	46	10	34	Soleimanieh Village - Sabzevar Quchan Road
1	1045	N	36	02	38	74	روستای کلاوش-بخش ششتمد سبزوار
		E	57	46	33	24	Kalash Village-Shishtamed sector of Sabzevar
1	1185	N	35	59	28	85	روستای کیزور-بخش ششتمد
		E	57	45	03	49	Kizur Village - Shashtamed sector
1	1783	N	35	38	01	89	روستای چهلپو-بخش کوه سرخ-کاشمر
		E	58	31	12	73	Chehelpo Village - Koh Sorkh sector - Kashmar

■ N جهت شمال، △ E جهت شرق

باکتری‌ها)، سوسپانسیون ۱:۱ از خاک و آب (یک گرم خاک به یک میلی‌لیتر آب مقطر استریل) تهیه شد (Horikoshi, 2006).
۱۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون فوق بر روی محیط کشت اختصاصی جامد پخش گردید. محیط کشت‌ها در دمای مناسب (۳۵ C° تا ۳۷) به مدت ۳ تا ۷ روز، بسته به نوع ریزجانداران (شورپسند، قلیا پسند، شورقلیا پسند) گرماگذاری شدند. به ترتیب ۲۶ جدایه شورپسند توسط محیط کشت (Ventosa et al., 1998)، ۱۸ جدایه قلیا پسند توسط محیط کشت هوری کوشی (I) (Horikoshi, 2006) و ۱۱ جدایه شورقلیا پسند توسط محیط کشت اختصاصی (Jones et al., 1992) جداسازی شدند. پس از جداسازی، برای اطمینان از خلوص بودن آنها چندین مرتبه بازکشت شدند.

جدایه‌های خالص‌سازی شده (جدول ۳) جهت نگهداری طولانی مدت به روش نیتروژن مایع (Horikoshi, 1999) ذخیره-سازی شدند. پس از جداسازی، جهت انتخاب برترین جدایه‌ها، برخی ویژگی‌های محرک رشد آنها شامل تولید ایندول تری استیک اسید در جدایه‌ها و تکرارهای آنها از روش سالکوسکی (Glickmann and Dessaux, 1995)، تولید اگزوپلی ساکارید خارجی به روش فنل-اسید سولفوریک (Ventosa et al., 2004)،

مورد استفاده برای هریک از گروه‌ها که برای هر گروه جداگانه استریل شدند و مورد استفاده قرار گرفتند؛ و ۲- آب به تنهایی) در نه تکرار در شرایط شوری و قلیائیت خاک در مزرعه بود. کشت در زمین اصلی به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد و تعداد ۳ کرت با ابعاد ۳ مترمربع (تعداد ۵ جوی با طول ۳ متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر) آماده شد.

اندازه‌گیری خصوصیات محرک رشد گیاه در آزمایشگاه

به منظور جداسازی جدایه‌های شور، قلیا و شورقلیا پسند بومی، نمونه‌برداری خاک به صورت ساده از خاک چهار منطقه در استان خراسان رضوی (جدول ۱) از عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر با شرایط (قابلیت هدایت الکتریکی بیش‌تر از ۴ dS/m و SAR محدوده ۸ تا ۱۲)، انجام شد. سپس، ضمن ثبت مشخصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری با GPS، نمونه‌ها در ظروف استریل قرار گرفته و در مدت زمان کمتر از ۴۸ ساعت و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل و نگهداری شدند. جداسازی و خالص‌سازی تعداد ۵۵ جدایه از هر یک از گروه‌های شور، قلیا و شورقلیا پسند از نمونه‌های خاک توسط محیط کشت اختصاصی (جدول ۲) آنها انجام شد. جهت جداسازی (به دلیل غایی بودن محیط کشت این

جدول ۲. محیط کشت‌های اختصاصی جدایه‌های باکتریایی شور (Ventosa et al., 1998)، قلیا (Horikoshi, 2006) و شورقلیایپسند (Jones et al., 1992).

Table 2. Specific culture media for halophil (Ventosa et al., 1998), alkaliphile (Horikoshi, 2006) and haloalkaliphile bacterial isolates (Jones et al., 1992)

مقدار (گرم بر لیتر) Amount (g L ⁻¹)			ترکیبات Compounds
شورقلیایپسند Haloalkaliphile	قلیایپسند Alkaliphile	شورپسند [■] Halophile [■]	
–	10	1	گلوکز Glucose
–	5	–	پلی پپتون Poly Peptone
10	5	10	عصاره مخمر Yeast extract
–	1	–	دی پتاسیم هیدروژن فسفات Di potassium hydrogen phosphate
1	0.2	9.6	سولفات منیزیم آبدار Magnesium sulphate seven H ₂ O
18.5 [▲]	10*	–	کربنات سدیم Sodium carbonate
200	–	81	کلرید سدیم Sodium Chloride
–	–	7	کلرید منیزیم آبدار Magnesium chloride two H ₂ O
–	–	0.36	کلرید کلسیم Calcium chloride
2	–	2	کلرید پتاسیم Potassium chloride
–	–	0.06	بی کربنات سدیم Sodium hydrogen bicarbonate
–	–	0.026	برمید سدیم Sodium bromide
–	–	5	پروتئاز پپتون Protease Peptone
7.5	–	–	کازمینو اسید Casino acid
3	–	–	تری سدیم سترات Tri sodium citrate
0.00036	–	–	کلرید منگنز آبدار Manganese (II) chloride
0.05	–	–	سولفات آهن آبدار Ferrous sulfate
20	20	15	آگار Agar
39.90	12.21	30.85	هدایت الکتریکی (dS/m) محیط کشت Electrical conductivity of the culture medium, dS m ⁻¹
9.18	8.89	7.2	pH محیط کشت pH of culture medium

[■] pH محیط کشت قبل از استریل‌سازی با KOH یک نرمال بر روی ۷/۲ تنظیم گردید.

The pH of the culture medium was adjusted to 7.2 with 1 normal KOH before sterilization.

[▲] جداگانه از سایر مواد استریل گردیده و قبل از کشت جدایه‌ها به محیط کشت اضافه گردید.

It was sterilized separately from other materials and added to the culture medium before culturing the isolates.

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت تری‌ایندول استیک اسید، (IAA) حلالیت فسفات‌های نامحلول (PSB) و آگروپلی ساکارید (EPS) تولیدی در

جدایه‌های باکتریایی شورپسند، قلیا پسند و شورو قلیا پسند

Table 3. Comparison of the average concentration of IAA, PSB, and EPS produced in halophilic, alkaliphilic, and haloalkaliphilic bacterial isolates

شور قلیا پسندها			شماره جدایه	قلیا پسندها			شماره جدایه	شور پسندها			شماره جدایه
EPS (ppm)	PSB (ppm)	IAA (ppm)		EPS (ppm)	PSB (ppm)	IAA (ppm)		EPS (ppm)	PSB (ppm)	IAA (ppm)	
۹۰/۲۵ab	۰/۰۰۰۰h	۴۱۳/۹a	HA ₁	ab ۱۰۱/۸	۱۴۰/۳f	۱۵۸/۶k	A ₁	۳/۶۴۰n	۹۸/۷۹b	۰/۰۰۰۰j	H ₁
۷۸/۴۶bc	۱۳/۸۹gh	۳۸۱/۴b	HA ₂	۱۳۵/۴ab	۲۵۵/۶b	۱۳۸/۲l	A ₂	۲۰/۴۵h	۱۰۴/۸a	۰/۰۰۰۰j	H ₂
۶۷/۹۷cd	۰/۰۰۰۰h	۳۸۴/۸b	HA ₃	۹۳/۷۳ab	۳۴/۷۳k	۲۳۵/۵i	A ₃	۵۰/۳۲a	۴۲/۱۲gh	۰/۰۰۰۰j	H ₃
۷۱/۷۱cd	۱۴۴/۴b	۲۴۸/۱e	HA ₄	۵۰/۷۰ab	۱۹/۴۵l	۱۲۸/۱l	A ₄	۲۰/۹۳g	۴۰/۹۱gh	۰/۰۰۰۰j	H ₄
۶۴/۵۴cd	۱۰۵/۶d	۲۸۸/۹c	HA ₅	۱۱۴/۷ab	۲۲۶/۴c	۱۱۱/۲m	A ₅	۷/۸۶۷l	۲۶/۰۶j	۱۲۵/۰c	H ₅
۶۰/۰۳d	۶۳/۸۹e	۲۳۱/۴f	HA ₆	۱۲۸/۸ab	۲۷۲/۲a	۹۶/۹۶m	A ₆	۳۱/۹۹e	۲۱/۲۱klmn	۰/۰۰۰۰j	H ₆
۱۰۲/۸a	۱۸۰/۶a	۲۲۰/۶fg	HA ₇	۴۸۸/۶ab	۲۵۱/۴b	۱۲۰/۲d	A ₇	۲۴/۷۹c	۳/۰۳۰p	۰/۰۰۰۰j	H ₇
۹۴/۰۲ab	۱۲۲/۲c	۲۸۰/۶cd	HA ₈	۰/۰۰۰۰b	۰/۰۰۰۰m	۱۰۵/۱m	A ₈	۵/۱۸۳m	۴۵/۱۵fg	۰/۰۰۰۰j	H ₈
۱۰۲/۶a	۱۲۲/۲c	۲۶۹/۸d	HA ₉	۱۸۹/۷ab	۱۹۸/۶d	۳۶۹/۲f	A ₉	۳۴/۱۵d	۸۳/۰۳c	۷/۱۹۰i	H ₉
۲۳/۰۰e	۲۲/۲۲g	۱۹۷/۳h	HA ₁₀	۱۴۳/۳ab	۲۳۰/۶e	۱۸۷/۲j	A ₁₀	۲۲/۹۵f	۷۷/۸۸d	۱۳۳/۵b	H ₁₀
۹۲/۸۸ab	۳۸/۸۹f	۲۱۳/۱gh	HA ₁₁	۵۷۲/۸ab	۱۴۱/۷ef	۱۵۵/۴b	A ₁₁	۰/۰۰۰۰r	۵۶/۶۷e	۱۴/۹۷h	H ₁₁
-	-	-	-	۴۶۹/۵ab	۵۱/۳۹j	۱۳۵۵c	A ₁₂	۰/۵۸۶۱qr	۲۵/۷۶jk	۳۹۵/۰a	H ₁₂
-	-	-	-	۱۱۲/۰ab	۲۴/۴۵jk	۲۸۲/۰h	A ₁₃	۰/۰۰۰۰r	۲۰/۹۱lmn	۰/۰۰۰۰j	H ₁₃
-	-	-	-	۳۱۱/۷ab	۱۰۹/۷g	۸۰۱/۷e	A ₁₄	۰/۰۰۰۰r	۰/۰۰۰۰p	۰/۰۰۰۰j	H ₁₄
-	-	-	-	۱۲۷/۲ab	۷۳/۶۱i	۲۹۰/۲h	A ₁₅	۴/۳۱۹n	۱۸/۷۹mno	۴۴/۲۵f	H ₁₅
-	-	-	-	۶۶۰/۸a	۱۵۵/۶e	۱۸۱۵a	A ₁₆	۱۱/۶۰j	۲۱/۲۱klmn	۰/۰۰۰۰j	H ₁₆
-	-	-	-	۰/۰۰۰۰b	۰/۰۰۰۰m	۰/۰۰۰۰n	A ₁₇	۲/۶۸۴o	۸۷/۵۸c	۲۵/۰۳g	H ₁₇
-	-	-	-	۱۴۹/۹ab	۹۰/۲۸h	۳۳۸/۱g	A ₁₈	۱/۵۸۶p	۴۵/۱۵fg	۱۳/۸۶h	H ₁₈
-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۹۲۵۵pq	۱۷/۸۸no	۶۸/۱۰e	H ₁₉
-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۰۰۰r	۳۵/۱۵i	۰/۰۰۰۰j	H ₂₀
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۷/۸۶i	۴۹/۰۹f	۰/۰۰۰۰j	H ₂₁
-	-	-	-	-	-	-	-	۴۵/۸۱b	۲۴/۵۵jkl	۹۱/۵۰d	H ₂₂
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰/۴۶k	۲۲/۷۳jklm	۰/۰۰۰۰j	H ₂₃
-	-	-	-	-	-	-	-	۳۴/۸۰d	۱۴/۵۵o	۰/۰۰۰۰j	H ₂₄
-	-	-	-	-	-	-	-	۲۰/۵۲h	۳۸/۱۸hi	۰/۰۰۰۰j	H ₂₅
-	-	-	-	-	-	-	-	۲۲/۱۵g	۲۳/۶۴jkl	۱۵/۲۳h	H ₂₆
۰/۰۰۰۰f	۰/۰۰۰۰h	۰/۰۰۰۰i	C	۰/۰۰۰۰b	۰/۰۰۰۰m	۰/۰۰۰۰n	C	۰/۰۰۰۰r	۰/۰۰۰۰p	۰/۰۰۰۰j	C
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	Pv	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	Pv	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	Pv

سنجش کمی توان حل فسفات‌های معدنی نامحلول، مشخصاً تری‌کلسیم فسفات^۸ در شرایط آزمایشگاهی و به روش (1958) Sperber اندازه‌گیری و تعیین گردید. نتایج داده‌های آزمایشگاهی مربوط به مقادیر IAA، PSB و EPS تولیدی جدایه‌ها، به صورت جداگانه برای هر گروه (به علت نابرابر بودن تعداد جدایه‌های جدا شده در هر گروه) و براساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه آماری؛ و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه شدند.

آزمون مزرعه‌ای جدایه‌های منتخب در مجاورت گیاه

در مرحله بعد، دو جدایه از بهترین جدایه‌های انتخاب شده از هر گروه (شور، قلیا و شورقلیایپسند) که بیش‌ترین قابلیت تولید محرک‌های رشدی گیاه (IAA، PSB و EPS) را داشتند، انتخاب شده و به همراه دو شاهد (۱) استریل (محیط کشت عاری از باکتری) و (۲) آب؛ بر روی ذرت فوق شیرین (رقم الیکا) در شرایط مزرعه آزمایش شدند. این مطالعه در سه آزمایش فاکتوریل جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) اجرا گردید. هر آزمایش شامل دو عامل (۱) سه گروه باکتری (شورپسند، قلیایپسند و شورقلیایپسند) و (۲) سه جدایه بومی از هر گروه به همراه دو شاهد مختلف در نه تکرار در شرایط سه نوع خاک شور، قلیا و شورقلیا انجام شد.

در ابتدا، به منظور تهیه بستر کشت گیاه با توجه به ویژگی‌های جدایه‌های باکتریایی، دو ویژگی عمده شامل قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) خاک مورد توجه قرار گرفت. پس از بازدیدهای میدانی در سطح استان، به دلیل فراهم نبودن خاک‌هایی با خصوصیات مدنظر به جهت میزان کل املاح (EC) و قلیائیت ناشی از سدیم (SAR)، سه نوع خاک با مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی و SAR مختلف (جدول ۵) از طریق ترکیب سه خاک اولیه (جدول ۴) با خصوصیات مختلف و نسبت‌های متفاوت؛ و انجام آزمون و خطا تا رسیدن به مقادیر EC

و SAR مورد نظر برای هر گروه از باکتری‌ها تهیه گردید. مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی در خاک نهایی برای گروه شورپسندها، قلیایپسندها و شورقلیایپسندها به ترتیب ۱۲/۵، ۲/۵۶ و ۳۴/۱ dS/m و مقدار SAR نیز به ترتیب ۶/۵۶، ۱۴/۹۹ و ۱۹/۷۲ بود (جدول ۵). بر اساس آزمایشات انجام شده، سه خاک موردنظر برای ساخت خاک‌های ترکیبی شامل (۱) ماسه رودخانه‌ای، (۲) خاک روستای رحمانیه و (۳) خاک زراعی معمولی از منطقه کسرینه (محل اجرای آزمایش) بود. خصوصیات سه خاک مورد استفاده به تفکیک در جدول (۴) ذکر گردیده است. پس از انتخاب این سه خاک و اندازه‌گیری خصوصیات آنها، سه نوع خاک ترکیبی شور با شوری‌های مختلف (۲/۵۶، ۱۲/۵ و ۳۴/۱ دسی‌زمینس برمتر) جهت کشت ذرت و تلقیح جدایه‌های باکتری در سه گروه مختلف شور، قلیا و شورقلیایپسند به صورت زیر آماده‌سازی گردید. در ابتدا ماسه رودخانه‌ای با خاک زراعی محل اجرا (کسرینه) به نسبت ۱:۱ مخلوط گردید و سپس از این خاک مخلوط، خاک‌های شور ترکیبی با نسبت‌های زیر تهیه شدند. (۱) ۱۵ واحد خاک مخلوط با ۱ واحد خاک روستای رحمانیه برای تولید خاک شور با هدایت الکتریکی ۲/۵۶ دسی‌زمینس برمتر، (۲) ۲ واحد خاک مخلوط با ۲/۵ واحد خاک روستای رحمانیه برای تولید خاک شور با هدایت الکتریکی ۱۲/۵ دسی‌زمینس برمتر، (۳) ۱ واحد خاک مخلوط با ۴ واحد خاک روستای رحمانیه برای تولید خاک شور با هدایت الکتریکی ۳۴/۱ دسی‌زمینس برمتر. برخی خصوصیات نهایی خاک‌های ترکیبی که به عنوان بستر کشت در هریک از گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفت در جدول (۵) ارائه شده است. تعداد ۳ کرت با ابعاد ۳ متر مربع (تعداد ۵ جوی با طول ۳ متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر) جهت هر یک از گروه‌های باکتری آماده شد. پس از مشخص کردن ابعاد کرت‌ها، در محل استقرار هر گیاهچه، خاک محل با ابعاد ۳۰ × ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر با خاک ترکیبی مورد نظر پر گردید. در حقیقت، خاک کرت‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک ترکیبی دست ساز (جدول ۵) تعویض گردید.

جدول ۴. موقعیت مکانی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سه خاک مورد استفاده جهت بستر کشت

Table 4. Location and some physical and chemical properties of three soils used for planting media

ردیف	پارامتر	واحد	ماسه رودخانه‌ای	روستای رحمانیه	خاک زراعی محل اجرا
No.	Parameters	Unit	River sand	Rahmaniyeh Village	Agricultural soil at the implementation site
1	شن	%	99.4	70.7	70.4
2	سیلت	%	0.6	16.9	24.6
3	رس	%	0	12.4	5
4	بافت خاک	-	Sand	Sandy Loam	Sandy loam
5	میزان اسیدیته pH	-	8.55	7.9	8.1
6	هدایت الکتریکی	dS/m	0.540	60.32	1.18
7	نیتروژن کل	%	0.019	0.023	0.03
8	فسفر قابل دسترس	mg/L	0.164	2.65	7.86
9	پتاسیم قابل دسترس	mg/L	2.7	11.25	15.53
10	کربن آلی	%	0.2225	0.2709	0.3483
11	مواد آلی	%	0.383	0.471	0.606
12	سدیم	meq/l	0	526.99	0
13	نسبت سدیم تبادلی SAR	-	0	85.47	0

جدول ۵. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سه خاک ترکیبی ساخته شده جهت بستر کشت

Table 5. Some physical and chemical properties of three composite soils made for planting beds

ردیف	پارامتر	واحد	شوری ۲/۵۶	شوری ۱۲/۵	شوری ۳۴/۱
No	Parameters	Unit	2.56 salinity	12.5 salinity	34.1 salinity
1	شن	%	72.8	64.8	62
2	سیلت	%	18	22	21
3	رس	%	9.2	13.2	17
4	بافت خاک	-	Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Loam
5	میزان اسیدیته pH	-	8.35	7.17	8.72
6	هدایت الکتریکی	dS/m	2.56	12.5	34.1
7	نیتروژن کل	%	0.0247	0.0159	0.0324
8	فسفر قابل دسترس	mg/L	0	6.72	0
9	پتاسیم قابل دسترس	mg/L	6.97	6.97	5.47
10	کربن آلی	%	0.287	0.185	0.375
11	مواد آلی	%	0.494	0.318	0.648
12	سدیم	meq/l	124.0	71	200
13	نسبت سدیم تبادلی SAR	-	14.99	6.56	19.72

تا آماده شدن زمین و درجه حرارت مناسب کشت، بذر ذرت رقم فوق شیرین الیکا در سینی‌های کشت و در بستر بدون شوری تحت شرایط آزاد و هوای بیرون کشت شدند و سپس در مرحله ۳ تا ۴ برگی به زمین اصلی منتقل شدند. کشت در زمین اصلی به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد و تلقیح جدایه‌ها توسط محیط کشت تازه باکتریایی مایع هر جدایه در هر گروه باکتری به ریشه های نشاءهای ذرت در هنگام انتقال از بستر اولیه به خاک‌های ترکیبی با مقدار ۵۰ میلی‌لیتر صورت گرفت (Astaraci and Farid Hosseini, 2012). به علاوه تلقیح برای هر بوته با افزودن مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر از محیط کشت تازه باکتریایی مایع با جمعیتی در حدود 10^7 تا 10^8 سلول در هر میلی‌لیتر در هشتک ایجاد شده در پای هر بوته‌ی ذرت انجام و سپس با مقدار ۴۵ لیتر آب در هر متر مربع (تقریباً معادل با پنج لیتر آب به ازای هر بوته) با دور آبیاری ۴ روز، آبیاری گردید (Rashidi et al., 2013). همچنین بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در مرحله آزمایشگاهی مبنی بر تعیین ویژگی‌های محرک رشد گیاه برای بررسی اثرات جدایه‌ها در مجاورت نشاءها و جلوگیری از تداخل اثرات آنها، هیچ نوع کودی اعم از شیمیایی یا حیوانی در طول دوره رشد مصرف نگردید.

پس از گذشت چهار ماه از تلقیح باکتری‌ها، تمامی بوته‌ها از سطح خاک برداشت، و ضمن اندازه‌گیری برخی خصوصیات رشدی آنها از جمله ارتفاع بوته، قطر، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، وزن تر و خشک اندام هوایی نیز تعیین گردیدند. وزن تر اندام هوایی شامل برگ‌ها و ساقه‌ها بود؛ و وزن بلال به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. وزن خشک و درصد رطوبت از قرارگیری در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت نیز تعیین و محاسبه گردید (Emami, 1996). سپس کلیه بخش‌ها توسط آسیاب صنعتی خرد شدند و نمونه‌های مخلوط خرد شده برای اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی کم‌مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ارسال گردیدند. آنالیز نتایج داده‌های مربوط در قالب بلوک‌های کامل

تصادفی در نه تکرار با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه سه گروه باکتری نشان داد بیش‌ترین اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، طول و قطر ساقه و وزن تک بوته در شورقلیپسندها و کم‌ترین آن در قلیاپسندها مشاهده شد (جدول ۶). لیکن، بیش‌ترین وزن خوشه (جدول ۶) و عملکرد ($2/443 \text{ kg/m}^2$) در شورپسندها و کم‌ترین آن در قلیاپسندها ($1/858 \text{ kg/m}^2$) بدست آمد (جدول ۶). عملکرد بالاتر ذرت در جدایه‌های شورپسند احتمالاً به دلیل شوری خاک پایین‌تر ($12/5 \text{ dS/m}$) آن در مقایسه با جدایه‌های شورقلیپسند ($34/1 \text{ dS/m}$) بود. مطالعات اسکندری‌تربقان و همکاران (Eskandari Torbaghan et al., 2024) نشان داد باکتری‌های شورپسند نسبت به باکتری‌های قلیاپسند و شورقلیپسند راندامان بالاتری به‌ترتیب برابر با $32/2$ ، $33/3$ و $34/5$ ٪ در جذب عناصر پر مصرف؛ و نیز عدم جذب یون‌های سمی کلر و سدیم (به‌ترتیب با $65/3$ و $62/4$ ٪) برای پایه GN15 بادم نشان دادند. روند غلظت عناصر کم‌مصرف آهن و منگنز تحت تاثیر نوع باکتری مشابه بود، چنانکه بیش‌ترین غلظت آهن و منگنز به‌ترتیب با $145/4$ و $34/60$ mg/kg در قلیاپسندها و حداقل غلظت در باکتری‌های شورپسندها به‌ترتیب با $88/40$ و $29/20$ mg/kg برای آهن و منگنز بدست آمد (جدول ۶). بررسی غلظت دو عنصر روی و مس روندی معکوس هم تحت تاثیر نوع باکتری نشان داد (جدول ۶). روی، مانند بسیاری از عناصر کم مصرف، هنگامی که میانگین pH کم باشد، افزایش می‌یابد، بنابراین افزایش روی با کاهش pH رخ می‌دهد، که با توجه به افزایش pH محیط رشد باکتری‌ها (به‌ترتیب برای شور > قلیا > شورقلیپسند)، غلظت روی در شورپسندها بیش‌ترین بود (جدول ۶). از نظر الکتروشیمی دو عنصر روی و مس معکوس هم هستند (Bahar Kazemi, 2024). در اغلب گیاهان زراعی سطح بالای مس با جذب روی

جدول ۶. تاثیر نوع باکتری بر برخی اجزای عملکرد، عملکرد و عناصر غذایی کم مصرف ذرت

Table 6. Effect of bacteria type on some yield components, yield and micronutrients of corn

تیمار	میانگین تعداد شاخه های جانبی در بوته	میانگین تعداد برگ در بوته	میانگین قطر بوته	میانگین ارتفاع گیاه	میانگین وزن تک بوته	میانگین وزن خوشه در بوته	وزن تک خوشه	عملکرد در متر مربع	آهن	منگنز	روی	مس
Treat.	Avg. No. of secondary branches per plant	Avg. No. of leaves per plant	Avg. stem diameter	Avg. plant height	Average weight of a plant	Average number of clusters per plant	Weight of a cluster	Corn yield per plot	Iron	Manganese	Zinc	Copper
واحد	-	-	cm	cm	g	-	g	kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
unit												
شورپسند Halophile	2.964 ^b	12.72 ^b	13.79 ^b	102.1 ^a	428.0 ^b	4.601 ^a	85.15 ^b	2.443 ^a	88.40 ^c	29.20 ^b	59.60 ^a	6.400 ^c
قلیای پسند Alkaliphile	3.224 ^a	11.72 ^c	11.01 ^c	96.33 ^c	405.3 ^b	4.066 ^b	91.62 ^a	1.858 ^c	145.4 ^a	34.60 ^a	56.40 ^b	9.200 ^b
شورقلیای پسند Haloalkaliphile	3.192 ^a	18.55 ^a	14.28 ^a	104.3 ^a	464.0 ^a	3.996 ^b	67.49 ^c	2.054 ^b	109.2 ^b	33.80 ^a	50.20 ^c	10.40 ^a

انتشار اصلاح نشده

در گیاه و گاهی اوقات مولیدن و یا آهن رقابت می‌کند. با افزایش غلظت مس، رشد قسمت‌های جدید در ابتدا سبزتر از حد طبیعی می‌باشد، لیکن پس از مدتی علائم کمبود روی یا احتمالاً سایر نقایص عناصر کم‌مصرف همانند آهن را نشان می‌دهد (Bani Hashemi, 2015). تاثیر باکتری‌های ریزوسفری شور، قلیا و شورقلیایسند بر غلظت عناصر غذایی برگ در بادام پایه GN15 نیز نشان داد (Eskandari Torbaghan et al., 2024) که روند افزایش غلظت روی برگ به ترتیب در قلیایسند، شورقلیایسند و شورپسندها تحت تاثیر باکتری‌ها مشابه با مقادیر کمی تولید محرک‌های رشد (IAA, PSB, EPS) در شرایط آزمایشگاه در هر دسته از باکتری‌ها بود؛ و با افزایش غلظت تولیدی این محرک‌ها، غلظت روی برگ نیز افزایش یافت. درحالی‌که افزایش غلظت عناصر پرمصرف منیزیم، فسفر و پتاسیم برگ تحت تاثیر تغییر pH محیط باکتری‌ها و نه تولید محرک‌های رشد توسط آنها؛ و به‌ترتیب در شورپسندها، قلیایسندها و شورقلیایسندها مشاهده شد. نتایج (Eskandari Torbaghan et al., 2024) نشان داد، بسته به مقدار و الکتروشیمی آن عنصر، غلظت برخی عناصر تحت تاثیر غیرمستقیم باکتری و از طریق تاثیر آن به‌عنوان مثال در برخی جدایه‌های قلیایسند بر فاکتورهای محیطی اطراف خود همانند pH محیط و در برخی عناصر به‌طور مستقیم تحت تاثیر محرک‌های رشدی تولید شده توسط باکتری‌ها بود. بطورکلی غلظت نیتروژن، فسفر، منیزیم و روی برگ به‌ترتیب ۲، ۸، ۱/۴ و ۱/۸ برابر حدود بهینه همین عناصر در برگ بادام بود؛ که احتمالاً نشان‌دهنده توان بالای باکتری‌های شدیددوست بومی در فراهمی این عناصر در شرایط تنش شوری و سدیم بالای خاک بود (Eskandari Torbaghan et al., 2024).

ارزیابی جدایه‌های شورپسند به کارگرفته شده نشان داد جدایه H22 بیش‌ترین کارایی، در افزایش خصوصیات رشدی و غلظت عناصر کم‌مصرف را داشت (جدول ۷) لیکن بالاترین عملکرد ذرت در شورپسندها با $3/879 \text{ kg/m}^2$ در جدایه H5 و سپس در جدایه H22 با $2/715 \text{ kg/m}^2$ تعیین گردید (جدول ۷). به‌کارگیری جدایه‌های شورپسند H22، H9، H5 و شاهد عاری

از باکتری (HC) موجب افزایش بترتیب ۴۲/۸، ۲۴/۸، ۵۹/۹ و ۲۲/۴ درصد عملکرد ذرت نسبت به مصرف شاهد آب به تنهایی؛ و مصرف سه جدایه شورپسند H22، H9 و H5 موجب افزایش ۲۶/۲، ۳ و ۴۸/۳ درصد عملکرد نسبت به بکارگیری محیط کشت عاری از باکتری‌ها شدند. این نتایج نشان داد که به‌ترتیب ۱۶/۶، ۲۱/۸ و ۱۱/۶ درصد افزایش عملکرد تنها ناشی از به‌کارگیری جدایه‌های شورپسند بود و ارتباطی با اثرات تغذیه‌ای (در صورت وجود) در محیط کشت‌ها نداشت، که شاید نشان‌دهنده کارایی و توان این باکتری‌ها در محیط پیرامونی و فراهمی عناصر غذایی و تولید محرک‌های رشدی برای گیاه در شرایط شوری و قلیائیت می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش عملکرد اندام هوایی گیاهان می‌شود؛ البته افزایش عملکرد زیست‌توده بسته به پتانسیل میکروبی از یک باکتری به باکتری دیگر و در شرایط مختلف، متفاوت است (Emami et al., 2020).

حداکثر غلظت عناصر منگنز، روی و مس به ترتیب با ۳۴، ۷۵ و ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدایه H22 مشاهده شد (جدول ۷). لیکن بیش‌ترین غلظت آهن بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد عاری از باکتری (شاهد استریل) و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدایه H9 تعیین شد (جدول ۷). به‌طورکلی، غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف مورد مطالعه به استثنا عنصر روی در این پژوهش نسبت به شاهد استریل و آب چندان تحت تاثیر جدایه‌های شورپسند قرار نگرفتند. مطالعات گذشته نیز اثر مشخص باکتری‌های شورپسند در افزایش غلظت روی در بادام را نشان دادند (Eskandari Torbaghan et al., 2024). شاید بتوان عنوان نمود که اثرات متقابل باکتری‌ها، خاک و گیاه به‌خصوص در جذب و فراهمی برخی عناصر غذایی کم‌مصرف (با مقادیر اندک در خاک) بسیار پیچیده بوده و علاوه بر آن باید رقابت این دسته از باکتری‌ها با سایر ریزجانداران خاک را نیز به این اثرات اضافه نمود. قابلیت جذب آهن، روی، مس و منگنز در کلزا در اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (Akhavan et al., 2010).

جدول ۷. تاثیر جدایه‌های شورپسند بر برخی اجزای عملکرد، عملکرد و عناصر غذایی کم‌مصرف ذرت

Table 7. The effect of halophile isolates on some yield components, yield and micronutrients of corn

تیمار	میانگین تعداد شاخه	میانگین تعداد برگ در بوته	میانگین قطر بوته	میانگین ارتفاع گیاه	میانگین وزن تک بوته	میانگین وزن خوشه	وزن تک خوشه	عملکرد در متر مربع	آهن	منگنز	روی	مس
Treat.	Avg. No. of secondary branches per plant	Avg. No. of leaves per plant	Avg. stem diameter	Avg. plant height	Average weight of a plant	Average number of clusters per plant	Weight of a cluster	Corn yield per plot	Iron	Manganese	Zinc	Copper
واحد	-	-	cm	cm	g	-	g	kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
unit												
H22	2.89 ^b	9.89 ^d	15.50 ^a	107.2 ^a	520 ^a	3.89 ^d	105.4 ^a	1.553 ^d	63 ^d	34 ^a	75 ^a	9 ^a
H9	3.14 ^{ab}	13.0 ^b	14.81 ^b	98.86 ^d	330 ^b	4.00 ^d	61.60 ^c	2.066 ^c	100 ^{ab}	24 ^b	61 ^b	4 ^b
H5	3.13 ^{ab}	15.25 ^a	14.30 ^c	102.8 ^c	460 ^a	5.75 ^a	95.75 ^b	3.879 ^a	80 ^c	30 ^{ab}	76 ^a	2 ^b
HC	3.22 ^a	13.33 ^b	13.33 ^d	103.3 ^b	500 ^a	4.44 ^c	90.96 ^c	2.003 ^c	102 ^a	29 ^{ab}	26 ^c	8 ^a
C	2.44 ^c	12.11 ^c	11.00 ^e	98.44 ^e	330 ^b	4.923 ^b	72.04 ^d	2.715 ^b	97 ^b	29 ^{ab}	60 ^b	9 ^a

(H=شورپسند)

موسسه اصلاح نژادهای گیاهی

مطالعه جدایه‌های قلیا پسند نشان داد که به استثنا ارتفاع و قطر ساقه، تقریباً تمامی پارامترهای اجزای عملکرد، عملکرد و غلظت عناصر غذایی آهن، منگنز، روی و مس مورد مطالعه نسبت به شاهد عاری از باکتری کاهش نشان دادند (جدول ۸). باکتری‌های قلیا پسند در محدوده pH بین ۹ تا ۱۱/۵، pH خود را حدود ۹/۵ حفظ می‌کنند. این باکتری‌ها با سیستم‌های انتقال پروتون در غشای سیتوپلاسمی (پمپ ATP و تعویض‌کننده سدیم با پروتون) به فعالیت خود ادامه می‌دهند (Horikoshi, 1999). در مطالعه‌ی خصوصیات رشدی سه نوع باکتری شور، قلیا و شورقلیا پسند در شرایط آزمایشگاهی (Eskandari Torbaghan, 2017) مشاهده گردید که مقایسه مقدار pH در جدایه‌های قلیا پسند نشان‌دهنده شرایط قلیایی حاکم بر محیط کشت و تغییر pH محیط کشت بود (مقدار pH در شاهد ۸/۷ بود). رشد هیچ‌یک از باکتری‌ها در محدوده pH اسیدی و خنثی رخ نداد و جدایه A9 با مقدار ۷/۵، کم‌ترین مقدار pH را به خود اختصاص داد (Eskandari Torbaghan, 2017). در همان مطالعه بررسی مقدار هدایت الکتریکی جدایه‌ها نیز نشان داد که رشد آنها در محیط کشت، تأثیر اندکی بر هدایت الکتریکی محیط رشد داشت، به‌طوریکه مقدار هدایت الکتریکی در نمونه شاهد برابر ۱۰/۴ dS/m بود. شاید تأثیر کم‌تر جدایه‌های قلیا پسند مورد مطالعه بر افزایش رشد گیاه ذرت، به علت عدم تناسب محیط تلقیح و رشدشان به منظور افزایش خصوصیات رشدی گیاه ذرت بود. از ویژگی‌های بارز جدایه‌های باسیلوس قلیا پسند این است که برای بسیاری از آنها یون‌های سدیم به منظور رشد و تحرک مطلقاً مورد نیاز است. جذب اسید آمینه به درون سلول‌ها به‌عنوان تابعی از کلرید سدیم توسط هوری کوشی و کیتادا (Horikoshi and Kitada, 1997) نشان داد که حضور کلرید سدیم نقش مهمی در مکانیزم انتقال فعال اسید آمینه به درون سلول‌های قلیا پسندها بازی می‌کند. در برخی از جدایه‌های باسیلوس قلیا پسند، یون‌های پتاسیم (K^+) می‌توانند جایگزینی، برای یون‌های سدیم باشند (Horikoshi, 2006). نیاز به سدیم همچنین در فرآیند تمایز، تولید

اسپور و جوانه‌زنی جدایه‌های قلیا پسند مشاهده و تأیید شده است (Horikoshi, 2006). متوسط مقادیر پتانسیل اسمزی، کل مواد جامد محلول و غلظت به ترتیب ۴/۳۹ بار، ۰/۷۸۱۵ درصد، ۱۲۲/۱۱ میلی‌اکی والان برای جدایه‌های قلیا پسند مورد بررسی بود (Eskandari Torbaghan, 2017). در پژوهش حاضر احتمالاً غلظت یون سدیم به حدی که موجب فعالیت بالای جدایه‌های قلیا پسند گردد، نبود.

جدایه A16 با ۱۳/۵۷ سانتی‌متر قطر بیش‌ترین قطر ساقه را نشان داد (جدول ۸). جدایه A14 نیز بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد عاری از باکتری و ۲/۲۴۵ kg/m^2 بیش‌ترین عملکرد را در بین جدایه‌های قلیا پسند به خود اختصاص داد (جدول ۸). مطالعه‌ی باکتری قلیا پسند مقاوم به شوری پلانوکوکوس ریفی-تونسس^۹ نشان داد که این باکتری تولید کننده IAA (۲۶۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، توانایی انحلال فسفات‌های معدنی (۱۶/۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و فعالیت ACC دی‌آمیناز (استفاده از ACC به عنوان منبع نیتروژن در شوری ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و دارای پتانسیل بهبود در رشد گندم بود (Rajput et al., 2013). تلقیح این باکتری به گندم موجب افزایش رشد ۳۷ درصدی گیاه گندم تحت تنش شوری، ۶۳ درصد انحلال تری‌کلسیم فسفات و بیش از ۶۰٪ فعالیت ACC دی‌آمیناز در حضور ACC گردید (Rajput et al., 2013).

بررسی اجزای عملکرد بر جدایه‌های شورقلیا پسند نشان داد جدایه HA9 با متوسط ۳/۶۳ عدد شاخه جانبی، ۱۱۰/۶ سانتی‌متر ارتفاع گیاه و ۵۱۰ کیلوگرم وزن تک بوته و جدایه HA8 با متوسط تعداد خوشه ۴/۴۴، وزن تک خوشه ۹۶/۶۳ گرم و عملکرد ۲/۸۲۵ kg/m^2 برترین جدایه‌های شورقلیا پسند شناخته شدند (جدول ۹). روند مشخصی برای غلظت هریک از عناصر کم‌مصرف مورد مطالعه مشاهده نشد (جدول ۹). در مجموع، مقایسه جدایه‌ها با یکدیگر و شاهد استریل نشان داد که جدایه HA8 متوسط میانگین بالاتری از غلظت عناصر کم‌مصرف آهن (۱۲۷ mg/kg)، منگنز (۳۰ mg/kg)، روی (۵۹ mg/kg) و مس

جدول ۸. تاثیر جدایه قلیا پسند بر برخی اجزای عملکرد، عملکرد و عناصر غذایی کم مصرف ذرت

Table 8. The effect of alkaliphile isolates on some yield components, yield and micronutrients of corn

مس	روی	منگنز	آهن	عملکرد در	وزن تک	میانگین وزن	میانگین وزن	میانگین	میانگین قطر	میانگین تعداد	میانگین تعداد شاخه های	تیمار
Copper	Zinc	Manganese	Iron	متر مربع	خوشه	خوشه در بوته	تک بوته	ارتفاع گیاه	بوته	برگ در بوته	جانبی در بوته	
				Com yield per plot	Weight of a cluster	Average number of clusters per plant	Average weight of a plant	Avg. plant height	Avg. stem diameter	Avg. No. of leaves per plant	Avg. No. of secondary branches per plant	
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	kg	g	-	g	cm	cm	-	-	واحد
4 ^c	58 ^b	35 ^{ab}	158 ^b	1.982 ^b	109.9 ^b	4.43 ^b	506.7 ^a	100 ^b	13.57 ^a	11.14 ^c	3 ^{cd}	A16
8 ^b	41 ^c	35 ^{ab}	157 ^b	2.245 ^a	58.33 ^c	3.88 ^c	240 ^c	87.50 ^d	8.06 ^e	8.25 ^d	2.75 ^d	A14
9 ^b	41 ^c	32 ^b	127 ^c	1.173 ^d	71.10 ^d	2.56 ^c	320 ^{bc}	93.11 ^c	12.11 ^b	11.67 ^b	3.22 ^{bc}	A11
12 ^a	102 ^a	38 ^a	183 ^a	2.194 ^a	131.1 ^a	6.57 ^a	570 ^a	100.1 ^b	11.21 ^c	16.43 ^a	3.71 ^a	AC
13 ^a	40 ^c	33 ^b	102 ^d	1.695 ^c	87.74 ^c	2.89 ^d	390 ^b	100.9 ^a	10.11 ^d	11.11 ^c	3.44 ^{ab}	C

(A-قلیا پسند)

انتشار اصلاح نشده

(۱۶ mg/kg) را داشت (جدول ۹). رقابت برای منابع یا تولید مواد سمی توسط برخی باکتری‌ها می‌تواند بر رشد و تعامل سایر گروه‌ها با محیط خود اثرگذار باشد (Yavari, 2024). نیازهای رشدی باکتری‌ها در محیط شامل منبع انرژی (ترکیبات آلی، معدنی و نور خورشید)، منبع کربن (ترکیبات آلی، معدنی نظیر دی‌اکسید کربن و بی‌کربنات‌ها)، پذیرنده الکترون (اکسیژن ترکیبات آلی، اکسیژن ترکیبات معدنی نظیر سولفات‌ها، نیترات‌ها و دی‌اکسید نیتروژن) و در نهایت مواد مغذی همانند نیتروژن، فسفر و سایر عناصر کمیاب می‌باشند که در شرایط تغذیه و رشد جمعیت‌های میکروبی مخلوط (Yavari, 2024) همانند کاربرد انواع شدیددوست‌ها در شرایط خاکی، در پژوهش حاضر، می‌تواند موجب رشد متفاوت گروه‌ها و رقابت بین آنها گردد. بهبود برخی خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی بادام با استفاده از باکتری‌های ریزوسفری شور، قلیا و شورقلیایسند در بادامستان‌های خراسان رضوی (Khalili Torghabe et al., 2022) نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع گیاه (۶۱/۲ cm) در گروه شورپسندها و کم‌ترین آن در گروه قلیایسندها مشاهده شد. باکتری‌های شورپسند بیش‌ترین افزایش را در وزن تر اندام هوایی موجب شدند، لیکن وزن تر ریشه‌ها در گروه باکتری‌های شورقلیایسند حداکثر بود. نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه‌ها به ترتیب برای سه گروه شورپسند، قلیایسند و شورقلیایسندها ۸۶/۰، ۸۷/۰ و ۷۴/۰ بود که بیانگر تأثیر بیش‌تر باکتری‌های شورقلیایسند بر رشد ریشه‌ها نسبت به رشد اندام هوایی بود. تلقیح باکتری‌های شورقلیایسند موجب افزایش درصد رطوبت ریشه‌ها و اندام هوایی در خاک‌هایی با شوری بالا (بترتیب $dS\ m^{-1}$ ۱۶ و ۸) گردید. به‌طورکلی، باکتری‌های شورقلیایسند بر بهبود رشد ریشه‌ها، قلیایسندها و شورپسندها بترتیب بر افزایش خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بادام تأثیر بیش‌تری داشتند (Khalili Torghabe et al., 2022).

بررسی اثرات دسته باکتری و نوع جدایه آن نشان داد که به ترتیب جدایه‌های شورقلیایسند در اجرای عملکرد و شورپسندها در عملکرد کارایی بالاتری داشتند (جدول ۱۰). میانگین مجموع

عملکرد جدایه‌ها در باکتری‌های شورپسند، قلیایسند و شورقلیایسند به ترتیب ۲/۴۴۳، ۱/۸۵۷ و ۲/۰۵۳ kg/m^2 (جدول ۱۰) بود. بررسی عناصرغذایی تحت تأثیر نوع باکتری و نوع جدایه نشان داد که به‌کارگیری شاهد استریل در محیط کشت قلیایسندها (جدول ۲)، بالاترین غلظت آهن (۱۸۳ mg/kg) و روی (۱۰۲ mg/kg) را نشان داد. همچنین غلظت منگنز با ۴۳ mg/kg در تیمار شاهد آب به تنهایی حداکثر بود (جدول ۱۰). در خاک-های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم‌مصرف 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 (Khoshgoftar Manesh and Siadat, 2002). بنابراین میزان کمبود عناصر غذایی بسته به نوع گیاه، نوع بافت گیاهی، سطح شوری، شرایط رشد، غلظت عناصر کم‌مصرف در محیط رشد، نوع ترکیب بستر گیاه و طول دوره شوری متفاوت می‌باشد (Page et al., 1999). به‌طورکلی رابطه بین شوری و عناصر کم-مصرف بسیار پیچیده بوده و شوری ممکن است غلظت عناصر کم‌مصرف را کاهش و یا افزایش داده و یا اثری بر آن نداشته باشد (Grattan and Grieve, 1999). علاوه براین پیچیدگی، ابهامات فراوان در روابط ریزجانداران با یکدیگر و گیاه خصوصاً در خاک‌های شور و قلیا و نیز به آن افزود.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی مقایسه روند و میانگین مشاهده شده از تلقیح انواع جدایه‌های باکتریایی نشان داد که میانگین مقادیر اجزای عملکرد در ذرت بترتیب در شورقلیایسندها < شورپسندها < قلیایسندها، مقدار عملکرد بترتیب شورپسندها < شور و قلیایسندها < قلیایسندها و عناصر کم‌مصرف تحت تأثیر شورقلیایسندها < قلیایسندها < شورپسندها حداکثر بودند. عملکرد بلال ذرت فوق شیرین رقم الیکا برابر ۱۵ تا ۱۷ تن در هکتار در شرایط غیر شور عنوان شده است. متوسط میانگین عملکرد برای باکتری‌های شورپسند، قلیایسند و شورقلیایسند برابر ۲۴/۴، ۱۸/۶ و ۲۰/۵ تن

جدول ۹. تاثیر جدایه شورقلیایپسند بر برخی اجزای عملکرد، عملکرد و عناصر غذایی کم مصرف ذرت

Table 9. The effect of haloalkaliphle isolates on some yield components, yield and micronutrients of corn

تیمار	میانگین تعداد شاخه های جانبی در بوته	میانگین تعداد برگ در بوته	میانگین قطر بوته	میانگین ارتفاع گیاه	میانگین وزن تک بوته	میانگین وزن خوشه در بوته	وزن تک خوشه	عملکرد در متر مربع	آهن	منگنز	روی	مس
–	Avg. No. of secondary branches per plant	Avg. No. of leaves per plant	Avg. stem diameter	Avg. plant height	Average weight of a plant	Average number of clusters per plant	Weight of a cluster	Corn yield per plot	Iron	Manganese	Zinc	Copper
واحد	–	–	cm	cm	g	-	g	kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
HA7	3.11 ^{bc}	16.67 ^d	15.61 ^b	110.1 ^b	500 ^b	4.44 ^a	70.18 ^b	1.765 ^d	121 ^b	35 ^b	63 ^{ab}	8 ^c
HA8	3.00 ^c	16.89 ^d	12.94 ^d	107.9 ^c	560 ^a	4.44 ^a	96.63 ^a	2.825 ^a	127 ^a	30 ^c	59 ^b	16 ^a
HA9	3.63 ^a	19.63 ^b	10.88 ^e	110.6 ^a	510 ^{ab}	2.88 ^c	55.80 ^d	1.200 ^e	87 ^c	29 ^c	35 ^c	12 ^b
HAC	2.89 ^c	17.67 ^c	13.78 ^c	100.3 ^d	360 ^c	4.00 ^b	58.90 ^c	2.170 ^c	87 ^c	32 ^{bc}	64 ^a	12 ^b
C	3.33 ^b	21.89 ^a	18.17 ^a	92.72 ^e	390 ^c	4.22 ^{ab}	55.93 ^d	2.309 ^b	124 ^{ab}	43 ^a	30 ^d	4 ^d

(HA=شورقلیایپسند)

جدول ۱۰. اثر متقابل نوع باکتری و نوع جدایه بر برخی اجزای عملکرد، عملکرد و عناصر غذایی کم مصرف ذرت

Table 10. Interaction effect of bacteria type and isolate type on some yield components, yield and micronutrients of corn

Table 10: Interaction effect of cultivar type and borate type on some yield components, yield and micronutrients of corn																								
تیمار	میانگین تعداد شاخه های		میانگین تعداد برگ در بوته		میانگین قطر بوته		میانگین ارتفاع گیاه		میانگین وزن تک بوته		میانگین وزن خوشه در بوته		وزن تک خوشه		عملکرد در متر مربع		آهن		منگنز		روی		مس	
	Avg. No. of secondary branches per plant	Avg. No. of leaves per plant	Avg. stem diameter	Avg. plant height	Average weight of a plant	Average number of clusters per plant	Weight of a cluster	Corn yield per plot	Iron	Manganese	Zinc	Copper												
واحد	-	-	cm	cm	g	-	g	kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g	kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
H×H22	2.89 fg	9.89 k	15.50 b	107.2 d	520 abc	3.89 f	105.4 c	1553 k	63.00 i	34.0 bcd	75.0 b	9.0 c												
H×H19	3.14 cde	13.0 g	14.81 c	98.86 j	330 f	4.00 f	61.60 k	2066 g	100.0 ef	24.0 f	61.0 cde	4.0 d												
H×H5	3.13 de	15.25 f	14.30 d	102.8 f	460 d	5.75 b	95.75 e	3879 a	80.00 h	30.0 de	76.0 b	2.0 d												
H×HC	3.22 cd	13.33 g	13.33 g	103.3 e	500 cd	4.44 d	90.96 f	2003 h	102.0 e	29.0 e	26.0 i	8.0 c												
H×C	2.44 h	12.11 h	11.00 k	98.44 k	330 f	4.923 c	72.04 h	2715 c	97.00 f	29.0 e	60.0 de	9.0 c												
A×A16	3.00 ef	11.14 j	13.57 f	100.0 i	506.7 bcd	4.43 d	109.9 b	1982 h	158.0 b	35.0 bc	58.0 e	4.0 d												
A×A14	2.75 g	8.250 l	8.06 m	87.50 n	240 g	3.88 f	58.33 m	2245 e	157.0 b	35.0 bc	41.0 f	8.0 c												
A×A11	3.22 cd	11.67 i	12.11 i	93.11 l	320 f	2.56 h	71.10 i	1173 l	127.0 c	32.0 cde	41.0 f	9.0 c												
A×AC	3.71 a	16.43 e	11.21 j	100.1 hi	570 a	6.57 a	131.1 a	2194 f	183.0 a	28.0 b	102.0 a	12.0 b												
A×C	3.44 b	11.11 j	10.11 l	100.9 g	390 e	2.89 g	87.74 g	1695 j	102.0 e	33.0 cde	40.0 f	13.0 b												
HA×HA7	3.11 de	16.67 de	15.61 b	110.1 b	500 cd	4.44 d	70.18 j	1765 i	121.0 d	35.0 bc	63.0 cd	8.0 c												
HA×HA8	3.00 ef	16.89 d	12.94 h	107.9 c	5606 ab	4.44 d	96.63 d	2825 b	127.0 c	30.0 de	59.0 e	16.0 a												
HA×HA9	3.63 a	19.63 b	10.88 k	110.6 a	510 bcd	2.88 g	55.80 n	1200 l	87.00 g	29.0 e	35.0 g	12.0 b												
HA×HAC	2.89 fg	17.67 c	13.78 e	100.3 h	360 ef	4.00 f	58.90 l	2170 f	87.00 g	32.0 cde	64.0 c	12.0 b												
HA×C	3.33 bc	21.89 a	18.17 a	92.72 m	390 e	4.22 e	55.93 n	2309 d	124.0 cd	43.0 a	30.0 h	4.0 d												

(H=شور پسند، A=قلیا پسند، HA=شور قلیا پسند)

در هکتار به ترتیب در خاک‌هایی با ۳۴/۱ و ۲/۵۶، ۱۲/۵ dS/m و ۱۹/۷۲ و ۱۴/۹۹ SAR به ترتیب ۶/۵۶ بود؛ که

تشکر و سپاسگزاری

نشان‌دهنده توان و کارایی بالای این باکتری‌ها بود. شاید عدم مشاهده روندی مشخص و قوی در غلظت عناصر کم‌مصرف به-خصوص منگنز، روی و مس به دلیل پیچیدگی مثلث روابط ریزجانداران، خاک و گیاه از یک سو و کم بودن غلظت مورد نیاز از این عناصر برای گیاه در مقایسه با عناصر پر مصرف در مطالعات

تضاد منافع

References

منابع مورد استفاده

1. Adesemoye, A.O. Torbert H.A., Kloepper. J.W. 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Can. J. Microbiol.* 54, 876–886.
2. Akhavan, Z., Fallah, A. Rezayee Omr Abadi. Sh. 2010. Studying the effect of sulfur and *Thiobacillus* inoculum on the ability of rapeseed to absorb some elements. National Conference on Health, Environment and Sustainable Development. Bandar Abbas. <https://en.civilica.com/doc/128345/>
3. Astaraci, A.R., Farid Hosseini. A.R., 2012. Biological fertilizers (technology, marketing and application). Ferdowsi University of Mashhad Press. 223 pages.
4. Bahar Kazemi, S. 2024. Electrochemical cell – in simple terms. *Faraders Electronic Journal*. <https://blog.faraders.org>
5. Baki, G., Abd El Siefriz K.F., Man H.M., Weiner H., Kaldenhoff R., Kaiser W.M. 2000. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. *Plant Cell Environ.* 23, 515–521.
6. Bani Hashemi, Z., 2015. Plant mineral nutrition and plant diseases. Ayeezh Press. 352 pages.
7. Belimov, A.A., Safronova V.I., Mimura, T. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1- aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. *Can. J. Microbiol.* 48: 189-199.
8. Besharati H., Saleh Rastin, N. 1999. Investigating the effect of using *Thiobacillus* bacteria inoculum along with sulfur in increasing phosphorus absorption availability. *Journal of Soil and Water.* 13(1):23-39.
9. Cancellier, E. 2013. Re: What are the effects of soil salinity on pH?. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/post/What are the effects of soil salinity on pH/5229bdabd3df3ecb0e8259a2/citation/download](https://www.researchgate.net/post/What+are+the+effects+of+soil+salinity+on+pH/5229bdabd3df3ecb0e8259a2/citation/download).
10. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute ,Technical Publication No. 982. Tehran, Iran, 128 pp. (in Persian)
11. Emami, S., Alikhani, H.A., Pourbabaee, A.A., Etesami, H., Sarmadian, F., Motesharezadeh, B. 2020. Comparison of the effectiveness of plant growth promoting bacteria and chemical fertilizers on improving growth and yield of wheat. *JNE.* 73(2):211-225. https://jne.ut.ac.ir/article_77244.html?lang=en
12. Eskandari Torbaghan, M. 2017. Isolation and efficiency of haloalkaliphilic bacteria on salinity stress reduction in wheat. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.
13. Eskandari Torbaghan, M., Khalili Torghabeh, G. H., Sherafati, A. 2024. Isolation and Influence of Halophilic, Alkaliphilic, and Haloalkaliphilic Rhizospheric Bacteria on the Concentration of Leaf Nutrients in GN15 Almonds Rootstocks. *Journal of Research in Horticultural Science.* 3(1):67-88. 10.22092/RHSJ.2024.361994.1057
14. Eskandari Torbaghan, M., Lakzian, A., Astaraci, A. R., Fotovat, A., Besharati, H. 2017. Quantitative comparison of ammonia and 3-indoleacetic acid production in halophilic, alkaliphilic and haloalkaliphilic bacterial isolates in soil. *EAB.* 6(1): 41-58. DOR: 20.1001.1.23222387.1396.6.1.5.7.
15. Fallah Nosrat Abadi, A., Saleh Rastin, N., Khavazi, K. 1999. Investigation of silicate-solubilizing bacteria in increasing available potassium for corn plants. *JWSS.* 13(2):120-130.
16. Glick, B.R., Penrose D.M. and Li J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. *J. Theor. Biol.* 190:63-68.
17. Glickmann, E., Dessaux, Y. 1995. A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compound produced by phytopathogenic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* (61), 793–796.
18. Grattan, S.R., Grieve, C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Soil science Hort* 78: 127-157.

19. Hamdi, MA., Shaddad, MAK., Doaa, MM, 2004. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. *Plant Growth Regul* 44: 165–174.
20. Hamdia, MA., El-Komy, HM., 1997. Effects of salinity, gibberelic acid and *Azospirillum* inoculation on growth and nitrogen uptake of *Zea mays* L. *Biol Plant* 40:109-120.
21. Hamidi, A., Choukan, R., Asgharzadeh, A., Dehghanshoar, M., Ghalavand, A. Malakouti, J. 2009. Study on effect of application of plant growth promoting rhizobacteria on seedling emergence and establishment and grain yield of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids in field conditions. *Seed and Plant Production*. 25(2):183-206. [10.22092/SPPJ.2017.110372](https://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110372)
22. Horikoshi, K. 1999. Alkaliphiles. Kodansha: Hardwood Academy Publisher, Germany, Springer
23. Horikoshi, K. 1999. Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63, 735-750.
24. Horikoshi, K. 2006. Alkaliphiles-Genetic Properties and Applications of Enzymes. Japan. Springer.
25. Iranipour, R., Malakouti, M. J., Abedi, M. J., Sajadi, A., Ghafourian, H. 2008. Main and residual effects of phosphate rock, sulfur and *Thiobacillus* spp bacteria on yield indices of corn and barley. *Soil Res*, 21(2):191-200. [10.22092/IJSR.2018.127086](https://doi.org/10.22092/IJSR.2018.127086)
26. Jalali, V. R., Asadi Kapourchal, S., Homae, M. 2017. Evaluating performance of macroscopic water uptake models at productive growth stages of durum wheat under saline conditions. *Agric. Water Manag.* 180: 13-21.
27. Jones, B., Brian, E., Gravin, J., Stolberglaan, V. 1992. European Patent Application. 1992; Bulletin 93/18. Publication Number: EP 0 540 127A1. Rank Xerox (UK) Business Services (3.10/3.6/3.3. F).
28. Kalev, SD., Toor, GS. 2018. The Composition of Soils and Sediments. Chapter 3.9. *Green Chem: An Inclusive Approach*. pp:339-357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00014-5>
29. Khalili Torghabe G.H., Tehranifar A., Abedi B., Eskandari Torbaghan, M., 2022. Improvement of some growth and biochemical properties of almonds by the use of rhizospheric halophile, alkaliphile and haloalkaliphile bacteria in Khorasan Razavi almonds orchards. *Pomology Research*. 6 (2):62-80. [10.30466/RIP.2021.53296.1157](https://doi.org/10.30466/RIP.2021.53296.1157)
30. Khorshidi, M., Salimi, F., Farahjoo, Gh. 2024. Isolation of growth-promoting bacteria from soil and study of its effect on corn growth under salt stress. The First International and The Sixth National Conference on Biodiversity and Its Impact on Agriculture and Environment. <https://en.civilica.com/doc/2096866/>
31. Khoshgoftar Manesh, A. Siadat. H. 2002. Mineral nutrition of vegetables and garden crops in saline conditions. Publications of the Horticultural Affairs Ministry, First edition, Pp 6 – 60.
32. Kitada, M., Horikoshi, K. 1997. Sodium ion-stimulated α-(1-C)-aminoisobutyric acid uptake in alkalophilic *Bacillus* species. *J. Bacteriol*; 131:784-788.
33. Molla, A H, Shamsuddin, Z H, Hakimi, M S, Morziah, M., Puteh, AB. 2001 Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. *Soil Biol.Biochem*.33:457-463.
34. Nourgholipour, F., Khavazi, K. Besharati, H., Fallah, A. 2006. Evaluation of rock phosphate, sulfur and *Thiobacillus* application affecting the yield and quality of soybean and their residual effects on corn growth. *Soil Res*. 20(1):117-126. [10.22092/IJSR.2006.127189](https://doi.org/10.22092/IJSR.2006.127189).
35. Nourgholipour, F., Malakouti, M., Khavazi, K. 2000. The role of *Thiobacillus* and phosphate solubilizing bacteria in increasing phosphorus absorption capacity from soil and water sources. *J. soil water sci*.12(54):11-44.
36. Page, AL., Chang, AC., 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.
37. Rajput, L., Imran, A., Mubeen, F., Hafeez, FY. 2013. Salt-Tolerant PGPR strain *Planococcus rifietoensis* promotes the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation in saline soil. *Pak. J. Bot.*, 45(6): 1955-1962.
38. Rashidi, Z., Zeshkpour, P., Kharestani, H. 2013. Handbook of biofertilizer preparation. Agricultural Research Education and Extension Organization Publication (Tak). 190 pages.
39. Renato de Freitas, J. 2000. Yield and N assimilation of winter inoculated wheat rhizobacteria. *Pedobiologia*. 44:97-104.
40. Rohitashv-Singh, sood, B.K. V.K. sharma, Singh, R. 1993. Esonse of forage maize (*Zea mays* L.) to *Azotobacter* inoculation and inoculation and nitrogen. *Indian J. Agron*.38:555-558.
41. Salar Ashaeri, M., Khaledian, M. R., Kavousi Kalashomi, M., Rezaei, M. 2018. Determination of irrigation water economic value using production function in paddy fields categorized with cluster analysis method in Sefidroud irrigation and drainage network. *Cereal Research* 8 (3:(277-289)) In Persian with English Abstract.
42. Saleh Rastin, N. 1998. Biological Fertilizers. *J. soil water sci*. 12(3): 1-36.
43. Sasani, S., Jahansooz, M. R., Ahmadi, A. 2014. The effects of deficit irrigation on water use efficiency, yield and

- quality of forage pearl millet. Proceedings of the 13th International Crop Science Congress. Sept. 4-7, 2014, Karaj, Iran. (In Persian).
44. Shaharoon, B., Arshad M., Zahir Z. A., Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil. Biol. Biochem.* 38: 2971-2975.
45. Sperber, J. I. 1958. The incidence of apatite solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Aust. J. Agric. Res.* 9, 778.
46. Tilak, K.V.B.R., C.S. Singh, Roy, N.K., Subba Rao, N.S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter* inoculum effect on maize and sorghum. *Soil Biol. Biochem.* 14:417-418.
47. Ventosa, A., Mellado, E., Sanchez, C., Marquez, M. 2004. Halophilic and Halotolerant Micro Organism from Soils. *Microbiology of Extreme Soils.* (13), 87-15.
48. Ventosa, A., Nieto, J.J., Oren, A. 1998. Biology of Moderately Halophilic Aerobic Bacteria. *MMBR* 504-544.
49. Yavari, F. 2024. Factors affecting the growth of microorganisms in food. *Health and Nutrition Magazine.*

مجله دانش کشاورزی
پیش از انتشار (اصلاح نشده)