نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر غلظت برخی عناصر غذایی تحت آبیاری با آب شور در برنج (*Oryza sativa* L.)

*ساره رجبی‌اگره[1]، محمدعلی بهمنیار[2] و کاظم خاوازی[3]
[1]کارشناس‌ارشد گروه علوم خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، [2]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [3]دانشیار گروه علوم خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور
تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: شوری خاک و آب آبیاری از عمده‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصول محسوب می‌شود. شوری آب و خاک غالباً از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سمیت ویژه یون‌هایی چون سدیم و کلر و همچنین عدم توازن تغذیه‌ای، رشد گیاهان را محدود می‌کند. علاوه بر این، تنش شوری از طریق افزایش سطح هورمون اتیلن گیاه موجب کاهش رشد ریشه و رشد عمومی گیاه می‌شود. یکی از استراتژی‌های مقابله با شوری، تلقیح بذر گیاهان زراعی با باکتری‌ها محرک رشد گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تأثیر چهار سویه از باکتری‌های *سودوموناس فلورسنت* بر جذب عناصر غذایی تحت شرایط آبیاری با آب شور در برنج مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل، براساس طرح پایه کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل پنج سطح شوری آب آبیاری (۷۰۰، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰، ۴۲۰۰، ۵۶۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر از منبع آب دریا) و عامل دوم شامل چهار مایه تلقیح (*سودوموناس پوتیدا* ۴، *سودوموناس پوتیدا* ۱۱، *سودوموناس پوتیدا* ۱۰۸، *سودوموناس فلورسنس* ۱۶۹) و یک تیمار بدون تلقیح بود. ریشه نشاء برنج رقم طارم پس از تلقیح با سویه‌های مورد نظر در گلدان‌ها کاشته شد. آبیاری با تیمارهای مختلف آب شور در طول دوره رشد گیاه در حد اشباع انجام شد. در مرحله گلدهی، از برگ پرچم به‌منظور تعیین میزان عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نمونه‌برداری شد. پس از برداشت برای تعیین میزان عناصر غذایی در دانه، نمونه بذر به آزمایشگاه منتقل گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در برگ و دانه برنج در شوری ۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مشاهده شد و با افزایش شوری آب آبیاری، غلظت همه عناصر غذایی در برگ و دانه برنج به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) کاهش یافت. تلقیح برنج با سویه‌های مورد نظر در تمامی سطوح شوری باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر یاد شده گردید. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل باکتری و شوری بر میزان غلظت نیتروژن و فسفر در برگ و دانه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در تمامی سطوح شوری، در بین سویه‌های مورد بررسی از نظر افزایش نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

* مسئول مکاتبه: s.rajabi@areo.ir

نتیجه‌گیری: تلقیح برنج با سویه‌های مختلف باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *پوتیدا* در شرایط آبیاری با آب شور بر جذب عناصر غذایی در برنج مؤثر بود و باعث افزایش این عناصر نسبت به سطح بدون تلقیح گردید. بنابراین در شرایط شور می‌توان از همه سویه‌های مورد بررسی به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، شوری، عناصر غذایی، *سودوموناس فلورسنت*

مقدمه

شوری آب و خاک، یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی جهان است که سبب کاهش تولیدات کشاورزی در نواحی وسیعی از سطح زمین می‌شود (۲۴)، به‌طوری‌که بیش از ۲۷ درصد از کل سطح زمین‌های قابل کشت دنیا متأثر از شوری هستند (۱۰). تنش شوری غالباً از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سمیت ویژه یون‌هایی چون سدیم و کلر و همچنین عدم توازن تغذیه‌ای، رشد گیاهان را محدود می‌کند (۱۹). شوری، تعادل تغذیه‌ای گیاه را از طریق مختل کردن فرایندهای فتوسنتز، تنفس و سنتز پروتئین بر هم می‌زند که در نهایت منجر به کاهش جذب عناصر غذایی مثل پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نیتروژن و فسفر می‌شود (۷). علاوه بر این، تنش شوری از طریق افزایش سطح هورمون اتیلن گیاه موجب کاهش رشد ریشه و رشد عمومی گیاه می‌گردد (۱۶، ۱۸). یکی از استراتژی‌های مقابله با شوری که چندی است مورد توجه قرار گرفته، تلقیح بذر گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید خاکزی می‌باشد. توانایی ریزموجودات در تولید و رهاسازی متابولیت‌های مختلف مؤثر بر رشد و سلامت گیاه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شود (۲۶). باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] به گروهی از باکتری‌های ریزوسفری اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (۱۲، ۳۳). باکتری‌ها با سنتز یک سری از مواد (مانند فیتوهورمون‌ها، سیدروفور، حلالیت فسفات‌های نامحلول، آنزیم ACC – دآمیناز[2] و...) و تسهیل جذب عناصر غذایی از محیط به‌وسیله گیاه باعث افزایش رشد گیاه و تولید محصول در واحد سطح می‌شوند (۱۲). یکی از مکانیسم‌های مهم که به‌وسیله تعدادی از باکتری‌های محرک رشد گیاه برای تسهیل و افزایش رشد گیاه در شرایط شور استفاده می‌گردد، کاهش سطح اتیلن گیاه به‌وسیله دآمیناسیون ACC (پیش‌ماده سنتز اتیلن در گیاه) می‌باشد. تعداد زیادی از باکتری‌های PGPR با تولید آنزیم ACC دآمیناز، پیش‌ماده تولید اتیلن در گیاه را به آمونیوم و آلفاکتوبوتیرات[3] هیدرولیز کرده و مانع تولید بیش از حد اتیلن تنشی در گیاه (ACC) و کاهش رشد ریشه می‌شوند (۹، ۲۲). در میان باکتری‌های محرک رشد گیاه باکتری‌های جنس *سودوموناس* به‌دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۱). لکزیو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با تلقیح باکتری محرک رشد RS-۱۹۸ در گیاه پنبه در مرحله جوانه‌زنی تحت استرس شوری آب آبیاری، غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن در برگ و ریشه افزایش یافت (۱۷).

1- PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria

2- Amino Cyclopropane-1-Carboxylate deaminase

3- α- ketobutyrate

در یک پژوهش شهرونا و همکاران (۲۰۰۷) ضمن بررسی نقش باکتری‌های مولد آنزیم ACC- دآمیناز بر رشد گندم دریافتند که *Pseudomonas fluorescens* ACC50 مؤثرترین جدایه در بین ۵ جدایه مورد بررسی بود و بیش‌ترین عملکرد، طول و وزن ریشه در گلدان را تولید نمود. آن‌ها اعلام نمودند که وجود آنزیم ACC- دآمیناز پارامتر کارآیی برای انتخاب باکتری محرک رشد گیاه می‌باشد (۲۷). همچنین در پژوهشی دیگر، توانایی باکتری *Kelbsiella oxytoca* سویه RS-۵ دارای آنزیم ACC- دآمیناز، در افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در پنبه در شرایط شور گزارش شد (۳۲).

شیرمردی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر باکتری‌های *سودوموناس فلورسنت* و قارچ میکوریزا آربسکولار بر رشد و تغذیه آفتابگردان در شرایط تنش شوری بیان کردند که تلقیح بذر آفتابگردان با باکتری *سودوموناس فلورسنت* باعث افزایش معنی‌داری در جذب نیتروژن، فسفر، روی و مس شد (۲۸). همچنین این باکتری‌ها وزن خشک و تر طبق، قطر طبق و مقدار نسبی آب برگ را نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده افزایش دادند. همچنین مایاک و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که با تلقیح گوجه‌فرنگی با باکتری‌های محرک رشد تحت استرس شوری میزان غلظت عناصر غذایی افزایش یافت (۱۸). فو و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی اثر باکتری *Pseudomonas sp.* DW_1 در بادمجان در شوری‌های مختلف خاک مشاهده کردند که شوری باعث کاهش رشد و جذب عناصر غذایی در بادمجان شد و با تلقیح باکتری‌های *سودوموناس فلورسنت* درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، طول ریشه و همچنین غلظت پتاسیم و کلسیم در ساقه افزایش و غلظت سدیم کاهش یافت (۱۱). حمدیا و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی مکانیسم مقاومت به شوری باکتری آزوسپریلیوم در کشت ذرت بیان کردند که غلظت کلسیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی گیاهان تلقیح‌شده نسبت به سطح بدون تلقیح افزایش و غلظت سدیم کاهش یافت (۱۳). در آزمایشی گلدانی با بررسی اثر سویه‌های باکتری حاوی آنزیم ACC- دآمیناز در شوری‌های مختلف خاک (۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا، نتایج نشان داد که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سویه‌های *Pseudomonas. Syringae* و *Pseudomonas spp.* رشد و عملکرد کلزا را بهبود بخشیده‌اند و نسبت K^+/Na^+ و میزان کلروفیل نیز افزایش یافت (۲۰).

برنج با سطح زیر کشت ۵۷۴ هزار هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در ایران است. متأسفانه مناطق زیادی از اراضی شالیزاری به‌دلیل همجواری با دریا از درجات مختلف شوری خاک و آب رنج می‌برند (۳). با توجه به این‌که برنج با حد بحرانی شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر گیاهی کاملاً حساس به شوری است (۲)، بنابراین به‌دلیل اهمیت تولید محصول در شرایط شور و به‌منظور بررسی نقش سویه‌های باکتری *سودوموناس فلورسنس* و *پوتیدا* در افزایش غلظت عناصر غذایی در شرایط آبیاری با آب شور در برنج، پژوهش حاضر صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی نقش باکتری‌های *سودوموناس فلورسنت* در افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ و دانه برنج در شرایط آبیاری با آب شور، آزمایشی در

شرایط گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران با مختصات جغرافیایی عرض شمالی ۳۶ و ۵۹ دقیقه و طول شرقی ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه و با ارتفاع ۱۱- متر از سطح دریا در چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل پنج سطح شوری آب آبیاری (۷۰۰، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰، ۴۲۰۰ و ۵۶۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) (جدول ۲) و عامل دوم شامل چهار مایه تلقیح سودوموناس (*سودوموناس پوتیدا* ۴، *سودوموناس پوتیدا* ۱۱، *سودوموناس پوتیدا* ۱۰۸، *سودوموناس فلورسنس* ۱۶۹) و یک تیمار بدون تلقیح (جدول ۳) بود. باکتری‌های فوق از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تأمین شد که تمامی سویه‌ها دارای توانایی تولید آنزیم ACC دآمیناز بودند (۲۵، ۱۴). آب شور مورد استفاده در این پژوهش، با رقیق نمودن آب دریای خزر با آب منطقه تهیه شد. بافت خاک و رقم استفاده شده در این آزمایش به‌ترتیب Silty Loam و طارم دیلمانی بود. خاک‌ها از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شده و در گلدان‌های ۱۲ کیلوگرمی به قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر بدون زهکش منتقل گردیدند (جدول ۱). بذور در اردیبهشت‌ماه در خزانه کشت گردید. در خردادماه نشاءها از خزانه جدا و ریشه آن‌ها با سویه‌های باکتری‌های مورد نظر با تراکم جمعیت 10^8 سلول به‌ازای هر گرم مایه تلقیح، به‌مدت ۲۴ ساعت تلقیح شد. سپس در هر گلدان به تعداد پنج نشاء کشت و قبل از پنجه‌زنی به تعداد ۳ بوته در هر گلدان تنک شد. عملیات داشت (آبیاری روزانه با تیمارهای مختلف شوری) صورت گرفت. در مرحله گلدهی جهت تعیین میزان عناصر غذایی در گیاه از برگ پرچم و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی نمونه بذر تهیه شد. برای اندازه‌گیری عناصر پتاسیم، فسفر در برگ و بذر برنج از عصاره حاصل از هضم به طریق سوزاندن خشک و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک ۲ نرمال استفاده شد.

پتاسیم به روش نشر شعله‌ای (فلیم‌فتومتری[1])، فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات و همچنین نیتروژن به روش هضم تر با دستگاه کجل تیک اتوآنالیزر[2] اندازه‌گیری شد (۸). نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. گروه‌بندی میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای شوری، تیمارهای باکتریایی و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در برگ و دانه برنج در سطح شوری S_0 مشاهده شد و با افزایش شوری آب آبیاری، از غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده کاسته شد (شکل ۱- الف و ب). همچنین با تلقیح برنج با سویه‌های باکتری *سودوموناس فلورسنت*، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (شکل ۲- الف و ب).

1- Flame photometer
2- Auto Analysis kjeltec

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Physico-chemical properties of the soil.

سیلت Silt	شن sand	رس Clay	بافت Text	مس Copper	روی Zinc	منگنز Manganese	آهن Iron	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen	ماده آلی Organic matter	کربنات کلسیم Carbonate calcium	هدایت الکتریکی EC (dsm^{-1})	pH	عمق Depth
	(٪)						(mg kg^{1})				(٪)				(Cm)
56	20	24	سیلت لوم Silt loam	1.89	1.32	3.99	2.79	337	12.60	0.13	2.68	28	0.78	7.61	0-30

جدول ۲- مقادیر کاتیون و آنیون موجود در آب آبیاری.

Table 2. Amount of cations and anions in the irrigation water.

بیکربنات Bicarbonate	سدیم Sodium	کلر Chlorine	منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	pH	هدایت الکتریکی EC	شوری Salinity
		meq/lit				µsm/cm	
3.80	3.10	3.40	2.80	1.60	7.21	700	S_0
5.60	6.80	7.20	4.50	1.80	7.42	1400	S_1
10.10	18.80	16.90	6.80	2.20	7.60	2800	S_2
14.04	28.50	27.10	9.00	4.00	7.59	4200	S_3
20.10	39.00	38.70	16.40	6.40	7.63	5600	S_4

جدول ۳- فعالیت آنزیم **ACCdeaminase**، میزان تولید مواد شبه اکسین، ایندول استیک اسید، توان انحلال منابع نامحلول فسفر و توان تولید سیدروفور سویه‌های باکتری (۱٤، ۳٤).

Table 3. Production of ACC-deaminase enzyme, IAA, Auxin like substances, phosphate solubilization and siderophore production by bacterial strains (14,34).

Properties	*P. p* 4	*P. p* 11	*P. p* 108	*P. f* 169
ACC deaminase activity*	2.35	2.41	5.03	3.51
(mg/L) Auxin like substances	9.60	7.68	8.90	5.80
Siderophore production (halo diameter, cm)	1.90	1.60	1.70	1.80
Phosphate solubilizing activity	+	+	+	+
Indol Acetic Acid production (IIA)	+	+	+	+

p.p: Pseudomonas putida
p.f: Pseudomonas fluorescens
*, µmol of α-ketobutyrate h^{-1} mg of $protein^{-1}$

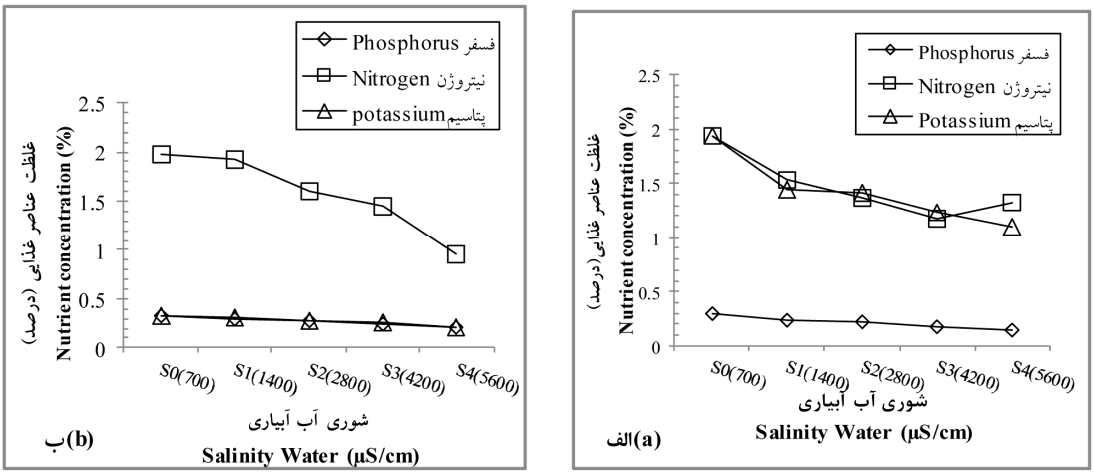
جدول ٤- میانگین مربعات غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه (شلتوک) برنج تیمارشده با سویه‌های مختلف باکتری سودوموناس در سطوح مختلف شوری.

Table 4. Mean square concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in leaf and grain rice treated with different strains of *Pseudomonas* bacteria at different levels of salinity.

دانه Grain			برگ Leaf			درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات (Source of Variance)
پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen		
0.045**	0.083**	0.946**	2.052**	1.667**	0.064**	4	شوری Salinity
0.157**	0.100**	4.989**	0.859**	1.330**	0.050**	4	باکتری Bacteria
0.005**	0.002**	0.329**	0.103*	0.047**	0.002**	16	باکتری × شوری Salinity . Salinity
0.001	0.001	0.090	0.059	0.013	0.000	75	خطا Error
9.61	10.76	16.74	17.02	7.74	7.10	-	ضریب تغییرات (٪CV)

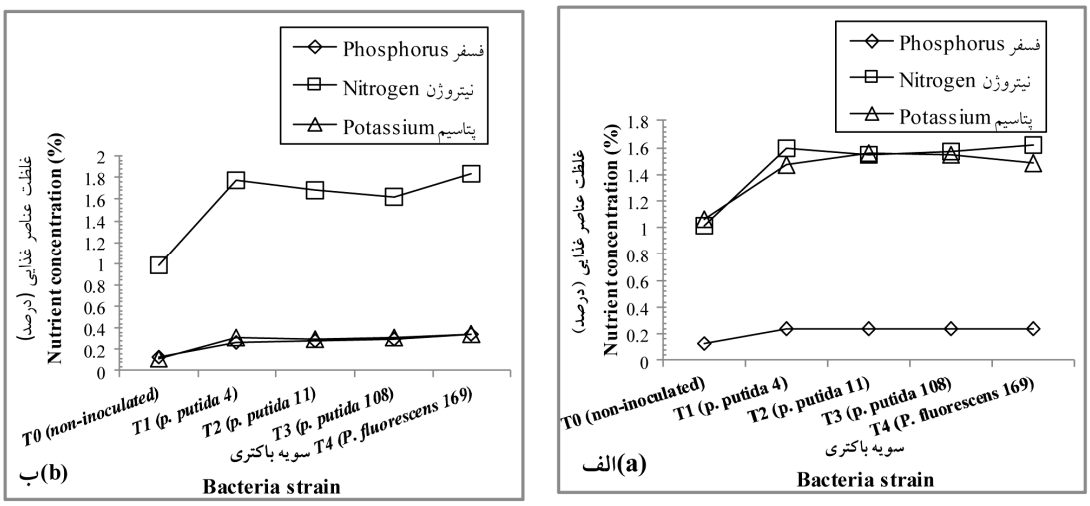
**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

**, *, ns Significant at P≤0.01, significant at P≤0.05, non significant respectively.



شکل ۱- تأثیر سطوح شوری بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ (الف) و دانه (ب) برنج.

Figure 1. Effect of salinity levels on NPK concentration in leaf (a) and grain (b)of rice.



شکل ۲- تأثیر سویه‌های باکتری سودوموناس بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ (الف) و دانه (ب) برنج.

Figure 2. Effect of *Pseudomonas* bacteria strains on NPK concentration in leaf (a) and grain (b) of rice.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل شوری و باکتری بر غلظت نیتروژن در برگ و دانه برنج در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

تحت تنش شوری، غلظت نیتروژن برگ و دانه برنج، تا حد قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت و در تمامی سطوح شوری، بین سطح بدون تلقیح (T_0) با بقیه تیمارهای باکتری اختلاف معنی‌داری ایجاد شد. در سطح بدون تلقیح، با افزایش شوری از S_0 به S_4 غلظت نیتروژن برگ و دانه برنج به‌ترتیب ۶۰/۴۱ درصد و ۷۴/۰۲ درصد کاهش یافت. با افزایش شوری آب آبیاری، تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری T_4، کم‌ترین میزان کاهش درغلظت نیتروژن در برگ و دانه برنج را دارا بودند به‌طوری‌که در تیمار S_4T_4 نسبت به تیمار S_0T_4 به‌ترتیب ۲۳/۶۰ درصد و ۴۲/۴۷ درصد کاهش مشاهده شد. همچنین در تمامی سطوح شوری، تلقیح برنج با سویه‌های مختلف باکتری باعث افزایش غلظت نیتروژن در برگ برنج گردید ولی در بین سویه‌های مورد بررسی از نظر افزایش غلظت نیتروژن،

اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در همه سطوح شوری به غیر از سطح S_3 تیمارهای تلقیح‌شده با سویه T_4 بیش‌ترین مقدار غلظت نیتروژن دانه برنج را داشت (جدول ۵). شوری آب و خاک در ایران از مشکلات عمده کشاورزی است. ویژگی‌های محیط شور با فعالیت اندک یون‌های غذایی، نسبت زیاد یون‌هایی مانند Na^+/K^+ و Cl^-/NO_3^-، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و کاهش رشد و کیفیت محصول مشخص می‌شود. شوری از طریق ایجاد تغییراتی در نگهداری و تثبیت و تبدیل عناصر غذایی در خاک و همچنین کاهش رشد ریشه و ایجاد اختلال در جذب و توزیع عناصر غذایی و آب، تغذیه گیاهان را متأثر می‌سازد (۲۱). وایت (۲۰۰۳) گزارش نمود که برهم‌کنش میان ریشه و میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر سبب جذب مواد مغذی ضروری و مانع تجمع مواد سمی می‌شود (۳۱). بال و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر باکتری‌های حاوی آنزیم ACC دآمیناز بر کشت برنج در شرایط شور گزارش کردند که این باکتری‌ها باعث افزایش رشد و عملکرد برنج شدند (۵). همچنین راجا و همکاران (۲۰۰۲)، نیز با بررسی اثر تلقیح برنج با باکتری *سودوموناس* در شرایط غیرشور نتایج مشابهی به‌دست آوردند (۲۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل باکتری و شوری بر غلظت فسفر برگ و دانه برنج در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). غلظت فسفر برگ در سطح بدون باکتری، در شوری S_4 (۰/۰۶۴ درصد) به کم‌ترین میزان خود رسید که نسبت به شوری S_0، ۶۶/۱۷ درصد کاهش مشاهده شد. در تیمارهای تلقیح‌شده با سویه T_1، میزان کاهش در غلظت فسفر برگ در بالاترین سطح شوری نسبت به پایین‌ترین سطح ۴۳/۰۵ درصد بود (جدول ۵). همچنین کم‌ترین غلظت فسفر دانه در تیمار S_4T_0 با ۶۱/۲۰ درصد کاهش نسبت به تیمار S_0T_0 مشاهده شد. با افزایش شوری از S_0 به S_4، در بین سطوح باکتری تیمارهای تلقیح‌شده با سویه T_3 کم‌ترین میزان کاهش در غلظت فسفر دانه را (۲۵/۶۴ درصد) دارا بودند (جدول ۵). با تلقیح ریشه برنج با باکتری، غلظت فسفر در برگ و دانه برنج افزایش یافت. در سطح شوری S_0، غلظت فسفر برگ، در تیمار تلقیح‌شده با سویه T_4 با ۹۴/۵ درصد نسبت به سطح بدون تلقیح افزایش نشان داد. همچنین در سطوح شوری S_1، S_2 و S_3 تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری T_1 و در سطح شوری S_4، تیمارهای تلقیح‌شده با سویه‌های T_1، T_3 و T_4 بیش‌ترین میزان غلظت فسفر برگ را موجب شدند (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است در بین سویه‌های باکتری، در افزایش غلظت فسفر دانه تا سطح شوری S_2، سویه T_4 از کارآیی بالایی برخوردار بود، ولی تنها در شوری S_0 و S_1 نسبت به بقیه سویه‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داد. در شوری‌های بالاتر تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری T_3 بیش‌ترین غلظت فسفر دانه را دارا بودند (جدول ۵).

فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد مناسب گیاه محسوب می‌شود اما در خاک‌های شور قابلیت دسترسی فسفر به‌دلیل کاهش فعالیت یون فسفر و فرایندهای جذب سطحی در خاک بسیار کم است. از این‌رو بهره‌گیری از فرآیندهای زیستی که به افزایش انحلال این عنصر به‌ویژه در خاک‌های شور و قلیایی می‌انجامد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زئیدی و همکاران (۲۰۱۰) حلالیت میکروبی فسفات‌های نامحلول در محیط کشت مایع حاوی میکروارگانیسم‌ها را به‌دلیل ترشح اسیدهای آلی می‌دانند و همچنین بسیاری از باکتری‌های حل‌کننده فسفات با تولید آنزیم‌های فسفاتاز آزاد شدن فسفر را از ترکیبات آلی فسفردار باعث می‌شوند (۳۶). تلقیح برنج با باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفات قابل دسترس را برای برنج

افزایش می‌دهد که این یک مکانیسم محرک رشد گیاه است (۲۹). بیسواس و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کرد که تلقیح برنج با باکتری ریزوسفری محرک رشد به‌طور معنی‌داری جذب فسفر را به‌میزان ۱۰ تا ۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (۶). همچنین تلقیح آزوسپریلیوم با ذرت و سورگوم نشان می‌دهد که این باکتری‌ها از طریق افزایش سیستم ریشه‌ای سبب افزایش جذب فسفر در گیاهان می‌شوند (۳۳). اشرف‌فوزمن و همکاران (۲۰۰۹) ضمن بررسی تلقیح برنج با باکتری دارای توانایی حل‌کنندگی فسفات بیان نمودند که تلقیح باکتری باعث افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد برنج شد (۴).

اثر متقابل باکتری و شوری بر میزان پتاسیم در برگ و دانه برنج به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش شوری آب آبیاری، در تمامی تیمارهای باکتری، از میزان غلظت پتاسیم در برگ و دانه برنج کاسته شد. در تیمار بدون تلقیح (T_0)، میزان غلظت پتاسیم برگ برنج در سطح شوری S_4 نسبت به شوری S_0، ۵۳/۶۰ درصد کاهش یافت. با تلقیح ریشه برنج با باکتری سودوموناس سویه T_2، با افزایش شوری از S_0 به S_4، غلظت پتاسیم برگ ۳۱/۰۳ درصد کاهش یافت (جدول ۵). همچنین در پایین‌ترین سطح شوری، غلظت پتاسیم دانه در تیمار بدون تلقیح ۰/۲۲ درصد بود که با افزایش شوری آب آبیاری به ۰/۰۷ درصد در بالاترین سطح شوری (۶۸/۱۸ درصد کاهش)، رسید. در صورتی که با تلقیح برنج با سویه T_3، در شوری S_4 غلظت پتاسیم دانه ۸/۲۸ درصد نسبت به شوری S_0 کاهش نشان داد (جدول ۵). در سطح شوری S_0، تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری T_3 بیش‌ترین و باکتری T_4 کم‌ترین میزان غلظت پتاسیم برگ را داشتند. در سطوح شوری S_1 و S_2 تیمار تلقیح شده با باکتری T_4 بیش‌ترین غلظت پتاسیم در برگ دارا بودند. ولی در سطح شوری S_4، تیمار تلقیح‌شده با باکتری T_2 با ۱۰۵/۲۷ درصد افزایش، بالاترین میزان غلظت پتاسیم در برگ را داشت (جدول ۵). همچنین در سطوح شوری S_0 و S_1 در بین سویه‌های باکتری، تیمارهای تلقیح‌شده با سویه T_4 بیش‌ترین میزان افزایش غلظت پتاسیم دانه نسبت به T_0 را با ۹۶/۳۶ درصد و ۱۱۷/۱۴ درصد دارا بودند. در شوری‌های بالاتر (S_2، S_3، S_4) باکتری T_3 از کارآیی بیش‌تری برخوردار بود و غلظت پتاسیم را به ترتیب با ۱۶۴ درصد، ۲۴۴/۵ درصد و ۲۹۵/۷ درصد نسبت به سطح T_0 افزایش داد (جدول ۵).

یکی از دلایل کاهش رشد ریشه گیاه در شرایط تنش‌های غیرزنده‌ای چون شوری، تجمع اتیلن در گیاه می‌باشد. در این شرایط مقدار ACC در گیاه افزایش می‌یابد که پیامد آن، افزایش سنتز اتیلن در بافت‌های گیاهی می‌باشد. اگرچه اتیلن در رشد و توسعه گیاه و رسیدگی میوه اهمیت زیادی دارد، با این‌حال افزایش غلظت اتیلن درون‌زاد در گونه‌های گیاهی، می‌تواند باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد ریشه گردد. باکتری‌های *سودوموناس فلورسنت* با تولید آنزیم ACC دآمیناز میزان اتیلن گیاه را کاهش داده و در نتیجه باعث افزایش رشد ریشه می‌شوند. باکتری‌ها با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه نیز موجب افزایش سطح تماس برای جذب آب و عناصر غذایی شده و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش و اثرات سوء شوری تعدیل می‌گردد (۳۵). کاپولینک و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که تلقیح گندم با آزوسپریلیوم سبب افزایش سیستم ریشه‌ای گیاه شده و در شرایط کمبود مواد غذایی، آزوسپریلیوم می‌تواند راندمان جذب عناصر غذایی اضافه شده را با کمک کردن به گیاه در جذب آن‌ها بیش‌تر نماید (۱۵). واگار و همکاران (۲۰۰۴) نیز ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های دارای آنزیم ACC- دآمیناز بر رشد و عملکرد گندم

دریافتند که باکتری‌های دارای این آنزیم عملکرد دانه، کاه، وزن ریشه، طول ریشه، تعداد پنجه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاه و دانه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش دادند. آن‌ها تمامی این اثرات را به‌دلیل کاهش ACC سطح اتیلن در گیاه دانستند (۳۰).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت‌دار بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و دانه برنج در سطوح مختلف شوری آب آبیاری.

Table 5. Mean comparison of the effect of bacterial strains on NPK content in leaf and grain of rice at different salinity water irrigation levels.

شوری Salinity (µS/cm)	سویه باکتری Bacteria strains	برگ Leaf			دانه Grain		
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium
			(%)			(%)	
S_0 (700)	T_0 (Non-inoculated)	1.44^{d-f}	0.189^{g}	1.47^{c-e}	1.54^{e-f}	0.232^{g-j}	0.22^{gh}
S_0 (700)	T_1 (*P. putida* 4)	2.07^{a}	0.290^{c}	2.12^{a}	2.04^{a-e}	0.325^{bc}	0.32^{c-e}
S_0 (700)	T_2 (*P. putida* 11)	2.02^{a}	0.288^{c}	2.03^{a}	2.13^{a-d}	0.317^{bc}	0.33^{cd}
S_0 (700)	T_3 (*P. putida* 108)	2.08^{a}	0.311^{b}	2.48^{a}	1.92^{b-e}	0.312^{cd}	0.30^{c-f}
S_0 (700)	T_4 (*P. fluorescens* 169)	2.05^{a}	0.368^{a}	1.71^{b-c}	2.26^{a}	0.420^{a}	0.43^{a}
S_1 (1400)	T_0 (Non-inoculated)	1.17^{hi}	0.155^{i}	1.27^{d-g}	1.38^{f}	0.167^{kl}	0.18^{i}
S_1 (1400)	T_1 (*P. putida* 4)	1.71^{b}	0.279^{c}	1.51^{c-e}	1.99^{a-e}	0.292^{c-f}	0.31^{c-f}
S_1 (1400)	T_2 (*P. putida* 11)	1.54^{b-e}	0.265^{d}	1.49^{c-e}	2.04^{a-e}	0.305^{c-e}	0.32^{c-e}
S_1 (1400)	T_3 (*P. putida* 108)	1.66^{bc}	0.265^{d}	1.44^{c-e}	2.08^{a-e}	0.310^{cd}	0.29^{c-f}
S_1 (1400)	T_4 (*P. fluorescens* 169)	1.60^{b-d}	0.247^{e}	1.52^{c-e}	2.12^{a-e}	0.362^{b}	0.38^{b}
S_2 (2800)	T_0 (Non-inoculated)	1.02^{i}	0.118^{j}	1.01^{f-h}	0.89^{g}	0.137^{lm}	0.13^{j}
S_2 (2800)	T_1 (*P. putida* 4)	1.40^{e-g}	0.253^{d-e}	1.42^{c-f}	1.77^{c-f}	0.250^{f-i}	0.29^{c-f}
S_2 (2800)	T_2 (*P. putida* 11)	1.39^{e-g}	0.252^{d-e}	1.58^{cd}	1.77^{c-f}	0.255^{e-h}	0.30^{c-f}
S_2 (2800)	T_3 (*P. putida* 108)	1.48^{c-f}	0.237^{e}	1.38^{c-f}	1.80^{c-f}	0.257^{e-h}	0.33^{cd}
S_2 (2800)	T_4 (*P. fluorescens* 169)	1.55^{b-e}	0.245^{e}	1.69^{bc}	1.81^{c-f}	0.300^{c-f}	0.32^{c-e}
S_3 (4200)	T_0 (Non-inoculated)	0.84^{j}	0.103^{k}	0.89^{gh}	0.70^{h}	0.111^{m}	0.09^{k}
S_3 (4200)	T_1 (*P. putida* 4)	1.25^{gh}	0.214^{f}	1.18^{d-g}	2.03^{a-e}	0.202^{i-k}	0.23^{efg}
S_3 (4200)	T_2 (*P. putida* 11)	1.31^{f-h}	0.211^{f}	1.32^{c-f}	1.49^{e-f}	0.207^{h-k}	0.26^{g}
S_3 (4200)	T_3 (*P. putida* 108)	1.20^{h}	0.187^{g}	1.42^{c-e}	1.37^{f}	0.265^{d-g}	0.32^{c-e}
S_3 (4200)	T_4 (*P. fluorescens* 169)	1.31^{f-h}	0.176^{gh}	1.35^{c-f}	1.68^{b-f}	0.252^{f-i}	0.29^{c-f}
S_4 (5600)	T_0 (Non-inoculated)	0.57^{k}	0.064^{l}	0.68^{h}	0.40^{i}	0.09^{n}	0.07^{l}
S_4 (5600)	T_1 (*P. putida* 4)	1.51^{c-e}	0.165^{hi}	1.14^{e-g}	1.05^{f-h}	0.165^{kl}	0.20^{h}
S_4 (5600)	T_2 (*P. putida* 11)	1.48^{c-f}	0.157^{i}	1.40^{c-f}	1.04^{f-h}	0.185^{jk}	0.22^{gh}
S_4 (5600)	T_3 (*P. putida* 108)	1.46^{d-f}	0.167^{hi}	1.13^{e-g}	0.96^{f-g}	0.232^{g-j}	0.28^{e-h}
S_4 (5600)	T_4 (*P. fluorescens* 169)	1.57^{be}	0.165^{hi}	1.15^{e-g}	1.30^{f}	0.220^{g-j}	0.26^{g}

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵ درصد).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan's multiple range test 5%).

نتیجه‌گیری کلی

تلقیح برنج با سویه‌های مختلف باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *پوتیدا* در شرایط آبیاری با آب شور بر جذب نیتروژن، پتاسیم و فسفر در برنج مؤثر بود و باعث افزایش معنی‌دار این عناصر نسبت به سطح بدون تلقیح گردید. بنابراین در شرایط شور می‌توان از همه سویه‌های مورد بررسی به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه استفاده نمود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، استفاده از سویه‌های مختلف باکتری *سودوموناس فلورسنت* نه تنها از دیدگاه اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد، بلکه از میزان آلودگی محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیز می‌کاهد. با توجه به نتایج این آزمایش‌ها، سویه‌های منتخب در تخفیف اثرات شوری برگیاه برنج در شرایط گلدانی مؤثر بوده است بنابراین پیشنهاد می‌شود که اثر سویه‌های منتخب بر گیاه برنج، در آزمایش‌های مزرعه‌ای و در محیط شور نیز بررسی شوند.

منابع

1. Abbas Zadeh, P., Saleh Rastin, N., Asadi Rahmani, H., Khavazi, K., Soltani, A., Shoary Nejati, A., and Miransari, M. 2010. Plant growth-promoting activities of *fluorescent pseudomonads*, isolated from the Iranian soils. Acta Physiologiae Plantarum. 32: 281-288.
2. Alizadeh, A. 2003. Plant and soil water relations. Imam Reza University Press, 356p.
3. Asadi, R., Rezai, M., Yousefi Falakdeha, A., and Ashraf Zadeh, A. 2009. Possible to predict the effects of salinity Water on the performance of high-yielding rice varieties. In: 12th Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Conference, Pp: 455-462.
4. Ashraf Fuzzaman, M., Hossen, F.A., Razi Ismail, M., Anamul Hoque, M.D., Zahurul Islam, M., Shahidulla, S.M., and Meon, S. 2009. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. Afric. J. Biotechnol. 8: 1703-1708.
5. Bal, H., Nayak, L., Das, S., and Adhya, T. 2013. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. Plant and Soil. 366: 93-105.
6. Biswas, J.C., Ladha, J.K., and Dazzo, F.B. 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 1644-1650.
7. Chhabra, R. 1996. Soil salinity and water quality: Taylor & Francis.
8. Cottenie, A. 1980. Methods of plant analysis, In: Soil and plant testing: FAO Soils Bulletin 38/2, 120p.
9. Egamberdieva, D., Kamilova, F., Validov, S., Gafurova, L., Kucharova, Z., and Lugtenberg, B. 2008. High incidence of plant growth-stimulating bacteria associated with the rhizosphere of wheat grown on salinated soil in Uzbekistan. Environmental Microbiology. 10: 1-9.
10. FAO. 2007. World Agricultural Center, In: World Agricultural Center (eds.), FAO stat Agricultural Statistic.
11. Fu, Q., Liu, C., Ding, N., Lin, Y., and Guo, B. 2010. Ameliorative effects of inoculation with the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas* sp. DW1 on growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. Agricultural Water Management. 97: 1994-2000.
12. Glick, B.R. 2010. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation. Biotechnology advances. 28: 367-374.
13. Hamdia, M.A.E.S., Shaddad, M.A.K., and Doaa, M.M. 2004. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. Plant Growth Regulation. 44: 165-174.

14.Jalili, F., Khavazi, K., Pazira, E., Nejati, A., Rahmani, H.A., Sadaghiani, H.R., and Miransari, M. 2010. Isolation and characterization of ACC deaminase-producing *fluorescent pseudomonads*, to alleviate salinity stress on canola (*Brassica napus* L.) growth. J. Plant Physiol. 166: 667-674.
15.Kapulnik, Y., Okon, Y., and Henis, Y. 1985. Changes in root morphology of wheat caused by Azospirillum inoculation. Can. J. Microbiol. 31: 881-887.
16.Kukreja, S., Nandwal, A., Kumar, N., Sharma, S., Unvi, V., and Sharma, P. 2005. Plant water status, H_2O_2 scavenging enzymes, ethylene evolution and membrane integrity of *Cicer arietinum* roots as affected by salinity. Biologia plantarum. 49: 305-308.
17.Lixia, Y., Zhansheng, W., Yuanyuan, Z., Imdad, K., and Chun, L. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. Europ. J. Soil Biol. 46: 49-54.
18.Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry. 42: 565-572.
19.Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment. 25: 239-250.
20.Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., and Arshad, M. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. Can. J. Microbiol. 53: 1141-1149.
21.Pazira, E., and Homaee, M. 2003. Salt affected resources in Iran: Extention and reclamation . J. Exp. Bot. 154: 159.
22.Penrose, M., and Glick, R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiology of Plant. 118: 10-15.
23.Raja, A.R., Shah, K.H., Aslam, M., and Memon, M.Y. 2002. Response of Phosphobacterial and Mycorrhizal inoculation in Wheat. In Response of Phosphobacterial and Mycorrhizal Inoculation in Wheat: Academic Journals Inc., USA.
24.Rajpar, I., Khanif, Y., Soomro, F., and Suthar, J. 2006. Effect of NaCl salinity on the growth and yield of Inqlab wheat (*Triticum aestìvum* L.) variety. Amer. J. Plant Physiol. 1: 34-40.
25.Rasouli sadaghiani, M.H., Rahimian, H., Khavazi, K., Malakouti, M.J., and Asadi Rahmani, H. 2005. Population density and identification of *Fluorescent pseudomonads* associated with rhizosphere of wheat. J. Soil Water Sci. 19: 224-234.
26.Russo, A., Felici, C., Toffanin, A., Gotz, M., Collados, C., Barea, J.M., Moenne-Loccoz, Y., Smalla, K., Vanderleyden, J., and Nuti, M. 2005. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and Fertility of Soils. 41: 301-309.
27.Shaharoona, B.G., Jamro, M., Zahir, Z.A., Arshad, M., and Memon, K.S. 2007. Effectiveness of various *Pseudomonas* Sp and *Burkholderia* improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivam* L.). J. Microbiol. 17: 1300-1307.
28.Shirmardi, M., Savaghebi, G.R., Khavazi, K., Akbarzadeh, A., Farahbakhsh, M., Rejali, F., and Sadat, A. 2010. Effect of microbial inoculants on uptake of nutrient elements in two cultivars of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in saline soils. Notulae Scientia Biologicae. 2: 57-66.
29.Verma, S.C., Ladha, J.K., and Tripathi, A.K. 2001. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. J. Biotechnol. 91: 127-141.
30.Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z.A., and Arshad, M. 2004. Inoculation with ACC deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pak. J. Agric. 41: 119-124.
31.White, P.J. 2003. Ion transport, P 625-634. In: B. Thomas, D.J. Murphy and B.G. Murry (Eds.), Encyclopaedia of applied plant science, London Academic, Press.
32.Yue, H., Mo, W., Li, C., Zheng, Y., and Li, H. 2007. The salt stress relief and growth promotion effect of Rs-5 on cotton. Plant and Soil. 297: 139-145.

33.Zabihi, H., Savaghebi, G., Khavazi, K., Ganjali, A., and Miransari, M. 2011. Pseudomonas bacteria and phosphorous fertilization, affecting wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and P uptake under greenhouse and field conditions. Acta Physiologiae Plantarum. 33: 145-152.
34.Zabihi, H., Savagebi, G., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of application of *Pseudomonas fluorescents* on yield and yield Components of wheat under different soil salinity levels. J. Water Soil. 23: 199-208.
35.Zahir, Z.A., Ghani, U., Naveed, M., Nadeem, S.M., and Asghar, H.N. 2009. Comparative effectiveness of *Pseudomonas* and *Serratia* sp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Archives of microbiology. 191: 415-424.
36.Zaidi, A., Ahemad, M., Oves, M., Ahmad, E., and Khan, M. 2010. Role of phosphate-solubilizing bacteria in legume improvement, P 273-292. In: M. Saghir Khan, J. Musarrat and A. Zaidi (Eds.), Microbes for legume improvement. Springer Vienna.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(3), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigating the role of plant growth promoting rhizobacteria on concentration of some nutrient elements under irrigation with saline water in rice (*Oryza sativa* L.)

***S. Rajabi Agereh[1], M.A. Bahmanyar[2] and K. Khavazi[3]**
[1]M.Sc., Dept. of Soil Science, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, [2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Sari Agriculture Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Soil and Water Research Institute
Received: 04/27/2013; Accepted: 10/22/2013

Abstract

Background and Objectives: Soil and water salinity are the major limiting factors for plant growth and crop production. Water and soil salinity almost limit plant growth through increasing osmotic pressure, specific toxicity of some ions such as sodium and color and nutritional imbalance. In addition, salinity stress reduces root and plant growth via increasing hormone level. One of the strategies to deal with salinity is inoculation of seeds with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR).

Materials and Methods: The efficiency of four strains of *Fluorescent pseudomonads* was determined in view of the concentration of nutrients nitrogen, phosphorous and potassium in rice under irrigation with saline water. In this research, a pot experiment was carried out as factorial experiment in a completely randomized design with four replicates. Treatments included five levels of saline irrigation water (700, 1400, 2800, 4200 and 5600 µs/cm from sea water source) and four inoculations (*P. putida* 4, *P. putida* 11, *P. putida* 108 and *P. fluorescens* 169) and control. Rice was transplanted in pots after they were inoculated with desired strains. During growing period, the pots were irrigated with treatment of salinity up to saturation point. In the flowering stage, flag leaf samples were collected to determine nitrogen, phosphorus and potassium concentration. The amounts of nutrients in seed samples were determined after rice harvesting.

Results: Results showed that the maximum nutrient concentration measured in leaf and seed of rice were observed in salinity 700 µs/cm and increase in salinity level led to decrease in nutrient concentration in the leaf and seed significantly ($P<0.01$). Inoculation with test strains, on the other hand, led to increase in nutrient concentration. Results also indicated that interactions between bacteria and salinity significantly raised nitrogen and phosphorous level in the rice leaf and seed (at $P<0.01$). There were no significant differences between strains in N content of leaf at all salinity levels.

Conclusion: Inoculation of rice with various strains of bacteria *Fluorescent pseudomonads* and *putida* affected the concentration of nutrients under irrigation with saline water in rice and caused to increase these elements more than control. Therefore, in saline conditions, strains of *Fluorescent Pseudomonas* can be used as growth promoting bacteria of rice plant.

Keywords: Rice, Salinity, Nutrition elements, *Fluorescent pseudomonads*

* Corresponding Authors; Email: s.rajabi@areo.ir