نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۵، ص. ۱۳۵-۱۲۵

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 125-135

بررسی توانایی باکتری‌های فلاوباکتریوم به عنوان کود زیستی برای افزایش عملکرد گندم

هادی اسدی رحمانی[1*]- امیر لکزیان[2]- جلال قادری[3]- پیمان کشاورز[4]- حسن حقیقت نیا[5]- کامران مرزاشاهی[6]- محمودرضا رمضانپور[7]- علی چراتی آرایی[8]- علی محمدی ترکاشوند[9]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۴

چکیده

در این تحقیق، کارایی ۴ سویه فلاوباکتریوم که در طی آزمایش‌های گذشته از ریزوسفر گندم در ایران جداسازی و شناسایی شده بودند و بر اساس خصوصیات محرک رشدی غربالگری شده بودند، در افزایش عملکرد گندم در پنج استان کشور مورد ارزیابی قرار گرفت. سویه‌های مورداستفاده شامل F9, F11, F40 متعلق به گونه *Flavobacterium odoratum* و F21 متعلق به گونه *F.indoltheticum* بودند. باکتری‌ها تا رسیدن به جمعیت مورد نظر تکثیر شده و سپس به‌صورت مایع فرموله شده و در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. برای کشت از ارقام اصلاح شده محلی استفاده شد و میزان کودهای شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک‌ها مصرف شد. پس از برداشت گیاهان شاخص‌های عملکرد دانه، عملکرد کل (دانه +کاه)، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد خوشه در هر متر مربع، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که سویه‌های مورد استفاده در اکثر استان‌ها سبب افزایش رشد و عملکرد گندم شدند.

واژه‌های کلیدی: سویه، شاخص‌های گندم، صفات محرک رشد گیاه، فلاوسین

مقدمه

ریزوسفر لایه نازکی از خاک اطراف ریشه است که فعالیت‌های متابولیک در آن ناحیه تحت تأثیر ریشه و ترشحات آن قرار دارند (۷). این امر سبب افزایش تعداد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و بویژه باکتری‌ها در ریزوسفر می‌گردد. گروه نا متجانسی از باکتری‌های ریزوسفری که دارای نقش مثبت در رشد و عملکرد گیاهان هستند بنام باکتری‌های محرک رشد گیاه شناخته می‌شوند (۲۱). باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) قادرند با بهره‌گیری از یک یا چند ساز و کار موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه شوند. بطورکلی باکتری‌های محرک رشد گیاه به دو روش مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه تاثیر می‌گذارند (۱۲). در روش مستقیم این باکتری‌ها با روش‌هایی مانند سنتز تنظیم کننده‌های رشد (۲۷)، سیدروفور (۲۴)، آنزیم ACC دی آمیناز (۲۸) و افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول (۳۱) باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. در روش غیرمستقیم باکتری‌های محرک رشد گیاه، اثرات مضر عوامل بیماریزا را در ریزوسفر با تولید مواد مختلف از قبیل آنتی بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و یا افزایش مقاومت گیاه میزبان نسبت به عوامل بیماریزا، خنثی یا تعدیل می‌کنند (۱۲).

باکتری‌های محرک رشد گیاه طیف نسبتاً وسیعی از جنس‌ها از قبیل *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Serratia*, *Bacillus*, *Flavobacterium* را شامل می‌شوند (۱۲). باکتری‌های جنس فلاوباکتریوم هوازی، گرم منفی، متقارن و میله ای به طول ۳ میکرون می‌باشند. این جنس دارای بیش از ۱۰۰ گونه بوده و در زیستگاه‌های متنوعی شامل خاک، آب، رسوبات اقیانوسی و مواد غذایی دیده می‌شوند (۱۶). این باکتری‌ها فاقد گرانول‌های پلی بتا هیدروکسی بوتیرات، اندوسپور و تاژک هستند و به هنگام رشد در محیط جامد رنگدانه های زرد تا نارنجی تولید می‌کنند (۶ و ۱۵).

به اعتقاد گری و اسمیت (۱۳) فلاوباکتریوم از جنس‌های غالب در ریزوسفر گیاهان زراعی می‌باشد. با این حال در مقایسه با سایر

۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸- دانشیار، مربی، دانشیار، استادیار، مربی و دانشیاران خاکشناسی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲- استاد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadi_1999@yahoo.com)
۹- استادیار خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

باکتری‌های محرک رشد گیاه، اطلاعات زیادی از فیزیولوژی این باکتری و تاثیرات آن بر رشد گیاه موجود نیست (۲۳). کلوپر و همکاران (۲۲) وجود فلاوباکتریوم در خاک اطراف ریشه بادام زمینی را گزارش کرده اند. وجود فلاوباکتریوم در برگ‌ها و سایر اندام‌های هوایی گیاهان نیز به اثبات رسیده است و گزارشاتی مبنی بر جداسازی جنس فلاوباکتریوم از فیلوسفر درختان جنگلی نیز وجود دارد (۱۱). رفیعی و اسدی رحمانی (۱) با جمع‌آوری ۶۵ نمونه خاک ریزوسفری گندم موفق به جداسازی ۶۱ جدایه فلاوباکتریوم شدند. این محققین با شناسایی این جدایه‌ها وجود ۶ گونه را در ایران گزارش کردند. صفات محرک رشدی این باکتری‌ها شامل تولید تنظیم کننده‌های رشد، سیدروفور، آنزیم ACC deaminase و حلالیت فسفات‌های نامحلول و نیز کارایی آن‌ها در افزایش رشد گندم در شرایط درون شیشه‌ای نیز توسط سایر محققین مورد مطالعه قرار گرفته است (۲ و ۳۳). مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده است بسیاری از سویه‌های فلاوباکتریوم دارای صفات محرک رشد گیاه بوده و می‌توانند رشد و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار دهند. کیرچنر و همکاران (۲۰) نیز به وجود فلاوباکتریوم در ریزوسفر گندم و جو اشاره نموده‌اند. این محققین با تلقیح گندم و جو با فلاوباکتریوم، افزایش عملکردی معادل ۵۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار را گزارش نمودند. دی بوئر و کوپمان (۱۰) نیز فلاوباکتریوم را از ریزوسفر سیب‌زمینی جداسازی نمودند. بلیموف و همکاران (۴) نشان دادند که طول ریشه گیاهچه‌های کلزا در اثر تلقیح با فلاوباکتریوم افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز در مورد گیاهچه‌های جو تلقیح شده با فلاوباکتریوم تحت تنش آلودگی خاک گزارش شده است (۳۰). در یک مطالعه هبار و همکاران (۱۴) باکتری‌های محرک رشد متعددی از جمله فلاوباکتریوم را از ریزوسفر ذرت جداسازی کردند که دارای خاصیت آنتاگونیستی در مقابل قارچ بیماریزای فوزاریوم بودند. پیکت (۲۹) اعتقاد دارد برخی از گونه‌های فلاوباکتریوم دارای توان تثبیت نیتروژن می‌باشند. در آزمایشات گلخانه‌ای نیز تلقیح گندم با فلاوباکتریوم سبب افزایش معنی‌دار در میزان جذب نیتروژن، ارتفاع گیاه، طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه نسبت به شاهد بدون تلقیح شد. گیری و پتی (۱۱) باکتری‌های فلاوباکتریوم تثبیت‌کننده نیتروژن را از فیلوسفر درختان جنگلی جداسازی نمودند که به ترتیب قادر به احیای ۱۳۲ نانومول استیلن بودند. آنها با اسپری نمودن باکتری‌های فوق بر روی فیلوسفر ذرت، افزایش بیش از ۳۰ درصد در عملکرد گیاه را مشاهده نمودند.

فلاوباکتریوم‌های جدا شده از خاک علاوه بر تحریک رشد گیاه قادر به تولید آنتی بیوتیکی به نام فلاوسین می‌باشند که دارای خواص قارچ‌کشی و باکتری‌کشی است. اثر آنتاگونیستی فلاوسین در شرایط مزرعه بر روی چغندرقند، جو، گندم بهاره، سیب‌زمینی و انگور بررسی و اثر آن را در کاهش آفات گیاهی مشاهده شده است (۳۲). این باکتری‌ها همچنین در تجزیه زیستی آفت‌کش‌ها، فلوئورو بنزن، ۶-آمینوهگزانوات ـ الیگومر، پروپیونیک اسید و پنتاکلروفنل نقش دارند (۸، ۱۸ و ۲۶).

با وجود مطالعات زیاد انجام شده در مورد باکتری‌های محرک رشد گیاه از جنس‌های مختلف، در خصوص باکتری‌های جنس فلاوباکتریوم مطالعات زیادی وجود ندارد و تنها در دو دهه اخیر از تاثیرات مثبت این باکتری‌ها بر رشد و عملکرد گیاه گزارشاتی بچاپ رسیده است. در ایران تاکنون گزارشی در این خصوص و بویژه بر روی گندم به چاپ نرسیده است.

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر جدایه‌های منتخب فلاوباکتریوم در افزایش رشد و عملکرد گندم در شرایط مزرعه ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از چهار سویه منتخب فلاوباکتریوم استفاده شد. مراحل جداسازی فلاوباکتریوم ها، شناسایی تا حد گونه و بررسی صفات محرک رشدی آنها در آزمایشات قبل انجام شد (۱، ۲ و ۳۳). چهار سویه مورد استفاده شامل سویه‌های F9, F11, F40 متعلق به گونه *F.odoratum* و سویه F21 متعلق به گونه *F.indoltheticum* بودند که کارایی آن‌ها از لحاظ صفات محرک رشد گیاه در آزمایشات قبل به اثبات رسیده بود.

آزمایشات مزرعه ای در یکسال استان‌های خراسان رضوی، خوزستان، فارس، مازندران و کرمانشاه انجام شد. طرح آزمایشی مورد استفاده طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار شامل چهار سویه فلاوباکتریوم و یک تیمار شاهد بدون تلقیح و با چهار تکرار بود. در هر استان در مزرعه آزمایشی پس از شخم و آماده سازی یک نمونه خاک مرکب تهیه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) و مورد تجزیه قرار گرفت. رقم گندم مورد استفاده از ارقام اصلاح شده هر منطقه انتخاب گردید به نحوی که در استان‌های خراسان و فارس از رقم پیشتاز، استان کرمانشاه از رقم مرودشت، استان خوزستان از رقم چمران و استان مازندران از رقم میلان استفاده شد. میزان بذر بر اساس وزن هزار دانه و تراکم ۴۵۰ بوته در هر متر مربع بود. کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۶×۲/۴ متر دارای ۹ خط کشت بود که فاصله خطوط کشت از یکدیگر ۳۰ سانتی متر و فاصله بذور روی هر خط کشت ۱۰ سانتی متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر بود و فاصله بین تکرارها نیز ۴ متر در نظر گرفته شده بود. تیمارها در کرت‌های اصلی به صورت تصادفی قرار گرفت. تمامی کودهای شیمیایی مورد نیاز در قطعات آزمایشی بر اساس نتایج آزمون خاک مصرف شدند و با توجه به تفاوت سطح حاصلخیزی خاک‌های هر نقطه، میزان کود مصرفی متفاوت بود. سویه‌های مورد استفاده بطور مجزا در محیط کشت نوترینت براث به مدت ۷۲ ساعت و تا رسیدن به جمعیت 5×10^{8} تکثیر و به‌صورت مایع فرموله شدند. مقدار مصرف مایه تلقیح فلاوباکتریوم معادل ۱۰

میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر گندم بود. برداشت از کرت‌های آزمایشی با حذف یک متر از بالا و پایین هر کرت و سه ردیف کناری از اطراف، از ۳ ردیف وسط انجام شده و شاخص‌های عملکرد دانه، عملکرد کل (دانه +کاه)، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد خوشه در هر متر مربع، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS انجام شد و میانگین‌های بدست آمده با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

نتایج تجزیه خاک‌های مزارع آزمایشی در جدول یک ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که خاک مزارع مورد نظر فاقد محدودیت اسیدیته و شوری بوده و عموماً دارای محتوای بالای آهک بوده اند. همچنین سطح حاصلخیزی این خاک‌ها در عمده موارد پایین بود که قبل از کشت از مقادیر متناسب کود شیمیایی استفاده شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک‌های مزارع آزمایشی

Table 1- Some soil characteristics of experimental farms.

استان Province	Mn	Fe	Zn	Cu	K	P	T.N.V	O.C	pH	EC
	(mg/kg)						(%)			dS/m
مازندران Mazandaran	6.1	8.0	0.8	3.6	625	17.7	21	1.89	7.8	0.91
خوزستان Khuzestan	5.6	2.6	1.0	1.6	209	7.6	48	1.03	7.6	0.85
خراسان رضوی Khorasan Razavi	7.8	3.8	0.6	2.5	133	11.6	18.8	0.33	8.0	1.85
فارس Fars	10.8	6.2	0.7	2.4	250	9.3	44	0.65	8.1	0.96
کرمانشاه Kermanshah	6.0	5.2	0.4	1.4	590	6.6	17	0.84	7.8	0.60

نتایج آزمایشات مزرعه ای نشان داد که باکتری‌های مورد استفاده در تمامی استانها سبب افزایش رشد و عملکرد دانه در استان‌های مذکور شدند.

Results of field experiments showed that used bacteria, was increased growth and grain yield in all provinces.

استان مازندران

کاربرد باکتری‌های فلاوباکتریوم در استان مازندران سبب تاثیر معنی دار در تمامی شاخص‌های مورد اندازه گیری به استثنای طول خوشه شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در استان مازندران

Table 2- Sum of squar of evaluated traits in Mazandaran province

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant (cm) height	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^{1-})	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
تکرار Repeat	3	0.12^{ns}	44.33^{ns}	0.72^{ns}	9.86^{ns}	0.21^{ns}	71057^{ns}	78973.5^{ns}
تیمار Treatment	4	0.02^{ns}	7107.75^{**}	14.08^{**}	27.52^{**}	1.79^{*}	21261757^{**}	4097315^{**}
خطا Error	12	0.10	38.92	0.68	4.35	0.43	173525	73448.5

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

*And ** denote significance at 5 and 1% respectively, ns is non-significant

تمامی سویه‌های مورد استفاده سبب افزایش عملکرد دانه در استان مازندران شدند هر چند سویه F21 تاثیر معنی‌داری در عملکرد دانه نداشت (جدول ۳). دو سویه F9 و F40 برترین سویه‌ها بودند و سبب افزایش عملکرد دانه به ترتیب معادل ۳۱ و ۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. همچنین سویه F40 برترین باکتری از لحاظ تاثیر بر عملکرد کل، تعدا دانه در خوشه، تعدادخوشه در متر مربع و طول خوشه بود.

استان خوزستان:

سویه‌های مورد استفاده در استان خوزستان با وجود افزایش در تمامی صفات مورد بررسی سبب ایجاد تفاوت‌های معنی دار نسبت به شاهد نشدند (جدول ۴).

جدول ۳- تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر شاخص‌های گندم در استان مازندران

Table 3- Impact of *Flavobacterium* strain on wheat indicators in Mazandaran province

سویه باکتری Bacterial strain	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^{1-})	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
F9	8.8 a	466 a	30.3 a	75.0 bc	29.1 ab	13110 b	4497 a*
F11	8.8 a	450 b	29.5 a	78.7 a	29.7 a	13455 b	4267 a
F21	8.9 a	388 c	27.3 b	78.1 ab	28.4 b	9563 c	3483 b
F40	8.9 a	448 b	30.8 a	78.5 a	29.6 a	14217 a	4454 a
شاهد بدون تلقیح control without inoculation	8.7 a	371 d	26.5 b	72.7 c	28.2 b	9340 c	3421 b

* حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

*Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test

جدول ٤- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در استان خوزستان

Table 4- Sum of squar of evaluated traits in Khuzestan province

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^{1-})	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain ield (ton. ha^{1-})
تکرار Repeat	3	0.03^{ns}	2562^{**}	5.30^{ns}	1.95^{ns}	7.32^{ns}	6071448^{ns}	278573^{ns}
تیمار Treatment	4	0.22^{ns}	623.000^{ns}	45.36^{ns}	2.48^{ns}	1.39^{ns}	5265050^{ns}	2214468^{ns}
خطا Error	12	0.20	334.33	7.70	1.24	2.68	4845581	456374

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

*And ** denote significance at 5 and 1% respectively, ns is non-significant

چهار سویه فلاوباکتریوم مورد استفاده سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند هرچند افزایش معنی‌داری ملاحظه نشد (جدول ۵). سویه F9 سبب افزایش ۷ درصد در عملکرد دانه نسبت به شاهد شد و بیشترین تاثیر را در مقایسه با سایر سویه‌ها داشت. این روند در مورد سایر صفات نیز ملاحظه شد و سویه F21 بیشترین تاثیرات مثبت را در این صفات داشت هر چند این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند.

جدول ۵- تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر شاخص‌های گندم در استان خوزستان

Table 5- Impact of *Flavobacterium* strain on wheat indicators in Khuzestan province

سویه باکتری Bacterial strain	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
F9	9.0 a	394 b	38.0 a	100.0 a	46.7 ab	12011 a	6201 a
F11	8.8 a	422 a	37.7 a	99.3 a	46.5 ab	13741 a	5621 a
F21	9.0 a	392 b	40.5 a	100.5 a	47.8 a	14741 a	6079 a
F40	9.0 a	375 bc	38.0 a	99.0 a	46.7 ab	14246 a	5758 a
شاهد بدون تلقیح control without inoculation	8.9 a	354 c	38.0 a	98.9 a	44.1 b	12170 a	5756 a

* حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

*Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

استان خراسان رضوی:

در استان خراسان رضوی تمامی صفات مورد بررسی به غیر از عملکرد دانه و وزن هزار دانه در اثر تلقیح با سویه‌های فلاوباکتریوم افزایش یافت (جدول ۶).

جدول ٦- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در استان خراسان رضوی

Table 6- Sum of squar of evaluated traits in Khorasan razavi province

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain ield) (ton. ha^{1-})
تکرار Repeat	3	0.18^{ns}	79.9^{**}	5.13^{ns}	0.16^{ns}	0.02^{ns}	4588846^{ns}	742072^{ns}
تیمار Treatment	4	2.67^{**}	217.5^{*}	37.80^{**}	4.80^{**}	0.21^{ns}	3175231^{**}	1588077^{ns}
خطا Error	12	0.08	55.8	2.60	0.85	0.55	3175542	759324

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

*And ** denote significance at 5 and 1% respectively, ns is non-significant

جدول مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی نشان داد کاربرد سویه‌های فلاوباکتریوم تمامی صفات مورد مطالعه را در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داد (جدول ۷). سویه F40 برترین سویه در بین چهار سویه فلاوباکتریوم بود که توانست بصورت معنی داری عملکرد دانه (۳۲ درصد)، ارتفاع گیاه (۲/۵ درصد)، تعداد دانه در خوشه (۲۲٪)، تعداد خوشه در متر مربع (۵ درصد) و طول خوشه (۲۰ درصد) را افزایش دهد. این سویه همچنین عملکرد کل (۱۵درصد) و وزن هزار دانه (۱/۵ درصد) را نیز در مقایسه با شاهد افزایش داد هر چند این تاثیر از نظر آماری معنی دار نبود.

جدول ۷- تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر شاخص‌های گندم در استان خراسان رضوی

Table 7- Impact of *Flavobacterium* strain on wheat indicators in Khorasan Razavi province.

سویه باکتری Bacterial strain	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
F9	9.5 b	402 a	38.5 c	100.1 ab	41.4 a	14308 a	4306 ab
F11	8.9 c	399 ab	40.5 bc	101.2 a	41.5 a	15350 a	4567 ab
F21	9.4 b	401 a	42.3 ab	101.4 a	41.5 a	14722 a	4363 ab
F40	11.0 a	407 a	43.5 a	101.4 a	41.6 a	16410 a	5129 a
شاهد بدون تلقیح control without inoculation	9.2 bc	387 b	35.7 d	98.9 b	41.0 a	14286 a	3882 b

* حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

استان فارس:

کاربرد سویه‌های فلاوباکتریوم بصورت معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد کل را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۸). سایر صفات مورد بررسی شامل وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در متر مربع و طول خوشه تحت تاثیر معنی‌دار قرار نگرفتند.

جدول ۸- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در استان خراسان رضوی

Table 8- Sum of squar of evaluated traits in Khorasan razavi province

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
تکرار Repeat	3	1.72 *	332.6 ns	5.48 ns	16.47 ns	14.9 ns	316916 *	114396 ns
تیمار Treatment	4	0.34 ns	595.3 ns	۷/۸۱ ns	3.40 ns	6.6 ns	۱۷۱۸۹۷۸ **	716007 **
خطا Error	12	0.25	772.8	12.27	5.92	4.8	86184	113305

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

*And ** denote significance at 5 and 1% respectively, ns is non-significant

تلقیح بذور گندم با سویه‌های فلاوباکتریوم سبب افـزایش تمـامی صفات مورد بررسی شد هر چند این تاثیرات فقط در مورد عملکرد دانه و عملکرد کل معنی‌دار شد (جدول ۹). سویه F40 بیشترین تاثیر را بـر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از ارتفاع گیاه داشت. عملکـرد دانـه و عملکرد کل گیاه در اثر تلقیح با این سویه به ترتیب معادل ۱۰ درصـد و ۱۱/۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت.

جدول ۹- تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر شاخص‌های گندم در استان خراسان رضوی

Table 9- Impact of *Flavobacterium* strain on wheat indicators in Khorasan Razavi province.

سویه باکتری (Bacterial strain)	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) (Grain yield) (ton. ha^{1-})
F9	8.5 a	398 a	42.8 a	88.9 a	36.4 a	14300 b	6122 c
F11	8.5 a	407 a	44.9 a	87.0a	38.4 a	15200 a	6622 ab
F21	8.6 a	412 a	41.4 a	89.0 a	38.8 a	14500 b	6423 bc
F40	9.0 a	423 a	42.8 a	87.9 a	39.9 a	15600 a	6850 a
شاهد بدون تلقیح control without inoculation	8.5 a	392 a	41.7 a	87.3 a	37.8 a	14000 b	6209 c

* حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

استان کرمانشاه:

نتایج آزمایش انجام شده در استان کرمانشاه نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد کل و ارتفاع گیاه بصورت معنی داری تحت تاثیر تلقیح با سویه‌های فلاوباکتریوم قرار گرفتند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در استان کرمانشاه

Table 10- Sum of squar of evaluated traits in Kermanshah province.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
تکرار Repeat	3	0.08 ns	22.2 ns	0.67 ns	1.98 ns	1.4 ns	337100 ns	31500 ns
تیمار Treatment	4	0.05 ns	131.5 ns	0.93 ns	37.93**	1.6 ns	4596307 **	136250*
خطا Error	12	0.04	58.6	0.79	5.63	1.9	312937	29625

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

*And ** denote significance at 5 and 1% respectively, ns is non-significant

کاربرد باکتری‌های فلاوباکتریوم در کشت گندم در استان کرمانشاه نشان داد کلیه صفات مورد بررسی در اثر تلقیح با این باکتری‌ها در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش یافتند (جدول ۱۱). از نظر تاثیر بر عملکرد دانه، عملکرد کل، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد خوشه در متر مربع و طول خوشه دو سویه F40 و F21 بیشترین تاثیر را داشتند. کاربرد این باکتری‌ها توانست عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد بدون تلقیح معادل ۴ درصد افزایش دهد.

جمع‌بندی تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر عملکرد گندم در استان‌های مختلف در جدول ۱۲ خلاصه شده است.

بر اساس جدول ۱۲ سویه F40 موثرترین سویه فلاوباکتریوم در افزایش عملکرد دانه در مقایسه با سایر سویه‌هاست. این سویه در چهار استان از ۵ استان سبب افزایش عملکرد دانه شد که این افزایش در استان‌های مازندران و خراسان رضوی بسیار قابل توجه بود.

جدول ۱۱- تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر شاخص‌های گندم در استان کرمانشاه

Table 11- Impact of *Flavobacterium* strain on wheat indicators in Kermanshah province

سویه باکتری bacterial strain	طول خوشه (سانتی متر) Panicle length (cm)	تعداد خوشه (در متر مربع) panicle number (per m^2)	تعداد دانه در خوشه panicle grains number	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد کل (تن در هکتار) Overal yield (ton. ha^1)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton. ha^{1-})
F9	6.4 a	405 a	41.3 a	87.3 ab	35.5 a	13500 a	5607 a
F11	6.4 a	401 a	41.0 a	83.9 bc	35.8 a	13900 a	5584 a
F21	6.5 a	398 a	41.0 a	89.1 a	36.3 a	12500 b	5765 a
F40	6.3 a	406a	40.8 a	85.8 ab	36.3 a	14100 a	5653 a
شاهد بدون تلقیح control without inoculation	6.2 a	392 a	40.0 a	81.1 c	34.8 a	11500 c	5531 b

* حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5% level by Duncan's test.

جدول ۱۲- افزایش عملکرد نسبی در گیاهان تلقیح شده با سویه‌های مختلف نسبت به شاهد

Table 12- Increased relative performance on control plants inoculated with different strains.

استان Province	سویه‌های فلاوباکتریوم (*Flavobacterium* strain)			
	F40	**F21**	**F11**	**F9**
مازندران (Mazandaran	30	2	25	32
خوزستان Khuzestan	-	6	-	8
خراسان رضوی Khorasan Razavi	32	12	18	11
فارس Fars	10	3	7	-
کرمانشاه Kermanshah	2	4	1	2
میانگین کلی Overall Average	14.8	5.4	10.2	10.6

بحث در مورد نتایج

در این آزمایشات تاثیر سویه‌های فلاوباکتریوم بر رشد و عملکرد دانه گندم مورد بررسی قرار گرفت. این سویه‌ها در آزمایشات قبل از ریزوسفر گندم از نقاط مختلف ایران جداسازی شده بودند. این امر وجود فلاوباکتریوم را در خاک‌های ایران اثبات می‌کند. سایر محققین نیز وجود این باکتری را در ریزوسفر گیاهان زراعی بویژه غلات گزارش کرده اند (۱۳ و ۳۴). سایر محققین با اعتماد بیشتری فلاوباکتریوم را باکتری غالب در ریزوسفر گیاهان می‌دانند (۱۷ و ۲۵).

سویه‌های فلاوباکتریوم مورد استفاده در این تحقیق سبب تاثیرات قابل توجه در علمکرد دانه و سایر فاکتورهای مورد بررسی شدند. در استان خوزستان این تاثیرات بویژه در خصوص عملکرد دانه قابل توجه و معنی دار نبودند. در این استان دو سویه F9 و F21 سبب افزایش ۸ و ۶ درصد در عملکرد دانه شدند ولی این افزایش تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشت. به نظر می‌رسد عدم تاثیر باکتری‌ها در این استان می‌تواند به دلیل تفاوت اقلیمی خوزستان با سایر استان‌ها و دمای بالای هوا باشد. درجه حرارت بالا می‌تواند سبب از بین رفتن باکتری‌های تلقیح شده در خاک شود. موارد مشابه قبلا توسط سایر محققین گزارش شده است (۳).

سایر صفات اندازه گیری شده در این تحقیق تحت تاثیر تلقیح بذور با فلاوباکتریوم قرار گرفتند. در این بین فاکتورهایی مانند عملکرد کل، ارتفاع گیاه و تعداد خوشه در متر مربع تاثیر بیشتری از تلقیح یافتند و در اکثر موارد توسط تلقیح افزایش یافتند. خالد و همکاران (۱۹)، مشاهده نمودند تلقیح با فلاوباکتریوم مالتیوروم سبب افزایش طول ریشه (۱۷/۳ درصد)، وزن خشک ریشه (۱۳/۵ درصد)، ارتفاع گیاه (۳۷/۷ درصد) و وزن خشک اندام هوایی (۳۶/۳ درصد) شد. تاثیر فلاوباکتریوم‌ها در بهبود رشد و عملکرد سایر گیاهان زراعی نیز گزارش شده است. کاتلان و همکاران (۹) اثر تلقیح گیاه سویا با *F.indologenes* را در یک آزمایش گلخانه‌ای بررسی و مشاهده نمودند که صفات زراعی سویا مانند وزن خشک اندام هوایی، تعداد و وزن گره افزایش یافت. نتایج مشابهی در مورد جو (۳۰)، کلزا (۴) و برنج (۵) وجود دارد.

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که باکتری‌های جنس فلاوباکتریوم در ریزوسفر گندم در ایران حضور دارند و می‌توانند سبب بهبود مشخصات رشدی و عملکرد گندم در آزمایشات گلخانه‌ای و مزرع ای شوند. سویه F40 در مجموع سبب افزایش حدود ۱۵ در صد در عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد که به عنوان بهترین سویه می‌تواند به عنوان مایه تلقیح برای کشت گندم مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1- Asadi-Rahmani H., Rasanen L.A., Afshari M., and Lindstrom K. 2011. Genetic diversity and symbiotic effectiveness of rhizobia isolated from root nodules of Phaseolus vulgaris grown in soils of Iran. Applied Soil Ecology, 48:287-293.

2- Belimov A.A., Kunakova A.M., Safronova V.I., Stepanok V.V., Yudkin L.Y., Alekseev, Y.V. and Kozhemyakov A.P. 2004. Employment of rhizobacteria for the inoculation of barley plants cultivated in soil contaminated with lead and cadmium. Microbiology (Moscow), 73:99-106.

3- Belimov A.A., Hontzeas N., Safronova V.I., Demchinskaya S.V., Piluzza G., Bulitta, S. and Glick B.R. 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. czern.). Soil Biology and Biochemistry, 37: 241-250.

4- Bernardet J.F., and Bowman J.P. 2011. Genus I. *Flavobacterium* In: Whitman, W. (ed), Bergey's manual of systematic bacteriology, 2nd ed., Vol. 4, Williams and Wilkins Co., Baltimore, MD.

5- Boven G.D., and Rovira A.D. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. Advances in Agronomy, 66: 1-102.

6- Carvalho M.F., Alves C.C.T., Ferreira M.I.M., Marco P.D. and Castro P.M.L. 2002. Isolation and initial characterization of a bacterial consortium able to mineralize fluorobenzene. Applied and Environmental Microbiology, 68: 102-105.

7- Cattelan A.J., Hartel P.G. and Fushrman J.J. 1999. Screening for plant growth promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America Journal, 63: 1670-1680.

8- DeBoer S.H., and Copeman R.J. 1974. Endophytic bacteria flora in *Solanum tubersum* and its significance in bacterial ring rot diagnosis. Canadian Journal of Plant Sciences, 54: 115-122.

9- Giri S., and Patti B.R. 2004. A comparative study on phyllosphere nitrogen fixation by newly isolated *Corynebacterium* sp. and *Flavobacterium* sp. and their potential as biofertilizer. Acta Microbiologia Immunologia, Hung. 51: 47-56.

10- Glick B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41: 109-117.

11- Gray E.J., and Smith D.L. 2004. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalties and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry, 5: 1-18.

12- Hebbar K.P., Davey A.G. and Dart P.J. 1992. Rhizobacteria of maize antagonistic to *Fusarium moniliforme*, a soil-borne fungal pathogen: Isolation and identification. Soil Biology and Biochemistry, 24: 979-987.
13- Holmes B. 1991. The genera *Flavobacterium* , *sphingobacterium* , and *weeksella*. In: Balows A., Truper H., Dworking M., Harder W., and Schleifer K. (eds). The Prokayotes: A hand book on the biology of bacteria, Vol. 4, pp: 3620-3627, Springer- Verlag, New York.
14- Holmes B., Owen M.C.. and Meekin T. 1984. Genus *Flavobacterium*. in krieg N.R., and Holt J.G. (eds.) Bergys Mannual of systematic Bacteriology. Vol. 1. pp: 353-361, Williams and Wilkins, U.S.A.
15- Johansen J.E., Nielsen P., and Binnerup S.J. 2009. Identification and potential enzyme capacity of flavobacteria isolated from the rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare* L.). Canadian Journal of Microbiology, 55: 234 -241.
16- Karpouzas D.G., Fotopoulou A., Menkissoglu-Spiroudi, V. and Singh B.K. 2005. Non-specific biodegradation of the organophosphorus pesticides, cadusafos and ethoprophos, by two bacterial isolates. 2005. FEMS Microbiology Ecology, 53 (3): 369-378.
17- Khalid A., Arshad M., and Zahir A.Z. 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology, 96: 473- 480.
18- Kirchner M.J., Wollum A.G., and King L.D. 1993. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. Soil Science Society of America Journal, 57:1289-1295.
19- Kloepper J.W., Lifshitz R., and Zablotwicz R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology, 7: 39-43.
20- Kloepper J.W., Tuzun S., and Kuc J. 1992. Proposed definitions related to induced disease resistance. Biocontrol Science and Technology, 2:349-351.
21- Kolton M., Green S.J., Harel Y.M., Sela N., Elad Y., and Cytryna E. 2012. Draft genome sequence of *Flavobacterium* sp. strain F52, isolated from the rhizosphere of bell pepper (Capsicum annuum L. cv. Maccabi). Journal of Bacteriology, 194: 5462-5463.
22- Loper J.E., and Henkles M.D. 1999. Utilization of heterologous siderophores enhances levels of iron available of *Pseudomonas putida* in the rhizosphere. Applied and Environmental Microbiology, 65: 5357-5363.
23- Manter D.K., Delgado J.A., Holm D.G., and Stong R.A. 2010. Pyrosequencing reveals a highly diverse and cultivar-specific bacterial endophyte community in potato roots. Microbial Ecology, 60:157-166.
24- Negoro S., Kato K., Fujiyama K., and Okada H. 1994. Nylon oligomer biodegradation system of *Flavobacterium* and *pseudomonas*. Biodegradation, 5: 185-194.
25- Patten C.L., and Glick B.R. 2002. Regulation of indoleacetic acid production in *Pseudomonas putida* GR12-2 by tryptophan and stationary-phase sigma factor Rpos. Canadian Journal of Microbiology, 48: 635-642.
26- Penrose M., and Glick R. 2003. Methods for isolating and characterizing Acc deaminase containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiologia Plantarum, 118: 10-15.
27- Pickett M.J. 1989. Methods for identification of *Flavobacterium*. Journal of Clinical Microbiology, 27: 2309-2315.
28- Pishchik V.N., Vorobyev N.L., Chernyaeva I.I., Timofeeva S.V., Pleozhemyak V.A., Alexeer Y.V., and Lukin S.M. 2002. Experimental and mathematical simulation of plant growth promoting rhizobacteria and plant interaction under cadmium stress. Plant and Soil, 243: 173-186.
29- Rafiee S., and Asadi-Rahmani H. 2010. Isolation and identification of different species of Flavobacterium from the rhizosphere of wheat cultivated in the different regions of Iran. Journal of Water and Soil, 24 (2): 254-261. (in Persian with English abstract)
30- Raju R.A., and Reddy M.N. 1999. Effect of rock phosphate amended with phosphate solubilizing bacteria and farmyard manure in wetland (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agricultural Science, 69: 451-453.
31- Shenin Y.D., Kruglikova L.F., Vasyuk L.F., Kozhemyakov A.P., Chebotar V.K., and Popova T.A. 1996. A new metabolite with fungistatic and bacteriostatic activity produced by *Flavobacterium* sp. strain L-30, Antibiotik. Khimioterapy, 41: 6-12.
32- Soltani Toolaroud A. 2006. Isolation, identification and characterization of PGP traits in Flavobacterium and Fluorescent pseudomonads native to Iranian soils. MSc thesis, University of Tehran.
33- Soltani A.A., Khavazi K., Asadi-Rahmani H., Omidvari M., Abbaszadeh P. and Mirhoseyni H. 2010. Plant Growth Promoting Characteristics in Some *Flavobacterium* spp. Isolated from Soils of Iran. Journal of Agricultural Science, 2: 106-115.
34- Vassyuk F., Popova T.A., Tehebotar V.K., Kaltchitsky A.E., and Ivanov N.S. 1995. Assocative diazotrophs of different systematic groups and their effect on productivity of agricultural crops. In: Polsinelli, M., Materassi, R. and Vincenzini, M. (Eds). Nitrogen Fixation. Kluwer Academic Publichers.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 125-135

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۵، ص. ۱۳۵-۱۲۵

Potential of Flavobacterium as Biofertilizer to Increase Wheat Yield

H. Asadi Rahmani[1*]- A. Lakzian[2]- J. Ghaderi[3]- P. Keshavarz[4]- H. Haghighatnia[5]- K. Mirzashahi[6]- M. R. Ramezanpour[7]- A. Charati Arayi[8]- A. Mohammadi Torkashvand[9]

Received: 18-01-2014
Accepted: 24-01-2015

Intoduction: Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) are a diverse group of bacteria consisting different species like *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Flavobacterium*, *Bacillus* and *Serratia* with ability of enhancing plant growth and yield by different mechanisms. Flavobacteria are aerobic, gram negative, rod shape bacteria with more than 100 species living in different habitats ranging from soil and water to the foods. There are reports indicating that Flavobacteria are of dominant rhizosphere bacteria with beneficial effects on agricultural crops. Studies in Iran showed that six species of Flavobacterium were isolated and identified from rhizosphere of wheat. The aim of this study was to evaluate the effect of four strains of *Flavobacterium* on growth and yield of wheat under field conditions.

Materials and Methods: In this study four strains of *Flavobacterium* F9, F11, F21 and F40 were used. Bacterial strains were propagated in liquid NB growth medium and were used in field experiments. Fields were prepared in Khorasan Razavi, Khuzestan, Fars, Mazandran and Kermanshah and wheat seeds were inoculated with strains and sowed in a randomized complete block design (RCBD) with five treatments (four strains and a un-inoculated control) with four replications. Wheat varieties were Pishtaz in Khorasan and Fars, Marvdasht in Kermanshah, Chamran in Khuzestan and Milan in Mazandaran. Chemical fertilizers were used based on soil analysis. The rate of inoculation was 10 ml of bacteria per kg of seed. Plants were harvested at the end of the experiment and seed yield, total shoot biomass, 1000-seed weight, plant height, number of panicles per m^2, number of seeds per panicle and panicle length were measured. Data analysis was performed by SPSS software, and the means were compared at α=5% by Duncan test.

Results and discussion: Results of the study showed that bacterial strains increased growth and yield of wheat in all provinces. In Mazandaran, all strains promoted seed yield although the effect of F21 was not significant. F40 had the highest effect on factors measures in the study. In Khuzestan, inoculation had no significant effect of seed yield production, although yield production was increased compared to control treatment. There was a similar trend regarding to other factors. In Khorasan, all factors were increased except for seed yield and 1000-seed weight due to inoculation with *Flavobacterium* strains. In Fars, inoculation with strain F40 significantly increased seed yield production by 11.5% compared to control treatment. In Kermanshah, seed yield, total biomass and plant height were significantly affected by inoculation with bacterial strains. Results showed that strain F40 was the most effective strain to increase yield of wheat. This study showed that *Flavobacterium* as a PGPR bacteria is able to positively affect the growth of wheat in Iran. This is in agreement with experiments in other parts of the world. In Khuzestan, bacteria were not effective on growth of wheat probably due to high soil temperature in this province compared to other provinces.

Conclusions: This study revealed that Flavobacteria are present in rhizosphere of wheat in Iran and could improve growth characteristics and yield of wheat in field experiments. Finally, strain F40 was the superior strain which increased seed yield by 15 % compared to control treatment.

Keywords: Plant growth promoting characteristics, Flavobacterium, Biofertilizer, Wheat

1, 3, 4, 5, 6, 7, 8- Associate Professor, Researcher, Associate Professor, Asistant Professor, Researcher, Associate Professors, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension and Organization
(*-Corresponding Author Email: asadi_1999@yahoo.com)
2- Professor, Ferdowsi University of Mashhad
9- Asistant Professor, Islamic Azad University, Rasht Branch