نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 1226-1208

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1208-1226

بررسی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی و تنش خشکی بروی صفات فیزیولوژیک و عملکرد نهایی در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.)

پویا آروین[1*]، جواد وفابخش[2] و داریوش مظاهری[3]

تاریخ دریافت: 1395/10/28
تاریخ پذیرش: 1396/03/06

آروین، پ.، وفابخش، ج.، و مظاهری، د. 1396. بررسی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی و تنش خشکی بروی صفات فیزیولوژیک و عملکرد نهایی در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 9(4): 1226- 1208.

چکیده:

به‌منظور بررسی صفات فیزیولوژیک و عملکرد نهایی ارقام کلزا متعلق به شش ژنوتیپ کلزای معمولی (*Brasica napus* L.)، شلغم روغنی (*Brasica rapa* L.) و خردل وحشی (*Brasica juncea* L.) در شرایط تنش و عدم تنش و کاربرد نژادهای *سودوموناس*، دو آزمایش (شامل مزرعه تنش و عدم تنش) در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد، در سال زراعی90-1389، با طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. بررسی صفات فیزیولوژیکی شامل شاخص برداشت، درجه سبزینگی، محتوی نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری را در میان محیط، رقم و باکتری در رقم نشان داد. تغییرات صفت محتوی نسبی آب برگ، از 64/23 درصد در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) تا 60/32 درصد در تیمار عدم تلقیح متغیر بود. اثر باکتری به‌صورت مجزا و مرکب با سایر تیمارها بر روی شاخص برداشت معنی‌دار شد. تفاوت معنی‌داری بین دو محیط و ارقام و برهم‌کنش محیط در رقم در مورد عملکرد دانه وجود داشت. عملکرد نهایی در محیط بدون تنش برابر 1351/85 کیلوگرم در هکتار به‌طور برجسته‌ای بالاتر از عملکرد در محیط تنش معادل 535/38 کیلوگرم در هکتار بود. در بررسی صفات مرفولوژیک و اکوفیزیولوژیک این تحقیق هیبریدهای هایولا برتری خود را نشان دادند که این مهم منتهی به شکل‌گیری عملکرد بالاتر در این ارقام با 1381 کیلوگرم در هکتار در رقم هایولا 330 و 1083 کیلوگرم در هکتار در رقم هایولا 401 شد. درنتیجه، کشت این ارقام و کاربرد باکتری *سودوموناس* هم در شرایط فاریاب و هم تنش خشکی می‌تواند در جهت بهبود عملکرد و تخفیف شرایط تنش، مفید و ارزشمند باشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، درجه سبزینگی، شاخص برداشت، محتوی نسبی آب برگ، نژادهای *سودوموناس*

مقدمه

یکی از دانه‌های ارزشمند روغنی که توجه بسیاری را به خود جلب کرده و در طرح کاهش واردات روغن گیاهی نیز سهم فراوانی برای آن در نظر گرفته‌شده، کلزا (*Brasica napus* L.) است. این محصول در میان دانه‌های روغنی جهان بیشترین عملکرد را در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا (*Glycine max* L.) و نخل روغنی (*Elaeis oleiferal* L.) در فرآورده‌های روغن نباتی احراز کرده است (Berry & Spink, 2006; Arvin & Vafa bakhsh, 2016).

همچنین به‌دلیل وابستگی کشور به روغن خوراکی وارداتی، سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر توسعه کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا بوده است (Koocheki et al., 2015).

گیاهان تحت شرایط طبیعی و زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش‌های گوناگون قرار دارند و در این میان، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی در اکثر نقاط جهان و

1، 2 و 3- به‌ترتیب استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی مشهد، ایران و استاد، گروه کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: pooya.arvin@gmail.com
DOI:10.22067/JAG.V9I4.61808

ایران می‌باشد (Akbari et al., 2016). ایران از لحاظ اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود و مسئله کمبود آب باعث بروز مشکلاتی در رابطه با تأمین آب شرب و آب موردنیاز برای محصولات کشاورزی شده است. بر اساس گزارش سازمان ملل در سال 2000 میلادی، خسارت حاصل از خشکسالی در ایران بالغ بر 2/5 میلیارد دلار بود و بیش از یک میلیون رأس دام و سه میلیون تن گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌واسطه بحران شدید آب از بین رفتند (Foltz, 2002).

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی نه تنها هورمون‌های محرک رشد گیاهی مثل اکسین و جیبرلین تولید می‌کنند بلکه در شرایط تنش از طریق تولید هورمون‌های مثل ABA می‌توانند باعث تخفیف تنش شوند (Saharan & Nehra, 2011). مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد، شامل افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، وزن اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، همچنین کنترل زیستی عوامل بیماری زا، مقاومت به خشکی و افزایش فعالیت میکروبی می‌باشد (Lucy et al., 2004).

شواهدی در دست است مبنی بر آن‌که تنش آبی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد (Ashraf & Rauf, 2001)، در حالی‌که در تحقیقات دیگر چنین کاهشی در کلروفیل در شرایط تنش مشاهده نشده است (Antolin et al., 1995). تنش آبی کوتاه‌مدت که باعث پژمردگی معمولی و توقف کامل فتوسنتز خالص در گندم می‌شود، اثری روی کلروفیل برگ نداشته، ولی نسبت کلروفیلa/b را افزایش می‌دهد (Ahmadi & Biker, 2001).

مقدار آب گیاه و وضعیت انرژی آب در سلول دو پارامتر اساسی می‌باشند که برای توصیف کمبود آب گیاه به کار می‌روند. مقدار آب معمولاً به‌صورت درصد نسبت به شرایط اشباع کامل یعنی به‌عنوان مقدار آب نسبی یا کمبود اشباع بیان می‌شود (Ahmadi & Javid far, 2001). تنش خشکی باعث کاهش محتوی نسبی آب (RWC)[1] می‌شود (Schonfeld et al., 1988). در برخی گیاهان مانند غلات وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و محتوی نسبی آب در طی گرده‌افشانی و دوره پر شدن دانه تأیید شده است (Singh et al., 1985). در بررسی قدرت سازگاری کلزا معمولی (*B. napus* L.) و خردل هندی مشخص گردید که برگ‌های خردل هندی دارای محتوی نسبی آب بالاتری (بیش از حدود 0/36 مگاپاسکال) نسبت به کلزا معمولی بودند و در شرایط تنش شدید، یکی از مزیت‌های محسوس خردل هندی دوام سطح برگ بالاتر حدود 1/5 برابر نسبت به کلزا بود (Wright et al., 1995; Wright et al., 1996).کاهش دمای کانوپی (CTD)[2] در حقیقت معیاری از درجه خنک بودن کانوپی نسبت به محیط اطراف می‌باشند. رابطه کاهش دمای کانوپی (CTD) و تنش محدودیت رطوبتی در بسیاری از آزمایش‌ها گزارش‌شده است (Araus et al., 2002; Araus et al., 2003). تحقیقات نشان داده است هنگامی‌که کاهش فشار بخار بیشتری وجود دارد (شرایط گرم و آفتابی در طول دوره پر شدن دانه) کاهش دمای کانوپی (CTD) رابطه بهتری را با عملکرد نشان می‌دهد (Amani et al., 1996).

بر اساس تحقیقات اوهلسون (Ohlsson, 1972) بر روی لوبیا (*Phaselous vulgaris* L.)، تنش خشکی در طول مرحله رشد رویشی موجب کوتاه‌تر شدن ارتفاع گیاه گردید. کاهش ارتفاع ارقام سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) متحمل و حساس به خشکی نیز در تنش خشکی توسط (Nagarajan & Bansal, 1991) گزارش شد. در تحقیقی دیگر، شکاری (Shekari, 2002) گزارش نمود سطوح خشکی زیاد در مرحله ساقه رفتن، موجب کاهش ارتفاع در کلزا می‌گردد.

در کلزا شاخص برداشت تقریباً 30-25 درصد است که برای افزایش شاخص برداشت نیاز به کارهای اصلاحی زیادی دارد (Diepenbrock, 2000). بر اثر تنش خشکی، شاخص برداشت خردل هندی به‌طور متوسط 6 تا 9 درصد و شاخص برداشت کلزا معمولی 7 تا 8 درصد افزایش می‌یابد (Ahmadi & Javid far, 2001).

عملکرد کلزا در واحد سطح حاصل تراکم بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن تک‌دانه می‌باشد (Thurling,1974). در یک بررسی دیده شد که صفت عملکرد دانه به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و کاهش یافت (Dehghani et al., 2010). در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد گیاهان کمتر از 10 تا 20 درصد پتانسیل واقعی آن‌هاست و عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی تأثیر منفی دارد (Kafi & Mahdavi damghani, 2008).

بنابراین، با توجه به خشک بودن ایران از لحاظ اقلیمی از یک‌سو و تأثیر باکتری‌های ریشه‌گاهی محرک رشد گیاه در جهت افزایش مقاومت به تنش‌های غیرزنده و بالا بردن راندمان برای تأمین آب در

1- Relative water content

2- Canopy temperature depression

جهت تخفیف تأثیر خشکی و همچنین اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی به‌ویژه کلزا در کشور، تحقیق حاضر با هدف مطالعه اثر تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر روی برخی صفات مرفولوژیک و فیزولوژیک ارقام کلزا طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این طرح در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه طرق مشهد) در سال زراعی 90-1389 انجام شد. متوسط بارندگی منطقه سالیانه 286 میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه 14/5 درجه سانتی گراد است. وضعیت عمومی آب‌وهوای منطقه در طول ماه‌های سال زراعی 90-1389 بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد (فاصله دو کیلومتری محل اجرای طرح) در جدول 1 گزارش‌شده است.

جدول 1- آمار هواشناسی از ایستگاه هواشناسی مشهد (90-1389)

Table 1- Climate data of experimental were taken from of Mashhad Metrological data (2010-2011)

ماه Month	دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Max temperature (°C)	دمای حداقل (سانتی‌گراد) Min temperature (°C)	بارندگی(میلی‌متر) Precipitation (mm)	تبخیر(میلی‌متر) Evaporation (mm)
مهر September	24.9	9.6	0	149.2
آبان October	19.9	4.7	8.6	85
آذر November	17.7	1.2	0	6.9
دی December	10	-2.8	13.1	0
بهمن January	9.8	-0.8	41.3	0
اسفند February	10.6	0.2	22.4	0
فروردین March	22.3	7.6	10.1	160.3
اردیبهشت April	30	15.5	15.4	224.9
خرداد May	34.4	19.4	6.4	317.3

این تحقیق به‌صورت دو آزمایش همزمان (مزرعه تنش خشکی و مزرعه بدون تنش) به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه طرق مشهد) انجام شد. در آزمایش تنش خشکی، اعمال تنش بروی تیمارها به‌صورت قطع دوره‌های آبی از مرحله شروع به ساقه رفتن اعمال شد و در آزمایش بدون تنش، آبیاری بر اساس تخلیه 50 درصد رطوبت قابل‌استفاده خاک در عمق توسعه ریشه‌ها انجام شد.

فاکتورهای مورد بررسی در این دو آزمایش شامل:

الف: فاکتور اول شامل، چهار سطح تلقیح با باکتری *سودوموناس* (تلقیح با" *سودوموناس فلورسنس* 169 *Pseudomonas fluorescens*"، "*سودوموناس پوتیدا* 108 *Pseudomonas putida*"، مخلوط دوسویه و تیمار شاهد بدون تلقیح)

ب: فاکتور دوم شامل شش ژنوتیپ کلزا از سه گونه *براسیکا* که شامل Hyola 330 و Hyola 401 متعلق به گونه B.napus و Parkland و Goldrush متعلق به گونه B. rapa و BP18 و Landrace متعلق به گونه *B. juncea* بودند.

زمینی که برای طرح انتخاب شد در سال زراعی قبل آیش بود و بسترکاشت توسط دو دیسک عمود بر هم و لولر آماده گردید. کودهای پایه بر مبنای آزمون خاک (جدول 2) به‌صورت 100 کیلوگرم در هکتار N، 100 کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و 100 کیلوگرم در هکتار K_2O قبل از کاشت و توسط دیسک با خاک مخلوط شد.

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of soil in experimental site

عمق (سانتی-متر) Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)
0-60	8	1.4	Silty loam	35	20.6	44.4	0.53	0.066	201	14.4

کشت بذر توسط بذرکار وینتراشنایگر در تاریخ 6 مهر 1389 انجام گرفت. ابعاد کرت‌ها 1/5 × 8 متر و در هر کرت چهار خط کشت با فاصله 30 سانتی‌متر و تراکم 90 بوته در مترمربع بود و فاصله بین بلوک‌ها از همدیگر سه متر برای رفت آمد منظور شد.

برای تهیه اینوکولوم باکتری از دو گونه *سودوموناس* استفاده شد و پرلیت به عنوان حامل مورد استفاده قرار گرفت. نژادهای *سودوموناس*، از باکتری‌های جداسازی شده از ناحیه ریزوسفر کلزا تهیه گردید. برای تلقیح بذر کلزا ابتدا مقدار کافی بذر داخل کیسه پلاستیکی ریخته شد، سپس چند قطره از صمغ عربی 40 درصد به آن اضافه و به‌طور کامل بهم زده شد، آن‌گاه مقدار یک گرم از هر یک از مایه تلقیح‌ها به بذر چسبناک اضافه و محتویات به‌خوبی تکان داده‌شده، به‌طوری‌که پوشش یکنواختی از مایه تلقیح روی بذرها را بپوشاند. سپس بذرها را روی فویل آلومینیوم ریخته شد و با دست کشت شدند. لازم بود کشت هر تیمار در تمام تکرارها توسط کارگر جداگانه انجام شود تا نیاز به شستن دست‌ها در هنگام کشت تیمار بعدی نداشته باشد.

مبارزه با کانون‌های شته مومی که یکی از آفات خطرناک کلزا است با استفاده از اختلاط سموم شیمیایی متاسیتوکس و دیازینون (1+1) سمپاشی در فروردین‌ماه انجام شد.

اندازه‌گیری ارتفاع

برای این منظور از هر کرت ارتفاع سه بوته در زمان رسیدن فیزیولوژیک از محل طوقه تا انتهای بلندترین ساقه اصلی انجام شد و میانگین برای تک بوته حساب شد.

اندازه‌گیری سبزینگی

اندازه‌گیری سبزینگی در برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Minolta-SPAD unit 502) در 182 روز بعد از کاشت (قبل از گلدهی) و 210 روز بعد از کاشت (بعد از گلدهی) انجام شد. برای این منظور از میان یادداشت‌برداری روی سه بوته در هر کرت استفاده شد. برگ‌ها ابتدا تمیز شده و سپس در سه نقطه هر برگ یادداشت‌برداری انجام و میانگین‌گیری شد و عدد نهایی بر مبنای SPAD گزارش شد.

اندازه‌گیری دمای کانوپی

درجه حرارت کانوپی در هر کرت آزمایشی با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز (مدل TASCO, HI500) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری با زاویه 30 درجه نسبت به افق و درحالی‌که به سمت بالای کانوپی نشانه‌گیری می‌شد، انجام گرفت. زمان اندازه‌گیری قبل از ظهر بود. درجه حرارت محیط نیز هم‌زمان با دماسنج دیجیتال اندازه‌گیری شد. تفاوت بین درجه حرارت کانوپی و درجه حرارت محیط (CTD) به‌عنوان شاخصی از تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت (Reynolds et al., 2001).

اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ

به‌منظور تعیین میزان نسبی آب برگ از هر تیمار پنج برگ به‌طور تصادفی انتخاب شد و در کیسه پلاستیکی قرار گرفت و بلافاصله جهت اندازه‌گیری رطوبت به آزمایشگاه انتقال یافت. در فاصله انتقال به آزمایشگاه نمونه‌ها در فلاسک یخ قرار گرفت. در آزمایشگاه پس از پانچ کردن برگ‌ها وزن تازه آن‌ها تعیین و سپس قطعات پانچ شده به مدت 18-16 ساعت در درجه حرارت اتاق (20-18 درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار گرفت و متعاقب آن وزن آماس پس از حذف رطوبت سطح نمونه‌ها با قرار دادن آن‌ها در بین کاغذ خشک‌کن، تعیین گردید (Siddique et al., 2000). وزن خشک نیز پس از قرار گرفتن نمونه‌ها به‌مدت 72 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد تعیین شد. سپس RWC با استفاده از معادله 1 به روش زیر تعیین گردید (Schonfeld et al., 1988):

معادله (1) $RWC = (FW – DW) / (TW – DW) \times 100$

که در معادله فوق، DW: وزن خشک، TW: وزن آماس، FW: وزن تازه و RWC: محتوی نسبی آب برگ می‌باشد.

محاسبه شاخص برداشت

در زمان رسیدگی، از هر کرت آزمایشی سه بوته برداشت شد و در داخل پاکت گذاشته شد. سپس به‌صورت دستی دانه‌ها از کاه و کلش جدا شد. شاخص برداشت بر اساس عملکرد نهایی دانه در هر نمونه نسبت به کل ماده خشک تولیدی گیاه (اندام‌های هوایی) به‌وسیله معادله 2 محاسبه شد.

معادله (2) 100 × (وزن خشک اندام‌های هوایی / وزن خشک دانه) = شاخص برداشت

اندازه‌گیری عملکرد

در زمان رسیدگی، عملکرد از محصول حاصل از برداشت دو خط میانی کاشت در هر کرت اندازه‌گیری شد. سطح برداشت عملکرد معادل سه مترمربع از هر کرت بود و نتایج برحسب کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید. لازم به ذکر است آزمایش تنش در تاریخ 1390/2/25 و آزمایش عدم تنش در تاریخ 1390/3/4 برداشت شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD پذیرفت.

نتایج و بحث

محتوی نسبی آب برگ

محتوی نسبی آب برگ (RWC) در حقیقت برآوردی از وضعیت آب گیاه است و توانایی یک ژنوتیپ را در جذب آب از خاک نشان می‌دهد. در شرایط تنش محدودیت رطوبتی میزان محتوی نسبی آب برگ (RWC) کاهش پیدا می‌کند، با پیشرفت مراحل فنولوژیک نیز کاهش محتوی نسبی آب برگ گزارش شده است (Nazeri, 2005).

نتایج جدول تجزیه واریانس جدول 3 معنی‌داری بالایی در اثر ساده محیط (تنش و عدم تنش)، باکتری و رقم نشان داد و همچنین اثر دوگانه باکتری در محیط، رقم در محیط و باکتری در رقم و اثر سه‌گانه باکتری در محیط در رقم نیز معنی‌دار شدند.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مرکب برای عملکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for yield, harvest index and some traits via combined analysis of data of canola

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	ارتفاع Height	سبزینگی برگ مرحله اول Leaf greenness first stage	سبزینگی برگ مرحله دوم Leaf greenness second stage	محتوی آب نسبی Relative water content	کاهش دمای کانوپی Canopy temperture deplection
محیط Location	1	23998323.09*	1641.87**	0.048^{ns}	447.49**	615.86*	1860.34**	260.01^{ns}
خطای یک Error 1	4	1241178.53**	44.74**	0.088**	0.68^{ns}	41.38*	29.38^{ns}	44.82**
باکتری Bacteria	3	84719.6^{ns}	38.20*	0.012^{ns}	5.28^{ns}	199.68**	106.80**	2.19^{ns}
باکتری^{x} محیط Bacteria×location	3	164776.6^{ns}	22.06^{ns}	0.004^{ns}	44.62^{ns}	81.14**	102.55**	5.02*
رقم Cultivar	5	1835880.5**	131.09**	0.531**	668.72**	221.37**	121.28**	4.22*
رقم^{x}محیط Cultivar×Location	5	393052.7**	13.72^{ns}	0.020^{ns}	34.49^{ns}	53.07**	43.37*	5.62**
باکتری^{x} رقم^{x} محیط Bacteria×Cultivar×Location	15	72258.08^{ns}	35.44**	0.014^{ns}	28.41^{ns}	110.86**	47.36**	3.88**
باکتری^{x} رقم Bacteria×Cultivar	15	112661.54^{ns}	25.15**	0.010^{ns}	63.90**	129.27**	106.54**	3.70**
خطای دو Error 2	92	98133.83	10.65	0.015	26.56	16.16	17.87	1.46
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		19.33	21	11.58	11.07	9.49	6.78	35

**، * و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

**, * and ns: Are significant at 1 and 5% levels of probability and non-significant, respectively.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده جدول4، درصد محتوی نسبی آب در محیط عدم تنش با 65/89 درصد بیشتر از تنش با 58/70 درصد بود. تغییرات صفت محتوی نسبی آب برگ، از 64/23 درصد، در تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس پوتیدا* تا 60/32 درصد در تیمار عدم تلقیح متغیر بود. در میان ارقام، هایولا 330 و هایولا 401 برتری خود را نسبت به سایر ارقام، در صفت محتوی نسبی آب برگ، نشان دادند.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر یگانه عملکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 4- Mean comparison of individual effects of yield, harvest index and some traits of canola

تیمار Treatment	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع (متر) Height(m)	سبزینگی برگ مرحله اول (اسپاد) Leaf greenness first stage (SPAD)	سبزینگی برگ مرحله دوم (اسپاد) Leaf greenness second stage (SPAD)	محتوی آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	کاهش دمای کانوپی (سانتی‌گراد) Canopy temperture deplection (°C)
L_1	535.38^{b*}	7.01^{b}	1.05^{a}	44.76^{b}	44.41^{a}	58.70^{b}	-0.28^{a}
L_2	1351.85^{a}	13.77^{a}	1.09^{a}	48.29^{a}	40.28^{b}	65.89^{a}	-2.97^{b}
B_0	942.66^{a}	10.22^{b}	1.06^{a}	46.36^{a}	41.36^{b}	60.32^{c}	-1.73^{a}
B_1	884.27^{a}	9.76^{b}	1.06^{a}	47.08^{a}	39.48^{c}	61.53^{bc}	-1.5^{a}
B_2	1003.09^{a}	11.89^{a}	1.07^{a}	46.46^{a}	44.19^{a}	63.11^{ab}	-1.36^{a}
B_3	944.44^{a}	9.69^{b}	1.10^{a}	46.20^{a}	44.36^{a}	64.23^{a}	-1.91^{a}
V_1	1083.45^{b}	12.04^{b}	0.91^{c}	51.86^{a}	47.27^{a}	64.49^{a}	-1.79^{bc}
V_2	1381.95^{a}	14.30^{a}	0.90^{c}	53.99^{a}	41.68^{c}	65.68^{a}	1.70^{abc}
V_3	$917.83b^{c}$	8.27^{c}	1.22^{a}	42.34^{cd}	39.25^{d}	61.49^{b}	-1.89^{bc}
V_4	877.09^{c}	8.51^{c}	1.06^{b}	45.51^{b}	44.48^{b}	60.43^{b}	-2.12^{c}
V_5	546.3^{d}	9.8^{c}	1.24^{a}	40.76^{d}	39.75^{cd}	60.25^{b}	1.22^{a}
V_6	855.09^{c}	9.37^{c}	1.10^{b}	44.7^{bc}	41.62^{c}	61.45^{b}	1.02^{ab}

*میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مخففها به‌ترتیب : L_1: محیط تنش، L_2: محیط عدم تنش

B_0: عدم تلقیح،B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*

V_1: رقم Hayola401، V_2: رقم Hayola330 ، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقمBP18 و V_6: رقم Landrace

*Column means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level using least significant difference (LSD).

L_1 and L_2 are stress location and non stress location.

B_0،B_1،B_2 and B_3 are non inoculation; co-inoculation of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomon as putida*; inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and inoculation with *Pseudomonas putida*, respectively.

V_1،V_2 ،V_3، V_4، V_5و V_6: are Hayola 401; Hayola 330; Parkland; Goldrush; BP18 and Landrace, respectively.

تغییرات اثر باکتری در رقم در صفت محتوی نسبی آب برگ از 68/55 درصد در تیمار *سودوموناس پوتیدا* در رقم هایولا330 (B_3V_2) تا 55/31 درصد در تیمار عدم تلقیح در رقم BP18 (B_0V_5) متغیر بود (جدول 5).

جدول 5- مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه باکتری در رقم برای عملکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 5- Tow Fold interaction effect of Bacteria × Variety of yield, harvest index and some traits of canola

تیمار Treatment	عملکرد (کیلوگرم درهکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع (متر) Height(m)	سبزینگی برگ مرحله اول (اسپاد) Leaf greenness first stage (SPAD)	سبزینگی برگ مرحله دوم (اسپاد) Leaf greenness second stage (SPAD)	محتوی آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	کاهش دمای کانوپی (سانتی گراد) Canopy temperture deplection (°C)
B_0V_1	1134.7^{a*}	9.75^{def}	0.87^{f}	48.41^{cdef}	41.85^{efgh}	64.40^{abcd}	-1.41^{bcde}
B_0V_2	1296.3^{a}	15.00^{ab}	0.86^{f}	54.75^{ab}	44.3^{cde}	67.41^{abc}	-1.83^{def}
B_0V_3	907.4^{a}	8.24^{ef}	1.25^{ab}	45.78^{efg}	39.41^{fghi}	64.53^{abcd}	-1.83^{def}
B_0V_4	855.6^{a}	9.47^{def}	1.04^{cde}	45.95^{defg}	47.9^{abc}	55.32^{h}	-2.66^{f}
B_0V_5	745.4^{a}	10.21^{def}	1.285^{a}	41.71^{ghij}	38.32^{ghij}	55.31^{h}	-2.16^{ef}
B_0V_6	716.7^{a}	8.65^{def}	1.05^{cde}	41.63^{ghij}	36.38^{ij}	55.72^{gh}	-0.75^{abcd}
B_1V_1	1032.4^{a}	9.55^{def}	0.89^{f}	53.75^{abc}	43.88^{cdef}	67.84^{ab}	-2^{def}
B_1V_2	1175.9^{a}	12.24^{bcd}	0.88^{f}	55.77^{a}	44.36^{cde}	61.70^{de}	-1.5^{cdef}
B_1V_3	1092.6^{a}	10.93^{cde}	1.23^{ab}	37.41^{j}	36.03^{ij}	62.16^{de}	-2.25^{ef}
B_1V_4	861.1^{a}	7.87^{ef}	1.04^{cde}	45.78^{efg}	44^{cdef}	55.6^{h}	-1.91^{def}
B_1V_5	300.9^{a}	9.58^{def}	1.17^{abc}	44.63^{efgh}	34.91^{ij}	58.5^{efgh}	0.33^{a}
B_1V_6	842.6^{a}	8.37^{ef}	1.14^{bc}	45.13^{efg}	33.73^{j}	63.41^{bcd}	-1.66^{cd}
B_2V_1	1134.3^{a}	18.54^{a}	0.92^{ef}	49.26^{bcde}	51.76^{a}	60.56^{defg}	-1.5^{cdef}
B_2V_2	1523.1^{a}	15.53^{ab}	0.88^{f}	51.8^{abcd}	34.91^{ij}	65.06^{abcd}	-1.5^{cdef}
B_2V_3	861.1^{a}	7.36^{ef}	1.17^{abc}	43.61^{e-i}	44.01^{cdef}	62.46^{de}	-1.41^{cdef}
B_2V_4	986.1^{a}	9.07^{def}	1.13^{bc}	49.33^{bcde}	44.2^{cde}	62.55^{de}	-1.66^{cdef}
B_2V_5	495.4^{a}	10.88^{cde}	1.25^{ab}	38.91^{hij}	43.36^{cdef}	62.85^{de}	0.083^{ab}
B_2V_6	1018.5^{a}	9.98^{def}	1.08^{dc}	45.83^{efg}	46.82^{bcd}	65.21^{abcd}	-2.16^{ef}
B_3V_1	1032.4^{a}	10.31^{def}	0.94^{def}	56.01^{a}	51.61^{a}	65.15^{abcd}	-2.5^{ef}
B_3V_2	1532.4^{a}	14.422^{bc}	0.97^{def}	53.65^{abc}	43.16^{def}	68.55^{a}	-2^{def}
B_3V_3	810.2^{a}	6.57^{f}	1.23^{ab}	42.58^{f-j}	37.56^{hij}	56.81^{fgh}	-2.08^{def}
B_3V_4	805.6^{a}	7.64^{ef}	1.04^{cde}	40.98^{ghij}	41.8^{efgh}	68.26^{a}	-2.25^{ef}
B_3V_5	643.5^{a}	8.69^{def}	1.26^{ab}	37.78^{j}	42.46^{efgh}	65.14^{abcd}	-2.33^{ef}
B_3V_6	842.6^{a}	10.5^{de}	1.15^{abc}	46.21^{defg}	49.55^{ab}	61.46^{def}	-0.33^{abc}

*میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مخففها به ترتیب: B_0: عدم تلقیح ،B_1 :تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2 : تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* ، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*

V_1: رقم Hayola401، V_2: رقم Hayola330، V_3: رقم Parkland ، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقمBP18 و V_6: رقم Landrace

*Column means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level using least significant difference (LSD).

B_0،B_1،B_2 and B_3 are non inoculation; co-inoculation of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomon as putida*; inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and inoculation with *Pseudomonas putida*, respectively.

V_1،V_2 ،V_3، V_4، V_5و V_6 are Hayola401; Hayola330; Parkland; Goldrush; BP18 and Landrace, respectively.

نتایج جدول6 نشان داد به‌ترتیب هایولا 401 (V_1L_2) و هایولا330 (V_2L_2) در محیط عدم تنش برتری خود را در صفت محتوی نسبی آب برگ نشان دادند در حالی که رقم گلدراش در تنش (V_4L_1) مقدار کمتری از این صفت را نشان داد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییرات مقدار برهمکنش دوگانه باکتری در محیط از 67/42 درصد در تلفیق دو نژاد باکتری در شرایط بدون تنش (B_1L_2) تا 55/64 درصد در تلفیق دو نژاد باکتری در شرایط تنش (B_1L_1) متغیر بود (جدول 7). مطابق با جدول 8 تغییرات اثر سه گانه این صفت از 73/53 درصد درتلقیح دو نژاد باکتری در هایولا 401 در عدم تنش ($B_1V_1L_2$) تا 45/8 درصد در عدم تلقیح در گلدراش در تنش ($B_0V_4L_1$) در تغییر بود.

جدول 6- مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه رقم در محیط برای عملکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 6- Tow Fold interaction effect of Variety× Location of yield, harvest index and some traits of canola

تیمار Treatment	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع (متر) Height(m)	سبزینگی برگ مرحله اول (اسپاد) Leaf greenness first stage (SPAD)	سبزینگی برگ مرحله دوم (اسپاد) Leaf greenness second stage (SPAD)	محتوی آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	کاهش دمای کانوپی (سانتی‌گراد) Canopy temperture deplection (°C)
V_1L_1	537.3^{ef*}	7.58^{d}	0.908^{e}	48.76^{b}	46.85^{a}	60.53^{cd}	-0.45^{b}
V_2L_1	870.4^{d}	10.79^{bc}	0.903^{e}	54.02^{a}	43.44^{b}	63.96^{b}	-0.41^{b}
V_3L_1	537^{ef}	6.11^{d}	1.23^{ab}	41.45^{ef}	42.62^{bc}	57.86^{de}	-1.04^{b}
V_4L_1	402.3^{f}	5.37^{d}	1.04^{d}	43.86^{cde}	48.27^{a}	55.12^{e}	-0.95^{b}
V_5L_1	340.3^{t}	6.61^{d}	1.19^{ab}	37.85^{t}	41.89^{bc}	57.87^{de}	1.25^{a}
V_6L_1	525^{ef}	5.62^{d}	1.05^{d}	42.62^{de}	43.41^{b}	56.88^{e}	-0.08^{b}
V_1L_2	1629.6^{b}	16.49^{a}	0.91^{e}	54.95^{a}	47.70^{a}	68.44^{a}	-3.12^{c}
V_2L_2	1893.5^{a}	17.81^{a}	0.89^{e}	53.69^{a}	39.93^{cd}	67.4^{a}	-3^{c}
V_3L_2	1298.6^{c}	10.44^{c}	$1.21^{a}b$	43.22^{cde}	35.89^{e}	65.12^{ab}	-2.75^{c}
V_4L_2	1351.9^{c}	11.66^{bc}	1.08^{cd}	47.15^{bc}	40.7^{bcd}	65.74^{ab}	-3.29^{c}
V_5L_2	752.3^{de}	13.07^{bc}	1.29^{a}	43.66^{cde}	37.62^{de}	62.63^{bc}	-3.29^{c}
V_6L_2	1185.2^{c}	13.13^{b}	1.68^{bc}	46.78^{bcd}	39.82^{cd}	66.02^{ab}	-2.37^{c}

*میانگین‌ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مخففها به‌ترتیب: L_1: محیط تنش، L_2: محیط عدم تنش

V_1: رقم Hayola401، V_2:رقم Hayola330، V_3: رقم Parkland، V_4:رقمGoldrush ، V_5: رقمBP18 و V_6:رقم Landrace

*Column means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level using least significant difference (LSD).

L1 and L2 are stress location and non stress location.

V_1،V_2 ،V_3، V_4، V_5و V_6 are Hayola 401; Hayola 330; Parkland; Goldrush; BP18 and Landrace, respectively.

جدول 7- مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه باکتری در محیط برای عملکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 7- Tow Fold interaction effect of Bacteria × Location of yield, harvest index and some traits of canola

تیمار Treatment	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع (متر) Height (m)	سبزینگی برگ مرحله اول (اسپاد) Leaf greenness first stage (SPAD)	سبزینگی برگ مرحله دوم (اسپاد) Leaf greenness second stage (SPAD)	محتوی آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	کاهش دمای کانوپی (سانتی گراد) Canopy temperture deplection (°C)
B_0L_1	519.6^{c*}	6.47^{c}	1.06^{ab}	43.98^{c}	44.14^{bc}	56.50^{e}	-0.88^{c}
B_1L_1	575.6^{c}	7.11^{c}	1.03^{b}	44.06^{c}	39.46^{e}	55.64^{e}	0.05^{ab}
B_2L_1	552.5^{c}	7.60^{c}	1.05^{ab}	45.53^{bc}	46.25^{ab}	60.95^{d}	0.33^{a}
B_3L_1	493.8^{c}	6.88^{c}	1.07^{ab}	45.47^{bc}	47.80^{a}	61.72^{dc}	-0.63^{bc}
B_0L_2	1365.7^{ab}	13.98^{b}	1.06^{ab}	48.75^{ab}	38.58^{e}	64.13^{bc}	-2.58^{d}
B_1L_2	1192.9^{b}	12.41^{b}	1.08^{ab}	50.09^{a}	39.50^{de}	67.42^{a}	-3.05^{d}
B_2L_2	1453.7^{a}	16.19^{a}	1.09^{ab}	47.38^{abc}	42.12^{dc}	65.28^{ab}	-3.05^{d}
B_3L_2	1395.1^{ab}	12.49^{b}	1.12^{a}	46.93^{abc}	40.91^{de}	66.73^{ab}	-3.19^{d}

*میانگین ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

مخففها به ترتیب : L_1: محیط تنش، L_2: محیط عدم تنش

B_0: عدم تلقیح ،B_1:تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2 : تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* ،

B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*

*Column means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level using least significant difference (LSD).

L_1 and L_2 are stress location and non stress location.

B_0, B_1, B_2 and B_3 are non inoculation; co-inoculation of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomon as putida*; inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and inoculation with *Pseudomonas putida*, respectively.

جدول 8- مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه باکتری در رقم در محیط برای عمکرد، شاخص برداشت و برخی صفات کلزا

Table 8- Three Fold interaction effect of Bacteria × Variety × Location of yield, harvest index and some traits of canola

تیمار Treatment	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع (متر) Height (m)	سبزینگی برگ مرحله اول (اسپاد) Leaf greenness first stage (SPAD)	سبزینگی برگ مرحله دوم (اسپاد) Leaf greenness second stage (SPAD)	محتوی آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	کاهش دمای کانوپی (سانتی گراد) Canopy temperture deplection (°C)
$B_0V_1L_1$	500.9^{n-r*}	7.262^{l-p}	0.88^{mn}	44.4^{g-q}	41.53^{h-k}	58.66^{j-o}	0.33^{cde}
$B_0V_2L_1$	944.4^{f-m}	11.551^{e-k}	0.89^{mn}	54.1^{a-e}	49.5^{bcd}	66.8^{a-f}	-1.33^{d-k}
$B_0V_3L_1$	490.8^{n-r}	5.234^{m-p}	1.32^{abc}	41^{o-s}	45.9^{c-h}	58.24^{j-o}	-0.66^{e-h}
$B_0V_4L_1$	516.7^{n-r}	6.124^{l-p}	1.10^{d-j}	46.5^{e-o}	48.2^{b-e}	45.8^{p}	-2.5^{i-o}
$B_0V_5L_1$	361.1^{pqr}	4.948^{mnop}	1.22^{abcd}	37.5^{qrs}	39.6^{h-n}	54.1^{o}	-1.16^{e-k}
$B_0V_6L_1$	303.7^{qr}	3.707^{p}	0.95^{j-m}	40.43^{m-s}	40.13^{h-k}	55.36^{mno}	0^{def}
$B_1V_1L_1$	611.1^{m-r}	7.587^{i-p}	0.93^{j-m}	48.7^{c-m}	38.63^{j-o}	62.1^{e-m}	-0.66^{e-i}
$B_1V_2L_1$	842.6^{h-p}	11.551^{e-k}	0.91^{lmn}	53.5^{a-f}	43.833^{d-k}	60.8^{g-o}	0^{ef}
$B_1V_3L_1$	824.1^{h-p}	8.674^{i-p}	1.22^{abcd}	38.7^{o-s}	38.73^{j-o}	$55.9l^{mno}$	-1.66^{f-k}
$B_1V_4L_1$	444.5^{n-r}	5.687^{m-p}	0.97^{i-m}	40.4^{m-s}	51.6^{bc}	46^{p}	-0.5^{efg}
$B_1V_5L_1$	148.2^{r}	3.562^{p}	1.12^{d-j}	40.56^{m-s}	$36.63l^{nmo}$	54.4^{o}	3.5^{ab}
$B_1V_6L_1$	583.3^{n-r}	5.601^{m-p}	1.06^{f-j}	42.53^{l-s}	27.33^{p}	54.6^{o}	-0.33^{efg}
$B_2V_1L_1$	537.0^{n-r}	7.749^{i-p}	0.89^{mn}	48.63^{c-m}	53.93^{b}	59.1^{h-o}	-0.16^{efg}
$B_2V_2L_1$	814.8^{h-p}	11.023^{e-l}	0.82^{n}	52^{a-t}	40.33^{g-k}	62.3^{e-l}	0.5^{cd}
$B_2V_3L_1$	425.9^{opqr}	5.98^{l-p}	1.21^{abcd}	42.4^{l-s}	44.33^{d-k}	59.1^{j-o}	-0.33^{efg}
$B_2V_4L_1$	425.9^{opqr}	4.055^{op}	1.15^{a-h}	46.53^{e-o}	48^{b-f}	62.05^{e-m}	0^{ef}
$B_2V_5L_1$	351.9^{pqr}	10.184^{e-m}	1.18^{a-t}	37.9^{p-s}	45.93^{c-t}	60.9^{g-o}	4^{a}
$B_2V_6L_1$	759.2^{kq}	6.626^{k-p}	1.06^{f-j}	45.73^{f-q}	45^{d-j}	61.6^{f-n}	-2^{i-o}
$B_3V_1L_1$	500.0^{n-r}	7.741^{i-p}	0.923^{klmn}	53.33^{a-t}	53.3^{b}	62.2^{e-m}	-1.33^{e-k}
$B_3V_2L_1$	879.7^{go}	9.053^{f-n}	0.98^{g-j}	56.5^{abc}	40.10^{g-m}	65.9^{b-t}	-0.83^{e-g}
$B_3V_3L_1$	407.4^{opqr}	4.55^{nop}	1.19^{a-f}	43.73^{h-q}	41.53^{h-k}	57.63^{k-o}	-1.5^{e-k}
$B_3V_4L_1$	222.2^{r}	5.644^{m-p}	0.966^{i-m}	42.03^{l-s}	45.3^{c-h}	66.6^{b-f}	-0.83^{e-g}
$B_3V_5L_1$	500.0^{n-r}	7.758^{i-p}	1.26^{abcd}	35.46^{s}	45.4^{c-h}	62.06^{e-m}	-1.33^{e-k}
$B_3V_6L_1$	453.7^{n-r}	6.567^{l-p}	1.12^{c-j}	41.8^{l-q}	61.2^{a}	55.93^{lmno}	2^{bc}
$B_0V_1L_2$	1768.5^{ab}	12.237^{e-j}	087^{mn}	52.43^{a-f}	42.16^{h-k}	70.15^{abc}	-2.66^{j-o}
$B_0V_2L_2$	1648.1^{bcd}	15.483^{bcd}	0.83^{n}	55.4^{abcd}	39.10^{i-o}	68^{a-f}	-2.33^{j-o}
$B_0V_3L_2$	1324.1^{b-h}	11.257^{e-l}	1.19^{a-f}	50.5^{a-g}	32.93^{op}	70.83^{abc}	-3^{k-o}
$B_0V_4L_2$	1194.4^{d-k}	12.832^{d-i}	0.99^{f-j}	45.4^{l-q}	47.6^{b-t}	64.83^{c-h}	-2.8^{k-o}
$B_0V_5L_2$	1129.6^{e-l}	11.58^{e-k}	1.34^{a}	45.93^{e-p}	37.05^{l-o}	54.93^{o}	-3.1^{lmno}
$B_0V_6L_2$	1129.6^{e-l}	13.611^{c-g}	1.16^{a-h}	42.83^{i-r}	32.63^{op}	56.08^{lmno}	-1.5^{f-m}
$B_1V_1L_2$	1453.7^{bcde}	11.519^{e-k}	0.85^{n}	58.8^{a}	49.13^{bcd}	73.53^{a}	-3.33^{mno}
$B_1V_2L_2$	1509.3^{bcde}	12.929^{d-h}	0.84^{n}	58.05^{ab}	44.9^{d-i}	62.6^{e-k}	-3^{l-o}
$B_1V_3L_2$	1361.1^{b-g}	13.185^{c-g}	1.24^{abcd}	36.13^{rs}	33.33^{nop}	68.4^{a-t}	-2.83^{k-o}
$B_1V_4L_2$	1277.8^{b-j}	10.071^{e-m}	1.11^{d-j}	51.16^{a-h}	36.40^{lmno}	65.2^{c-g}	-3.33^{mno}
$B_1V_5L_2$	453.7^{n-r}	15.612^{abc}	1.23^{abcd}	48.7^{c-m}	33.10^{nop}	62.6^{e-l}	-2.83^{k-o}
$B_1V_6L_2$	1101.9^{e-m}	11.15^{e-l}	1.21^{abcd}	47.73^{d-n}	40.13^{h-k}	72.2^{ab}	-3^{k-o}
$B_2V_1L_2$	1731.5^{abc}	29.347^{a}	0.96^{i-m}	49.9^{b-g}	49.6^{bcd}	62^{e-m}	-2.83^{k-o}
$B_2V_2L_2$	2231.5^{a}	20.052^{b}	0.95^{j-m}	51.6^{a-h}	29.5^{p}	67.8^{a-f}	-3.5^{no}
$B_2V_3L_2$	1296.3^{b-i}	$8.8.740^{h-p}$	1.13^{c-j}	44.83^{g-q}	43.7^{d-k}	65.22^{c-h}	-2.5^{i-o}
$B_2V_4L_2$	1546.3^{bcde}	14.092^{c-f}	1.11^{d-j}	52.12^{a-f}	40.5^{h-k}	63.05^{d-k}	-3.33^{mno}
$B_2V_5L_2$	638.9^{l-r}	11.587^{e-k}	1.33^{a}	39.93^{o-s}	40.8^{h-k}	64.8^{c-g}	-3.88^{o}
$B_2V_6L_2$	1277.8^{b-j}	13.339^{c-g}	1.10^{d-j}	45.93^{e-p}	48.65^{b-e}	68.8^{a-e}	-2.33^{i-o}
$B_3V_1L_2$	1564.8^{bcde}	12.88^{d-g}	0.96^{i-m}	58.7^{a}	49.9^{bcd}	68.1^{a-f}	-3.67^{o}
$B_3V_2L_2$	2185.2^{a}	19.798^{b}	0.96^{i-m}	50.8^{a-g}	46.23^{c-t}	71.2^{abc}	-3.16^{lmno}
$B_3V_3L_2$	1212.9^{d-k}	8.604^{i-p}	1.27^{abcd}	41.43^{o-s}	33.60^{mnop}	56^{lmno}	-2.66^{j-o}
$B_3V_4L_2$	1388.9^{b-f}	9.65^{e-n}	1.11^{d-j}	39.93^{o-s}	38.30^{k-o}	69.9^{abcd}	-3.66^{o}
$B_3V_5L_2$	787.0^{j-q}	9.627^{e-n}	1.27^{abcd}	40.1^{o-s}	39.53^{h-n}	68.2^{a-t}	-3.3^{mno}
$B_3V_6L_2$	1231.5^{c-k}	14.433^{cde}	1.19^{a-f}	50.63^{a-g}	37.9^{k-o}	67^{a-f}	-2.66^{j-o}

*میانگین ها دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

مخففها به ترتیب : L_1: محیط تنش ، L_2: محیط عدم تنش

B_0: عدم تلقیح ،B_1:تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*) ، B_2 : تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*

V_1: رقم Hayola401، V_2 : رقم Hayola330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقمBP18 و V_6:رقم Landrace

*Column means followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level using least significant difference (LSD).

L_1 and L_2 are stress location and non stress location.

B_0،B_1،B_2 and B_3 are non inoculation; co-inoculation of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomon as putida*; inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and inoculation with *Pseudomonas putida*, respectively.

V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 and V_6 are Hayola401; Hayola330; Parkland; Goldrush; BP18 and Landrace, respectively.

با توجه به نتایج این آزمایش، این‌گونه به نظر می‌رسد که تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش درصد محتوی نسبی آب شود و همچنین استفاده از باکتری به‌صورت ترکیبی و خصوصاً جداگانه بهتر از عدم کاربرد آن می‌تواند در تخفیف و تسکین اثر سوء تنش، نقش داشته باشد. تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود (Molnar et al., 2002). به‌علاوه کاهش در محتوی نسبی آب گیاه در زمان خشکی باعث کاهش رشد طولی گیاه می‌شود. هم‌چنین کاهش رشد بخش هوایی به دلیل کاهش فعالیت‌های آنزیمی، کاهش فتوسنتز و کاهش شدید تولید ماده خشک گزارش‌شده است (Schonfeld et al., 1988).

در تحقیقی که توسط لازکانو و لوات (Lazcano & Lvatt, 1999) صورت گرفت دیده شد که تنش خشکی، کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ در اندام‌های هوایی لوبیا را سبب شد و این کاهش، همبستگی معنی‌داری با غلظت پرولین در گیاه داشت. با افزایش شدت تنش خشکی سطح برگ و مقدار نسبی آب گیاه کاهش می‌یابد.

همچنین متور و واتال (Mathur & Wattal, 1995) و جانستون و همکاران (Johnston et al., 2002) کاهش محتوی نسبی آب برگ (RWC) را در شرایط تنش خشکی در کلزا گزارش کردند که مطابق با نتایج تحقیق حاضر بود و نتایج نشان داد مقادیر عددی این صفت در شرایط تنش، کمتر از محیط بدون تنش بود. با توجه به وجود همبستگی بالا بین توان جذب آب و محتوای نسبی آب برگ در کلزا، به دنبال بروز خشکی و کاهش توان جذب آب، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (Islam Paseban et al., 2009).

درجه سبزینگی برگ

کلروفیل رنگیزه سبز گیاهان است که در فرآیند فتوسنتز نقش دارد. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد (Jiang & Huang, 2001).

درجه سبزینگی برگ قبل از گلدهی (182 روز پس از کاشت)

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین دو محیط تنش و عدم تنش و ارقام تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر دوگانه باکتری در رقم هم معنی‌دار شد (جدول 3).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول4) درجه سبزینگی برگ در محیط عدم تنش معادل SPAD 48/29 بیشتر از تنش برابر SPAD 44/76 بود. در میان ارقام، هایولا 401 و هایولا 330 برتری خود را در صفت درجه سبزینگی، نسبت به سایر ارقام نشان دادند و رقم BP18 در انتهای این بررسی قرار گرفت. جدول 5 نشان داد که تغییرات درجه سبزینگی برگ قبل از گلدهی از SPAD 56/01 در باکتری سودوموناس پوتیدا در هایولا 401 (B3V1) تا SPAD 37/41 در تلقیح دو باکتری در پارک لند (B1V3) متغیر بودند.

درجه سبزینگی برگ بعد از گلدهی (210 روز پس از کاشت)

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که (جدول 3) بین دو محیط تنش و عدم تنش، باکتری و ارقام تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

اثر دوگانه باکتری در محیط، رقم در محیط و باکتری در رقم و اثر سه‌گانه باکتری در رقم در محیط معنی‌دار شدند.

نتایج مقایسه میانگین (جدول 4) نشان داد که درجه سبزینگی برگ در محیط تنش معادل SPAD 44/41 بیشتر از عدم تنش برابر SPAD 40/28 بود. همچنین باکتری *سودوموناس پوتیدا* معادل SPAD 44/36، مقدار بالاتری و تلفیق دو نژاد باکتری با SPAD 39/48، مقدار کمتری از صفت درجه سبزینگی برگ را داشتند. در میان ارقام هایولا 401 با SPAD 47/27 برتری خود را نسبت به سایر ارقام نشان داد و پارک لند معادل SPAD 39/25 در انتهای این بررسی قرار گرفت.

تغییرات اثر باکتری در محیط از SPAD 47/80 در باکتری *سودوموناس پوتیدا* در محیط تنش (B_3L_1) تا SPAD 38/58 در عدم تلقیح باکتری در محیط عدم تنش (B_0L_2) در تغییر بود (جدول 7). تغییرات اثر رقم در محیط از SPAD 48/27 تا SPAD 35/89 متغیر بود و به‌ترتیب این اعداد، در رقم گلدراش در تنش (V_4L_1) و پارک لند در عدم تنش (V_3L_2) مشاهده شد (جدول 6).

مقادیر اثر باکتری در رقم در محیط نیز، از SPAD 61/2 در *سودوموناس پوتیدا* در رقم لندریس در خشکی ($B_3V_6L_1$) تا SPAD 27/33 در ترکیب دو نژاد باکتری در رقم لندریس در خشکی ($B_1V_6L_1$) در تغییر بود (جدول 8).

نتایج نشان‌دهنده برتری اثر ساده باکتری *سودوموناس پوتیدا* و

همچنین اثر مرکب این نژاد باکتری با سایر تیمارهای آزمایش بروی صفت درجه سبزینگی برگ بود. پس این‌گونه به نظر می‌رسد که خاصه این نژاد باکتری به‌روی صفت سبزینگی برگ هم در شرایط عدم تنش و هم تنش توانست اثری مثبت داشته باشد. تأثیر مثبت باکتری *سودوموناس پوتیدا* نیز، به‌روی برخی صفات نظیر افزایش رشد گیاه، افزایش طول گیاه و وزن خشک ریشه در گیاه کلزا گزارش شده است (Pasha poor et al., 2010).

نتایج بررسی درجه سبزینگی برگ در دو مرحله نیز نشان داد که در مرحله دوم با اعمال تنش خشکی بیشتر و به‌واسطه کاهش نزولات جوی و افزایش تبخیر و تعرق، درجه سبزینگی برگ در محیط تنش به‌طور معنی‌دار بیشتر از محیط عدم تنش بود. پس تنش خشکی باعث تغییر در میزان کلروفیل‌ها در سلول‌های گیاهی می‌شود. این رنگیزه‌ها که در فرآیند فتوسنتز نقش دارند و میزان آن در گیاهان زنده به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد.

در تنش خشکی به‌واسطه کاهش محتوی آب سلولی، پیامد آن به‌صورت تیره شدن رنگ برگ‌ها و افزایش غلظت محتویات سلولی ظاهر می‌شود (Kafi et al., 2006). پس دلیل زیادشدن درجه سبزینگی برگ در محیط تنش نسبت به عدم تنش در تحقیق حاضر در مرحله دوم قابل توجیه بود.

پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ارقام مقاوم پیشنهاد شده است. تحقیقات نشان داده است که با افزایش تنش خشکی عدد کلروفیل متر افزایش می‌یابد (Salehi et al., 2004). در گزارشی مشاهده گردید که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد که افزایش نسبت کلروفیل a/b موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌گردد (Antolin et al., 1995).

در اثر تنش خشکی نسبت کلروفیلa/b افزایش می‌یابد (Ahmadi & Bikar, 2001)، ولی کاهش میزان سبزینگی تحت سطوح مختلف خشکی نیز گزارش‌شده است (Tarahomi, 2011). به طوری‌که با افزایش سطح تنش خشکی از سطح 2- بار به 8- بار به‌طور معنی‌داری از میزان سبزینگی کاسته می‌شود که این کاهش ناشی از کاهش در میزان کلروفیل a وb می‌باشد و در تمامی سطوح خشکی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به‌علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون لیپیدها و درنتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند (Schutz & Fangmeir, 2001).

کاهش دمای کانوپی (CTD)

تفاوت بین درجه حرارت کانوپی و درجه حرارت محیط (CTD) به‌عنوان شاخصی از تنش خشکی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این اختلاف به‌صورت ΔT بیان می‌شود (Azizi, 1999; Reynolds et al., 2001).

با کاهش آب، روزنه گیاهان به‌تدریج بسته‌شده، تعرق کاهش‌یافته و دمای کانوپی افزایش می‌یابد (Araus et al., 2002).

تجزیه واریانس نتایج حاصله حاکی از (جدول 3) تفاوت معنی‌دار رقم و اثر دوگانه باکتری در محیط، باکتری در رقم، رقم در محیط و اثر سه‌گانه باکتری در رقم در محیط بودند. جدول مقایسه میانگین نشان داد (جدول 4) رقم BP18 با 1/22 درجه سانتی‌گراد مقدار بالاتری و گلدراش برابر 2/12- درجه سانتی‌گراد مقدار کمتری از ΔT را نشان دادند.

همچنین بررسی اثر دوگانه باکتری در رقم نشان داد ترکیب دو نژاد باکتری در رقم BP18 (B_1V_5) با 0/33 درجه سانتی‌گراد مقدار بالاتری و عدم تلقیح در رقم گلدراش (B_0V_4) با 2/66- درجه سانتی‌گراد مقدار کمتری از ΔT را کسب کردند (جدول 5).

جدول مقایسه میانگین باکتری در محیط نشان داد (جدول7)، باکتری *سودوموناس فلورسنس* در محیط تنش (B_2L_1) معادل 0/33 درجه سانتی‌گراد مقدار بیشتری و باکتری *سودوموناس پوتیدا* در محیط عدم تنش (B_3L_2) برابر3/19- درجه سانتی‌گراد مقدار کمتری از ΔT را کسب کردند.

جدول مقایسه میانگین رقم در محیط نشان داد (جدول 6) رقم BP18 در محیط تنش (V_5L_1) با 1/25 درجه سانتی‌گراد مقدار بیشتری و رقم گلدراش در محیط عدم تنش (V_4L_2) با 3/29- درجه سانتی‌گراد مقدار کمتری از این صفت را کسب کردند.

جدول مقایسه میانگین اثر سه‌گانه باکتری در رقم در محیط نشان داد(جدول 8) که باکتری *سودوموناس فلورسنس* در BP18 در محیط تنش ($B_2V_5L_1$) با چهار درجه سانتی‌گراد مقدار بالاتری و باکتری *سودوموناس پوتیدا* در هایولا 401 در محیط عدم تنش ($B_3V_1L_2$) معادل 3/67- مقدار کمتری از ΔT را نشان دادند.

به‌طورکلی، مقادیر ΔT، در تحقیق حاضر به‌طور مشخصی در شرایط تنش بالاتر از عدم تنش بود. دلیل این پدیده این‌گونه قابل‌بررسی است که بسته شدن روزنه‌ها که اولین واکنش به شرایط کمبود آب است در محیط تنش سبب شد که مقادیر دمای کانوپی بالاتری حادث شود. به‌عبارت‌دیگر، با محدودیت آب قابل‌دسترس، تعرق نیز کاهش‌یافته و متعاقب آن به خاطر تداوم جذب تشعشع درجه حرارت برگ‌ها افزایش می‌یابد (Jensen et al.,1990). دمای کانوپی برگ اغلب شاخص معتبری برای تنش آبی گیاه می‌باشد (Aston & Van Bavel,1972). سینگ و همکاران (Singh et al.,1985) گزارش کردند که اندازه‌گیری دمای کانوپی در شرایط تنش می‌تواند به‌عنوان معیاری قابل‌قبول برای تعیین مقاومت به خشکی در جنس براسیکا مطرح باشد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که اختلاف بین دمای برگ و دمای محیط در کرت‌های آبیاری شده بیشتر از کرت‌های بدون آبیاری می‌باشد (Ahmadi & Javid far, 2001).

بالوتا و همکاران (Balota et al., 2007) معتقدند که در شرایط تنش رطوبتی، ارقامی که دارای دمای کانوپی کمتری هستند برای کاشت در مناطق خشک مناسب‌تر بوده و مقاومت بیشتری خواهند داشت. در این آزمایش نیز رقم گلدراش متعلق به گونه شلغم روغنی توانست دمای کانوپی کمتری را نسبت به سایرین نشان دهد. سازوکارهای مرفولوژیک و فیزیولوژیک مانند کاهش سطح برگ، افزایش کرک و موم در سطح برگ،کاهش تراکم روزنه، افزایش عمق نفوذ و توسعه ریشه، افزایش پتانسیل اسمزی در معماری و کانوپی گیاه می‌توانند تحمل به خشکی را در گیاه افزایش دهند، که برخی از این صفات در رقم گلدراش متعلق به گونه شلغم روغنی ظاهرشده است. گزارش شده است که گونه شلغم روغنی و کلزای معمولی تنوع قابل‌ملاحظه‌ای برای جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش آب داشتند و دارای تحمل بیشتری نسبت به خشکی بودند (Richards, 1978).

اثر باکتری به‌صورت مجزا در کاهش دمای برگ در این آزمایش مشخص نشد، ولی بر اساس اثر باکتری با سایر تیمارهای آزمایش شاید اینگونه به نظر برسد که باکتری *سودوموناس پوتیدا* بتواند در کاهش دمای برگ مؤثر باشد.

ارتفاع در زمان برداشت

جدول تجزیه واریانس نشان داد که فقط بین ارقام از لحاظ ارتفاع تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول 3). جدول مقایسه میانگین (جدول 4) نشان داد که در بین ارقام BP18 با 1/24 متر مقدار بیشتری و به‌ترتیب هایولا330 با 0/9 متر و هایولا 401 با 0/91 متر مقادیر کمتری از صفت ارتفاع را به خود اختصاص دادند.

اقبال و همکاران (Igbal et al., 2008) و آروین و عزیزی (Arvin & Azizi, 2010) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های مختلف براسیکا عموماً در ارتفاع متوسط گیاه باهم دیگر فرق می‌کنند. آن‌ها همچنین نشان دادند که تمام ژنوتیپ‌های خردل هندی دارای متوسط ارتفاع بیشتری از ژنوتیپ‌های کلزای معمولی است. نتایج این تحقیق نیز تأیید کرد که ارقام متعلق به گونه خردل هندی بیشترین و ارقام گونه کلزای معمولی کمترین طول ارتفاع را نشان دادند و ارقام گونه شلغم روغنی بین این دو گروه قرار گرفت.

اوزر (Ozer, 2003) نیز تفاوت‌هایی را برای صفت ارتفاع بین ارقام مختلف *براسیکا* گزارش کرد. در این آزمایش نیز تفاوت صفت ارتفاع در بین ارقام *براسیکا* تأیید شد و از طرفی، رقم BP18 متعلق به گونه خردل هندی بالاترین ارتفاع را کسب کرد. ارتفاع گیاه می‌تواند در صورت کنترل مؤثر علف‌های هرز، موجب افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه بسیاری از غلات و نیز سایر گیاهان زراعی شود. این موضوع مهم‌ترین بخش مؤثر در افزایش عملکرد در بیست تا سی سال اخیر بوده است و می‌تواند حاکی از اهمیت شاخص برداشت در افزایش عملکرد باشد (Aniol, 2002).

وفابخش (Vafabakhsh, 2008) تأثیر تنش خشکی را در کاهش ارتفاع نهایی ارقام *براسیکا* گزارش کرد که دلیل آن می تواند در اثر زیادشدن اتیلن طی تنش باشد (Jirali et al., 1989)، ولی خسرویار (Khosroyar, 2011) در بررسی سویه‌های *سودوموناس* بر روی گندم گزارش کرد که کاربرد باکتری تأثیری بر ارتفاع نهایی گندم نگذاشت. استفاده از باکتری نیز در این تحقیق تأثیری در ارتفاع نهایی نداشت.

سرمدنیا و کوچکی (Sarmad niya & Koocheki, 2013) بیان داشتند ارتفاع در گیاه با شاخص برداشت نسبت عکس دارد. وفابخش (Vafabakhsh, 2008) نیز گزارش کرد که بین ارتفاع گیاه در شرایط تنش با شاخص برداشت همبستگی منفی وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط تنش صفت ارتفاع با شاخص برداشت 13 درصد و در شرایط نرمال 21 درصد همبستگی منفی وجود داشت. کاهش بیشتر شاخص برداشت در شرایط نرمال درازای افزایش ارتفاع به این خاطر است که رشد سلول‌ها، ساخت و شکل‌گیری عملکرد و

عملکرد اقتصادی در شرایط نرمال بیشتر از تنش است و به‌همین دلیل رشد بیشتر ساقه در کاهش شاخص برداشت در شرایط بدون تنش بیشتر نمایان می‌شود.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول 3 نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین محیط تنش و عدم تنش، باکتری و رقم وجود داشت. همچنین معنی‌داری اثر دوگانه باکتری در رقم و اثر سه‌گانه باکتری در رقم در محیط مشهود بود (جدول3).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول4) شاخص برداشت در محیط عدم تنش 6/76 درصد بیشتر از محیط تنش بود. همچنین میزان تغییرات در سطح تیمار باکتری از 11/89 درصد در باکتری *سودوموناس فلورسنس* تا 9/69 درصد در باکتری *سودوموناس پوتیدا* در تغییر بود. میزان تغییرات در سطح رقم از 14/30 درصد تا 8/27 درصد در تغییر بود و به‌ترتیب این مقادیر مربوط به رقم هایولا 330 و رقم پارک لند بودند.

نتایج مقایسه میانگین اثر دوگانه باکتری در رقم نشان داد (جدول 5) که باکتری *سودوموناس فلورسنس* در رقم هایولا 401 (B_2V_1) با 18/54 درصد مقدار بیشتری از صفت شاخص برداشت و باکتری *سودوموناس پوتیدا* در رقم پارکلند (B_3V_3) معادل 6/57 درصد مقدار کمتری از این صفت را داشتند. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه باکتری در رقم در محیط نشان داد (جدول 8)، باکتری *سودوموناس فلورسنس* در رقم هایولا 401 در محیط بدون تنش ($B_2V_1L_2$) مقدار بیشتری و تلفیق دو نژاد باکتری در رقم BP18 در محیط تنش ($B_1V_5L_1$) مقدار کمتری از شاخص برداشت را نشان دادند.

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش درصد شاخص برداشت شد. وفا بخش (Vafa bakhsh, 2009) و شکاری (Shekari, 2002) و رایت و همکاران (Wright et al.,1996) گزارش کردند که کاهش آب در دسترس گیاه منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که ارقام هیبرید موردبررسی (هایولا 330 و هایولا 401) نسبت به سایرین شاخص برداشت بالاتری داشتند. همچنین از میان ارقام این آزمایش، بالاترین میزان شاخص برداشت در گونه کلزای معمولی کسب شد و به‌ترتیب گونه خردل هندی و گونه شلغم روغنی در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. آروین (Arvin, 2009) گزارش کرد که میزان شاخص برداشت در گونه‌ی کلزای معمولی بالاتر از شلغم روغنی بود.

اثر باکتری به‌صورت مجزا و مرکب با سایر تیمارها بر روی شاخص برداشت معنی‌دار شد. پس این‌گونه به‌نظر می‌رسد باکتری می‌تواند در افزایش رشد و نمو و شکل‌گیری بهتر عملکرد نهایی مثمر ثمر واقع گردد.

بکی و براندت (Bekie & Brandet, 1996) و باشان و هولگوین (Bashan & Holguin, 1997) گزارش کردند که کاربرد سویه‌های مختلف باکتری و کود نیتروژن به‌صورت سرک، اندام‌های رویشی را بیشتر افزایش داد و وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه در اثر تلقیح با کود زیستی بالا رفت.

باید اشاره کرد که محققان در مطالعه تأثیر شاخص برداشت و دیگر صفات زراعی جهت به‌دست آوردن بهترین شاخص برداشت، گزارش نمودند که شاخص برداشت همبستگی مثبتی با عملکرد دانه دارد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد، و همبستگی بین شاخص برداشت و عملکرد نهایی در شرایط عدم تنش 77 درصد و در شرایط تنش 87 درصد بود (Diepenbrock, Berry & Spink, 2006; 2000).

عملکرد دانه

عملکرد دانه نتیجه فعالیت یک جامعه گیاهی در طی فصل رشد و نمو، با استفاده از تشعشع، مواد غذایی، آب و سایر عوامل محیطی است (Clarke & Simpson,1978b). عوامل متعدد ژنتیکی و محیطی همچون ژنوتیپ گیاه، درجه حرارت، رطوبت، حاصلخیزی خاک، طول دوره رشد و آفات و امراض بر فرآیند انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های فتوسنتز کننده به دانه ها و در نتیجه عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد (Aniol, 2002).

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول3) تفاوت معنی‌داری بین دو محیط و ارقام وجود داشت. همچنین برهم‌کنش محیط در رقم در ارتباط با شکل‌گیری عملکرد نهایی معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصله (جدول 4) عملکرد نهایی در محیط بدون تنش برابر 1351/85 به‌طور برجسته‌ای بالاتر از عملکرد در محیط تنش معادل 535/38 بود. ارقام هیبرید هایولا شامل هایولا330 و هایولا 401 برتری خود را نسبت به سایر ارقام در صفت عملکرد نهایی نشان دادند و رقم BP18 در انتهای این بررسی قرارگرفت.

برهم‌کنش محیط عدم تنش در رقم هایولا 330 (V_2L_2) با 1893/5 کیلوگرم و محیط عدم تنش در رقم هایولا 401 (V_1L_2) برابر 1629/6 کیلوگرم مقادیر بیشتری و BP18 در محیط تنش (V_5L_1) معادل 340/3 کیلوگرم مقدار کمتری از عملکرد دانه را نشان دادند (جدول 6).

در علل برتری عملکرد دانه در هیبریدهای هایولا نسبت به سایر ارقام با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان به این موارد اشاره کرد:

1- بالاترین درجه سبزینگی برگ را نشان دادند که بالا بودن درجه سبزینگی برگ و پتانسیل بالا برای تبدیل انرژی خورشیدی به شیمیایی می‌تواند، دلایلی قوی برای ثبت بالای عملکرد نهایی باشد.

2- کمترین طول ارتفاع ساقه را نشان دادند که خود بیانگر تخصیص مواد کمتری به ساقه و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری به اهداف اقتصادی می‌باشد.

3- بالاترین درصد شاخص برداشت را در میان سایر ارقام کسب کردند که خود منتج به شکل‌گیری عملکرد دانه بالاتری هم شد.

4- بیشترین محتوی نسبی آب برگ را نشان دادند که بیانگر توانایی برتر این ارقام در جذب آب از خاک و همچنین نگهداری آب در بافت‌های گیاهی بود.

بی‌شک مطالعه بیشتر تظاهرات گیاهی خصوصاً بررسی صفات اکوفیزیولوژیک و مرفولوژیک می‌تواند در شناخت و رصد عملکرد نهایی در گیاهان زراعی کمک کند.

در این تحقیق عملکرد نهایی ارقام گونه‌های کلزای معمولی، شلغم روغنی و خردل هندی به‌واسطه تنش خشکی کاهش یافت. اثر تنش خشکی به‌وسیله ژنوتیپ، مدت و شدت تنش، شرایط آب و هوایی مراحل رشد و نموی کلزا بیان می‌شود (Hafeez et al., 2003).

نتایج اثر مستقیم و مثبت باکتری بروی شاخص برداشت نشان داد، ولی اثر مستقیم باکتری بروی عملکرد نهایی مشاهده نشد. پس این‌گونه قابل استنتاج است که باکتری به‌صورت غیرمستقیم و از طریق اثر به‌روی شاخص فیزیولوژیک برداشت باعث افزایش ساخت و شکل‌گیری عملکرد نهایی شد. به‌نظر می‌رسد کاربرد سویه‌های مختلف باکتری و کود نیتروژن به‌صورت سرک، اندام‌های رویشی را بیشتر افزایش داده است و وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در اثر تلقیح با کود زیستی را بالا برده است. (Bashan & Holguin,1997).

نتیجه‌گیری

در بررسی صفت محتوی نسبی آب (RWC)، کاربرد باکتری خصوصاً به‌صورت جداگانه توانست در تخفیف اثر تنش نقش داشته باشد. به‌واسطه کاهش محتوی آب سلولی و افزایش غلظت محتویات سلولی در شرایط محدودیت رطوبتی، درجه سبزینگی برگ افزایش یافت، در محیط تنش، دمای برگ به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها افزایش یافت ولی اثر باکتری بر روی این صفت معنی دار نشد. تنش خشکی و کاربرد باکتری تأثیری بر روی ارتفاع نهایی گیاه نگذاشت و فقط تفاوت ارتفاع بین ارقام و گونه‌ها به‌دست آمد. ارقام مورد بررسی در گونه خردل هندی بالاترین ارتفاع و به‌ترتیب گونه شلغم روغنی و کلزای معمولی در مراحل بعدی قرار گرفتند. تنش خشکی تأثیری معنی‌دار در کاهش شاخص برداشت گذاشت و تأثیر باکتری به‌صورت مجزا و مرکب با سایر تیمارهای آزمایشی معنی‌دار شد. پس این گونه به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری می‌تواند بر روی شاخص برداشت اثر پررنگی داشته باشد. کاربرد باکتری بر روی ارقام *براسیکا* تأثیر معنی‌داری بر روی شکل‌گیری عملکرد نهایی و تخفیف تنش داشت، اما ترکیب دو نژاد باکتری اثری آنتاگونیسمی گذاشت. پس پیشنهاد می‌گردد کاربرد *باکتری سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* به‌صورت مجزا می‌تواند نتایج بهتری نسبت به ترکیب دو نژاد باکتری داشته باشد. در بررسی صفات مرفولوژیک و اکوفیزیولوژیک این تحقیق هیبریدهای هایولا برتری خود را نشان دادند که این مهم منتهی به شکل‌گیری عملکرد بالاتر در این ارقام شد، پس کشت این ارقام و کاربرد باکتری *سودوموناس* می‌تواند ارزشمند باشد. عوامل اکولوژیکی که بروی فیزیولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد در سال‌ها و مکان‌های مختلف، متفاوت ظاهر می‌شود، پس تکرار آزمایش‌ها برای درک جامع‌تر رفتار باکتری *سودوموناس* در خشکی توصیه می‌شود.

منابع

Ahmadi, M.R, and Javidfar, F. 2001. Assessment methods and improvement of drought resistance in crop species of

Brassica. Publications of Nashre Amoozesh Keshavarzi. (In Persian)

Ahmadi, A and Biker, A. 2001. Stomatal and non-stomatal factors limititions of photosynthesis in wheat under drought conditions. Iranian Journal of Agricultural Science 31(4): 813-825. (In Persian with English Summary)

Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2016. The effects of drought stress on yield, yield components and anti-oxidant of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. Journal of Agroecology 8(1): 95-106. (In Persian with English Summary)

Amani, I., Fischer, R.A., and Reynolds, M.P. 1996. Evaluation of canopy temperature as a screening tool of heat tolerance in spring wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 30: 119-129.

Aniol, A. 2002. Environmental stress in cereals: An overview. Proceeding of the 5th international Triticale Symposium. Poland pp. 112-121.

Antolin, M.C., Yoller, J., and Sanchez-Diaz, M. 1995. Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plant. Plant Science 107: 159-165.

Araus, J.L., Bort, J., Steduto, P., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Breeding cereals for mediterranean condition: ecophysiological clues for biotechnology application. Annals of Applied Biology 142: 129-141.

Araus, J.L., Salfer, G.A., Reynold, M.P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C_3 creals: What should we breed for? Annals of Botany 89: 240-925.

Arvin, P. 2009. Study on physiological and morphological basis of yield difference between spring cultivars species of rapeseed. MSc dissertation. Islamic Azad University, Bojnourd Branch, Bojnourd, Iran. (In Persian with English Summary)

Arvin, P., and Vafabakhsh, J. 2016. Study of drought and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on radiation use efficiency and dry matter partitioning in to pod in different cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology 8(1): 95-106. (In Persian with English Summary)

Arvin, P., and Azizi, M. 2010. A comparison of yield, harvest index and morphological characters of spring cultivars of the oilseed rape species. Electronic Journal of Crop Production 2:1-41. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., and Rauf, H. 2001. Inducing salt tolerate in maize throght seed priming with chloride salt. Acta Physiologiae Plantarum 23: 407-417.

Aston, A.R., and Van Bavel, C.H. 1972. Soil surface water depletion and leaf temperature. Agronomy Journal 64: 368-373.

Azizi, M. 1999. Study of different regims of irrigation and potassium fertilizer on some agronomic, physiological and biochemical traits of soybean. PhD dissertation. Agriculture Faculty, Mashhad Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Balota, M., Payne, W.A., Evett, S.R., and Lazar, M.D. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. Crop Science 47: 1518-1529.

Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationship: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121.

Bekie, H.J., and Brandet, S.A. 1996. Sunola response to nitrogen fertilization. Canadian Journal of Plant Science 76: 783-789.

Berry, M.P., and Spink, J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (Review). Jouranal of Agricultural Science Cambridge 199: 381-392.

Clarke, J.M., and Simpson, G.M. 1978b. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv.Tower. Canadaian Journal of Plant Science 58: 731-737.

Dehghani, H., Malekshahi, F., and Alizadeh, B. 2010. The study of drought tolerance indices in some winter cultivars of *Brassica napus* L. Journal of Water and Soil Science 48: 77-89.

Diepenbrock, W. 2000. Yield components of winter oilseed rape (*Brassicanapus* L.): A review. Field crops Research 67: 35-49.

Foltz, C.R. 2002. Iran's water crisis: Cultural, political and ethical dimensions. Journal of Agricultural and Environmental Ethics.15:357-380.

Hafeez, A.S., Hammad, M., Tahir, N., and Hussain, M.T. 2003. Physiogenetic aspects of drought tolerance in canola (*B. napus*). International Journal of Agriculture and Biology 5(4): 611-614.

Iqbal, M., Akhtar, N., Zafar, S., and Ali, I. 2008. Genotypic responses for yield and seed oil quality of tow Brassica species under semi-arid envirmental conditions. South African Journal of Botany 74: 567-571.

Jensen, H.E., Svendsen, H., Jense, S.E., and Mogensen, V.O. 1990. Canopy-air temperature of crops grown under different irrigation regimes in temperate humid climate. Irrigation Science 11:181-188.

Jirali, D., Panchal, Y., and Patil, B.C. 1989. Studies on physiological and biochemical character in chickpea. Indian Journal of Plant Physiolgy 32: 240-243.

Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool season furfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

Johnston, A.M., Tanaka, D.L., Miller, P.R., Brandt, S.A., Nielsen, D.C., Lafond, G.P., and Riverland, N.R. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in Northern Great Plains. Agronomy Journal 94: 231-240.

Kafi, M., Nezami, A., Hoseini, H., and Masoomi, A. 2006. Physiology effect of drought stress by PEG on germination of Lentill genotype. Journal of Research and Construction 3: 69-81. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2008. Mechanism of Plant Resistance in Environmental Stress. Publication of Jihad Daneshgahi Mashhad, Iran 472 p. (In Persian)

Khosroyar, K. 2011. The effect of selected strains of bacteria Pseudomonas family on yield and yield components of winter wheat in the Bojnourd region. MSc dissertation. Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch, Varamin, Iran (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Roohi, A., and Noorbakhsh, F. 2015. Effect of biological fertilizer on yield, yield component and oil content of three cultivars of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology 7(2): 168-178. (In Persian with English Summary)

Lazcano-Ferrat, I., and Lvatt, C.J. 1999. Relationship between relative water content, nitrogen pools and growth of Phaseolus vulgaris L and P.acutifolius gray during water deficit. Crop Science 39: 467-475.

Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.P. 2004. Application of free living plant growth promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwen Hoek 86: 1-25.

Mathur, D., and Wattal, P.N. 1995. Influnce of water stress on seed yield of Canadian rape at flowering and role of metabolic factors. Plant Physiology and Biochemistery New Delhi 22: 115-118.

Molnar, S., Gaspar, L., Stehi, L., Dulai, E., Sarvari, I., Galiba, G., and Molnarlong, M. 2002. The effects of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and aegilopsbinucialis genotypes originating from various habitates. Acta Biologica Szegediensis 46: 115-116.

Nagarajan, S., and Bansal, K.C. 1991. Growth and distribution of dry matter in drought tolerant and a susceptible potato cultivars under normal and water defict condition. Journal of Agronomy and Crop Science 167: 112-118.

Nazeri, M. 2005. Study of reaction of triticale genotype in water restriction condition in different stage of development. PhD dissertation. Agriculture Faculty, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield components of tow summer rapeseed cultivars. Europian Journal of Agronomy 19: 453-463.

Ohlsson, L. 1972. Spring rape and spring turnip rape seed sowing at close row spacing. Sevensk Frotiding 41: 25-27.

Paseban-Islam, B., Shakiba, M.R., Neyshabouri, M.R., Moghaddam, M., and Ahmadi, M.R. 2009. Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening techniques for water deficit tolerance in oilseed rape cultivars. Journal of Agriculture Science and Tecnology 11: 413-422.

Pasha Poor, S., Besharati, H., and Zadbari, M.R. 2010. The effect of growth-enhancing bacterial inoculation on plant growth indices of maize. 11th Iranian Soil Scince Congress, 12-14 July, Gorgan, Iran. (In Persian)

Richards, R.A. 1978. Variation within and between species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. III. Physiological and physicochemical characters. Australian Journal of Agricultural Research 29: 491-501.

Reynolds, M.P.S., Nagarajan, S., Razaque, M.A., and Ageeb, O. 2001. Heat Tolerance. Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMIT Publication pp. 124-136.

Saharan B.S., and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria. Life Sciences and Medicine Research 1- 30.

Sarmadniya, G., and Koocheki, A. 2013. Physiology of Crop Plants. Publication of Jehad Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Salehi, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Rate of nitrogen and leaf chorolophyl like as indeces in drought stress in wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 2(1): 199-205. (In Persian with English Summary)

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., and Mornhinweg, W. 1988. Water relation in wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28: 256-531.

Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.

Shekari, F. 2002. Study of effect of drought stress on phenology, water relation, growth, yield and quality production of *Brassica* spp. L. PhD dissertation. Agriculture Faculty, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Butanical Bulleccin of Academia Sinica 41: 35-38.

Singh, D.P., Sing, P., Kumer, A., and Sharma, H.C. 1985. Transpirational cooling as a screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica. Annals of Botany 56: 815-820.

Tarahomi, G. 2011. Effect of drought stress on physiological parameters in *Salvia leriifolia* Benth. MSc dissertation. Islamic Azad University, Mashhsd Branch, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Thurling, N. 1974. Morphophysiological determinate of yield in rapeseed (*Brassica compestris* and *Brassica napus*). 2. Yield components. Australian Journal of Agricultural Research 25: 711- 721.

Vafabakhsh, J. 2008. Study of ecophysilogical aspects of *Brassica* spp. L. in water defict condition. PhD dissertation. Agriculture Faculty, Mashhad Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2009. Effect of water defict on radiation use efficiency in cultivars of *Brassica* spp. L. Iranian Agronomic Research 6(1): 193-204.

Wrigh, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Cass, A. 1995. Compensative adaption of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea)* to soil water deficits: Yield and yield components. Field Crops Research 42: 1-13.

Wright, P.R., Morganand, J.M., and Jessop, R.S.1996. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian Mustard (B. *juncea*) to soil water deficit: Plant water relations and growth. Field Crops Research 49: 51-64.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1208-1226

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 1226-1208

Study of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Drought on Physiological Traits and Ultimate Yield of Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica* spp. L.)

P. Arvin[1*], J. Vafa bakhsh[2] and D. Mazaheri[3]
Submitted: 17-01-2017
Accepted: 27-05-2017

Arvin, P., Vafa bakhsh, J., and Mazaheri, D. 2018. Study of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and drought on physiological traits and ultimate yield of cultivars of oilseed rape (*Brassica* spp. L.). Journal of Agroecology 9(4): 1208-1226.

Introduction

Oilseed rape (*Brassica* spp L.) is one of the valuable oilseed crops which has been attracting attention in recent years. Iran is located in a semi-arid region, and water shortage has caused problems, namely providing drinking water as much as water supply for crop production. Not only does Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) make plant growth stimulating hormones like Auxin and Gibberellin but also can ease stress conditions by producing ABA. Consequently, considering the current water shortage crisis in Iran, we took three main criteria into account: the roles of PGPRs in increasing resistance to abiotic stress, relief of drought effects, and the importance of cultivation of oilseed rape. The present research has been compiled to study drought and some Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Physiological Traits and Ultimate Yield of Cultivars of Oilseed Rape.

Materials and Methods

The current study was done on the basis of two simultaneous experiments (under stress and non-stress experiments) during 2010- 2011 growing season at Agriculture and Natural Resources Research Station of Torogh, Mashhad is situated in East-North of Iran (36° N, 59° E, 1003 ASL) . Two research sites (under stress and no-stress fields) were selected beside each other. This region has a semi-arid climate (annual rainfall 286 mm). The experimental design was factorial based on randomized completely block design with three replications in each experiment. The first treatment was Plant Growth Promoting Rizobactria, including B0: no inoculation (control), B1: co-inoculation (*Pseudomonas flourescens* 169+*P. putida* 108), B2: inoculation with *P. flourescens* 169 and B3: inoculation with *P. putida* 108. Second treatment was cultivar, including Hayola401 and Hayola330 cultivars belong to *Brassica napus*, Parkland and Goldrush cultivars belong to *B. rapa* and BP18 and landrace cultivars belong to *B.juncea* .Greenness index, plant height, relative water content, canopy temperature depletion , harvest index and final seed yield were measured in the present study as well. In addition, variance analysis (ANOVA) was performed using SAS ver. 9.1 software.

Result and Discussion

The examination of physiological characteristics including Harvest Index (HI), chlorophyll content, and Relative Water Content (RWC) showed that there is a considerable difference between location, cultivar, and bacteria cultivar. At the second stage of sampling, due to the reduction of cell water content and enhancement of concentration of cell content in stress field, the chlorophyll rate was enhanced in stressed locations. While findings in RWC showed that *Pseudomonas putida* had the highest percentage (64.23%), and no inoculation had the lowest RWC (60.32%). Therefore, inoculation treatment, specifically the individual inoculation in the study of RWC, could ease the effects of drought stress. Results of the final stem height were significant, only in cultivar level and BP.18 with 1.24m was the highest and Hayol 330 with 0.9m was the shortest cultivars regarding to stem height. Individual and interaction effects of bacteria with other treatments on harvest index

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU),Tehran, Iran. Assistant Professor, Agriculture and Natural Research Center of Khorasan Razavi, Mashhad, Iran and Professor, Department of Agriculture, Tehran University, Tehran, Iran, respectively.
(*Corresponding author Email: pooya.arvin@gmail.com)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.61808

were significant. In current study, it seems that application of bacteria treatments has caused better formation of final seed yield .There was a considerable difference between location, cultivars and interaction of location×cultivar regarding to ultimate yield. Final seed yield in non-stress location (1351.85 $kg.ha^{-1}$) was significantly higher than in stress location (535.38 $kg.ha^{-1}$). In the study of both morphological and physiological traits and final seed yield of the current research, Hayola hybrid showed more superiority than other cultivars.

Conclusion

It seems the individual application of either *P. flourescens* 169 or *P. putida* 108 leads to better formation results than two mixed strains of the aforementioned bacteria. In the current study, Hayola hybrids showed a better function in physiology and ultimate yield; therefore, plantation of these hybrids would be valuable even in water deficits as well as application of PGPR.

Keywords: Greenness index, Plant height, Relative water content, Canopy temperature depletion