Archive of SID

مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۸ (۲) (۱۳۹۷) ۹۷- ۸۲

تأثیر تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و دوره‌ی پر شدن دانه گندم در شرایط تنش شوری

پریسا خان‌زاده، رئوف سید شریفی * و راضیه خلیل‌زاده

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

*نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۰

خان زاده، پ.، ر. سید شریفی و ر. خلیل زاده. ۱۳۹۷. تأثیر تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و دوره‌ی پر شدن دانه گندم در شرایط تنش شوری. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۸ (۲): ۸۲- ۹۷.

سابقه و هدف: شوری خاک از جمله مهم‌ترین عامل‌های محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک است. کاربرد سایکوسل و کودهای زیستی همانند باکتری‌های محرک رشد، نقش مهمی را در بهبود عملکرد تحت تنش شوری ایفا می‌کنند. شاهارونا و همکاران در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، استفاده از باکتری‌های محرک رشد ممکن است یک راهبرد (استراتژی) مناسب برای بهبود رشد گیاه در خاک های شور باشد. براتو و همکاران در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، تنش شوری محتوای کلروفیل (سبزینه) ذرت را کاهش داد ولی تلقیح بذر با کودهای زیستی رنگدانه‌های فتوسنتزی _نورساختی) را افزایش داد. عثمان در نتایج بررسی‌های خود تاکید کرد، تیمار گیاهان با سایکوسل می‌تواند غلظت کلروفیل و کاروتنوئید را افزایش، مرحله‌های فوتوفسفریلاسیون (فسفریله شدن نوری) را تسریع و میزان فتوسنتز را تحریک کند. از این رو درک واکنش‌های فیزیولوژیکی گندم تحت تنش شوری ممکن است به توسعه برنامه‌هایی کمک کند که هدف آن بهبود عملکرد است. بنابراین هدف این بررسی، ارزیابی تاثیر شوری خاک و تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و دوره‌ی پر شدن دانه گندم بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تاثیر شوری خاک و تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و دوره‌ی پر شدن دانه گندم، آزمایش فاکتوریلی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (بدون شوری به عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار) با استفاده از نمک NaCl و تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم در شش سطح (بدون تلقیح بذر به‌عنوان شاهد، تلقیح با سودوموناس، آزوسپریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم، سایکوسل در دو سطح 10^{-5} و 10^{-6} میلی‌مولار) بودند. سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵ از ریزوسفر گندم بوسیله موسسه تحقیقات خاک و آب تهران جداسازی شدند. تراکم ریزجانداران (میکروارگانیسم‌های) استفاده شده به عنوان باکتری های محرک رشد در این ازمایش 10^{8} باکتری زنده و فعال در هر گرم بود.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه، محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید تحت تاثیر سطوح شوری، تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد. شوری عملکرد، وزن ریشه، محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید، سرعت و طول دوره پر شدن دانه را کاهش داد. در حالی که این صفات به واسطه‌ی تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سرعت و طول دوره پر شدن دانه (به‌ترتیب ۰/۰۰۲۵۳ گرم در روز و ۳۹/۲۲۶ روز)، در تلقیح توام بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس در شرایط بدون اعمال شوری و کمترین آنها (۰/۰۰۱۰۱ گرم

www.SID.ir

Archive of SID

در روز و ۲۵/۶۴۷ روز)، در بدون تلقیح بذر در بالاترین سطح شوری به دست آمد. در بالاترین سطح از شوری (۷۵ میلی‌مولار) محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید به‌ترتیب ۲۳/۳۱، ۳۳/۱۸، ۲۲/۶۱ و ۴۲/۶۲ درصد در مقایسه با بدون اعمال شوری کاهش یافت. تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم محتوای کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل را در شرایط شوری همانند شرایط عادی (نرمال) افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در حالت بدون اعمال شوری، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم و کمترین آن‌ها در شوری ۷۵ میلی‌مولار و بدون تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم به دست آمد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد تلقیح بذر با کودهای زیستی و سایکوسل می تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای افزایش عملکرد و طول دوره پر شدن دانه گندم تحت تنش شوری باشد.

واژه‌های کلیدی: کودهای بیولوژیک، محتوای کلروفیل، مولفه‌های پر شدن دانه، گندم.

مقدمه

شوری از جمله مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده‌ی تولیدات زراعی در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران به شمار می‌آید. برآورد شده است که حدود ۱۰ درصد اراضی کشاورزی زیر کشت گیاهان زراعی و بیش از ۲۷ درصد اراضی فاریاب به طور مستقیم تحت تأثیر شوری است (Shanon, 1997). در ایران سطح کل اراضی آبی(فاریاب) حدود ۸/۱ میلیون هکتار گزارش شده است که نزدیک به نیمی از این مساحت به درجه‌های مختلف با شوری روبه‌رو بوده (Cheraghi, 2004)، که در بیشتر موارد از طریق تنش اسمزی، سمیت یون‌های سدیم و کلر، تولید اتیلن، بدون تعادل یونی و مداخله در فتوسنتز، بازدارنده رشد و توسعه‌ی گیاهان می‌شود (Sairam and Tyagi, 2004). یکی از روش-های تعدیل تأثیر منفی تنش شوری، تلقیح بذر با استفاده از باکتری‌های محرک رشد است (Seyed Sharifi and Namvar, 2016). این باکتری‌ها با تولید آنزیم ACC دآمیناز[1]، کاهش تأثیر سوء اتیلن تنشی Gilick *et al.* (1999) ، تولید ایندول استیک اسید و در نتیجه افزایش رشد ریشه و تشکیل ریشه‌های جانبی، رشد گیاهان را در شرایط تنش افزایش می‌دهند (Long *et al*., 2008). این باکتری‌ها همچنین به منظور بهبود حاصل‌خیزی خاک و عرضه مناسب مواد غذایی مورد نیاز گیاه در گیاهان زراعی مختلف به کار می‌روند (Roosta *et al*., 2016). Bacilio *et al.* (2004) در نتایج بررسی تأثیر تلقیح بذر گندم و لوبیا با آزوسپریلیوم در شرایط تنش شوری گزارش کردند، گیاهان تلقیح شده در مقایسه با تیمار شاهد، به دلیل گستردگی بیشتر ریشه و توانایی بالاتر در جذب آب و مواد غذایی دارای رشد بیشتری بودند. در این زمینه Zapata *et al*. (2004) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، هنگامی که گیاهان تحت تنش شوری قرار می‌گیرند، غلظت اتیلن درونی آن‌ها افزایش می‌یابد، در حالی‌که گیاهچه‌های نخودفرنگی تلقیح شده با باکتری‌های مولد ACC-دآمیناز با کاهش غلظت اتیلن تنشی در گیاه، ضمن افزایش طول ریشه، موجب افزایش توانایی این اندام در جذب آب و عنصرهای غذایی و افزایش ارتفاع بوته می‌شوند (Shaharoona *et al*., 2006).

تنش شوری با افزایش غلظت آبسیزیک اسید، اتیلن و تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز Orabi *et al*. (2010)، ضمن مهار فتوسنتز و ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی، به تسریع در تجزیه‌ی پروتئین‌ها و افزایش آمینواسیدها و آمیدها منجر می‌شود که پرولین یکی از این آمینو اسیدها است (Barker *et al*., 1993). (Haghbahary and Seyed Sharifi, 2013) در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند، با افزایش شوری عملکرد، طول دوره و دوره‌ی موثر پر شدن دانه‌ی گندم کاهش یافت و استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش این صفات شد. Parvazi Shandi *et al*. (2013) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b و کل گندم شد. برخی محققان دلیل مقاومت گیاهان به شوری بواسطه‌ی تلقیح بذر با باکتری‌ها را، به تغییر در مورفولوژی (ریخت‌شناختی) ریشه Potters *et al*. (2007) و افزایش کارایی استفاده از آب و عنصرهای غذایی نسبت دادند (Mehboob *et al.,* 2008).

[1] 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate (ACC) Deaminase

www.SID.ir

Archive of SID

سایکوسل از مهم‌ترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بوده و به‌عنوان یک راهبرد برای جلوگیری از اثرگذاری‌های زیانبار تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری به‌شمار می آید (Burton *et al*., 2008). این ماده ضمن بهبود توازن آب و جلوگیری از پژمردگی گیاه، ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها افزایش می‌دهد (Wang *et al*., 2009; Saini *et al.,* 1987). سایکوسل به‌احتمال با بستن روزنه‌ها بر میزان فتوسنتز اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که پس از کاربرد این مواد سرعت فتوسنتز تاحدودی کاهش می‌یابد (Koocheki and Sarmadnia, 2013). به بیانی دیگر این ماده اگر چه موجب کاهش تعرق و فتوسنتز می‌شود ولی می‌تواند نقش مهمی را در بهبود رشد گیاه از طریق به بیشینه رساندن پتانسیل آبی ایفا کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد محلول‌پاشی سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه به ساقه افزایش می‌دهد که منجر به افزایش طول دوره رشد، فتوسنتز و افزایش عملکرد می‌شود (Omidi *et al*., 2005). Khalilzadeh *et al.* (2018) در نتایج بررسی‌های خود افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم را در محلول پاشی با سایکوسل تحت تنش شوری گزارش کردند. در نتایج تحقیقی دیگر Singh *et al*. (2002) نشان دادند، استفاده از سایکوسل ارتفاع بوته را کاهش و عملکرد دانه را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج همسانی نیز در مورد کاربرد خارجی سایکوسل بر افزایش عملکرد دانه در جو (Ma and Smith, 1991) و برنج Akinrinde (2006) گزارش شده است. برخی محققان براین باورند اثرگذاری‌های تعدیلی سایکوسل می‌تواند به‌دلایل مختلفی مانند بسته شدن روزنه، افزایش محتوای کلروفیل، افزایش غلظت CO_2 و تغییرپذیری تحریک کنندگی در دیگر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی باشد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2012). سایکوسل همچنین می‌تواند با تحریک رشد ریشه، کاهش تعرق، افزایش کارایی مصرف آب، جلوگیری از تخریب کلروفیل، افزایش طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه در شرایط تنش شوری (Khalilzadeh *et al.,* 2018)، منجر به بهبود تحمل گیاه به تنش شود (Wang *et al*., 2010).

شوری ازجمله مهم‌ترین عامل‌های محدود کننده‌ی عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید و گندم از عمده‌ترین محصولات کشاورزی در چنین مناطقی است. از این رو این بررسی با هدف تاثیر تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم، بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه‌ی گندم تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر عملکرد و طول دوره‌ی پر شدن دانه گندم در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. عامل‌های مورد بررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (بدون اعمال شوری به عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۲۵،۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار) با استفاده از نمک NaCl و تیمار دوم شامل تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم در شش سطح (بدون تلقیح بذر به عنوان شاهد، تلقیح بذر با سایکوسل در غلظت‌های 10^{-5} و 10^{-6} میلی‌مولار، تلقیح با سودوموناس پوتیدا سویه ۱۸۶، آزوسپریلیوم لیپوفروم سویه OF و تلقیح توأم با سودوموناس و آزوسپریلیوم) بود. میزان نمک مورد نیاز برای هر گلدان با استفاده از نرم افزار Salt calc برای هر سطح شوری محاسبه و همراه با آب آبیاری اعمال شد. در این نرم افزار به اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع خاک نیاز است که با وارد کردن داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری این دو پارامتر (فراسنجه)، میزان گرم نمک لازم بر حسب میلی‌گرم در هر گرم خاک محاسبه می شود. در ضمن برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شده بود تا پس از سه تا چهار نوبت آبیاری نمک های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی دوباره در آب حل شده و به درون هر گلدان برگشت داده شود. هر دو این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آن‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای تلقیح بذرها از مایه تلقیحی که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. بذر گندم مورد استفاده رقم زاگرس بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل تهیه شد. در هرگلدان به قطر ۴۰ سانتی‌متر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع، ۵۰ عدد بذر کشت شد. نخستین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

در دمای ۲۰ تا ۳۲ درجه سلسیوس با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند.

به منظور بررسی ویژگی‌های مربوط به پر شدن دانه مانند سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه، از ۱۴ روز پس از گلدهی در فاصله‌های زمانی هر چهار روز یک بار از هر واحد آزمایشی دو بوته به ظاهر همسان انتخاب شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در مرحله بعدی وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به شمار بذرها برآورد شد (Ronanini *et al*., 2004). به منظور تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای با استفاده از برنامه Proc Nlin رویه DUD نرم افزار SAS به صورت رابطه زیر استفاده شد. رویه DUD تنها روش ارائه شده در نرم افزار SAS است که امکان برآورد مدل دو تکه‌ای پر شدن دانه را در همه‌ی گیاهان زراعی فراهم می‌سازد (Soltani, 1999).

(۱)

$$GW=\begin{cases} a+bt_0 & t<t_0 \\ a+bt & t>t_0 \end{cases}$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان، b شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی که بیانگر سرعت پر شدن دانه است، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرپذیری وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به بیشینه میزان خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر همه داده‌ها درآغاز دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس میزان عددی t_0 در قسمت دوم رابطه قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). برای تعیین محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید، ۰/۲گرم از بافت برگ پرچم را با استون ۸۰ درصد به تدریج له کرده تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. معلول به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ شد و پس از آن جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسططیف‌سنج نوری) اسپکتروفتومتر خوانده شد. میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها بر پایه رابطه‌های دو تا پنج برآورد شد (Seyed Sharifi *et al*., 2016).

(۲)

$$\text{کلروفیل a} = (19/3 \times A_{663} - 0/86 \times A_{645})\ V/100W$$

(۳)

$$\text{کلروفیل b} = (19/3 \times A_{645} - 3/6 \times A_{663})\ V/100W$$

(۴)

کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

(۵)

$$\text{کارتنوئید} = (1000A_{470} - 1/82C_a - 85/02C_b)/198$$

در این رابطه‌ها V حجم استون استفاده شده و W وزن نمونه گیاهی استفاده شده است. برای تعیین وزن و حجم ریشه‌ها پس از خارج‌سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و آنگاه وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین شد. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور شد. در زمان رسیدگی از هر واحد آزمایشی (گلدان) ۸ بوته برداشت و میانگین عملکرد به دست آمده از بوته های برداشتی به‌عنوان ارزش این صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مولفه‌های پر شدن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات بیشینه وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه تحت تاثیر سطوح شوری، تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم و اثر ترکیب تیماری این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی روند پر شدن دانه در تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم در سطح ثابت از

www.SID.ir

Archive of SID

شوری، نشان داد که الگوی نمو بذر در همه ترکیب‌های تیماری همانند است (شکل ۱)، بدین ترتیب که درآغاز وزن دانه به صورت خطی افزایش یافته و به بیشترین میزان خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه تغییرپذیری چندانی نداشته و به صورت یک خط افقی در آمد. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۲۵۳ گرم در روز) در ترکیب تیماری تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم و در شرایط بدون اعمال شوری و کمترین این صفت (۰/۰۰۱۰۱ گرم در روز) در بدون تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم و در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۴). Tadayon and Emam (2007) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، در شرایط تنش شوری، فتوسنتز گیاه در واحد سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش سرعت تبادل دی اکسید کربن و محدودیت گسترش برگ‌ها کاهش می‌یابد و این امر موجب کاهش مولفه‌های پر شدن دانه از جمله کاهش سرعت پر شدن دانه می‌شود. ولی چون باکتری‌های محرک رشد قابلیت دسترسی به عناصری مانند نیتروژن و فسفر را افزایش می‌دهند Yang *et al.* (2011)، از این رو بالا بودن سرعت پر شدن دانه در شرایط بدون اعمال شوری و کودهای زیستی می‌تواند توجیه کننده بخشی از افزایش وزن دانه و در نتیجه آن عملکرد دانه باشد.

بیشترین طول دوره پر شدن دانه (۳۹/۲۲ روز) در ترکیب تیماری تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم در شرایط بدون اعمال شوری و کمترین آن (۲۵/۶۴ روز) در ترکیب تیماری بدون تلقیح بذر در شوری ۷۵ میلی‌مولار به دست آمد.Khalilzadeh *et al.* (2018) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، تنش‌های محیطی مانند شوری به دلیل اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه، تجمع املاح زیانبار در گیاه و همچنین بر هم خوردن تعادل یونی، موجب کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه می‌شوند، ولی محلول پاشی سایکوسل و تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در چنین شرایطی، با افزایش طول دوره پر شدن دانه، موجب افزایش وزن هر دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می شود. Garcia *et al.* (1996) در نتایج یک بررسی روی رقم‌های مختلف ذرت تلقیح یافته با باکتری‌های محرک رشد، گزارش کردند، این باکتری‌ها قادر به تثبیت ۶۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز گیاه است. از این رو به نظر می‌رسد در دسترس بودن نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه در تیمارهای تلقیح بذر با کودهای زیستی، موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌ها (جدول ۴) و تأخیر در پیری برگ شده است، که این موضوع موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می‌شود (Murchie *et al.*, 2002).

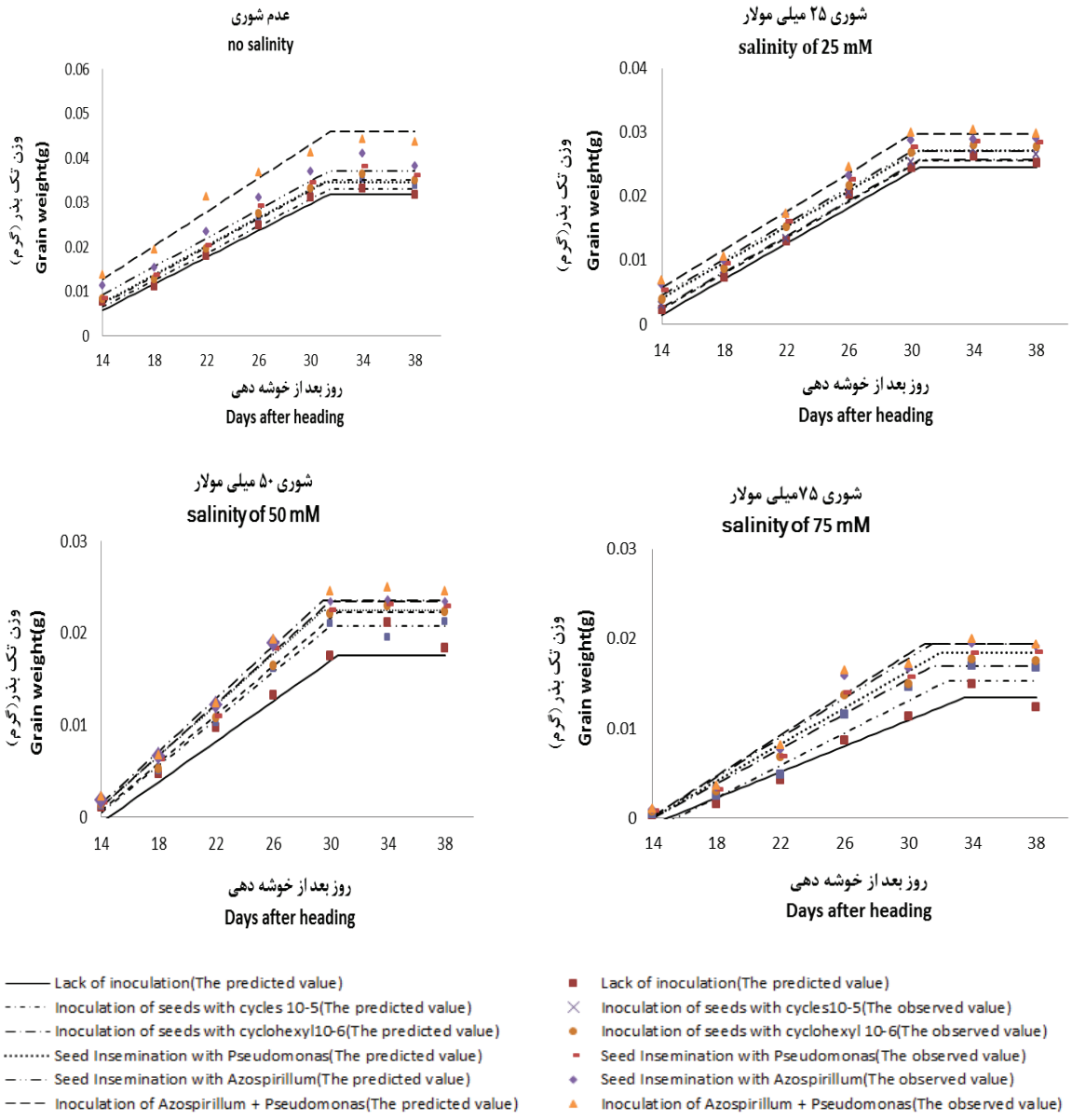
Ma and Smith (1991) در نتایج بررسی تأثیر توأم و انفرادی دو باکتری آزوسپریلیوم و سودوموناس بر رشد و عملکرد گندم مشاهده کردند که اثرگذاری‌های توأم دو باکتری بیشتر از تاثیر تک تک این باکتری‌ها است. دوره پرشدن دانه نسبت به سرعت پرشدن دانه بیشتر تحت تأثیر عامل‌های محیطی قرار می‌گیرد (Royo *et al*., 2000). برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود بیان کرده‌اند، کاربرد مواد تحریک کننده‌ی رشد گیاه در مرحله زایشی، از طریق تولید و ترشح برخی هورمون‌های گیاهی و نیز تغییر در نسبت آن‌ها در گیاه، بر انتقال و توزیع دوباره فرآورده های فتوسنتزی در درون گیاه تأثیر می‌گذارند به عبارت دیگر، این مواد در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و سرعت پرشدن دانه‌ها درگیاه، تأثیر مثبت بیشتری داشته‌اند (Murkovic *et al*., 1996). بخشی از بهبود مؤلفه‌های پر شدن دانه را می‌توان به افزایش محتوای کلروفیل به‌واسطه‌ی تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم نسبت داد (جدول ۲ و۳). در این راستا Tsuno *et al*. (1994)در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل در طول دوره‌ی رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه می‌شود. Kato (1999) اظهار داشت که دانه‌های با وزن بالاتر، سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر دارند و به نظر می‌رسد بالا بودن سرعت پر شدن دانه در شرایط بدون اعمال شوری و کودهای زیستی می‌تواند توجیه کننده بخشی از افزایش وزن دانه و در نتیجه آن عملکرد دانه باشد. گزارش‌های زیادی وجود دارد که در شرایط شوری افزایش تولید اتیلن، بدون تعادل یونی و مداخله در فتوسنتز، سمیت یون‌های سدیم و کلر، غلظت بیشتر سدیم نسبت به پتاسیم و رقابت این یون با پتاسیم در فرایند جذب، موجب کاهش جذب پتاسیم و یا افزایش غلظت سدیم شده و در نهایت بازدارنده رشد و نمو گیاهان می‌شود (Sairam and Tyagi, 2004). ولی تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد

www.SID.ir

Archive of SID

یا افزایش جمعیت باکتری‌های مولد پلی‌ساکاریدهای برون سلولی در منطقه ریشه از طریق تغییر در انتخاب پذیری یون‌های سدیم و پتاسیم جهت جذب توسط گیاه و در نتیجه محدود کردن جذب سدیم، میزان سدیم قابل دسترس برای جذب گیاه را کاهش و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری می‌شوند (Ashraf and McNielly, 2004). Karlidag *et al.* (2011) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، در شرایط شوری باکتری‌های محرک رشد با محدود کردن جذب کلر موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند.

محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر شوری و تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، با افزایش شوری، محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید به



شکل ۱- تغییرپذیری پر شدن دانه گندم در تلقیح بذر با کودهای زیستی و سایکوسل در سطح‌های مختلف شوری.

Fig. 1- Variations of grain-filling of wheat in seed inoculation with bio-fertilizers and cycocel at different levels of salinity.

www.SID.ir

Archive of SID

طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). این کاهش در بالاترین سطح از شوری (شوری ۷۵ میلی مولار) در مقایسه با بدون اعمال شوری به ترتیب ۲۳/۳۱، ۳۳/۱۸، ۲۲/۶۱ و ۴۲/۶۲ درصد بود (جدول ۲). Ashraf and Bahatti, (2000) کاهش در محتوی کلروفیل تحت شرایط تنش را به تخریب کلروپلاست، کاهش ساخت و اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول ساخت رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت دادند. Khan (2003) دلیل کاهش کلروفیل در شرایط تنش را به ساخته نشدن این ماده و افزایش اتیلن در شرایط تنش نسبت داد. Sharma and Hall, (1999) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند که محتوای کاروتنوئید با افزایش تنش شوری به دلیل تخریب بتاکاروتن در جو و سورگوم کاهش یافت. به نظر می‌رسد بخشی از کاهش میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل در نتیجه تنش شوری، به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که موجب پراکسیداسیون و تجزیه‌ی این رنگیزه‌ها می‌شود (Schutz and Fangmeir, 2001). از سوی دیگر Levent *et al.* (2008) نیز در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، کاهش میزان کلروفیل با تشکیل آنزیم‌هایی مانند کلروفیلاز ارتباط دارد که موجب تجزیه کلروفیل می‌شود. Parida *et al.* (2005) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها در شرایط تنش شوری به دلیل تجزیه بتا کاروتن و تشکیل زآ-زانتین کاهش می‌یابد. Orabi *et al.* (2010) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری و خشکی، منجر به افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند آبسیزیک اسید و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و به این ترتیب میزان کلروفیل‌ها تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شوند. تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم منجر به بهبود کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل در شرایط تنش شوری شد (جدول ۳). به طوری که محتوای کلروفیل a در شرایط تلقیح بذر با سایکوسل در غلظت‌های 10^{-5} و 10^{-6} میلی مولار به ترتیب ۷/۶ و ۱۰ درصد در مقایسه با بدون تلقیح افزایش نشان داد (جدول ۳). در تلقیح بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم نیز بیشترین محتوای کلروفیل a (۳/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در کاربرد توام این دو باکتری به دست آمد که دارای افزایش ۵۸ درصدی در مقایسه با شاهد بود. روند همانندی نیز مبنی بر افزایش محتوای کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل به واسطه‌ی تلقیح بذر با سایکوسل، آزوسپریلیوم و سودوموناس به دست آمد (جدول ۴). محققان براین باورند سایکوسل به دلیل تأخیر در پیری برگ (Guerfel *et al.* 2009)، ساخت کلروفیل توسط فعالیت بالای روبیسکو (Singh *et al.*, 2003)، تحریک ساخت پروتئین‌های محلول و آنزیم‌ها (Wafsy and Din, 1995) موجب افزایش سطح غلظت کلروفیل شود. Memari *et al.* (2011) تأثیر مثبت سایکوسل بر فعالیت آنزیمی بر افزایش محتوای کلروفیل را در رقم‌های زیتون گزارش کردند. Kheirizadeh Arough *et al.* (2016) در نتایج بررسی تاثیر تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد بر محتوای کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل تریتیکاله در شرایط تنش شوری اعلام کردند، کاربرد این باکتری‌ها موجب افزایش محتوای کلروفیل در مقایسه با شاهد شد. نتایج همانندی نیز توسط Khalilzadeh *et al.* (2018) مبنی بر افزایش محتوای کلروفیل به واسطه‌ی محلول پاشی سایکوسل و باکتری های محرک رشد در گندم گزارش شده است.

حجم و وزن ریشه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین حجم و وزن ریشه نیز در شرایط بدون اعمال شوری و تلقیح بذر به دست آمد (جدول ۲). در حالت بدون اعمال شوری، وزن ریشه از ۰/۳۱ گرم در بوته به ۰/۳۶ گرم در بوته در حالت تلقیح توام بذر با آزسپریلیوم و سودوموناس رسید که از افزایش ۱۶/۱۲ درصدی برخوردار بود (جدول ۴). در دیگر سطح‌های شوری نیز، با تلقیح بذر با سایکوسل و باکتری-های محرک رشد وزن ریشه در مقایسه با بدون تلقیح افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز در حجم ریشه به دست آمد (جدول ۴). به طوری‌که حجم ریشه در حالت بدون اعمال شوری، تلقیح توام بذر با سودوموناس و آزوسپریلیوم منجر به افزایش ۱۶ درصدی حجم ریشه در مقایسه با بدون تلقیح بذر شد (جدول ۴). برخی محققان، در نتایج بررسی‌های خود افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با سطح شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری‌ها را ۲۸/۸تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش کردند (Cakmakci *et al.*, 2007). سازوکارهایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت افزایش رشد به کار می‌برند به طور کامل شناخته نشده است، ولی بسیاری از بررسی‌ها نشان داده شده است که آلودگی غلات با آزوسپریلیوم به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش شمار ریشه‌های جنینی و جانبی (Cakmakci *et al*., 2007)، افزایش توان تثبیت زیستی نیتروژن، حلالیت فسفر معدنی (کانی) و معدنی کردن فسفات آلی (Dobbelaere *et al*., 2003)، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عنصرهای غذایی، تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها در بهبود عملکرد کیفی و کمی محصول غلاتی مانند جو، گندم و ذرت موثر است (Saini *et al*., 1987). Falik *et al*. (1989) در نتایج بررسی‌های خود افزایش سطح ریشه ذرت در نتیجه ترشح اکسین به وسیله‌ی باکتری آزوسپیریلیوم برازیلنس گزارش کردند.

عملکرد تک بوته: بیشترین عملکرد تک بوته در حالت بدون اعمال شوری، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و سودوموناس و کم‌ترین آن‌ها در شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک به‌دست آمد (جدول ۴). در حالت بدون اعمال شوری، عملکرد دانه از ۲/۱۷ گرم در بوته به ۲/۸ گرم در بوته در حالت تلقیح توام بذر با آزسپریلیوم و سودوموناس رسید که افزایش ۲۹ درصدی داشت (جدول ۴). در دیگر سطح‌های شوری نیز، با تلقیح بذر با سایکوسل و باکتری های محرک رشد، عملکرد دانه تک بوته در مقایسه با بدون تلقیح افزایش یافت (جدول ۴). طوری‌که در بالاترین سطح شوری نیز، عملکرد دانه از ۰/۹۸گرم در بوته در حالت بدون تلقیح بذر به ۱/۵۳ گرم در بوته در تلقیح توام بذر با آزسپریلیوم و سودوموناس رسید که افزایش ۵۶ درصدی داشت (جدول ۴). Pazoki (2016) در نتایج بررسی‌های خود افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی ریحان را در شرایط تنش به واسطه تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک گزارش کردند. بخشی از روند تغییرپذیری عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. بدین صورت که در حالت بدون اعمال شوری سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب شد که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. بالا بودن محتوای کلروفیل a، b (جدول ۳) و گسترش وزن و حجم ریشه در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و سایکوسل (جدول ۴) نیز می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف کند. باکتری‌های محرک رشد با ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عنصرهای غذایی موجب رشد گیاه شده و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند (Rosety *et al*., 2006). Wagar *et al*. (2004) در بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های حاوی ACC دآمیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز با کاهش سطح اتیلن و جذب بیشتر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه موجب می‌شوند عملکرد و اجزای عملکرد به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش یابد. برخی محققان براین باورند در محیط‌های شور، زیادی غلظت سدیم موجب می‌شود گیاهان میزان زیادی یون سدیم را به جای یون پتاسیم و کلسیم جذب کنند، که این امر با افزایش یون سدیم در محیط ریشه و کمبود عنصرهای پتاسیم و کلسیم در گیاه همراه خواهد بود و به دلیل اینکه یون نیترات توسط آوندهای چوبی از ریشه به برگ‌ها حرکت می‌کند و پتاسیم موجب تحریک این فرآیند می‌شود، هرگاه یون‌های سدیم و کلر به میزان زیادی وارد شبکه آوندی شوند یون سدیم از جذب یون پتاسیم جلوگیری می‌کند، کاهش میزان پتاسیم موجب کاهش انتقال نیترات می‌شود در نتیجه به جای نیترات، آنیون‌های کلر و سدیم به برگ‌ها منتقل شده و در آنها تجمع می‌یابد (Garcia *et al*., 1997)، ضمن انکه در چنین شرایطی کمبود پتاسیم منجر به بسته شدن روزنه، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد دانه را به همراه خواهد داشت. در این زمینه Mader *et al*. (2011) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، تلقیح توأم بذر گندم با کودهای زیستی، عملکرد دانه را ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. Emam (2010) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشت سایکوسل با کاهش ارتفاع بوته‌ها و افزایش طول ریشه‌ها، زمینه لازم برای افزایش جذب آب و عنصرهای غذایی را فراهم کرده و این موضوع منجر به افزایش فتوسنتز و مواد فتوسنتزی برای بهبود رشد اندام‌های هوایی از جمله شمار دانه در سنبله می‌شود که مقصد فیزیولوزیک قوی‌تری بوده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- تجزیه واریانس تأثیر شوری و تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر مولفه‌های پر شدن دانه، محتوای کلروفیل، وزن ریشه و عملکرد تک بوته گندم.

Table 1. Analysis of variance for the effects of salinity and seed inoculation with azospirillum, pseudomonas and azospirillum on grain filling components, chlorophyll content, root weight and grain yield per wheat plant.

		میانگین مربعات MS									
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک ریشه Root dry weight	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a chlorophyll a	دوره پر شدن دانه Grain filling period	بیشینه وزن دانه Maximum grain weight	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	حجم ریشه Root volume	عملکرد تک بوته Grain yield per plant
R	2	0.00249**	0.196**	0.287^{ns}	0.00085^{ns}	0.287^{ns}	958.630**	0.00082**	2.282**	7.268**	0.0070**
T	5	0.00284**	0.380**	2.137**	0.206**	0.790**	15.0582**	0.000061**	7.79**	8.827**	0.042**
S	3	0.0178**	0.529**	5.376**	0.689**	3.323**	9.377**	0.00062**۰	3.823**	14.600**	0.0215**
S×T	15	0.0011**	0.0237^{ns}	0.218^{ns}	0.0439^{ns}	0.164^{ns}	23.779**	0.000055**	2.808**	0.877**	0.0080**
E	46	0.0000214	0.0241	0.355	0.0463	0.214	0.2904	0.00000192	0.00000001	0.0545	0.000063
CV	_	5.9	12.639	11.655	15.919	11.637	1.779	4.937	5.587	4.2	4.9

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, *, and ** are non-significant and meaningful at the probability level of 5% and 1% respectively

R(تکرار)، T(کودهای زیستی و سایکوسل)، S(شوری)

R (replication), T (bio fertilizers and cyclohexyl), S (salinity)

جدول۲- مقایسه میانگین تأثیر شوری بر محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید

Table 2. Mean comparison of the effect of salinity on chlorophyll content a, b, total chlorophyll and carotenoid.

سطح شوری Salinity levels	کلروفیل کل(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg /g FW)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) Chlorophyll b (mg /g FW)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تربرگ) chlorophyll a (mg / g FW)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) Carotenoid (mg /g FW)
S_0	5.662a	1.352a	4.467a	0.922a
S_1	5.367b	1.229b	4.063b	0.762b
S_2	5.057c	1.068c	3.968b	0.621c
S_3	4.387d	0.902d	3.423c	0.529d
$LSD^{\%5}$	0.218	0.078	0.171	0.068

میانگین‌های با حرف‌های همانند در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم برای بر پایه آزمون LSD ندارند

Means with similar letters in each column are not significantly different based on the LSD test.

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری۲۵ ، شوری۵۰ و شوری۷۵ میلی مولار

S_0, S_1, S_2 and S_3, , without salinity, salinity of 25, 50 and 75 mM respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- مقایسه میانگین تأثیر سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید

Table 3. Mean comparison of the effects of cycocel, pseudomonas and azosperilium on chlorophyll content a, b, total chlorophyll and carotenoid.

تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم Seed inoculation with cycocel, Pseudomonas and Azospirillium	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg/ g FW)	کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) Chlorophyll b (mg/ g FW)	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) chlorophyll a (mg/ g FW)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg/ g FW)
T_0	3.35e	0.85 e	2.5e	0.42e
T_1	3.67ed	0.98ed	2.69ed	0.49d
T_2	3.77d	1.02d	2.75d	0.55d
T_3	4.22c	1.22c	3c	0.65c
T_4	4.61b	1.41b	3.2b	0.67b
T_5	5.4a	1.87a	3.97a	0.78a
$LSD^{\%5}$	0.326	0.135	0.191	0.047

میانگین‌های با حرف‌های همانند در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم برای بر پایه آزمون LSD ندارند

Means with similar letters in each column are not significantly different based on the LSD test.

T_0، T_1، T_2 و T_3، T_4، T_5، به ترتیب بدون تلقیح، تلقیح بذر با سایکوسل$^{-5}$۱۰ و $^{-6}$۱۰ میلی مولار و تلقیح بذر با سودوموناس،تلقیح بذر با آزوسپریلیوم، تلقیح توام آزوسپریلیوم + سودوموناس نشان می‌دهد

$T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ indicate without inoculation, inoculation with cycocel 10^{-5} and 10^{-6}, seed inoculation with Pseudomonas, Azospirillum and Azospirillium + Pseudomonas respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- مقایسه میانگین تأثیر ترکیب تیماری تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بر مولفه‌های پر شدن دانه، وزن ریشه و عملکرد دانه تک بوته.

Table 4. Mean comparison of the effect of treatment compound of seed inoculation by cycocel, pseudomonas and azospirillum on grain-filling componenets, root weight and grain yield per plant.

تیمارها Treatments composition	حجم ریشه Root volume (Cm^3)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g per plant)	دوره پر شدن دانه Grain filling period (day)	بیشینه وزن دانه Maximum grain weight (g)	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate (g/day)	عملکرد تک بوته Grain yield (per plant)
$S_0 \times T_0$	0.124^{cd}	0.31^{cd}	37.06^{dc}	0.0325^{fe}	0.00173^{de}	2.17^{cd}
$S_0 \times T_1$	0.128^{bc}	0.32^{bc}	37.92^{bc}	0.0344^{de}	0.00180^{de}	2.24^{bc}
$S_0 \times T_2$	0.128^{bc}	0.32^{bc}	38.35^{ab}	0.0360^{dc}	0.00183^{dc}	2.43^{b}
$S_0 \times T_3$	0.132^{b}	0.33^{b}	38.38^{ab}	0.0371^{bc}	0.00190^{c}	2.76^{a}
$S_0 \times T_4$	0.144^{a}	0.36^{a}	38.90^{a}	0.0386^{b}	0.00213^{b}	2.81^{a}
$S_0 \times T_5$	0.140^{a}	0.35^{a}	39.22^{a}	0.0442^{a}	0.00253^{a}	2.83^{a}
$S_1 \times T_0$	0.116^{ef}	0.29^{ef}	35.82^{ef}	0.0277^{ji}	0.00133^{ih}	1.72^{hijk}
$S_1 \times T_1$	0.116^{ef}	0.3^{de}	36.16^{efd}	0.0279^{jhi}	0.00140^{gh}	1.61^{jklm}
$S_1 \times T_2$	0.120^{de}	0.30^{de}	36.80^{ed}	0.0288^{jki}	0.00140^{gh}	1.66^{efg}
$S_1 \times T_3$	0.120^{de}	0.31^{cd}	36.82^{ed}	0.0291^{hi}	0.00150^{gf}	1.93^{efg}
$S_1 \times T_4$	0.124^{cd}	0.30^{de}	36.83^{cde}	0.0300^{hg}	0.00160^{ef}	1.85^{gfhi}
$S_1 \times T_5$	0.120^{de}	0.26^{hi}	36.96^{cd}	0.0315^{eg}	0.00163^{ed}	2.09^{cde}
$S_2 \times T_0$	0.104^{hi}	0.27^{gh}	33.91^{g}	0.0244^{mlk}	0.00126^{ji}	2.01^{def}
$S_2 \times T_1$	0.108^{gh}	0.27^{gh}	33.92^{g}	0.0244^{mlk}	0.00130^{jih}	1.91^{efgh}
$S_2 \times T_2$	0.108^{gh}	0.27^{gh}	35.20^{f}	0.0248^{kl}	0.00130^{jih}	1.79^{fghij}
$S_2 \times T_3$	0.108^{gh}	0.28^{gf}	35.20^{f}	0.0248^{kl}	0.00130^{jih}	1.70^{hijk}
$S_2 \times T_4$	0.112^{fg}	0.27^{gh}	35.20^{f}	0.0250^{kl}	0.00130^{jih}	1.63^{ijklm}
$S_2 \times T_5$	0.108^{gh}	0.23^{k}	35.34^{f}	0.0265^{jk}	0.00133^{ih}	1.81^{fghij}
$S_3 \times T_0$	0.092^{k}	0.24^{jk}	25.64^{k}	0.0159^{p}	0.00101^{l}	0.98^{n}
$S_3 \times T_1$	0.096^{kj}	0.23^{k}	29.01^{j}	0.0198^{p}	0.00110^{lk}	0.95^{n}
$S_3 \times T_2$	0.100^{ij}	0.25^{ij}	31.39^{i}	0.0201^{no}	0.00116^{jk}	1.1^{n}
$S_3 \times T_3$	0.104^{hi}	0.26^{hi}	31.40^{i}	0.0222^{mn}	0.00116^{jk}	1.45^{lm}
$S_3 \times T_4$	0.100^{ij}	0.25^{ij}	31.46^{i}	0.0229^{m}	0.00123^{ijk}	1.42^{m}
$S_3 \times T_5$	0.100^{ij}	0.25^{ij}	32.81^{h}	0.0241^{ml}	0.00123^{ijk}	1.53^{klm}
$LSD_{5\%}$	0.0045	0.0113	1.09	0.0023	0.0001	0.226

میانگین‌های با حرف‌های همانند در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم برای بر پایه آزمون LSD ندارند

Means with similar letters in each column are not significantly different based on the LSD test.

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری۲۵ ، شوری۵۰ و شوری۷۵ میلی مولار.

S_0, S_1, S_2 and S_3; without salinity, salinity of 25, 50 and 75 mM respectively.

T_0، T_1، T_2 و T_3، T_4، T_5، به ترتیب بدون تلقیح، تلقیح بذر با سایکوسل$^{-5}$۱۰ و $^{-6}$۱۰ میلی مولار و تلقیح بذر با سودوموناس،تلقیح بذر با آزوسپریلیوم، تلقیح توام آزوسپریلیوم + سودوموناس نشان می‌دهد.

T_0, T_1, T_2 and T_3, T_4, T_5 indicate without inoculation, inoculation with cycocel 10^{-5} and 10^{-6}, seed inoculation with Pseudomonas, Azospirillum and Azospirillium + Pseudomonas respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

تأثیر سودمند تلقیح بذر با سایکوسل، سودوموناس و آزوسپریلیوم بستگی به سطح‌های شوری داشت. در سطح‌های پایین شوری، تلقیح بذر با سایکوسل و باکتری-های سودوموناس و آزوسپریلیوم توانست عملکرد و مولفه-های پر شدن دانه را در مقایسه با سطح‌های بالای شوری بهبود بخشد. از آنجایی‌که سطح گسترده‌ای از مناطق زیر کشت غلات از جمله گندم متأثر از پدیده شوری است به کارگیری باکتری‌های محرک رشد می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب در بهبود عملکرد گندم در چنین شرایطی باشد.

منابع

Akinrinde, E.A., 2006. Growth regulator and nitrogen fertilization effects on performance and nitrogen use efficiency of tall and dwarf varieties of rice (*Oryza sativa*). Biotechnology. 5, 268-276.

Ashraf, M. and Bhatti, A.S., 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content of rice. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 43, 130-141.

Ashraf, M. and McNielly, T., 2004. Salinity tolerance in Brassica oil seeds. Critical Reviews in Plant. 34, 34-45.

Bacilio, M., Rodriguez, H., Moreno, M., Hernandez, J.P. and Bashan, Y., 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertility of Soils. 40, 188-193.

Barker D.J., Sulivan C.Y. and Moser R.C., 1993. Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. Agronomy Journal. 85, 270-275.

Burton, J.D., Pedersen, M.K. and Coble, H.D., 2008. Effect of cyclanilide on auxin activity. Journal of Plant Growth Regulation. 27, 342-352.

Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U.G. and Donmez, M.F., 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170, 288-295.

Cheraghi, S., 2004. Institutional and scientific profiles of organizations working on saline agriculture in Iran. In prospects of saline agriculture in the Arabian Peninsula. In: Taha, F.K., Ismail, S. and Jaradat, A., (eds.), Dubai, United Arab Emirates, pp. 399-412.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and YacovOkon, Y., 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Review Plant Science. 22, 107-149.

Ellis, H.R. and Pieta-Filho, C., 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science. 2, 19-25.

Emam, Y., 2010. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran.

Falik, E., Okon, Y., Epstin, E., Goldman, A. and Fischer, M., 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in Azospirillum brasilens maize roots. Soil Biology and Biochemistry. 21, 147-153.

Garcia de Salamone, I.E., D.bereiner J., Urquiaga S. and Boddey R.M., 1996. Biological nitrogen fixation in Azospirillum strain-maize genotype associations as evaluated by the ^{15}N isotope dilution technique. Biology and Fertility of Soils. 23, 249-256.

Garcia, A. Rizzo, C.A., UD-Din, J., Bartos, S.L., Flowers, T.J. and Yeo, A.R., 1997. Sodium and potassium transpott to the xylem are inherited independent lyin rice, and the mechanisms of sodium: Potassium selectivity differs between rice and wheat. Plant Cell and Enviroment. 20, 1167-1174.

Gilick, B.R., Penrose, D. and Wenbo, M., 1999. Bacteria promotion of plant growth. Biotechnology Advances. 19, 135- 146.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W. and Zarrouk, M., 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea L.*) cultivars. Horticultural Science. 119, 257-263.

Haghbahary, M. and Seyed Sharifi. R., 2011. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling period of wheat under different levels of soil salinity. Environmental Stresses in Crop Sciences. 6(1), 65-75. (In Persian with English abstract).

Karlidag, H., Esitken, A., Yildirim, E., Figen-Donmez, M. and Turan, M., 2011. Effects of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability and ionic composition of strawbwrry under saline conditions. Journal of Plant Nutrrition. 23, 157-174.

Kato, T., 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to the grain filling process in rice cultivars. Plant Production Science. 2, 32-36.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J., 2018. Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by application of bio

www.SID.ir

Archive of SID

fertilizer and cycocel. Arid Land Research and Management. 1: 1-18.

Khan, N.A., 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. Plant Biology. 47, 437-440.

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Barmaki, M., 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in Triticale under salinity condition. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 44 (1), 116-124.

Koocheki, E. and Sarmadnia, G.H., 2000. Physiology of Crop Plants (translated). Mashhad Jahad Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.

Levent Tuna, A., Kaya, C., Dicilitas, M. and Higgs, D., 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany. 62, 1-9.

Long, H.H., Schmidt, D.D. and Baldwin, I.T., 2008. Native bacterial endophytes promote host growth in a species-specific manner; phytohormone manipulations do not result in common growth responses. Journal of Plos One. 3 (7), 27-32.

Ma, B.L. and Smith, D.L., 1991. Apicial development of spring barley in relation to chloromequat and ethephon. Agronomy Journal. 83, 270-74.

Mäder, P., Kaiser, F., Adholeya, A., 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat–rice and wheat–black gram rotations in India. Soil Biology and Biochemistry. 43(3), 609-619.

Mehboob, I., Zahir, Z.A., Mahboob, A., Shahzad, S.M., Jawad, A. and Arshad, M., 2008. Preliminary screening of rhizobium isolates for improving growth of maize seedlings under axenic conditions. Soil and Environment. 27, 64-71. (In Persian with English abstract).

Memari, H., Tafazoli, E. and Haghighi, A., 2011. Effect of drought stress and cycocel on seedling growth of two olive cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 55, 1-10.

Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P. and Peng S., 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? Journal European Sciences. 53, 2217-2224.

Murkovic, M., Hillebrand, A., Winker, H. and Pfannhauser, W., 1996. Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Zeitschrift fur Lebensmittel- Untersuchung und-Forxhung. 202, 275-278.

Omidi, H., Sorushzadeh, A., Salehi, A. and Dinghizli, F., 2005. Evaluation of priming effects on germination of rapeseed. Agricultural Sciences and Industrials. 19, 125- 135.

Orabi, S.A., Salman, S.R. and Shalaby, A. F., 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. World Journal of Agricultural Sciences. 6, 252- 259.

Parida, A.K. Das, A.B. Mittra, B. and Mohanty, P., 2005. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove. Naturforsch. 59, 408 -414.

Parvazi Shandi, S., Pazoki, A., Asgharzadeh, A., Azadi, A. and Paknejad F., 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat. Journal of Plant Physiology. 5(18), 19-33. (In Persian with English abstract).

Pazoki, A. 2016. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and humic acid on yield and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress in Qom region. Journal of Agroecology. 6 (1), 60-80. (In Persian with English abstract).

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. Advanced Studies in Biology. 4, 501-520.

Potters, G., Pasternak, T.P., Guisez, Y., Palme, K.J., and Jansen, M.A.K., 2007. Stressinduced morphogenic responses: growing out of trouble? Trends in Plant Sciences. 12, 98-105.

Ronanini, D.R., Savin, R. and Hall, A.J., 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research. 83, 79-90.

Rosety, D., Gaur, R. and Juhri, B.N., 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbascular mycorrizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect rhizobacterial community structure in rain-fed wheat field. Soil Biology and Biochemistry. 38, 1111-1120.

Roosta, A., Agaalikhani, M. and Mokhtassi Bidgoli, A. 2016. Grain yield and quality response of flaxseed to chemical, biological and organic fertilizer. Journal of Agroecology. 6 (2): 124-136. (In Persian with English abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

Reyo, C., Abaza, M., Blanco, R.. and Garcı´a del Moral, L.F., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology. 27, 1051-1059.

Saini, J.S., Jolley, R.S. and Singh, O.S., 1987. Influence of chlormequat on growth and yield of irrigated and rainfed Indian mustard (*Brassica juncea*) in the field. Experimental Agriculture. 23, 319-324.

Sairam, R.K. and Tyagi, A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Salinity Tolerance in Plants Strategies for Crop Improvement. 86, 407-421.

Schutz, M. and Fangmeir E., 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. *cv.Minaret*) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution. 114, 187-194.

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R. and Jalilian, J., 2016. Effects of bio fertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Archives of Agronomy and Soil Science. 63(3), 308-318.

Seyed Sharifi, R. and Namvar, A., 2016. Bio fertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardebil Press, Ardebil, Iran.

Shaharoona, B., Arshad, M. and Zahir, Z.A., 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). Letters in Applied Microbiology. 42(2), 155-159.

Shanon, M.C., 1997. Adaptation of plants to salinity. Advanced Agronomy. 60, 75-120

Sharma, P.K. and Hall, D.O., 1991. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. Journal of Plant Physiology. 138, 614-619.

Singh, B., Singh, Y.J., Ladha, K.K., Bronson, F., Balasubramanian, V., Singh, Y. and Khind, C.S., 2003.Chlorophyll meter-and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. Agronomy Journal. 94, 821-829.

Soltani, A., 1999. Application of SAS in Statistical Analysis. Mashhad Jahad Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.

Tadayon, M.R. and Emam, Y., 2007. Physiologic and morphologic reactions in two variety barley for salinity stress & its relative with grain yield. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 1, 253-262.

Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J., 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University, 47, 1-10.

Wafsy, E. and Din, E.L., 1995. Growth Regulators and Flowering. Academic Bookshop, Modern Egyptian Press. pp 503-510.

Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z.A. and Arshad, M., 2004. Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria forimprovming growth and yield of wheat. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 41, 119-124.

Wang, H.Q., Li, H.S., Liu, F.L. and Xiao, L.T., 2009. Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). Scientia Horticulturae. 119, 113-116.

Yang, M.M., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., Bonsall, R.F., Parejko, J.A., Paulitz, T.C., Thomashow, L.S., Yang, H.T., Weller, D.M. and Guo, J.H., 2011. Biological control of take-all by fluorescent *Pseudomonas* spp. from Chinese wheat fields. Phytopathology. 101(14), 81-91.

Zapata, P.J., Serrano, M., Pretel, M.T., Amoros, A. and Botella, M., 2004. Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. Plant Science. 167, 781-788.

www.SID.ir

Archive of SID

Seed inoculation with cycocel, psedumonas and azospirillum on photosynthetic pigments, yield and grain-filling period of wheat under salinity stress

Parisa Khanzadeh, Raouf Seyed Sharifi*and Razieh khalilzadeh
Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*Corresponding author: raouf_ssharifi@yahoo.com
Received: 2018.05.26
Accepted: 2018.08.11
Khanzadeh, P., Seyed Sharifi, R. and khalilzadeh, R., 2018. Seed inoculation with cycocel, psedumonas and azospirillum on photosynthetic pigments, yield and grain-filling period of wheat under salinity stress. Journal of Agroecology. 8 (2), 82-97.

Introduction: Soil salinity is one of the most serious factors limiting crop growth and production in arid and semi-arid regions. The use of cycocel and bio-fertilizers, such as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), play a very important role in improving yield under salinity stress. Shaharoona *et al*. (2006) reported that the use of PGPR may be proper in developing strategies to facilitate plant growth in saline soils. Broetto *et al*. (2007) reported that salt stress decreased the chlorophyll content of maize, but inoculation with bio-fertilizers increased the chlorophyll pigments. Osman (2014) implied that treating plants with cycocel may increase the concentration of chlorophyll and carotenoids, accelerate the process of photophosphorylation, and stimulate the photosynthetic rate. Better understanding wheat responses under salinity stress may help in programs in which the objective is to improve the grain yield under salinity levels. The aim of this study, therefore, is to investigate the effect of soil salinity and seed inoculation with cycocel, pseudomonas and Azospirillum on photosynthetic pigments, grain yield and the grain-filling period of wheat.

Material and methods: In order to investigate the effect of soil salinity and seed inoculation with cycocel, pseudomonas and Azospirillum on photosynthetic pigments, grain yield and the grain-filling period of wheat, a factorial experiment using a randomized complete block design with three replications was conducted at a research greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2016. Treatments included four levels of salinity (no salinity as the control and 25, 50, and 75 mM) as NaCl and seed inoculation with cycocel, Pseudomonas and Azospirillum in six levels (no seed inoculation as a control, inoculation with cycocel 10^{-5} and 6^{-10} mM, pseudomonas, Azospirillum and both applications of pseudomonas and Azospirillum). *Pseudomonas putida strain* 186 and *Azotobacter chroococcum strain* 5 were isolated from the rhizospheres of wheat at the Research Institute of Soil and Water, Tehran, Iran. For inoculation, seeds were coated with gum Arabic as an adhesive and rolled into the suspension of bacteria until uniformly coated. The strains and cell densities of microorganisms used as PGPR in this experiment were 10^8 colony forming units (CFU).

Results and discussion: The results showed that the rate and grain-filling period, chlorophyll content a, b, total chlorophyll and carotenoids were affected by salinity levels, seed inoculation with cycocel, pseudomonas and Azospirillum at the probability level of 1%. Salinity decreased yield, root weight, chlorophyll content a, b, total chlorophyll, carotenoids, rate and grain-filling period. These traits increased with inoculation with cycocel, pseudomonas and Azospirillum. A means comparison showed that the highest rate (0.00253 g/day) and grain-filling period (39.226 days) were obtained in no salinity with seed inoculation with Azospirillum and Pseudomonas. The lowest rate (0.01101 g/day) and grain-filling period (254.67 days) were obtained in the highest salinity level and without seed inoculation. In the highest salinity level (75 mM), chlorophyll content of a, b, total chlorophyll and carotenoids were decreased 23.31, 33.18, 22.61 and 42.62, in comparison with the non-salinity application.

www.SID.ir

Archive of SID

Seed inoculation with cycocel, Pseudomonas and Azospirillum increased chlorophyll content of a, b, total chlorophyll and carotenoids under normal as well as salinity stress conditions. The highest grain yield was obtained in a non-application of salinity, both application of Pseudomonas and Azospirillum, and the lowest of them was obtained in a salinity of 75 mM and inoculation with cycocel, Pseudomonas and cycocel.

Conclusion: To conclude, it seems that seed inoculation with biofertilizers and cycocel can be considered as a proper tool for increasing grain yield and the grain-filling period under salinity stress.

Keyword: Biofertoilizers, Chlorophyll content, Grain filling components, Wheat.

References:

Broetto F, Duarte HM, Lüttge Q., 2007. Responses of chlorophyll fluorescence parameters of the facultative halophyte and C3-CAM intermediate species *Mesembryanthemum crystallinum* to salinity and high irradiance stress. J. Plant Physiol. 164, 904-912.

Osman A.R., 2014. Improving some quantitative and qualitative characteristics of *Solidago canadensis* "Tara" using cycocel and planting density under drip irrigation and lighting systems. Life Sci J. 11(6), 110-118.

Shaharoona B, Arshad M. and Khalid, A., 2007. Differential response of etiolated pea seedling to 1-aminocyclopropane-1-carboxylate and/or l-methionine utilizingrhizobacteria. Microbiol. 45, 15-20.

www.SID.ir