اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد دانه، سرعت و مدت دوره پر شدن دانه گندم در شرایط تنش شوری

رئوف سیدشریفی[1*]، راضیه خلیل‌زاده[2]، ام البنین ریاحی[3] و سعید خماری[4]

۱) استاد گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴) استادیار گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۳

چکیده

به‌منظور مطالعه عملکرد، تجمع ماده خشک، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در واکنش به سطوح مختلف سایکوسل در شرایط شوری خاک، آزمایش فاکتوریلی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در طول فصل زراعی ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل شوری خاک در چهار سطح (صفر به عنوان شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار در خاک) با استفاده از NaCl و محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد با افزایش شوری خاک عملکرد، سرعت و مدت پر شدن دانه، وزن ریشه، زیست توده کل و سرعت رشد محصول کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین تعداد دانه در سنبله (۲۵/۶۶)، سرعت پر شدن دانه (۱/۴۸ گرم در روز)، طول دوره موثر پر شدن (۳۸/۵۱ روز)، دوره پر شدن دانه (۴۲/۲۱ روز) و حداکثر وزن دانه (۳۸/۵۱ گرم) از محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط عدم اعمال شوری به‌دست آمد. محلول‌پاشی ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل عملکرد گندم را به‌ترتیب ۸/۸۶، ۲۴/۰۵ و ۴۱/۷۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل می‌تواند برای بهبود عملکرد گندم در شرایط شوری خاک توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده رشد، ریشه و سرعت رشد محصول.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

مقدمه

گندم از مهم‌ترین منابع انرژی و پروتئین در جهان و گیاهی نسبتاً متحمل به شوری محسوب می‌شود. کاهش عملکرد گیاه در اثر شوری بیش از حد یکی از مشکلات اساسی تولید محصولات کشاورزی است. افزایش شوری خاک موجب کاهش محصول در بسیاری از گیاهان زراعی و در نتیجه تغییر در الگوی رشد گیاهان می‌شود (Zahran, 1999). شوری به روش‌های مختلف نظیر کاهش دسترسی به آب، تجمع بیش از حد Na^+ یا کمبود K^+ در سلول‌ها (Cuin and Shabala, 2007)، افزایش سرعت تنفس، تغییر توزیع مواد معدنی، بی‌ثباتی غشاء و فرایندهای غشایی، اختلال در حفظ فشار تورگر بر رشد گیاه اثر می‌گذارد (Cuartero *et al.*, 2006). شوری همچنین منجر به کم آبی سلول همراه با تغییرات اسمزی می‌شود (Wang *et al.*, 2009). یکی از راه‌های ارزیابی عملکرد، بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک موثر بر عملکرد و مدیریت مزرعه در جهت بهبود این شاخص‌ها می‌باشد. سرعت رشد محصول و زیست توده شاخص‌های رشدی مهمی هستند که علاوه بر ژنوتیپ، در واکنش به فاکتورهای محیطی و روش‌های مدیریتی، عملکرد گیاهان را تحت اثر قرار می‌دهند (Gollagi *et al.*, 2009). El-Hendawy و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش شوری اظهار داشتند که حساسیت گندم به شوری در مرحله گل‌دهی نسبت به مراحل رویشی و اوایل مراحل زایشی کم‌تر و در مرحله پر شدن دانه این حساسیت به شوری حداقل است. Pessarakli (۱۹۹۹) اظهار داشت که تنش شوری به علت اختلال در فرایند فتوسنتز در اثر سمیت یونی و کاهش سطح فتوسنتزی در اثر تنش اسمزی ناشی از تنش شوری، موجب کاهش طول دوره و افزایش سرعت پر شدن دانه گردید. بسیاری از مواد فتوسنتزی مورد استفاده برای رشد دانه توسط تاج پوشش گیاهی (اعم از سنبله، غلاف سنبله و برگ پرچم) تأمین می‌شود (Loss and Siddique, 1994). Borrás و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند فقدان مواد فتوسنتزی ذخیره شده در طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش چشمگیر در وزن دانه شد. Eker و Comertpay (۲۰۰۶) در بررسی میزان تولید ماده خشک ژنوتیپ‌های ذرت بیان داشتند که با افزایش غلظت نمک، تولید ماده خشک در واریته‌های ذرت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. Abid و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که شوری ناشی از کلرید سدیم در ذرت موجب کاهش ماده خشک کل گیاه و به تبع از آن کاهش میزان رشد نسبی می‌گردد.

امروزه روش‌های مختلفی برای مقابله با اثرات ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. در میان روش‌های مدیریتی، برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، تحمل گیاه را در برابر شرایط تنش‌زای محیطی افزایش می‌دهند. سایکوسل یکی از شناخته‌ترین مشتقات کولین می‌باشد که موجب کاهش باز و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش حساسیت به خشکی و شوری می‌گردند. کولین‌ها در غشاء لیپیدی سلول وجود دارند و به عنوان جذب‌کننده رادیکال آزاد عمل می‌کنند که موجب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

کاهش برخی از آسیب‌های ناشی از تنش‌های خشکی و شوری می‌گردد (Elfving, 1988). این ماده موجب بهبود توازن آب و جلوگیری از پژمردگی شده و ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به بذرها افزایش می‌دهد (Wang *et al.*, 2009). استفاده از سایکوسل در غلات منجر به افزایش طول و وزن ریشه یا نسبت بیشتر ریشه به ساقه می‌شود و به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثر مخرب تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری محسوب می‌شود (Burton *et al.*, 2008). 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 می‌گردد (امیدی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج مشابهی نیز در مورد کاربرد خارجی سایکوسل بر افزایش عملکرد دانه در گندم (Shekoofa and Emam, 2008)، جو (Ma and Smith, 1991) و برنج (Akinrinde, 2006) گزارش شده است. Dahmer و همکاران (۲۰۰۷) کاهش طول ساقه، افزایش رشد ریشه و تأخیر در رسیدگی دانه گندم را با محلول‌پاشی سایکوسل گزارش کردند. Grewal و Kolar (۱۹۹۰) شواهد غیر مستقیمی از بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی با افزایش میزان کلروفیل و حفظ شاخص سطح برگ بالاتر را با محلول‌پاشی سایکوسل به‌دست آوردند. آن‌ها اظهار داشتند که در کشت مزرعه‌ای کلزا، محلول‌پاشی سایکوسل به طور معنی‌داری شاخص سطح برگ را کاهش داد. افزایش سرعت رشد در اثر کاربرد سایکوسل می‌تواند از طریق کاهش سرعت نمو و یا به تأخیر انداختن مرحله رسیدگی و پیری گیاه باشد (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2014). سایکوسل همچنین می‌تواند موجب تحریک رشد ریشه، کاهش تعرق، افزایش کارایی مصرف آب، جلوگیری از تخریب کلروفیل و در نهایت موجب بهبود تحمل گیاه به تنش شود (Wang *et al.*, 2009). Pakar و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تنش شوری به‌طور منفی رشد، عملکرد، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و تجمع یون‌ها در گیاهان جو را تحت تأثیر قرار داد و محلول‌پاشی سایکوسل در دو مرحله رشدی گیاه قادر بود برخی از این تغییرات را جبران کند. امام و همکاران (۱۳۸۰) اظهار داشتند که کاربرد سایکوسل در غلات با افزایش رشد ریشه، کاهش ارتفاع بوته، افزایش تعداد پنجه در هر بوته موجب افزایش تحمل به سرما، شوری و محدودیت آبی گردید.

شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است و پیش‌بینی می‌شود که گسترش روز افزون شوری خاک، منجر به کاهش ۲۵٪ از اراضی قابل کشت در ۲۵ سال آینده شود (Mahajan and Tuteja, 2005)، به نظر می‌رسد به دلیل اهمیت و نقش سایکوسل به عنوان یکی از عوامل تعدیل کننده اثرات ناشی از شوری و کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص بر هم‌کنش توام اثر سایکوسل و شوری از سوی دیگر از جمله مواردی بودند که موجب شد اثر سایکوسل بر عملکرد، مولفه‌های رشد دانه و برخی شاخص‌های رشدی گندم در شرایط شوری خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

مواد و روش ها

به‌منظور بررسی اثر شوری خاک و سایکوسل بر عملکرد، تجمع ماده خشک، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری های ۲۵ ،۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار در خاک از نمک کلرید سدیم با استفاده از نرم افزار Salt Calc بود. دراین نرم افزار به اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع نیاز است که با وارد نمودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری این دو پارامتر، مقدار گرم نمک لازم بر حسب میلی‌گرم در هر گرم خاک محاسبه می‌شود. مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۶-۴ برگی) همراه آب آبیاری اعمال گردید. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی، در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی با سایکوسل در چهار سطح (عدم مصرف، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. سایکوسل مورد استفاده از نوع Sigma بود که از شرکت جهان کیمیا تهیه شد. خاک هر گلدان حاوی یک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. هر گلدان به قطر ۳۵ سانتی متر و مساحت تقریبی ۱۰۰۰ سانتی متر مربع بود. پس از تهیه خاک یکدست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها اضافه گردید. سپس۴۰ عدد بذر در هرگلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم چمران بود اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد.

در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجام شد. گلدان ها در شرایط گلخانه ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. خاک گلدان‌ها دارای بافت لومی رسی با pH برابر ۸/۲، شوری ۱/۵۹ دسی زیمنس بر متر و با مقدار نیتروژن ۰/۱۲ درصد و میزان فسفر ۸/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و محتوای پتاسیم ۲۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. سایکوسل در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله ساقه روی) توسط محلول‌پاش دستی و بر اساس سطوح ذکر شده محلول‌پاشی شد. به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۱۰ روز بعد از سنبله-دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. هر بار دو سنبله از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از سنبله جدا شده و در مرحله بعدی وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

(Ronanini *et al.*, 2004). به منظور بررسی ویژگی‌های مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به‌کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS بر اساس رابطه ۱ استفاده شد (سلطانی، ۱۳۸۷).

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

رابطه ۱:

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات 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 حداکثر مقادیر 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 (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه ۲ استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992):

$$EFP=MGW/GFR$$

رابطه ۲:

در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. برای بررسی شاخص‌های رشدی هر ده روز یک‌بار نمونه‌برداری به روش تخریبی صورت گرفت. هر بار دو بوته از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۵±۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند. سپس وزن خشک کل و سرعت رشد محصول با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ به شرح زیر برآورد شدند.

$$TDM = e^{a+bt+Ct^2+dt^3}$$

رابطه ۳:

$$CGR = (b + 2ct + 3dt^2)\ e^{(a+bt+ct^2+dt^3)}$$

رابطه ۴:

در این روابط t زمان بین مراحل نمونه برداری و a، b، c و d ضرایب معادله هستند. ضریب تبیین بالا و معنی‌دار و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات از نظر فیزیولوژیک دلیل اصلی انتخاب صحیح این معادلات برای کلیه تیمارهای مورد بررسی بود (Seyed Sharifi and Namvar, 2016). برای تعیین وزن صد دانه، چهار توده بذری ۲۵ تایی وزن گردید و میانگین آن‌ها با ضرب در عدد چهار، به عنوان وزن صد دانه در نظر گرفته شد. در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف بر شد و طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل از آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور شد. در پایان دوره رشد، پس از خارج سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها به‌ترتیب از نرم افزارهای SAS و Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری و محلول‌پاشی با سایکوسل و اثر ترکیب تیماری آن‌ها بر تعداد دانه در سنبله، حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار شد. عملکرد تک بوته، طول سنبله، وزن صد دانه، وزن خشک ریشه تک بوته تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده تنش شوری و سایکوسل قرار گرفت (جدول ۱).

طول سنبله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین طول سنبله به‌ترتیب در عدم اعمال شوری و شوری ۲۵ میلی‌مولار (۴/۶۷ و ۴/۵۲ سانتی‌متر)، محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۴/۷۲ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۲). کم‌ترین طول سنبله به‌ترتیب در شوری ۷۵ میلی‌مولار (۳/۹ سانتی‌متر)، و عدم محلول پاشی (۳/۹۶ سانتی‌متر) بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد بخشی از کاهش طول سنبله در شرایط تنش شوری می‌تواند ناشی از کاهش مولفه‌های پر شدن دانه (اعم از سرعت و طول دوره پر شدن دانه) و یا کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها باشد که در چنین شرایطی به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله، طول سنبله کاهش می‌یابد (خلیل زاده و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش تعداد و اندازه دانه ممکن است به دلیل ممانعت از رشد گندم از طریق کاهش جذب آب، کاهش فعالیت‌های متابولیک به دلیل سمیت Cl^- ،Na^+ و کاهش مواد غذایی ناشی از تداخل یونی باشد (De Lacerda *et al.*, 2003). در این مورد Mayaka و همکاران (۲۰۰۴) علت کاهش تعداد دانه در سنبله و طول سنبله در شرایط شوری شدید را به تولید اتیلن بیش‌تر نسبت به شرایط معمول نسبت دادند. کاهش اتیلن تنشی در گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد ریشه و افزایش جذب آب توسط گیاه شود (هادی و همکاران، ۱۳۹۵).

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت اثر سایکوسل، شوری و اثر ترکیب تیماری شوری و سایکوسل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سایکوسل و تنش شوری بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد گندم.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد تک بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه	وزن خشک ریشه تک بوته	حداکثر وزن دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۰۶**	۱/۲۰۱**	۱/۵۶۲*	۰/۲۳۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۳/۲۱۸**	۰/۳٤٥**	۱٤۹/۱٤**	۱۲٥/۱۲۱**
شوری	۳	۰/۰٤۳**	۱/۱٥۳**	۳۳/۹٦٥**	۲/۱٤٤**	۰/۰۳۸**	۸۳/۱۳**	۰/۰۰٥۸**	۹٦/۱٦۸**	۸/۱٥**
سایکوسل	۳	۰/۰۰۳**	۱/۲۲۰**	۱۰/۸٥٤**	٤/۱٤۸**	۰/۰۱٤**	۱۸٦/٦۸۱**	۰/۰۰٦۳**	۱۳۲/٥۷**	۲٦/۸۹**
شوری * سایکوسل	۹	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۳٦^{ns}	۲/۱۳۱**	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	٤٦/٦٥**	۰/۰۱۲۳**	٥۲/٤۲**	۷/۳٤٦**
خطا	۳۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۳	۰/٥۱۸	۰/۰۸٦	۰/۰۰۱	۱/۱٤٦	۰/۰۰۰۰۲	۰/۸۷٦	۰/۰۳۳
Cv	-	۷/۳۱	٤/۱۸۰	۰/۰۸۷	٥/۸٤۳	۱۰/٥۱۸	۲/۲۱۸	۲/۳۱	۳/۳٥	۲/۳٤۷

جدول ۲: مقایسه میانگین عملکرد، طول سنبله، وزن صد دانه، وزن خشک ریشه گندم در واکنش به شوری و سایکوسل.

تیمارها	عملکرد (گرم در بوته)	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن صد دانه (گرم)	وزن ریشه تک بوته (گرم)
		شوری		
S_0= بدون اعمال شوری (شاهد)	۱/۲۱^{a}	۴/۶۷^{a}	۵/۵۲^{a}	۰/۳۹^{a}
S_1= شوری ۲۵ میلی مولار	۰/۹۸^{a}	۴/۵۲^{a}	۵/۰۷^{b}	۰/۴۰^{a}
S_2= شوری ۵۰ میلی مولار	۰/۸۳^{a}	۴/۲۷^{b}	۴/۰۵^{b}	۰/۳۶^{b}
S_3= شوری ۷۵ میلی مولار	۰/۷۴^{a}	۳/۹^{c}	۳/۴۹^{c}	۰/۲۷^{c}
		سایکوسل		
C_0= بدون اعمال سایکوسل	۰/۷۹^{c}	۳/۹۶^{d}	۴/۳۱^{d}	۰/۳۱^{c}
C_1= ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل	۰/۸۶^{b}	۴/۲۸^{c}	۴/۸۵^{c}	۰/۳۵^{b}
C_2= ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل	۰/۹۸^{ab}	۴/۴۶^{b}	۵/۳۰^{b}	۰/۳۸^{ba}
C_3= ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل	۱/۱۲^{a}	۴/۷۲^{a}	۵/۶۷^{a}	۰/۳۹^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

بالاترین تعداد دانه در سنبله (۲۵/۶۶) در شرایط عدم اعمال شوری و محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و کم‌ترین آن (۱۹/۳۳) از عدم محلول‌پاشی سایکوسل در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش ۱۵/۴۶درصد تعداد دانه در سنبله نسبت به عدم اعمال شوری گردید. به نظر می‌رسد که افزایش طول سنبله در اثر محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل را می‌توان به کند شدن سرعت نموی گیاه توسط سایکوسل و به وجود آمدن فرصت بیشتر برای رشد و طویل شدن سنبله نسبت داد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر سایکوسل و شوری بر تعداد دانه در سنبله، حداکثر وزن تک بذر، دوره موثر، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم.

ترکیب تیماری	تعداد دانه در سنبله	حداکثر وزن تک دانه (میلی‌گرم)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	طول دوره پر شدن دانه (روز)	معادله برازش شده
$S_0 \times C_0$	۲۵^{ab}	۳۵/۴۴^{fgh}	۱/۲۴^{h}	۲۸/۵۸^{gf}	۳۳/۵۸^{hg}	Y= -۴/۷۵+۱/۲۷X
$S_0 \times C_1$	۲۴/۶۶^{b}	۳۷/۳۱^{c}	۱/۲۱^{i}	۳۰/۵۰^{c}	۳۴/۵۰^{d}	Y= -۶/۲۵+۱/۲۵X
$S_0 \times C_2$	۲۵^{ab}	۳۶/۵۱^{b}	۱/۲۸^{g}	۳۶/۵۱^{b}	۳۹/۲۵^{b}	Y= -۵/۳۵+۱/۲۴X
$S_0 \times C_3$	۲۵/۶۶^{a}	۳۸/۵۱^{a}	۱/۴۸^{a}	۳۸/۵۱^{a}	۴۲/۲۱^{a}	Y= -۴/۷۵+ ۱/۲۳X
$S_1 \times C_0$	۲۳/۳۲^{ed}	۳۴/۴۰^{hi}	۱/۳۶^{f}	۲۶/۴۷^{fg}	۳۲/۴۷^{i}	Y= -۱۱/۵۵+۱/۳۹X
$S_1 \times C_1$	۲۴/۳۳^{bcd}	۳۵/۳۷^{efg}	۱/۳۳^{f}	۲۷/۵۱^{efg}	۳۳/۵۱^{efg}	Y= -۱۰/۷۵+۱/۳۷X
$S_1 \times C_2$	۲۴/۳۵^{bcd}	۳۶/۳۵^{bc}	۱/۳۴^{ef}	۲۹/۵۳^{e}	۳۴/۵۳^{c}	Y= -۹/۶۵+۱/۳۵X
$S_1 \times C_3$	۲۴/۶۸^{bcd}	۳۸/۳۲^{e}	۱/۳۸^{d}	۳۱/۵۰^{d}	۳۵/۵۰^{def}	Y= -۸/۷۵+ ۱/۳۳X
$S_2 \times C_0$	۲۰/۶۶^{g}	۳۳/۴۰^{i}	۱/۳۳^{f}	۲۴/۴۴^{hi}	۳۱/۴۴^{j}	Y= -۱۲/۷۵+ ۱/۴۱X
$S_2 \times C_1$	۲۲/۶۶^{ef}	۳۴/۳۴^{fgh}	۱/۳۴^{ef}	۲۶/۴۶^{fgh}	۳۲/۴۶^{fg}	Y= -۱۱/۵۴+ ۱/۳۷X
$S_2 \times C_2$	۲۳/۳۱^{c}	۳۵/۳۱^{d}	۱/۳۵^{e}	۲۷/۴۷^{ef}	۳۳/۴۷^{dc}	Y= -۱۰/۷۵+ ۱/۳۵X
$S_2 \times C_3$	۲۴/۳۲^{cde}	۳۶/۳۲^{efg}	۱/۳۷^{bc}	۲۸/۵۳^{de}	۳۵/۵۳^{ef}	Y= -۹/۸۷+ ۱/۳۳X
$S_3 \times C_0$	۱۹/۳۳^{h}	۲۹/۳۷^{i}	۱/۲۰^{i}	۲۳/۴۰^{k}	۲۹/۴۰^{k}	Y= -۱۴/۷۵+ ۱/۴۶X
$S_3 \times C_1$	۲۰/۳۶^{g}	۳۰/۳۶^{hi}	۱/۳۹^{b}	۲۴/۴۶^{jk}	۳۱/۴۶^{h}	Y= -۱۳/۴۵+ ۱/۴۴ X
$S_3 \times C_2$	۲۱/۳۵^{gf}	۳۱/۳۵^{cd}	۱/۳۶^{d}	۲۷/۴۷^{j}	۳۲/۴۷^{def}	Y= -۱۲/۷۵+ ۱/۴۳ X
$S_3 \times C_3$	۲۲/۳۲^{e}	۳۱/۸۵^{hgi}	۱/۳۷^{dc}	۲۹/۴۹^{ij}	۳۳/۴۹^{hg}	Y= -۱۱/۶۷+ ۱/۴۲ X

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار.

C_0، C_1، C_2 و C_3 به‌ترتیب عدم مصرف و مصرف ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل.

در این مطالعه سایکوسل منجر به کاهش اثرات بازدارندگی رشد گیاه ناشی از تنش شوری و افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. محلول‌پاشی با غلظت بالای سایکوسل گرچه موجب کند شدن رشد گیاه می‌گردد (امام و همکاران، ۱۳۸۰) ولی می‌تواند میزان گلچه‌های بارور و عملکرد دانه را افزایش دهد، ضمن آنکه تیمار سایکوسل ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به مخازن افزایش می‌دهد (Wang *et al.*, 2009). نتایج مشابهی نیز در مورد تاثیر سایکوسل بر افزایش تعداد دانه در سنبله توسط Pirasteh-Anosheh و همکاران (۲۰۱۴) در گندم گزارش شده است.

وزن صد دانه

نتایج نشان داد وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح شوری، کودهای زیستی و سایکوسل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن صد دانه در شرایط عدم اعمال شوری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

(۵/۵۲ گرم) به‌دست آمد. محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل موجب افزایش ۱۹/۱۹ درصد وزن صد دانه نسبت به عدم اعمال سایکوسل گردید (جدول ۲). اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه که نتیجه تجمع سدیم در گیاه و همچنین بر هم خوردن تعادل یونی می‌باشد، ممکن است مهم‌ترین دلیل کاهش وزن دانه در شرایط تنش باشد. وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پر شدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه شد به طور معنی‌داری وزن دانه را کاهش می‌دهند (Mashi *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد بخشی از تغییرات وزن صد دانه با اثر فاکتورهای مورد بررسی بر مولفه‌های پر شدن مرتبط باشد، به‌طوری‌که در این آزمایش بررسی سرعت، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه نشان داد که بیش‌ترین طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه در شرایط عدم اعمال شوری و کاربرد سایکوسل به‌دست آمد (جدول ۳) همان ترکیب تیماری که بیش‌ترین وزن صد دانه را نیز به خود اختصاص داد. نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های Gardner (۲۰۰۷) نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه و افزایش طول دوره زایشی و پرشدن دانه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد. سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارند. یافته‌های این آزمایش با نتایج خلیل زاده و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. مصرف سایکوسل باعث کاهش سرعت نمو گیاه، و افزایش باروری تعداد پنجه و دانه در هر بوته و ازدیاد ظرفیت مقصد فیزیولوژیک و دوام بیش‌تر سطح سبز گیاه می‌شود (شریف و همکاران، ۱۳۸۵). به‌علاوه میزان مواد فتوسنتزی و ذخیره کربوهیدرات‌ها، افزایش یافته و مقدار حرکت مواد پرورده به دانه‌ها هم افزایش می‌یابد که با گزارش های Shekoofa و Emam (۲۰۰۸) مطابقت دارد. نتایج بررسی‌های Khalilzadeh و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد در گیاهان می‌شود. نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های Gardner (۲۰۰۷) نیز نشان داد که محلوپاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه و افزایش طول دوره زایشی و پر شدن دانه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد.

وزن ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن خشک ریشه در عدم اعمال شوری (۰/۳۹ گرم)، و محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۰/۳۹ گرم) به‌دست آمد (جدول ۲). کم‌ترین وزن خشک ریشه به‌ترتیب در شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۲۷گرم) و عدم محلول پاشی (۰/۳۱ گرم در تک بوته) به‌دست آمد (جدول ۲). کاهش رشد می‌تواند در اثر تغییر در توازن تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (فیتو هورمون‌ها) در اثر تنش کم‌آبی باشد (هادی و همکاران، ۱۳۹۵). Soltani و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که کاهش در وزن ریشه احتمالاً به دلیل کاهش سطح جیبرلین و آنزیم‌های

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

هیدرولیتیک صورت می‌گیرد. Emam و Dasfal (۱۹۹۷) تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت ریشه را بر اثر استفاده از سایکوسل در شرایط تنش خشکی در گیاه جو گزارش نمودند. در این راستا امام و همکاران (۱۳۸۰) اظهار داشتند که سایکوسل با افزایش تعداد بقای پنجه و همچنین سطح برگ، موجب فتوسنتز بیشتر شده و مواد پرورده بیش‌تری به سمت ریشه‌ها انتقال می‌یابد که نتیجه‌ی آن افزایش وزن ریشه می‌باشد. De و همکاران (۱۹۸۲) اظهار داشتند که محلول‌پاشی کلرومکوات کلرید (ccc) در گندم، رشد ریشه را افزایش می‌دهد و این امر می‌تواند با استخراج بیشتر آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک موجب افزایش عملکرد گندم شود. Rajala و Peltonen-Sainio (۲۰۰۸) افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب در شرایط تنش را به افزایش رشد ریشه، کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق گیاه در اثر کاربرد سایکوسل نسبت دادند.

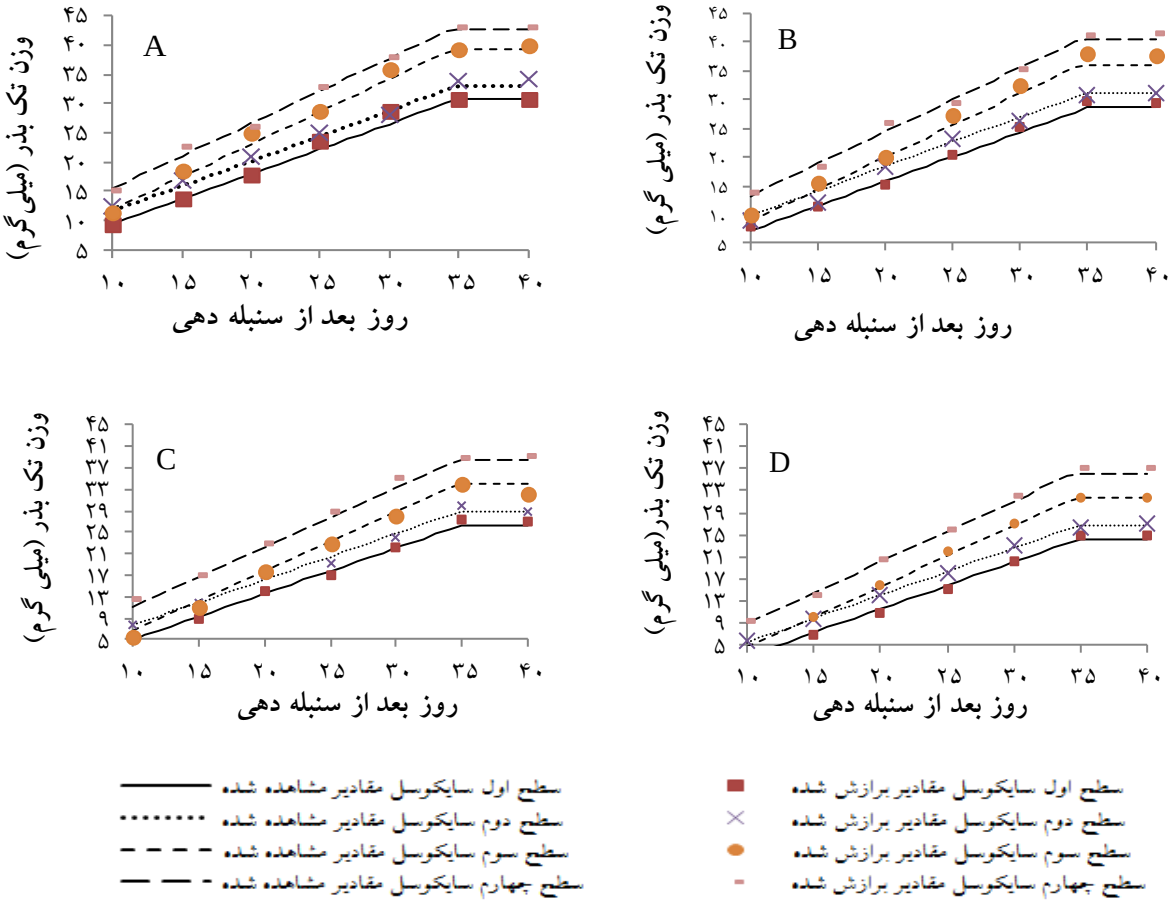
روند پر شدن دانه و صفات مرتبط با آن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر صفات حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و دوره موثر پر شدن دانه بین ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن تک دانه (۳۸/۵۱ میلی‌گرم) و سرعت پرشدن دانه (۱/۴۸ گرم در روز) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و کم‌ترین این صفات به‌ترتیب (۲۹/۳۷ میلی‌گرم و ۱/۲۰ گرم در روز) در بالاترین سطح شوری و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاربرد تنظیم کننده رشد سایکوسل، اثر نامساعد تنش شوری را تعدیل نمود. اثر سطوح مختلف شوری و تنظیم کننده رشد سایکوسل بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در شکل ۱ نشان داد که الگوی نمو بذر در کلیه ترکیب‌های تیماری مشابه است، بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی)، پس از این مرحله، وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به صورت یک خط افقی درآمد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که بین سطوح مختلف سایکوسل در سطح ثابتی از شوری، از نظر دوره‌ی موثر پر شدن، حداکثر وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود داشت. به عبارتی شیب خطی برازش شده برای ترکیب‌های مختلف تیماری یکسان نبود (جدول ۳). اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه که نتیجه‌ی تجمع املاح مضر در گیاه و همچنین بر هم خوردن تعادل یونی می‌باشد، ممکن است مهم‌ترین دلیل کاهش وزن دانه در شرایط تنش باشد. همچنین وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پرشدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه شوند به طور معنی‌داری وزن دانه را کاهش می‌دهند (Mashi *et al.*, 2008). Kato (۱۹۹۹) اظهار داشت که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کم‌تر برخوردار می‌باشند. به نظر می‌رسد با مصرف سایکوسل میزان آسیمیلاسیون افزایش یافته و همین امر موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه و افزایش طول دوره پر شدن دانه می‌شود.



شکل ۱: روند تغییرات سرعت پر شدن دانه گندم در واکنش به سایکوسل در عدم مصرف (A)، سطح شوری ۲۵ میلی مولار (B)، سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار (C) و سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (D).

نتایج نشان داد که طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه با افزایش سطح شوری کاهش و با مصرف سایکوسل افزایش یافت (جدول ۳). حداکثر طول دوره پر شدن دانه به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و بالاترین سطح سایکوسل و حداقل طول این دوره به ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی‌مولار و عدم مصرف سایکوسل تعلق داشت (جدول ۳). ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی‌مولار و عدم مصرف سایکوسل از حداقل شیب یا سرعت پر شدن دانه پایین‌تر و ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و بالاترین سطح سایکوسل از حداکثر شیب برخوردار بود. دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدا به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Grant, 1989). پوستینی (۱۳۷۴) همبستگی معنی‌دار مشاهده شده بین وزن خشک دانه و طول دوره پر شدن دانه گندم را در شرایط شور به اهمیت و نقش موثر دوام پرشدن دانه در تحمل به شوری نسبت داد. Guttieri و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

(۲۰۰۱) در ارزیابی اثر آبیاری محدود و شرایط دیم بر گندم اظهار داشتند که کمبود آب در مرحله بین پر شدن دانه و رسیدن موجب کاهش عملکرد دانه به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه در گندم می‌شود. Mass و Grieve (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می دهند. در شرایط تنش، عملکرد دانه نتیجه‌ی سرعت پر شدن دانه و توانایی انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده از ساقه به دانه می‌باشد (Hossain *et al.*, 1990). برخی محققان بیان کرده‌اند که استفاده از مواد تحریک کنندهٔ رشد گیاه، از طریق تولید و ترشح برخی هورمون‌های گیاهی و نیز تغییر در نسبت آن‌ها در گیاه، بر انتقال و توزیع مجدد فرآورده‌های فتوسنتزی در داخل گیاه اثر می‌گذارند به عبارت دیگر، این مواد در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و سرعت پر شدن دانه‌ها در گیاه، اثر مثبت بیش‌تری داشته‌اند (شریف و همکاران، ۱۳۸۵). Fathi و Jiriaie (۱۹۹۶) اظهار داشتند سایکوسل با افزایش طول مدت پر شدن دانه، موجب افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گندم شد.

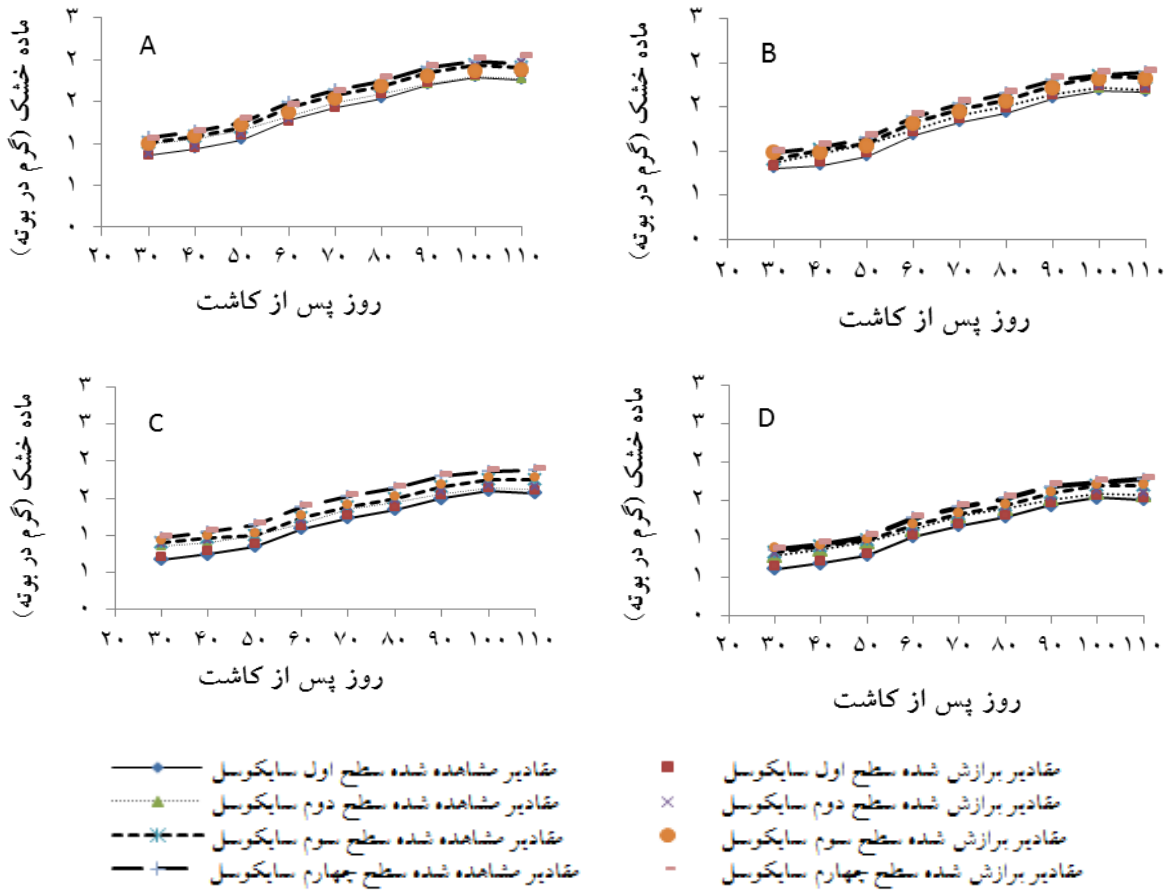
زیست توده کل

روند تغییرات ماده خشک در ابتدای فصل رشد در تمامی تیمارهای مورد مطالعه از الگوی نسبتاً یکسانی پیروی کرد (شکل ۲). به‌طوری که در کلیه ترکیبات تیماری این روند در ابتدا کند بود ولی در ادامه فصل رشد به نظر می رسد به دلیل افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه، شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیش‌تری به خود گرفت و در ۱۰۰ روز بعد از گل‌دهی به حداکثر خود رسید، سپس در انتهای دوره رشد از روند کاهشی برخوردار گردید. به نظر می‌رسد که این کاهش در نتیجه‌ی افزایش سن گیاه، پیری برگ‌ها، کاهش کلروفیل و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد (پوستینی، ۱۳۷۴). در حالت عدم اعمال شوری و محلول‌پاشی با سطوح مختلف سایکوسل، میزان تجمع ماده خشک نسبت به حالت اعمال تنش شوری و عدم محلول‌پاشی روند افزایشی نشان داد. بیش‌ترین ماده خشک تولیدی به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و کم‌ترین آن به ترکیب تیماری اعمال شوری ۷۵ میلی‌مولار و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل تعلق داشت (شکل ۲). در کل با افزایش سطح شوری، وزن خشک کل در تمامی ترکیبات تیماری کاهش یافت و به نظر می‌رسد یکی از دلایل آن می‌تواند ناشی از کاهش میزان فتوسنتز بواسطه اثر سمی ناشی از تنش شوری باشد. Abid و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که شوری به دلیل کاهش فتوسنتز منجر به کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. Ravikumar و همکاران (۲۰۰۴) دلیل اصلی کاهش وزن اندام هوایی را به کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع Na و Cl در اندام‌های هوایی و تخریب ساختمان کلروپلاست نسبت دادند. در این بررسی به نظر می‌رسد محلول‌پاشی سایکوسل با تأمین تنظیم کننده-های رشد یا تولید هورمون‌های رشد (Ashraf *et al.*, 2010) و همچنین افزایش وزن ریشه (جدول۲) و کمک به جذب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

بهینه آب و املاح، به بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند. Wafsyو El-Din (۱۹۹۵) گزارش کردند افزایش زیست توده کل در برگ‌های گیاهان تیمار شده با سایکوسل ممکن است به دلیل اثر این ماده در به تأخیر انداختن پیری برگ و در نتیجه حفظ رنگدانه سبز ناشی از تجزیه کلروفیل باشد.



شکل ۲: روند انباشت ماده خشک در تیمارهای مختلف سایکوسل در شرایط عدم مصرف شوری (A)، سطح شوری ۲۵ میلی مولار (B)، سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار (C) و سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (D).

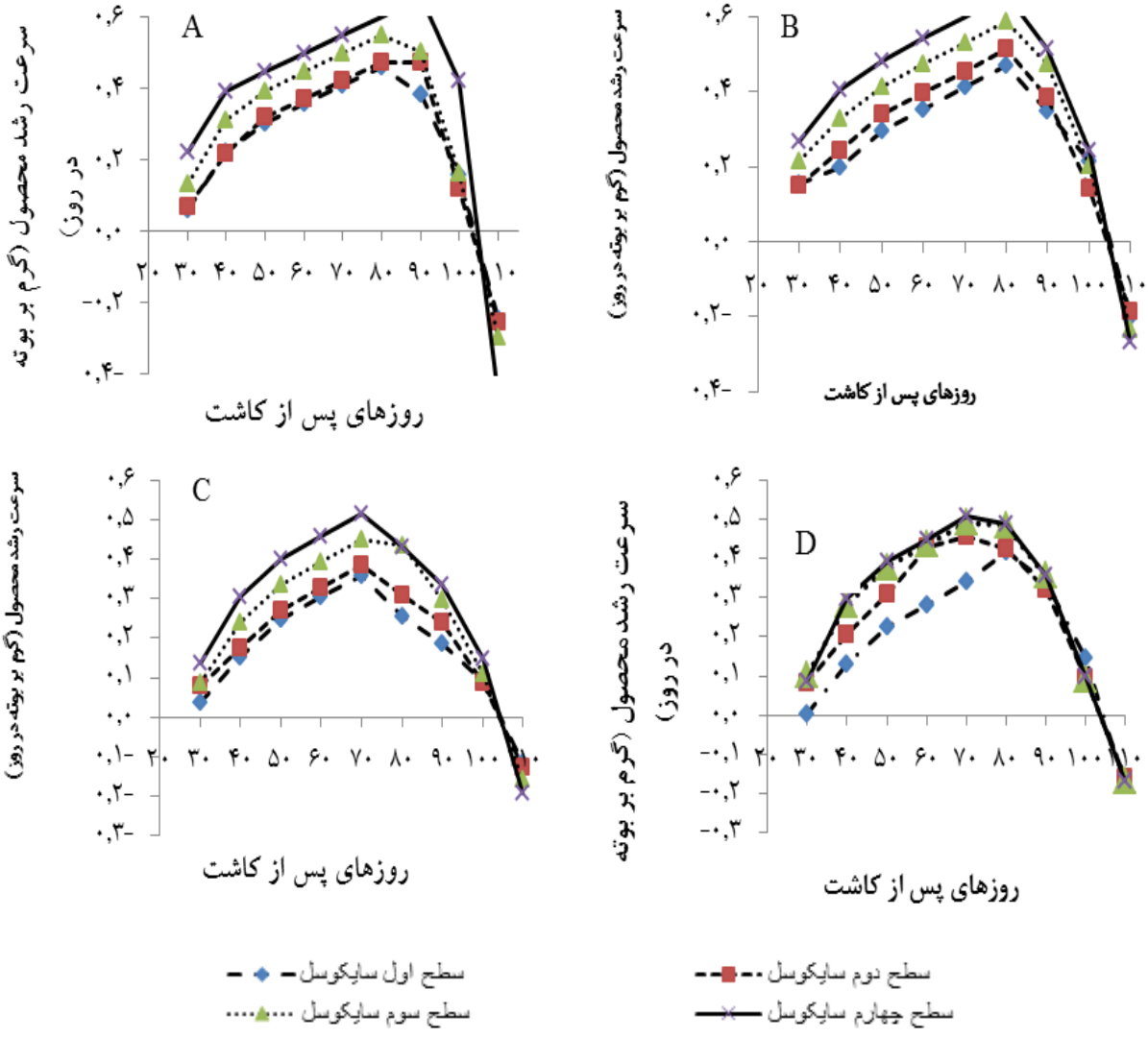
سرعت رشد محصول

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول نشان داد که CGR[1] در کلیه تیمارها از روند مشخصی پیروی می‌کند. CGR در تمامی تیمارها در اوایل فصل رشد، ابتدا افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود رسید، پس از آن با شیب تندی کاهش یافته و در نهایت منفی شد (شکل ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیش‌ترین مقدار CGR در تمامی ترکیب‌های تیماری در محلول‌پاشی سایکوسل تا ۱۱۰ روز پس از کاشت مشاهده گردید.

[1] Crop Growth Rate

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل دارای بیش‌ترین مقدار CGR و ترکیب ۷۵ میلی‌مولار شوری و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل از کم‌ترین مقدار این شاخص برخوردار بودند (شکل ۳). تنش شوری از طریق کاهش سرعت رشد محصول و کاهش مدت تجمع ماده خشک موجب کوتاه شدن میان گره‌ها، کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی می‌شود. Dijksrtra و Kiuper (۱۹۸۹) گزارش کردند که کاربرد سایکوسل موجب افزایش CGR در شرایط تنش خشکی گردید. Kar و همکاران (۱۹۸۹) نتایج مشابهی با کاربرد سایکوسل در گیاه گلرنگ به‌دست آوردند.



شکل ۳: روند سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف سایکوسل در شرایط عدم مصرف شوری (A)، سطح شوری ۲۵ میلی‌مولار (B)، سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار (C) و سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (D).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

عملکرد تک بوته

در این بررسی عملکرد دانه در واکنش به تنش شوری و سایکوسل قرار گرفت (جدول ۱). افزایش شوری از صفر تا ۷۵ میلی‌مولار شوری موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، وزن صد دانه و طول مدت پر شدن دانه گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد تک بوته در عدم اعمال شوری (۱/۲۱ گرم در بوته)، و محلول پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۱/۱۲ گرم در بوته) به‌دست آمد (جدول ۲). کم‌ترین عملکرد تک بوته به‌ترتیب در شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۷۹گرم در بوته) و عدم محلول‌پاشی (۰/۷۹گرم) به‌دست آمد (جدول ۲). همچنین، محلول‌پاشی ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل عملکرد گندم را به‌ترتیب ۸/۸۶، ۲۴/۰۵ و ۴۱/۷۷ درصد افزایش داد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، محلول‌پاشی سایکوسل موجب افزایش طول سنبله، وزن صد دانه و وزن خشک ریشه شده است. به نظر می‌رسد افزایش وزن ریشه به دلیل افزایش جذب مواد غذایی می‌تواند دلیل دیگر افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه تحت چنین شرایطی باشد که در نهایت موجب افزایش عملکرد تک بذر می‌شود. بنابراین محلول‌پاشی سایکوسل ممکن است یک عمل امیدبخش برای بهبود عملکرد محصول تحت شرایط رشد نامطلوب باشد.

از نقطه نظر بیوشیمیایی، سایکوسل از سنتز انت- کائورن در چرخه بیوسنتز جیبرلین ممانعت می‌کند که منجر به کمبود جیبرلین و کاهش پتانسیل رشد رویشی می‌گردد و همین موارد موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی به بذرها می‌گردد (Wang *et al.*, 2009). برخی معتقدند سایکوسل اندازه مقصد را قبل و بعد از گلدهی به دلیل اثر فیدبک مثبت و سرعت فتوسنتزی مقصد گیاه و حجم مواد انتقالی برای پر شدن دانه افزایش می دهد (امام و همکاران، ۱۳۸۰). محلول‌پاشی سایکوسل در خردل عملکرد دانه و اجزای عملکرد را تا ۵۰٪ افزایش داد (Saini *et al.*, 1987). علاوه بر این، کاربرد خارجی سایکوسل موجب افزایش عملکرد دانه در جو (Ma and Smith, 1991) و برنج (Dahmer *et al.*, 2007) شد.

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که اعمال شوری موجب کاهش تمامی صفات مورد بررسی (نظیر مولفه‌های پر شدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد، زیست توده کل و سرعت رشد محصول) شد. این موضوع بیانگر اثر سو شوری بر تمامی واکنش های فیزیولوژیکی در گیاه و از سوی دیگر نشان دهنده‌ی توانایی سایکوسل در بهبود یا تعدیل اثر شوری به دلیل اثر این ماده در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه و بهبود فرایند فتوسنتز به دلیل کمک به گسترش ریشه در خاک باشد. به‌طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه در محلول‌پاشی ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده گردید. محلول‌پاشی سایکوسل می‌تواند در بهبود عملکرد، زیست توده کل و سرعت رشد گیاه در شرایط تنش شوری مؤثر واقع شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

منابع

امام، ی.، تفضلی، ع. و کریمی، ه. ۱۳۸۰. اثر سایکوسل بر رشد و نمو گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۷(۱): ۲۳-۳۰.

امیدی، ح.، سروش زاده، ع. و صلاحی، ا. ۱۳۸۷. بررسی اثر پرایمینگ بر جوانه زنی کلزا. مجله علوم کشاورزی. ۹: ۱۲۵-۱۳۵.

پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی. ۲۶(۲): ۵۷-۶۵.

خلیل زاده، ر.، سیدشریفی، ر. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۵. اثر سایکوسل و کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در شرایط محدودیت آب. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۱(۸): ۶۱-۴۱.

خلیل زاده، ر.، سیدشریفی، ر. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۵. مطالعه برهمکنش سایکوسل و کودهای زیستی بر عملکرد و برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک گندم در شرایط شوری خاک. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی.

سلطانی، ا. ۱۳۸۷. کاربرد نرم افزار SAS در تجزی های آماری (برای رشته های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۶ صفحه.

شریف، س.، صفاری، م. و امام، ی. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم والفجر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۴): ۲۹۰-۲۸۱.

هادی، ه.، سیدشریفی، ر. و نامور، ع. ۱۳۹۵. محافظ‌های گیاهی و تنش‌های غیر زیستی. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۳۴۱ صفحه.

Abid, M., Qayyum, A., Dasti, A. A. and Abdilwajid R. 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of maize and properties of the soil. Journal Research, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan 12 (1): 26-33.

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 Journal 5: 268-276.

Borrás, L. Slafer, G. A. and Otegui, M. E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. Field Crops Research 86: 131-146.

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

Cuartero, J., Bolarin, M. C. and Asins, M. J., Moreno, V. 2006. Increasing salt tolerance in tomato. Journal of Experimental Botany 57: 1045-1058.

Cuin, T. A. and Shabala, S. 2007. Compatible solutes reduce ROS induced potassium efflux in *Arabidopsis* roots. Plant Cell and Environment 30: 875-885.

Dahmer, M., Green, A., Tassara, A. J. H., Oakes, L., Kostansek, E. and Malefyt, T. 2007. Current and Potential Commercial Applications of the Supperession of Ethylene Action by 1- Mcp in Plant, CSSA Symposium, New Orleans, LA.

De, R., Giri, G., Saran, G., Singh, R. K. and Chaturvedi, G. S. 1982. Modification of water balance of dryland through the use of chloromequat chloride. Journal of Agricultural Science 98: 593-597.

De Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany 49: 107-120.

Dijkstra, P. and Kuiper, P. J. C. 1989. Effects of exogenenously applied growth regulators on shoot growth of inbred lines of *plantago major* differing in relative growth rate: differential response to gibberellic acid and 2-chloroethyletrimethyle-ammonium chloride. Physiologia plantarum 77: 512-518.

Eker, S., Comertpay, G., Konuskan, O., Can Ulger, A., Ozturk, L, and Cakmak, I. 2006. Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 365-373.

Elfving, D. 1988. Economic effects of excessive vegetative growth in deciduous fruit trees. Horticultural Science 233: 461-463.

El-Hendawy, S. E., Hua, Y., Yakout, G. M., Awad, A. M., Hafizb, S. H. and Schmidhalter, U. 2005. Evaluting salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. European Journal of Agronomy 22: 243-253.

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

Emam, Y. and Dasfal, M. 1997. Above and below ground responses of winter barely plants to chlromequat in moist and drying soil. Crop Research 14 (3):457-470.

Fathi, A. and Jiriaie, M. 2014. Interaction of PGPR and water deficit stress on yield and protein percent in wheat. Advanced Crop Science 4 (4): 82-90.

Gardner, F. 2007. Crop physiology. Jahad Daneshgahi Press of Mashhad. 300 pp. [In Persian with English Abstract.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

Gollagi, S. G., Hiremath, S. M. and Chetti, M. B. 2009. Effects of growth regulator and nutrients on growth parameters and yield in chilli cv. Byadagi Kaddi. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5 (1):123-125.

Grant, R. F. 1989. Simulation of maize phenology. Agronomy Journal 81: 451- 457.

Grewal, H. S. and Kolar, J. S. 1990. Response of *Brssica juncea* to chlorocholine chloride and ethrel sprays in association with nitrogen application. Journal of Agricultural Science 114:87-91.

Guttieri, M. J. Stark, J. C., Brien, K. O. and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science 41: 327-335.

Hossain, A. B. S., Sears, R. G., Cox, T. S. and Paulses, G. M. 1990. Desiccation tolerances and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science 30:622-627.

Kar, C., Barua, B. and Gupta, K. 1989. Response of the safflower plant (*Carthamus tinctorius* L cv JLA 900) toward plant growth retardants dikegulac sodium, CCC and SADH. Indian Journal of Plant Physiology 32:144-147.

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. 2016. Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction. 11(1): 130-137.

Loss, S. P. and Siddique, K. H. M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. Advances in Agronomy 52: 229-276.

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

Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 44: 139–158.

Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Noorinia, A. 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-les barley. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 1-10.

Mass, E. V. and Grieve, C. M. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Science 30: 1309-1313.

Mayaka, S., Tirosh, T. and Glick, B. R. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Science 166: 525–530.

Pakar, N., Pirasteh Anosheh, H., Emam, Y., Pessarakli, M. 2015. Barley growth, yield, antioxidant enzymes and ions accumulation affected by PGRs under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 39: 1372-1379.

Pessarakli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]

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 11: 501-520.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam Y. and Ashraf, M. 2014. Impact of cycocel on seed germination and growth in some commercial crops under osmotic stress conditions. Archives of Agronomy and Soil Science 60: 1277-1289.

Rajala, A. and Peltonen-Sainio, P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agronomy Journal 93: 936-943.

Ravikumar, S., Kathiresan K., Ignatiammal, S. T. M. Selvam, M. B. and Shanthy S. 2004. Nitrogen. fixation *Azotobacters* from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 15: 157-160.

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.

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

Seyed Sharifi1, R. and Namvar, A. 2016. Plant density and intra-row spacing effects on phenology, dry matter accumulation and leaf area index of maize in second cropping. Biologija 62 (1): 46-57

Shekoofa, A. and Emam Y. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators on yield of wheat. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 101-08.

Singh, B. Singh., Ladha, Y. J., Bronson, K. K., Balasubramanian, F., Singh, V. and Khind, C. S. 2002. Chlorophyll meter-and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. Agronomy Journal 94: 821-829.

Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E. and Latifi, N. 2008. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology 30: 51-60.

Wafsy, E. and El-Din, A. 1995. Growth regulators and flowering. Academic Bookshop, Modern Egyptian Press 503-510.

Wang, H. Q. Li., Liu, H. S. 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.

Zahran, H. H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiology and Molecular Biology Reviews 63: 968-989.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.1.7]