

پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو به محلول‌پاشی شاخصه‌ای سایکوسل

کاظم بهرامی، هادی پیرسته انوشی و یحیی امام^{*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲۸)

چکیده

به منظور مطالعه پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم جو به کاربرد غلظت‌های متفاوت سایکوسل به صورت محلول‌پاشی، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا شد. این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل غلظت سایکوسل در سه سطح صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر به عنوان عامل اصلی و پنج رقم جو ویکتوریا، ریحان، جنوب، گرگان و والفرج به عنوان عامل فرعی بود. محلول‌پاشی سایکوسل در اواسط مرحله پنجه زنی (ZGS=2) با استفاده از یک دستگاه محلول‌پاش دقیق عمل شد. نتایج نشان داد که بوته‌های محلول‌پاشی شده با سایکوسل دارای طول سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری بودند. سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر تأثیر بیشتری بر رشد و عملکرد ارقام جو داشت. تفاوت قابل توجهی در پاسخ ارقام به کاربرد سایکوسل وجود داشت، به طوری که ارقام ریحان و گرگان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین پاسخ به محلول‌پاشی سایکوسل بودند. با توجه به نتایج این پژوهش دو ساله مزرعه‌ای می‌توان رقم ریحان را با کاربرد سایکوسل در غلظت ۴ گرم در لیتر برای مناطق اقلیمی مشابه با این پژوهش توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: جو، شاخص برداشت، کندکننده رشد، وزن هزار دانه

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yaemam@shirazu.ac.ir

مقدمه

درصدی شاخص سطح برگ، ۵۱ درصدی محتوای پرولین آزاد و ۵۷ درصدی پروتئین محلول و همچنین کاهش ۱۱ درصدی ارتفاع؛ ۱۴ درصدی دمای سایه‌انداز و ۱۳ درصدی شاخص کلروفیل متر شد. امام و کریمی (۴) در پژوهش خود با کاربرد سایکوسل در ارقام جو، بهترین رشد و عملکرد را از تیمار کاربرد سایکوسل به دست آوردند. تیمار بوته‌های جو با سایکوسل مانع از خوابیدگی آنها شد. میرانزاده و امام (۱۸)، نیز گزارش کردند که کاربرد برگی سایکوسل در مراحل مشخصی از رشد، باعث افزایش راندمان مصرف آب و عملکرد دانه گندم دیم می‌گردد. این پژوهشگران گزارش کردند مصرف سایکوسل باعث کاهش رشد شاخساره شده و این موضوع به کاهش تعرق بوته‌ها ختم می‌شود، و در این شرایط گیاه آب را اقتصادی‌تر مصرف خواهد کرد.

هرچند پاسخ ارقام مختلف به سایکوسل متفاوت است، با این وجود پژوهش‌های چندانی در مورد پاسخ ارقام گوناگون به سایکوسل در شرایط ایران انجام نشده است (۳). پیرسته‌انوشه و همکاران (۲۲) ابراز عقیده کردند که ارقام پابلند پاسخ بهتری به کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله سایکوسل نشان می‌دهند.

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاهان زراعی است. جو چهارمین غله مهم دنیاست و به طور معمول در زمین‌هایی که برای سایر غلات چندان مناسب نیست، کشت می‌شود. نزدیک به نیمی از سطح زیر کشت جو در پنج استان خراسان، فارس، لرستان، گلستان و خوزستان قرار دارد، که دارای ارقام بسیار متنوعی است (۳). بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد دانه پنج رقم جو به سه غلظت محلول‌پاشی سایکوسل به عنوان یک کنده‌کننده رشد مهم در شرایط مزرعه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در

گروهی از مواد تنظیم‌کننده رشد به نام کنده‌کننده‌های رشد (Growth Retardants)، از راه جلوگیری از تولید هورمون جیبریلین در درون گیاه، روع رشد طولی ساقه در غلات را به تاخیر انداخته و بدین ترتیب طول دوره پنجه‌زنی را افزایش می‌دهند (۳). در ابتدا تصور می‌شد که تنها هدف استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد کاهش طول ساقه باشد اما با تولید ارقام پاکوتاه، پژوهش‌های تکمیلی نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد همچنین قابلیت تغییر نحوه رشد غلات را نیز دارند (۲۳). کلرمکوات کلراید (Chloromequat chlorocholine chloride) یا سایکوسل (Cycocel) با علامت اختصاری CCC یکی از مشتقان کولین (Choline) می‌باشد که از واکنش تری‌متیل‌آمین و یک آلفاتیک‌هالید (Aliphatic Halide) به نام ۱ و ۲-دی‌کلرواتان تولید می‌گردد. تأثیر کلرمکوات کلراید بر رشد نخستین بار توسط تولبرت در سال ۱۹۶۰ در طیف وسیعی از گیاهان به اثبات رسید (۲۰). سایکوسل از گروه ترکیبات آنیومی (Oniome) و از پر مصرف‌ترین کنده‌کننده‌های رشد گیاهی به ویژه در اروپا بوده که امروزه جهت کنترل رشد رویشی گیاهان و دستورزی اجزای عملکرد غلات کاربرد فراوان پیدا کرده است (۸ و ۲۱). سایکوسل با اختلال در مسیر چرخه بیوستز جیبریلک اسید مانع از فعالیت آنزیم آنت‌کائورن سنتتاز (Ent-Kaurene synthetase) شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می‌دهد (۳). عمل آن از طریق جلوگیری از چرخه Trans-geranyl-geranyl-pyrophosphate غلظت پایین پیش‌سازهای GA₃ می‌شود؛ در نتیجه، سطوح جیبریلین داخلی کاهش می‌یابد (۳).

در پژوهش‌های متعددی کاربرد سایکوسل موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان گندم (۵، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۶ و ۲۷)، جو (۴، ۸ و ۱۲) و برنج (۷) گردید. پیرسته انوشه و امام (۲۰) با مطالعه امکان دستورزی صفات مورفو-فیزیولوژیک گندم نان و ماکارونی با استفاده از سایکوسل گزارش کردند که کاربرد سایکوسل سبب افزایش ۹

در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه با برداشت یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. داده‌ها با استفاده از نرمافزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه اثر سال و برهمکنش سال با تیمارها معنی دار نشد، لذا از میانگین دو سال برای مقایسات میانگین استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع نهایی ساقه تنها تحت تأثیر معنی دار رقم در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). رقم ریحان دارای بیشترین ارتفاع ساقه بود، و پس از آن ارقام والفجر و ویکتوریا (بدون تفاوت معنی دار) قرار داشتند. در پژوهش حاضر کمترین ارتفاع بوته نیز در رقم جنوب مشاهده شد که با رقم گرگان تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۱-الف). پیرسته انوشه و امام (۲۰)، در مقایسه ارقام گندم نان و دوروم به این نتیجه رسیدند که ارتفاع بوته در رقم روشن به طور معنی داری زیادتر از رقم یاوروس بود. این پژوهشگران این موضوع را به ویژگی‌های رقم نسبت دادند.

در پژوهش حاضر سایکوسل تأثیر معنی داری بر ارتفاع نهایی بوته‌ها نداشت. امام و کریمی (۴) در پژوهش خود با ارقام جو و کاربرد سایکوسل به این نتیجه رسیدند که گرچه کاربرد سایکوسل در اوایل رشد طولی ساقه جو، ارتفاع ساقه را به طور موقت کاهش می‌دهد، لیکن، بوته‌ها با تولید دم گل آذین بلندتر ارتفاع نهایی مشابهی با گیاهان شاهد به دست می‌آورند. تولبرت (۲۹) در پژوهشی کاهش ارتفاع ساقه و افزایش قطر ساقه را در گندم به دنبال تیمار با سایکوسل گزارش کردند، هرچند دی و همکاران (۲) نتوانستند هیچ کاهش معنی داری در ارتفاع ساقه گندم به دنبال تیمار بوته‌ها با سایکوسل ثبت کنند. البته شایان توجه است که نتایج برخی

منطقه باجگاه (با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۴۶°۵۲' شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹°۰' شمالی) در ۱۲ کیلومتری شمال شیراز طراحی و اجرا شد. آزمایش در هر دو سال به صورت کرتهای یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو فاکتور غلظت سایکوسل در سه سطح: صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر به عنوان عامل اصلی و پنج رقم جو (ویکتوریا، ریحان، جنوب گرگان و والفجر) به عنوان عامل فرعی بود. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از آماده‌سازی کرتهای آزمایشی، بذرهای کاملاً یکنواخت پنج رقم جو در کرتهای به ابعاد ۲×۱ متر در عمق ۳-۴ سانتی‌متری خاک در نیمه آبان ماه سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به صورت دستی کشت شدند. فواصل بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی ردیف حدود ۳ سانتی‌متر (تراکم تقریبی ۲۵۰ بوته در متر مربع) بود. کوددهی شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود. یک سوم کود اوره در زمان کاشت و بقیه به صورت سرک در اوایل ساقه رفتن همراه با آب آبیاری به کرتهای آزمایشی افروده شد.

محلولپاشی در غلظت‌های صفر، ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر در اواسط مرحله پنجه‌زنی (ZGS=2) با استفاده از یک دستگاه محلولپاش دقیق دستی با فشاری ثابت اعمال شد. به منظور افزایش کارایی جذب و پیشگیری از تبخیر ماده تنظیم کننده رشد، عمل محلولپاشی در ساعت اولیه صبح بر اساس حجم ۴۰۰ لیتر در هکتار اعمال شد. به منظور جلوگیری از برهمکنش تنظیم کننده رشد با علف‌کش‌های شیمیایی، کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. کلیه کرتهای به صورت منظم و بر اساس نیاز خاک برای رسیدن به حد ظرفیت مزرعه هر ۱۰ روز یکبار با استفاده از سیستم تیپ (Tape) آبیاری شدند.

در انتهای فصل رشد ارتفاع نهایی بوته، تعداد سنبله بارور

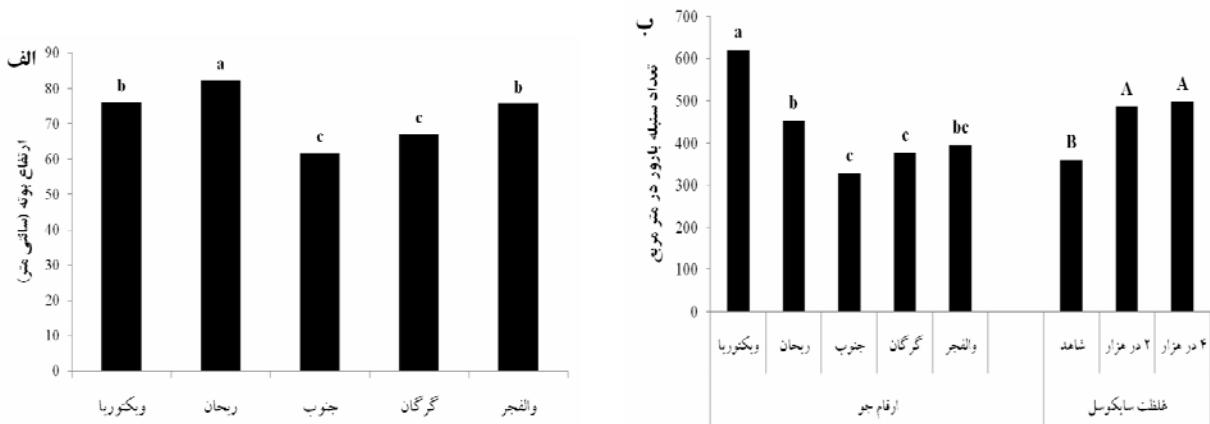
جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

هدایت الکتریکی dS m ⁻¹	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر (mg kg ⁻¹)	پتاسیم (mg kg ⁻¹)	pH
۰/۸۷	۳۹	۴۰	۲۱	۰/۲۵	۰/۹۶	۱۴/۵	۷۶۱/۲	۷/۸

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر غلظت، رقم و برهمنکنش آنها بر رشد و عملکرد گیاه جو

شاخص برداشت	میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	سنبله بارور	ارتفاع	ضریب تغییرات		
۱۷۶/۳۹ns	۵۹۰/۷/۳۳ns	۹۴۱۵/۴۶ns	۱۱/۰۹ns	۹/۰۵ns	۰/۰۵ns	۷۴۵/۶۸ns	۸/۹۳ns	۱	سال	
۱۵۱/۴۵	۵۶۰/۳/۶۷	۹۳۴۵/۷۸	۳/۶۳	۶/۳۲	۰/۰۴	۷۰۴/۸۷	۰/۳۲	۴	خطای a	
۶۴/۲۳**	۲۴۲۹/۹۰**	۵۲۸۷۴/۴۶**	۹/۷۳ns	۵۴۴/۰۰	۶/۰۵**	۱۵۱۱۱/۰۲**	۲۶/۶۶ns	۲	غلظت	
۵/۰۹ns	۱۰۳/۵۶ns	۸۰۹/۸۷ns	۳۲/۲۳ns	۲۹/۰۲ns	۰/۹۸ns	۷۶۰/۸۸ns	۴۰/۲۵ns	۲	سال × غلظت	
۴/۱۲	۶۸/۲۰	۷۲۰/۸۳	۱۹/۰۵	۲۲/۹۲	۰/۰۷	۷۴۵/۶۵	۳۶/۵۱	۴	خطای b	
۶۲/۹۹**	۸۴۱۵/۲۹**	۵۱۷۴۴/۱۴**	۸۷۰/۵۶**	۷۳۲/۰۱**	۴/۷۴**	۱۸۷۱۹/۰۳**	۷۱۱/۱۴**	۴	رقم	
۴۹/۲۹**	۶۰۰/۴/۷۶**	۴۱۳۰۸/۰۷**	۵۰۳/۸۰*	۴۵۲/۳۲*	۲/۰۵*	۲۲۰/۹۶ns	۲۳/۴۷ns	۸	رقم × غلظت	
۸/۹۵ns	۴۱۱/۴۵ns	۲۰۹۸/۵۶ns	۱۸/۰۹ns	۲۴/۳۲ns	۰/۱۱ns	۳۴۰/۹۸ns	۲۰/۸۷ns	۴	سال × رقم	
۹/۱۹ns	۳۹۲/۹۹ns	۲۲۲۹/۶۵ns	۳۷/۲۱ns	۳۲/۰۹ns	۰/۲۰ns	۴۰۱/۵۷ns	۱۵/۰۴ns	۸	سال × رقم × غلظت	
۷/۶۸	۳۸۴/۳۷	۲۱۶۸/۹۳	۱۳/۲۲	۱۱/۲۳	۰/۲۹	۴۹۰/۳۸	۱۷/۵۸	۵۳	خطای c	
۷/۹۸	۱۴/۵۱	۱۲/۰۹	۱۳/۲۰	۱۳/۲۱	۷/۲۳	۱۵/۴۳	۷/۹۰		ضریب تغییرات	

ns: غیرمعنی‌دار * و **: اثر معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۱. (الف) تفاوت ارتفاع بوته در بین پنج رقم جو و (ب) تأثیر غلظت‌های متفاوت سایکوسل و ارقام بر تعداد سنبله بارور در متر مربع جو (میانگین دو سال). ستون‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

آغازش و بقای تعداد بیشتری گلچه در پنجه‌ها گزارش کردند. طول سنبله تحت تأثیر معنی دار رقم و غلظت در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵٪ قرار گرفت (جدول ۲). طول سنبله در بوته‌های تحت تیمار سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر با بوته‌های شاهد تفاوت معنی داری داشت. اگرچه تأثیر مثبت سایکوسل بر طول سنبله در همه ارقام مشاهده شد؛ لیکن، تنها در رقم‌های ریحان و ویکتوریا اثر افزایشی سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر به طور معنی داری بیشتر از غلظت ۲ گرم در لیتر بود و در سایر ارقام تفاوت معنی داری بین این دو غلظت مشاهده نگردید (شکل ۲الف).

طول سنبله در هر رقم به دلیل آغازش اجزای آن در مراحل پیش از ظهر سنبله (۹) اندکی پیش از گلدهی تعیین می‌گردد و پس از آن تغییر چندانی نمی‌یابد. سایکوسل با کند کردن سرعت رشد رویشی امکان آغازش سنبلک‌های بیشتری را فراهم می‌نماید و در نتیجه طول سنبله افزایش می‌یابد (۱۱).

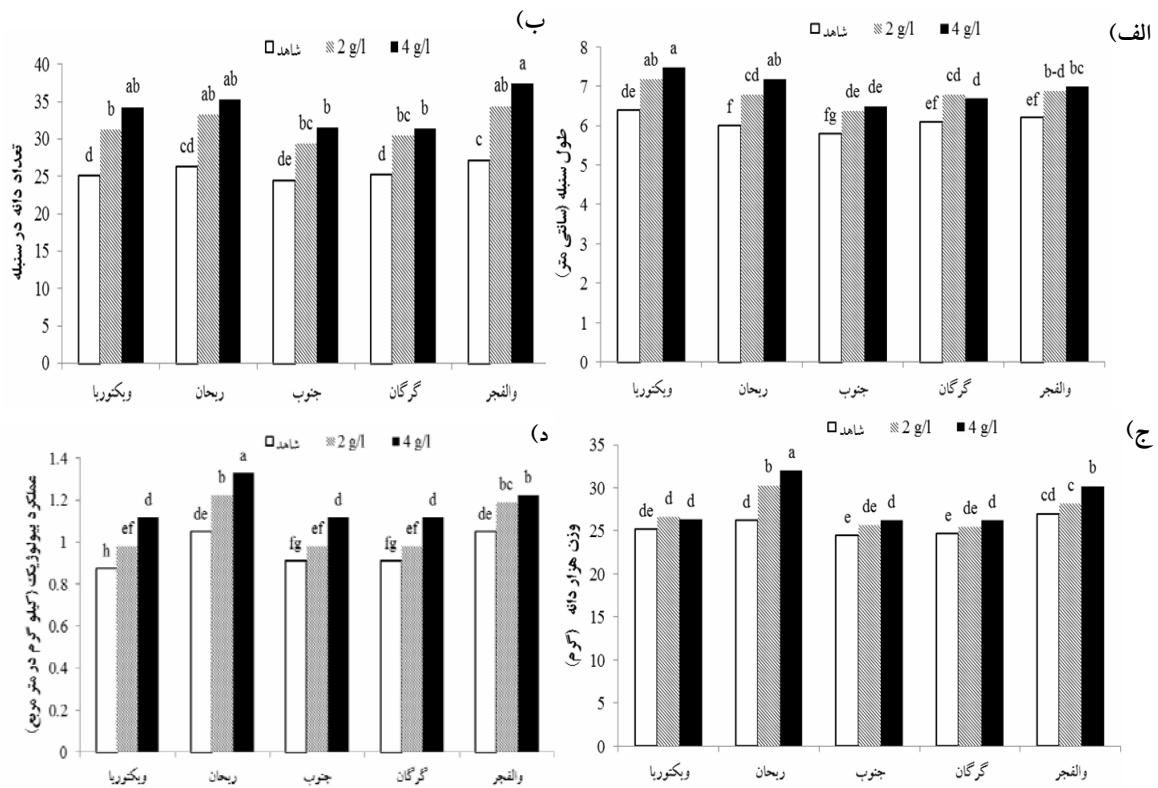
تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر معنی دار رقم و غلظت در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵٪ قرار گرفت (جدول ۲). تعداد دانه در سنبله در بوته‌های تحت تیمار سایکوسل با غلظت ۲ و ۴ گرم در لیتر با بوته‌های شاهد تفاوت معنی داری داشت. اگرچه تأثیر مثبت سایکوسل بر تعداد دانه در سنبله همه ارقام مشاهده شد، ولی بیشترین تأثیر غلظت ۴ گرم در لیتر در رقم والفجر به دست آمد و پس از آن ارقام ویکتوریا و ریحان (بدون تفاوت معنی دار) قرار داشتند (شکل ۲ب). با کاربرد سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان دلیل افزایش تعداد دانه را نتیجه تسهیم بیشتر مواد پرورده به سنبلک‌ها نسبت داد (۳). پیرسته انوشه و امام (۲۱) به این نتیجه رسیدند که سایکوسل اثر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله گندم نان و ماکارونی داشت. تعداد دانه در سنبله در بوته‌های تحت تیمار سایکوسل ۱۴٪ نسبت به شاهد بیشتر بود. افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر تیمار سایکوسل در جو توسط امام و کریمی (۴) و در گندم توسط سلیمان و قندوره (۲۸) گزارش شده است. در

پژوهش‌ها هم حاکی از ازدیاد ارتفاع نهایی ساقه غلات در مقایسه با تیمار شاهد به دنبال کاربرد برگی سایکوسل در مراحل اولیه رشد رویشی است (۳) که این موضوع به تولید بیش از حد معمول جیبرلین در بوته‌های تیمار شده با سایکوسل نسبت به شاهد منسوب گردیده است. در واقع در بوته‌های تیمار شده با سایکوسل پیش سازهای جیبرلین به طور موقت در دوره کندشدن رشد طولی ساقه در بوته‌ها تجمع می‌یابند و پس از طی شدن دوره تأثیر سایکوسل این پیش سازها سبب تولید بیش از حد معمول جیبرلین در بوته‌های تیمار شده می‌گردد (۹ و ۱۵).

اثر رقم و غلظت سایکوسل بر تعداد سنبله بارور در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). رقم ویکتوریا دارای بیشترین تعداد سنبله بارور در متر مربع بود، و پس از آن ارقام ریحان و والفجر (بدون تفاوت معنی دار) قرار داشت. کمترین تعداد سنبله بارور نیز در رقم جنوب مشاهده شد که با رقم گرگان تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۱ب). سایکوسل تأثیر مثبتی بر تعداد سنبله بارور در متر مربع داشت. تعداد سنبله بارور در بوته‌های محلول پاشی شده با سایکوسل با غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر (بدون تفاوت معنی دار) به طور معنی داری بیشتر از بوته‌های شاهد بود (شکل ۱ب).

نیلر و همکاران (۱۹) پیشنهاد کردند کاربرد سایکوسل قبل از کد ۳۰ زیداکس (شروع رشد طولی ساقه) در جو با کاهش غالب انتهایی در ساقه اصلی، موجب تسهیم بیشتر مواد پرورده به رشد بخش‌های دیگر گیاه می‌شود و در نتیجه امکان باروری پنجه‌های بیشتری در گیاهان تیمار شده فراهم می‌شود. افزایش تعداد سنبله در متر مربع به دنبال کاربرد سایکوسل توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۵ و ۷).

وادینگتن و کارترایت (۳۰) در بررسی اثر سایکوسل بر تغییر اجزای عملکرد جو بهاره در مرحله طویل شدن ساقه دریافتند که علت افزایش عملکرد افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله می‌باشد. آنها علت افزایش عملکرد را کاهش غالب انتهایی ساقه اصلی در طول دوره پنجه‌زنی و



شکل ۲. اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل بر (الف) طول سنبله، (ب) تعداد دانه در سنبله، (ج) وزن هزار دانه و (د) عملکرد بیولوژیک ارقام جو. (میانگین دو سال). ستون‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD در سطح ۰.۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

دانه بوته‌های تیمار شده در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به طور معنی‌داری بیش از بوته‌های شاهد بود. نتایج پژوهش‌های ما و اسمیت (۱۶) نیز نشان داد که وزن هزار دانه اندکی تحت تأثیر سایکوسل افزایش می‌یابد.

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر معنی‌دار رقم، غلظت و برهمکنش آنها در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم ریحان مشاهده شد. غلظت ۴ گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک همه ارقام ۲ گرم در لیتر پاکیول در حالی که محلول پاشی با سایکوسل ریحان و فالجر را به طور معنی‌داری افزایش داد. تأثیر مثبت سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر بر عملکرد بیولوژیک در همه ارقام، به جز رقم والفجر، بیشتر از غلظت ۲ گرم در لیتر بود (شکل ۲د). تأثیر سایکوسل به شدت به غلظت این تنظیم کننده وابسته

پژوهش ما و اسمیت (۱۶) نیز سایکوسل تعداد دانه در سنبله را در تمام مراحل کاربرد آن افزایش داد. علت این امر افزایش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی گزارش شده است.

وزن هزار دانه تحت تأثیر معنی‌دار رقم (در سطح احتمال ۰.۱٪) و برهمکنش رقم با غلظت (در سطح ۰.۵٪) قرار گرفت (جدول ۲). رقم ریحان دارای بیشترین وزن هزار دانه بود، در حالی که ارقام جنوب و گرگان (بدون تفاوت معنی‌دار) دارای کمترین وزن هزار دانه بودند. تأثیر مثبت محلول پاشی سایکوسل بر وزن هزار دانه تنها در غلظت ۴ گرم در لیتر در ارقام ریحان و والفجر دیده شد، اما در ارقام دیگر تأثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۲ج). بر طبق نتایج گرین (۱۰) در بوته‌های گندمی که توسط سایکوسل تیمار شده بودند، در طول سه هفته اول پس از گلدهی میزان انتقال مواد پرورده تولید شده به سمت دانه‌ها کاهش یافت، ولی مقدار مواد تجمع یافته در

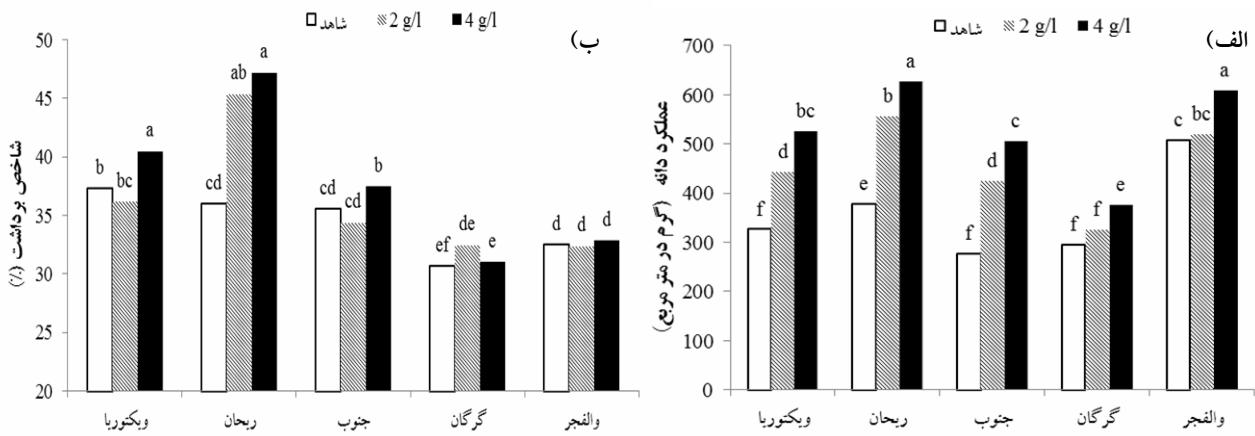
عملکرد دانه شد. در همه ارقام، عملکرد دانه جو در غلظت ۴ گرم در لیتر سایکوسل به طور معنی داری بیشتر از غلظت ۲ گرم در لیتر بود (شکل ۳). در پژوهش حاضر افزایش عملکرد تحت تأثیر محلول پاشی سایکوسل در نتیجه افزایش اندازه مقصد های فیزیولوژیک بوده است. در واقع، سایکوسل با افزایش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و همچنین وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در همین راستا، امام و کریمی (۷) نیز در یک پژوهش مزروعه ای نشان دادند که عملکرد دانه برنج در بوته های تیمار شده با سایکوسل به دلیل افزایش معنی دار تعداد دانه در واحد سطح که نتیجه افزایش معنی دار ساقه های بارور در واحد سطح و تعداد سنبله های بارور در خوش بود، افزایش یافت. پیرسته انشو و امام (۲۱) با گزارش افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد شاخساره ای سایکوسل گزارش کردند که افزایش عملکرد به طور عملده ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله بود تا میانگین وزن هر دانه. این پژوهشگران ابراز عقیده کردند که افزایش تعداد دانه به صورت افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک یا کاهش تعداد دانه های عقیم بروز کرده است. امام و نیک نژاد (۹) علت افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با سایکوسل را نفوذ بیشتر نور به درون بوته ها و قادر ساختن آنها به حفظ تعداد بیشتری ساقه بارور در هر بوته دانسته اند.

به طور متوسط سایکوسل با غلظت های ۲ و ۴ گرم در لیتر به ترتیب سبب افزایش ۱۹/۶ و ۳۰/۰ درصدی عملکرد دانه ارقام جو شد. این مقادیر برای ارقام ویکتوریا، ریحان، جنوب، گرگان و والفسjer به ترتیب معادل ۲۶/۱، ۴۰/۲، ۸/۹ و ۴۹/۳ درصد در غلظت ۲ گرم در لیتر و معادل ۳۷/۹ درصد در غلظت ۴ گرم در لیتر بود. در پژوهش های پیشین درصد افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد شاخساره ای سایکوسل متفاوت گزارش شده است. برای مثال، امام و کریمی (۴) ۱۰ تا ۲۰٪، امام و همکاران (۵) ۱۲٪، ما و اسمیت (۱۵) صفر تا ۲۰٪، ماتیوس و کالدیکات (۱۷) ۱۲ تا

است. به عنوان مثال لاتر (۱۴) گزارش کرد که تیمار بوته های جو با سایکوسل در غلظت ۱۰ میلی مولار برشد و عملکرد غیر مؤثر بود، ولی در غلظت ۱۰۰ میلی مولار برشد و عملکرد بوته ها را به نحو معنی داری تحت تأثیر قرار داد. به اعتقاد برخی پژوهشگران تأثیر تنظیم کننده های رشد بر عملکرد بیولوژیک غلات متفاوت است (۱، ۳، ۹ و ۱۲). در این رابطه شکوفا و امام (۲۷)، گزارش کردند که کاربرد سایکوسل روی شاخساره گندم آهنگ نموی و رشد طولی ساقه را در این گیاه کاهش می دهد و این کاهش آهنگ نموی در بوته های تیمار شده با سایکوسل در مرحله قبل از گلدهی ابتدا با کاهش تجمع ماده خشک (البته به صورت موقت) همراه است، ولی پس از مرحله گلدهی این روند بر عکس شده به نحوی که وزن خشک بوته های تیمار شده نسبت به شاهد در هنگام گلدهی زیادتر می شود و در پایان عملکرد دانه بوته های تیمار شده زیادتر است. گروهی از پژوهشگران نیز (۶، ۲۴ و ۲۵) در مطالعات خود نشان داده اند که سایکوسل سبب کاهش رشد اندام های هوایی و کاهش نسبت کاه به ریشه می گردد.

در پژوهش امام و کریمی (۷) عملکرد بیولوژیک کرت های تیمار شده با سایکوسل به نحو شایان توجهی زیادتر از شاهد بود. به نظر می رسد تیمار بوته ها با سایکوسل که با تغییر زاویه برگ ها و پنجه ها و بهبود نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاهی همراه است، پیش از گلدهی اندازه مقصد را افزایش داده و بعد از گلدهی به دلیل باز خوری مثبت افزایش ظرفیت مقصد بر میزان فتوستنر بوته ها، سبب افزایش میزان مواد پرورده تولیدی شود (۸).

عملکرد دانه تحت تأثیر معنی دار رقم، غلظت سایکول و برهمنکش آنها در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ریحان بود و کمترین آن نیز در رقم گرگان مشاهده شد. اگرچه تأثیر مثبت سایکول بر عملکرد دانه در همه ارقام مشاهده شد، ولی در ارقام گرگان و والفسjer تنها محلول پاشی سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر موجب افزایش



شکل ۳. اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل بر (الف) عملکرد دانه و (ب) شاخص برداشت ارقام جو. (میانگین دو سال). ستون‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

دارای بیشترین ارتفاع ساقه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود؛ در حالی که بیشترین تعداد سنبله بارور در متر مربع و طول سنبله مربوط به رقم ویکتوریا و بیشترین تعداد دانه در سنبله در رقم وال Fujair بود. همه صفات مورد مطالعه تحت تأثیر مثبت سایکوسل قرار گرفتند، به طوری که طول سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت ارقام جو تحت تأثیر محلول پاشی سایکوسل افزایش یافت. از دیاد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر اثر تیمار سایکوسل نتیجه افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک (تعداد دانه در سنبله و وزن دانه) پیش از گلدهی است. در غالب موارد، محلول پاشی با سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر تأثیر بیشتری بر رشد و عملکرد ارقام جو داشت. پاسخ ارقام به تیمار سایکوسل متفاوت بود، به طوری که رقم Rihan پاسخ بیشتری به محلول پاشی سایکوسل در مقایسه با بقیه ارقام نشان داد. Gorgan نیز رقمی بود که پاسخ کمتری به سایکوسل از خود نشان داد. به نظر می‌رسد که محلول پاشی بوته‌های جو به ویژه رقم Rihan که سطح زیر کشت بیشتری نیز به خود اختصاص داده است، با غلظت ۴ گرم در لیتر سایکوسل برای شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

۱۸٪ و سلیمان و قندوره (۲۸) ۱۵٪ افزایش عملکرد در اثر کاربرد سایکوسل گزارش کرده‌اند. شاخص برداشت تحت تأثیر معنی‌دار رقم، غلظت سایکوسل و برهمکنش آنها در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). رقم Rihan دارای بیشترین شاخص برداشت بود، در حالی که کمترین شاخص برداشت در رقم Gorgan مشاهده شد. به طور کلی سایکوسل تأثیر مثبتی بر شاخص برداشت داشت، و غلظت ۴ گرم در لیتر شاخص برداشت بیشتری در مقایسه با ۲ گرم در لیتر داشت. سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر به طور معنی‌داری شاخص برداشت را در ارقام ویکتوریا، Rihan و جنوب افزایش داد، در حالی که غلظت ۲ گرم در لیتر فقط بر شاخص برداشت رقم Rihan تأثیر مثبت داشت (شکل ۳ب). دی و همکاران (۲) در آزمایش خود افزایش شاخص برداشت را به وسیله سایکوسل در دو رقم گندم مورد مطالعه گزارش کردند. امام و موید (۸) نیز افزایش معنی‌دار شاخص برداشت و زیست توده را در جو بهاره با کاربرد به موقع سایکوسل گزارش کرده‌اند. هر چند در آزمایش پیرسته انوشه و امام (۲۱) و امام و کریمی (۷) شاخص برداشت به ترتیب در گیاهان گندم و برنج تحت تأثیر سایکوسل قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش دو ساله نشان داد که در بین ارقام، Rihan

منابع مورد استفاده

1. Alam, M. Z., S. A. Haidar and N. K. Paul. 2007. Yield and yield component of barley (*Hordeum vulgare*) cultivars in relation to nitrogen fertilizer. *Journal of Applied Science Research* 3: 1022-1026.
2. De, R., G. Giri, G.R. Saran, K. Singh and G.S. Chaturvedi. 1982. Modification of water balance of dry land wheat through the use of chlormequat chloride. *Journal of Agricultural Science* 98: 593-597.
3. Emam, Y. 2011. Cereal Production (4th Ed). Shiraz University Press, Shiraz. 190p. (In Farsi)
4. Emam, Y. and H.R. Karimi. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. *Iran Agriculture Research* 15: 89-104.
5. Emam, Y., E. Tafazzoli and H. R. Karimi. 1996. Growth and development of winter wheat (cv. Ghods) as affected by chlormequat chloride (CCC). *Iranian Journal of Agriculture Science* 27: 23-31. (In Farsi).
6. Emam, Y. and M. Dastfal. 1997. Above and below ground response of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. *Crop Research* 14: 457-470
7. Emam, Y. and H. R. Karimi. 1997. Effect of chlormequat chloride, a growth retardant, on growth, development and grain yield of rice. *Iranian Journal of Agriculture Science* 28: 65-72. (In Farsi).
8. Emam, Y. and G. R. Moaied 1999. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological and physiological characteristics of winter barley cultivar "Valfajr". *Journal of Agriculture Science and Technology*. 2: 75-83.
9. Emam, Y. and M. Niknejad. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (4th Ed). Shiraz University Press. Shiraz. 570 pp. (In Farsi).
10. Green, C.F. 1986. Modification to the growth and development of cereals using chlorocholine chloride in the absence of lodging. *Field Crops Research* 14: 117-133.
11. Humphries, E.C. 1968. CCC and cereals. *Field Crop Abstract*. 21: 91-99.
12. Khajeh, N., Y. Emam, H. Pakneyat and A.A. Kamgarhaghghi. 2008. Interaction plant growth regulator chlormequat chloride (CCC) and drought stress on growth and grain yield of three barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Field Crop Science Journal* 39: 215-224. (In Farsi)
13. Knapp, J. S., C. L. Harms and J. J. Volence. 1987. Growth regulator effects on wheat culm nonstructural and structural carbohydrates and lignin. *Crop Science* 27: 1201-1205.
14. Later, E.N., N. Samii and F.W. Sosulski. 1965. The morphological and physiological effects of 2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride on barley. *Canadian Journal of Plant Science* 45: 419-427.
15. Ma, B.L. and D.L. Smith. 1991. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. *Agronomy Journal* 83: 270-274.
16. Ma, B.L. and D.L. Smith. 1992. Chlormequat and ethephon timing and grain production of spring barley. *Agronomy Journal* 84: 934-939.
17. Mathews, P.R. and J.B. Caldicatt. 1981. The effect of chlormequat chloride formulated with choline chloride on the height and yield of winter wheat. *Annals of Applied Biology* 97: 227-360.
18. Miranzadeh, H., Y. Emam, H. Seyyedi and S. Zare. 2010. Productivity and radiation use efficiency of four dryland wheat cultivars under different levels of nitrogen and chlormequat chloride. *Journal of Agriculture Science and Technology* 13: 339-351.
19. Naylor, R.E.L., M.E. Saleh and J.M. Farquharson. 1986. The response to chlormequat of winter barley growing at different temperatures. *Crop Research* 26: 17-31.
20. Pirasteh-Anosheh, H. and Y. Emam. 2012a. Manipulation of morpho-physiological traits in bread and durum wheat by using PGRs at different water regimes. *Journal of Crop Production and Processing* 5: 29-45.
21. Pirasteh-Anosheh, H. and Y. Emam. 2012b. Yield and yield components responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse. *Environmental Stress in Crop Science* 5: 1-18.
22. Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam, M. Ashraf and M.R. Foolad. 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Advanced Study in Biology* 11: 501-520.
23. Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulated cereal growth in northern growing conditions. PhD. Thesis of University of Helsinki. Finland. 53pp.
24. Rajala, A. 2004. Plant growth regulators to manipulate out stands. *Agriculture and Food Science* 13: 186-197.
25. Rajala, A. and P. Peltonen-Sainio. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93:936-943.
26. Sharif, S., M. Saffari and Y. Emam. 2007. The effect of drought stress and cycocel on barley yield (cv. Valfajr). *Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resource* 10: 281-291. (In Farsi).
27. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat. *Journal of Agriculture Science and Technology* 10: 101-108.

28. Sliman, Z. T. and M.O. Ghandorah. 1992. Response of two wheat cultivars to chlormequat (CCC) application. *Journal of King Saudi University* 4: 57-65.
29. Tolbert, N. E. 1960. 2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. *Plant Physiology* 35: 380-385.
30. Waddington, S. R. and P. M. Cartwright. 1986. Modification of yield components and stem length in spring barley by the application of growth retardants prior to main shoot stem elongation. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 107: 367-375.