عملکرد و صفات رشدی ارقام جو تحت اثر محلول‌پاشی غلظت‌های متفاوت سایکوسل در مرحله پنجه‌زنی در استان فارس

کاظم بهرامی[۱]، هادی پیرسته‌انوشه[۲] و یحیی امام*[۳]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.
۲) دانش‌آموخته دکتری دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.
۳) استاد دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Yaemam@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۱۸**

چکیده

پاسخ رشد و عملکرد جو در پاسخ به سایکوسل به‌طور قابل توجهی در بین ارقام مختلف، متفاوت است. بدین منظور، تغییرات رشدی در طول فصل و عملکرد پنج رقم جو تحت اثر کاربرد سایکوسل در یک پژوهش مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. در این پژوهش اثر سایکوسل با سه غلظت صفر (آب به‌عنوان شاهد)، ۲ و ۴ گرم در لیتر، بر رشد و عملکرد پنج رقم جو ویکتوریا، ریحان، جنوب، گرگان و والفجر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل در اوایل فصل رشد موجب کاهش ارتفاع ساقه در همه ارقام جو شد، اما، این کاهش ارتفاع در انتهای فصل رشد جبران شد؛ به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین ارتفاع نهایی بوته‌های محلول‌پاشی شده با بوته‌های شاهد وجود نداشت. این کاهش ارتفاع در زمان پنجه‌زنی موجب بقای بیش‌تر پنجه‌ها و افزایش پنجه‌های بارور گردید و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم ریحان با محلول‌پاشی سایکوسل با غلظت ۴ گرم در مترمربع (۷۳۴/۴۷) به‌دست آمد. سایکوسل اثر مثبتی بر افزایش شاخص سطح برگ در طول فصل از ۱۵۰ روز پس از کاشت به بعد داشت. وزن خشک گیاه در بوته‌های محلول‌پاشی شده افزایش بیش‌تری در طول فصل رشد داشت، که در این رابطه اثر مثبت غلظت ۴ بیش‌تر از ۲ گرم در لیتر بود. به‌طورکلی نتایج مشخص کرد که رقم ریحان و گرگان به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین پاسخ به کاربرد سایکوسل بودند. بنابراین رقم ریحان در چنین شرایطی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: کندکننده رشد، شاخص سطح برگ، وزن خشک.

مقدمه

جو با نام علمی (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله مهم دنیاست و به‌طور معمول در زمین‌هایی که برای سایر غلات چندان مناسب نیست، کشت می‌شود. بنابر آمار سازمان خواربار جهانی، تولید جهانی جو در سال ۲۰۱۲ معادل ۱۳۲/۳ میلیون تن بود که این مقدار در ایران معادل ۳/۴ میلیون تن بوده است (FAO, 2012). استان فارس دومین تولیدکننده عمده جو می‌باشد که برخی ارقام معروف جو در استان فارس عبارتند از: ریحان، والفجر و کارون و کویر (امام، ۱۳۹۲). کاربرد کندکننده‌های رشد با کاهش طویل شدن ساقه و کاهش سنتز هورمون جیبرلین و افزایش سنتز اتیلن همراه است (Rajala, 2003). تمایل به سمت تولید رقم‌های پاکوتاه ممکن است همیشه موفقیت‌آمیز نباشد، چون ارتباطی قوی میان پتانسیل عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و کل زیست‌توده وجود دارد. در نتیجه، تمایل به استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد برای سایر اثرات مفید آن‌ها مثل افزایش محصول گندم، افزایش تعداد سنبله‌ها و سنبلک‌ها در سنبله، افزایش تعداد انشعابات ساقه، اثر بر یکنواختی درون بوته‌ای و تولید پنجه‌های مولد سنبله وجود داشته و در حال افزایش است (پیرسته‌انوشه و امام، ۱۳۹۱ الف؛ Rajala, 2004; Emam and Karimi, 1996; Emam and Moaid, 1999). کلرمکوات کلراید[1] یا سایکوسل با علامت اختصاری CCC یکی از مهم‌ترین کندکننده‌های رشد، در دهه ۱۹۶۰ میلادی به منظور کاهش خسارت خوابیدگی گندم در کشورهای اروپایی به بازار عرضه شد (امام و همکاران، ۱۳۷۴؛ Kumar *et al.*, 2012). سایکوسل از گروه ترکیبات آنیومی بوده و از پر مصرف‌ترین کندکننده‌های رشد گیاهی بوده و امروزه جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی، به‌ویژه غلات، کاربرد فراوان پیدا کرده است (امام و همکاران، ۱۳۷۴؛ پیرسته‌انوشه و امام، ۱۳۹۱ ب). سایکوسل می‌تواند توزیع ماده خشک را در گیاه تغییر دهند. بنابراین، باعث افزایش عملکرد اقتصادی شده و گیاه را نسبت به شرایط نامساعد محیطی سازگار می‌کنند (Shekoofa and Emam, 2008; Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2012). نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که کاربرد سایکوسل یکنواختی درون بوته‌ای را افزایش داده و تولید پنجه‌های مولد سنبله را در جو افزایش می‌دهد. سایکوسل به دلیل تحریک رشد ریشه و در نتیجه ازدیاد مقاومت به خشکی نیز مورد توجه بوده است (Emam and Cartwright, 1990; Emam and Dastfal, 1997; Guler, 2010). کاربرد سایکوسل روی غلات موجب افزایش رشد ریشه، کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در هر بوته، افزایش مقاومت به سرما، شوری، قارچ‌ها و حشرات شده است (امام، ۱۳۹۲؛ پیرسته‌انوشه و امام، ۱۳۹۱ الف). Rajala و Peltonen-Sainio (۲۰۰۱)، گزارش کردند که اگرچه کاربرد سایکوسل ممکن است باعث تغییر در رشد ریشه و نسبت ریشه به ساقه در غلات شود، اما پاسخ گونه‌های متفاوت و حتی ارقام یک گونه به این مواد متفاوت خواهد بود.

[1] Chlormequat chloridre

Pirasteh-Anosheh و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که ارقام پابلند به‌طور معنی‌داری پاسخ بیش‌تری به تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله سایکوسل نشان می‌دهند. پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱ الف) نیز نشان دادند که اگرچه صفات رشدی و فیزیولوژیک دو رقم گندم یاواروس و روشن تحت اثر سایکوسل بهبود یافت، ولی رقم روشن به‌طور معنی‌داری پاسخ بیش‌تری از خود نشان داد. اطلاعات در مورد اثر سایکوسل بر رشد ارقام جو در طول فصل بسیار ناچیز است. لذا، با توجه به متفاوت بودن پاسخ صفات رشدی ارقام جو به کاربرد سایکوسل، پژوهش حاضر با هدف مطالعه روند تغییرات صفات رشدی ارقام جو به سه غلظت متفاوت کندکننده رشد سایکوسل در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی واقع در منطقه باجگاه (با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ’۴۶ °۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ’۲۹ ° ۵۰ شمالی) در ۱۲ کیلومتری شمال شیراز طراحی و اجرا شد. پژوهش حاضر به‌صورت 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 به‌عنوان شاهد)، ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر به‌عنوان عامل اصلی و ارقام جو در پنج سطح: ویکتوریا، ریحان، جنوب، گرگان، والفجر به‌عنوان عامل فرعی بود. ویژگی‌های رقم‌های جنوب، ریحان، گرگان، والفجر و ویکتوریا به‌عنوان چند رقم معروف جو که به‌طور رایج مورد کشت و کار قرار می‌گیرد و در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: سال معرفی، مبدأ و برخی ویژگی‌های زراعی ارقام جو مورد استفاده در آزمایش

نام رقم	سال معرفی	مبدا	ویژگی‌های زراعی
جنوب	۱۳۷۶	موسسه‌بین المللی CIMMYT	نیمه زود رس، شش ردیفه، مقاوم به خوابیدگی، وزن هزار دانه ۴۴-۴۰ گرم
ریحان	۱۳۷۲	موسسه‌بین المللی ICARDA	زودرس، شش ردیفه، نیمه مقاوم به خوابیدگی، وزن هزار دانه ۴۴-۴۳ گرم
گرگان	۱۳۴۱	ایستگاه بررسی غلات گرگان	خیلی زود رس، نیمه مقاوم به خوابیدگی، دو ردیفه
والفجر	۱۳۶۴	CI-108985- مصر	متوسط رس، حساس به خوابیدگی، وزن هزار دانه ۵۰-۴۰ گرم
ویکتوریا	۱۳۷۱	موسسه‌بین المللی CIMMYT	دو ردیفه، حساس به خوابیدگی، استاندارد

زمین محل آزمایش پیش از شروع آزمایش آیش بود. آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دوبار دیسک عمود بر هم و لولر بود. پس از آماده‌سازی کرت‌های آزمایشی، بذرهای کاملاً یکنواخت پنج رقم جو در کرت‌های به ابعاد ۱×۲ متر در عمق ۴-۳ سانتی‌متری خاک در نیمه آبان‌ماه سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به‌صورت دستی کشت شدند. فواصل بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف حدود ۳ سانتی‌متر (تراکم تقریبی ۲۵۰ بوته در مترمربع) بود. کوددهی شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود. یک‌سوم کود اوره در زمان کاشت و بقیه به‌صورت سرک در اوایل ساقه رفتن همراه با آب آبیاری به کرت‌های آزمایشی افزوده شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری (میانگین دوسال)

اسیدیته	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۷/۸	۷۶۱/۲	۱۴/۵	۰/۹۶	۰/۲۵	۲۱	۴۰	۳۹	۰/۸۷

محلول‌پاشی در غلظت‌های (صفر، ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر) در اواسط مرحله پنجه‌دهی (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 تنظیم‌کننده رشد، عمل محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح و به مقدار ۴۰۰ لیتر در هکتار اعمال شد. به منظور جلوگیری از برهمکنش تنظیم‌کننده رشد با علف‌کش‌های شیمیایی، کنترل علف‌های هرز در تمام طول فصل رشد به‌صورت وجین دستی انجام شد. کلیه کرت‌ها به‌صورت منظم و بر اساس نیاز خاک برای رسیدن به حد ظرفیت مزرعه هر ده روز یک‌بار با استفاده از سیستم تیپ آبیاری شدند.

پس از کاربرد سایکوسل، نمونه‌برداری‌های متوالی با فاصله ۲۰ روزه در طول فصل رشد با رعایت اثر حاشیه صورت گرفت. صفات مورد نظر برای اندازه‌گیری در طول فصل رشد شامل روند تغییرات شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک گیاه بود. شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[1] و تقسیم مساحت برگ‌ها به مساحت نمونه‌برداری تعیین گردید. وزن خشک گیاه نیز به وسیله قرار دادن نمونه‌های آزمایشی در آون تهویه‌دار در دمای °C ۷۰±۲ به مدت ۴۸ ساعت و توزین آن‌ها با ترازوی دیجیتالی دقیق تعیین شد. هم‌چنین اندازه‌گیری ارتفاع گیاه با نمونه‌برداری ارتفاع ساقه اصلی چهار بوته با استفاده از خط‌کش میلی‌متری از طوقه تا گره زیر سنبله (یقه) به‌دست آمد. در پایان فصل نیز شامل عملکرد دانه با برداشت یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه اثر سال و برهمکنش سال با تیمارها معنی‌دار نشد، لذا از میانگین دو سال برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. خطای استاندارد داده‌ها و آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS به‌دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که در همه تیمارهای سایکوسل با گذشت زمان ارتفاع بوته همه ارقام جو افزایش یافت (شکل ۱). ارتفاع بوته در فاصله بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ روز پس از کشت سرعت افزایش کمی داشت، اما پس از آن و تا ۲۱۰ روز پس از کشت سرعت افزایش ارتفاع بوته تشدید شد. در آخرین اندازه‌گیری نیز (۲۱۰ تا ۲۳۰ روز پس از کشت) سرعت افزایش ارتفاع مجدداً کاهش یافت. بلافاصله پس از اعمال تیمار سایکوسل، ارتفاع بوته‌های شاهد نسبت به بوته‌های تحت تیمار بیش‌تری شد، به‌طوری که در همه ارقام جو در روز ۱۵۰ روز پس از کشت بوته‌های محلول‌پاشی شده دارای ارتفاع کم‌تری

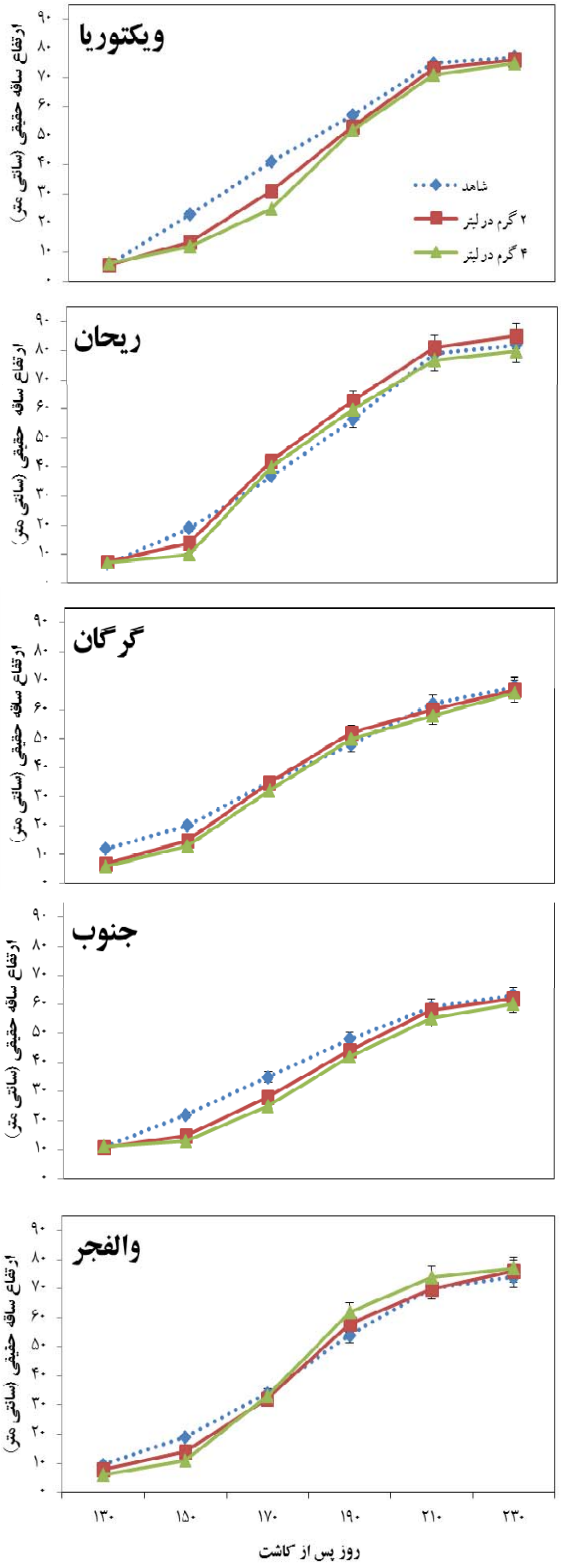
[1] Delta T MK_2 England

بودند. اثر تیمار محلول‌پاشی سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر بیش‌تر (مانند رقم ویکتوریا) یا برابر (مانند رقم گرگان) با تیمار سایکوسل با غلظت ۲ گرم در لیتر بود (جدول ۳). با گذشت زمان ارتفاع در بوته‌های تحت تیمار با سایکوسل افزایش بیش‌تری یافته و در نتیجه اختلاف آن‌ها با بوته‌های شاهد کم‌تر شد؛ به‌طوری که در ارقام گرگان، ریحان و والفجر در ۱۷۰ روز پس از کشت و در ارقام ویکتوریا و جنوب در ۱۹۰ روز پس از کشت و تفاوت معنی‌داری بین بوته‌های تیمارشده با بوته‌های شاهد وجود نداشت. این روند به همین صورت تا پایان آزمایش ادامه پیدا کرد و تغییرات بین تیمارهای سایکوسل به حداقل رسید (شکل ۱).

جدول ۳: شیب معادلات رگرسیونی ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک بوته پنج رقم جو تحت اثر غلظت متفاوت محلول‌پاشی سایکوسل

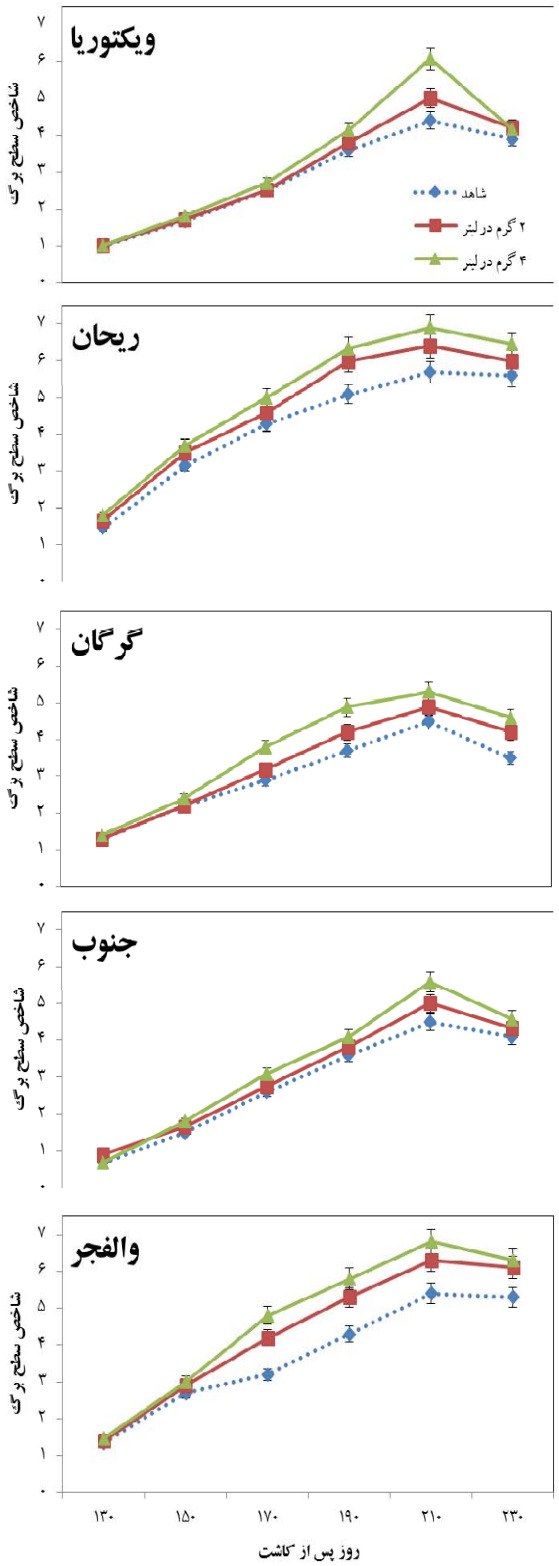
ارقام	ارتفاع بوته			سطح برگ			وزن خشک بوته		
	شاهد	۲ گرم درلیتر	۳ گرم درلیتر	شاهد	۲ گرم درلیتر	۳ گرم در لیتر	شاهد	۲ گرم در لیتر	۳ گرم در لیتر
ویکتوریا	۱۵/۰۸	۱۵/۷۸	۱۵/۶۷	۰/۶۷۹	۰/۷۷۸	۰/۸۶۰	۰/۱۷۲	۰/۱۹۷	۰/۲۲۶
ریحان	۱۶/۴۶	۱۷/۴۶	۱۶/۶۹	۰/۸۳۲	۰/۹۰۸	۰/۹۷۶	۰/۱۹۳	۰/۲۳۳	۰/۲۷۴
گرگان	۱۱/۹۷	۱۲/۹۱	۱۲/۹۴	۰/۵۳۵	۰/۶۷۴	۰/۷۳۶	۰/۱۶۱	۰/۱۸۶	۰/۲۱۳
جنوب	۱۰/۹۷	۱۱/۴۵	۱۱/۰۶	۰/۷۷۲	۰/۸۰۴	۰/۹۱۰	۰/۱۶۳	۰/۱۸۹	۰/۲۰۸
والفجر	۱۴/۱۵	۱۵/۲۵	۱۶/۳۷	۰/۸۲۹	۰/۹۹۴	۱/۰۴۵	۰/۲۰۵	۰/۲۴۳	۰/۲۶۷

Rajala و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که تیمار سایکوسل ارتفاع نهایی ساقه را در یولاف افزایش می‌دهد، درحالی‌که پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱ الف) و Shekoofa و Emam (۲۰۰۷) کاهش؛ و خواجه و همکاران (۱۳۸۷) عدم تغییر ارتفاع نهایی بوته را تحت اثر کاربرد سایکوسل گزارش دادند. در آزمایش حاضر سایکوسل بر ارتفاع نهایی ساقه اثر معنی‌داری نداشت. دلیل افزایش طول ساقه در انتهای فصل رشد کاملاً مشخص نشده است، ولی گمان می‌رود که با افزایش تجمع پیش سازهای جیبرلیک‌اسید در نتیجه کندکردن بیوسنتز آن در اوایل فصل رشد در ارتباط باشد. بدین معنی که در اواخر فصل رشد که اثر بازدارندگی سایکوسل کاهش می‌یابد، سنتز جیبرلیک‌اسید از سر گرفته می‌شود و مقدار زیادی پیش ساز برای ساخت جیبرلیک اسید وجود دارد که باعث طویل شدن ساقه می‌شود (Rajala and Peltonen-Sainio, 2001; Akinrinde, 2006). هم‌چنین Farooq و Bano (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که ارتفاع نهایی گیاه تحت اثر سایکوسل، بر اثر طویل شدن میان‌گره‌های بالایی افزایش می‌یابد. چنین استدلال شده که تولید زیاد جیبرلین در میان‌گره‌های بالایی بعد از تجزیه تنظیم‌کننده رشد، باعث طویل شدن میان‌گره‌های بالایی می‌شود.



شکل ۱: تغییرات ارتفاع ساقه حقیقی تحت اثر غلظت‌های متفاوت سایکوسل در پنج رقم جو

میانگین‌های دارای همپوشانی بر اساس خطای استاندارد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.



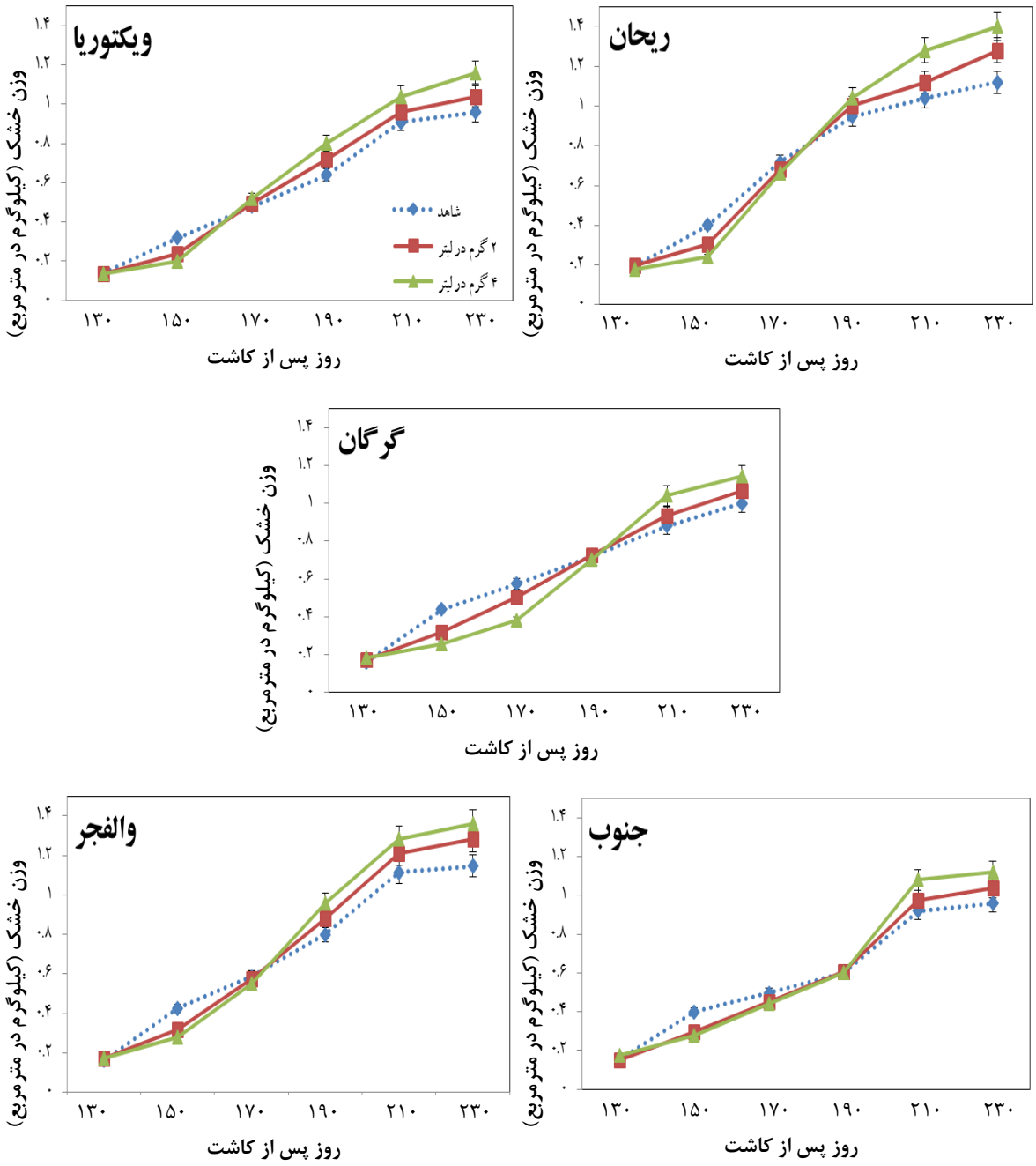
شکل ۲: تغییرات شاخص سطح برگ تحت اثر غلظت‌های متفاوت سایکوسل در پنج رقم جو

میانگین‌های دارای همپوشانی بر اساس خطای استاندارد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

سطح برگ همه ارقام جو در هر سه تیمار سایکول با گذشت زمان افزایش یافت (شکل ۲)، اما سطح برگ در تیمارهای سایکوسل از ۱۳۰ تا ۱۵۰ روز پس ازکشت در همه ارقام تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت (جدول ۳). این روند افزایش برای همه ارقام به جز ریحان تا روز ۲۱۰ ادامه داشت، به‌طوری‌که در این ارقام حداکثر شاخص سطح برگ در ۲۱۰ روز پس از کشت به‌دست آمد. شاخص سطح برگ ریحان در ۱۹۰ روز پس از کشت به حداکثر رسید و تا ۲۱۰ روز پس از کشت تغییر معنی‌داری نداشت. سطح برگ تمام ارقام در ۲۳۰ روز پس از کشت پس از کشت کاهش معنی‌داری را تجربه کردند. اثر افزاینده سایکوسل بر سطح برگ در همه ارقام به جز ویکتوریا، از روز ۱۵۰ به بعد مشاهده شد، درحالی‌که در رقم ویکتوریا ۱۹۰ روز پس از کشت تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای سایکوسل مشخص گردید. افزایش شاخص سطح برگ در همه ارقام تحت اثر سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار ۲ گرم در لیتر بود (شکل ۲ و جدول ۳). نتایج به‌دست آمده توسط Wang و همکاران (۲۰۱۰) حاکی از افزایش مستمر سطح برگ بوته‌های تحت اثر سایکوسل از زمان تیمار بوته‌ها تا پایان دوره آزمایش می‌باشد. اثر مثبت سایکوسل بر سطح برگ ارقام گندم توسط پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱ الف) نیز گزارش شده است.

وزن خشک بوته همه ارقام جو در همه تیمارهای سایکوسل با گذشت زمان افزایش یافت (شکل ۳ و جدول ۳). در فاصله زمانی بین ۱۵۰ تا ۱۷۰ روز در ارقام ویکتوریا، ریحان و والفجر و در فاصله زمانی بین ۱۵۰ تا ۱۹۰ روز در ارقام جنوب و گرگان بوته‌های تیمار شده با سایکوسل به‌طور معنی‌داری وزن خشک کم‌تری نسبت به شاهد داشتند. وزن خشک ارقام ویکتوریا، ریحان و والفجر در ۱۷۰روز و وزن خشک ارقام جنوب و گرگان در ۱۹۰روز پس از کشت در تیمارهای سایکوسل تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد نداشتند. از این زمان به بعد، وزن خشک بوته‌های تحت تیمار با سایکوسل در همه ارقام به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بوته‌های شاهد بود. در پایان آزمایش، وزن خشک بوته‌های تیمار شده با ۴ گرم در لیتر سایکوسل به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بوته‌های تیمار شده با ۲ گرم در لیتر سایکوسل بود (جدول ۳).

کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی بوته‌های تیمار شده با سایکوسل در هفته‌های اول پس از تیمار توسط برخی پژوهشگران نظیر Rajala (۲۰۰۴)، Emam و Cartwright (۱۹۹۰)، Gurmani و همکاران (۲۰۱۱) و Akinrinde (۲۰۰۶) هم گزارش شده است. پژوهشگران کاهش ماده خشک در کوتاه‌مدت به دنبال تیمار بوته‌ها با سایکوسل را به کاهش رشد طولی وابسته به جیبرلین (رشد طولی برگ‌ها و میان‌گره‌ها) و افزایش ارسال مواد فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها نسبت دادند. پس از گذشت دوره مذکور با افزایش معنی‌دار پنجه و سطح سبز بوته‌های تیمار شده، وزن خشک بوته‌ای تیمار شده با سایکوسل از طریق افزایش میزان جذب انرژی تابشی به‌طور معنی‌دار در مقایسه با بوته‌های شاهد افزایش می‌یابد (Shekoofa and Emam, 2008; Kumar *et al*., 2012).



شکل ۳: تغییرات وزن خشک گیاه تحت اثر غلظت‌های متفاوت سایکوسل در پنج رقم جو

میانگین‌های دارای همپوشانی بر اساس خطای استاندارد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

کاربرد شاخساره‌ای سایکول در هر دو غلظت موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله گردید؛ که در همه ارقام تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر مشاهده نشد. بیش‌ترین تعداد سنبله در رقم والفجر تیمار شده با سایکوسل به غلظت ۴ گرم در لیتر به‌دست آمد (جدول ۴). این نتایج به یافته‌های پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱ ب) مطابقت داشت. وزن هزار دانه تنها در اثر کاربرد سایکوسل با غلظت ۲ گرم در لیتر در رقم ریحان و کاربرد ۴ گرم در لیتر در همه

ارقام به جز ویکتوریا افزایش یافت. بیش‌ترین وزن هزار دانه مربوط به رقم ریحان تحت تیمار کاربرد ۴ گرم در لیتر سایکوسل به‌دست آمد (جدول ۴). کاربرد سایکول با غلظت ۴ گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در هر چهار رقم جو گردید، درحالی‌که سایکول با غلظت ۲ گرم در لیتر اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ارقام گرگان و والفجر نداشت (جدول ۴). سایکول با غلظت ۲ و ۴ گرم در لیتر موجب افزایش عملکرد دانه به مقدار ۲۶/۱ و ۳۷/۹ درصد در رقم ویکتوریا، ۴۰/۲ و ۴۹/۳ درصد در رقم ریحان، ۳۴/۹ و ۴۵/۲ درصد در رقم جنوب، ۸/۹ و ۲۱/۳ درصد در رقم گرگان و ۲/۳ و ۱۶/۴ درصد در رقم والفجر گردید.

جدول ۴: اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل بر عملکرد دانه ارقام جو (میانگین دو سال)

ارقام جو	تیمار سایکوسل		
	شاهد	۲ گرم در لیتر	۴ گرم در لیتر
تعداد دانه در سنبله			
ویکتوریا	۲۵/۱ g	۳۱/۳ de	۳۴/۳ b-d
ریحانه	۲۶/۳ g	۳۳/۳ b-d	۳۵/۳ ab
جنوب	۲۴/۵ g	۲۹/۴ Ef	۳۱/۵ c-e
گرگان	۲۵/۲ g	۳۰/۵ E	۳۱/۴ c-e
والفجر	۲۷/۲ fg	۳۴/۴ a-c	۳۷/۴ a
وزن هزار دانه (گرم)			
ویکتوریا	۲۵/۲ cd	۲۶/۶ cd	۲۶/۳ cd
ریحانه	۲۶/۲ cd	۳۰/۳ ab	۳۲/۰ a
جنوب	۲۴/۵ d	۲۵/۷ cd	۲۶/۲ cd
گرگان	۲۴/۷ d	۲۵/۵ cd	۲۶/۲ cd
والفجر	۲۷/۰ cd	۲۸/۲ bc	۳۰/۲ ab
عملکرد دانه (گرم در متر مربع)			
ویکتوریا	۳۲۶/۴۰ f	۴۴۲/۰۰ D	۵۲۵/۸۷ bc
ریحانه	۳۷۷/۴۰ e	۶۳۱/۸۲ B	۷۳۴/۴۷ a
جنوب	۲۷۶/۵۲ f	۴۲۵/۰۰ D	۵۰۵/۴۷ c
گرگان	۲۹۵/۸۰ f	۳۲۴/۷۰ F	۳۷۶/۲۷ e
والفجر	۵۰۸/۳۰ c	۵۲۰/۲۰ bc	۶۰۸/۶۰ a

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

سایکوسل رشد طولی ساقه را کاهش داده، که این کاهش در بوته‌های تیمار شده با سایکوسل در مرحله قبل از گل‌دهی ابتدا با کاهش تجمع ماده خشک (البته به‌صورت موقت) همراه است، ولی پس از مرحله گل‌دهی این روند برعکس شده به نحوی که وزن خشک بوته‌های تیمار شده نسبت به شاهد در هنگام گل‌دهی زیادتر می‌شود و در پایان عملکرد دانه بوته‌های تیمار شده زیادتر می‌شود. سایکوسل سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی و افزایش نسبت دانه به کاه می‌گردد. در این مطالعه، اثر مثبت سایکوسل بر افزایش عملکرد دانه به دلیل افزایش سطح فتوسنتزکننده (سطح برگ) و در نتیجه تولید مواد پرورده بیش‌تر (ماده خشک ۲) و تغییر در تسهیم مواد پرورده به سود دانه‌ها بود (جدول ۴؛ شکل‌های ۱ و ۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش دوساله نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل با غلظت ۴ گرم در لیتر باعث کاهش ارتفاع ساقه هر پنج رقم جو در اوایل فصل رشد گردید و در انتهای فصل رشد این کاهش ارتفاع ساقه را جبران کرد. از ۱۵۰ روز پس از کشت تفاوت معنی‌داری بین سطح برگ بوته‌های تحت تیمار با بوته‌های شاهد به‌دست آمد و بیش‌ترین اثر معنی‌دار سایکوسل در ۲۱۰ روز پس از کشت به‌دست آمد. افزایش وزن خشک بوته‌های جو در طول آزمایش در بوته‌های محلول‌پاشی شده با سایکوسل بیش‌تر بود. اثر سایکوسل بر وزن خشک در غلظت ۴ بیش‌تر از ۲ گرم در لیتر بود. سایکوسل از یک سو، با افزایش سطح برگ موجب افزایش تولید مواد پرورده شد و از سوی دیگر با اثر بر ارتفاع گیاه تسهیم این مواد پرورده را به سود دانه‌ها تغییر داد که در نتیجه عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. از آن جا که پاسخ ارقام جو تحت اثر کاربرد سایکوسل متفاوت بود، می‌توان رقم ریحان را به‌عنوان یک رقم با پاسخ بالا به کاربرد سایکوسل معرفی کرد. مطالعه رشد، ضخامت و توزیع ریشه جو رقم ریحان تحت اثر کاربرد سایکوسل در مراحل اولیه رشد قابل پیشنهاد است.

منابع

امام، ی. ۱۳۹۲. به‌زراعی غلات. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی. ۱۹۰ص.

امام، ی.، تفضلی، ع.، و کریمی‌مزرعه‌شاه ح.ر. ۱۳۷۴. بررسی اثر کلرمکوات کلرید بر رشد و نمو گندم قدس. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۷: ۲۹-۲۳.

پیرسته‌انوشه، ه. و امام، ی. ۱۳۹۱ الف. دست‌ورزی صفات مورفو- فیزیولوژیک گندم نان و ماکارونی با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط متفاوت آبیاری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵: ۴۵-۲۹.

پیرسته‌انوشه، ه. و امام، ی. ۱۳۹۱ب. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم نان و ماکارونی به تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۵: ۱۷-۱.

خواجه، ن.، امام، ی.، پاک‌نیت، ح. و کامگارحقیقی، ع.ا. ۱۳۸۷. برهمکنش ماده تنظیم‌کننده‌رشد کلرمکوات‌کلرید و تنش خشکی بر رشد و عملکرد سه رقم جو پاییزه (*Hordeum vulgare* L.). مجله علوم گیاهان زراعی. ۳۹: ۲۱۵-۲۲۴.

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*). Biotechnol. 5: 268-276.

Emam, Y. and Cartwright, P.M. 1990. Effects of drying soil and CCC on root: shoot growth and water use in barley plants. *In*: Importance of root to shoot communication in the response to environmental stress. British Plant Growth Regulator Group, Monograph: 389-392.

Emam, Y. and Dastfal, M. 1997. Above and below ground response of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. Crop Research 14: 457-470

Emam, Y. and Karimi, H.R. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. Iran Agriculture Research 15: 89-104.

Emam, Y. and Moaied, G.R. 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.

FAO. 2012. FAO database collection, available at www.faostat.org.

Farooq, U. and Bano, A. 2006. Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride on nodulation and biochemical content of *Vigna raditat* L, under water stress. Pakistan Journal of Botany 38: 1511-18.

Guler, M. 2010. Effects of Cycocel application times and doses on yield, yield components and protein content of chickpea. Journal of Agricultural Sciences 20: 6-15.

Gurmani, A.R., Bano, A., Khan, S.U., Din, J. and Zhang, J.L. 2011. Alleviation of salt stress by seed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (*Oryza sativa* L.). Australian Journal of Crop Science 5: 1278-128.

Kumar, J., Madan, L. and Krishan P. 2012. Effect of cycocel on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). HortFlora Research Spectrum 12: 162-164.

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.

Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulated cereal growth in northern growing conditions. Ph.D. Thesis of University of Helsinki. Finland. 53pp.

Rajala, A. 2004. Plant growth regulators to manipulate out stands. Agricultural Food Sciencec. Finland 13: 186-197.

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

Shekoofa, A. and Emam, Y. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat. Journal of Agriculture Science and Technology 10: 101-108.

Wang, H., Xiao, L., Tong, J. and Liu, F. 2010. Foliar application of chlorocholine chloride improves leaf mineral nutrition, sntioxidant enzyme activity, and tuber yield of potato (*Solanum Tuberosum* L.). Scientia Horticulturae 125: 521-23.