



(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره یازدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۰ (۴۱-۳۱)

تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم

مجتبی یوسفی راد<sup>۱\*</sup> و هادی صفا<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های زراعی و درصد پروتئین دانه گندم دیم رقم سرداری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول پاشی اسید سالیسیلیک به مقدار یک میلی‌مول در مراحل آبستنی (تورم انتهایی)، گلدهی (گرده‌افشانی) و خمیری شدن دانه همراه با شاهد (محلول پاشی با آب) و محلول پاشی سلنیوم به مقدار ۱۸ گرم در هکتار در سه مرحله ساقه‌دهی، سنبله‌دهی و شیری شدن دانه همراه با شاهد (محلول پاشی با آب) بود. نتایج تحقیق نشان داد که هر دو ماده اسید سالیسیلیک و سلنیوم موجب بهبود صفات مورد مطالعه شدند، به طوری که محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله گلدهی دارای بیش‌ترین عملکرد زیستی (۹۲۰۲ کیلوگرم بر هکتار) و پروتئین دانه (۱۱/۳ درصد) و محلول پاشی سلنیوم در مراحل سنبله‌دهی و ساقه‌دهی دارای بیش‌ترین عملکرد زیستی، طول سنبله، پروتئین دانه و تعداد پنجه بود. همچنین، مصرف توأم اسید سالیسیلیک و سلنیوم نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها نتایج بهتری بر ارتفاع گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گندم داشت، به طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله در تیمارهای محلول پاشی اسید سالیسیلیک- سلنیوم در مراحل گلدهی- ساقه‌دهی و آبستنی- ساقه‌دهی مشاهده شد. بنابراین، نتایج این تحقیق نشان داد که محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مراحل آبستنی و گلدهی همراه با محلول پاشی سلنیوم در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی، بهترین تیمارهای این آزمایش بودند و جهت بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، رشد و نمو، عملکرد دانه، ویژگی‌های زراعی

۱- استادیار، گروه زراعت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران

\* نویسنده مسئول: [m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir](mailto:m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir)

## مقدمه

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) از جمله گیاهان زراعی است که در بیش‌تر خاک‌ها کشت می‌شود و افزایش کمی و کیفی عملکرد آن در واحد سطح از مهم‌ترین اولویتهای اجرایی کشور است (Motamed, 2005). از حدود ۱۱ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، حدود ۷/۶۵ میلیون هکتار معادل ۶۹/۵۵ درصد به غلات اختصاص داشت که از این مقدار ۴۴/۶ درصد مربوط به اراضی با کشت آبی و ۵۵/۴ درصد مربوط به کشت دیم بوده است. سطح گندم ۷۱/۱ درصد از کل سطح برداشت غلات می‌باشد (Ahmadi et al., 2018).

یکی از روش‌های افزایش عملکرد گیاهانی که در مناطق دیم کشت می‌شوند، محلول‌پاشی هورمون‌های گیاهی و مواد شیمیایی مختلف است. اسید سالیسیلیک، از پرمصرف‌ترین موادی است که در محلول‌پاشی گیاهان مختلف استفاده می‌شود. اسید سالیسیلیک در گیاهان نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش مقاومت به شرایط نامساعد محیطی می‌شود (El-Tayeb, 2003). القای گل‌دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم اسیدسالیسیلیک به‌شمار می‌رود (Raskin, 1992). در تحقیقی مشاهده شد که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش ارتفاع گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش خشکی شد (Hayat et al., 2010). در آزمایش دیگری بیان شد که کاربرد اسید سالیسیلیک نه تنها اثرات ممانعت‌کنندگی خشکی را کاهش داد، بلکه تأثیر تحریک‌کنندگی بر افزایش وزن خشک در قسمت هوایی و ریشه گیاه داشت و سرعت تنفس را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (Al-Hakimi and Hamada, 2001). در تحقیقی بیان شد کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی برگی، عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش داد (Ahmad Alias Haji et al., 2007). همچنین، مصرف اسید سالیسیلیک در گیاه گلرنگ موجب افزایش درصد آب برگ نسبت به تیمار بدون مصرف شد (Mirzakhani and Sibi, 2011). اثر اسیدسالیسیلیک در بهبود رشد گیاهان تحت تنش غیرزیستی می‌تواند به نقش آن در جذب مواد غذایی، ارتباط آبی، تنظیم روزنه‌ای، نرخ فتوسنتز و مقدار کلروفیل مربوط باشد (Noreen and Ashraf, 2008). بنابر یک گزارش، محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک، سبب افزایش قابل توجهی در قند، پروتئین و روغن دانه‌های ذرت شد (Abdel-Wahed et al., 2006).

سلنیوم یکی دیگر از موادی است که برای محلول‌پاشی گیاهان در شرایط تنش خشکی توصیه می‌شود. سلنیوم یک عنصر معدنی کمیاب در طبیعت و یکی از عناصر کم‌مصرف ضروری برای سلامت انسان و حیوانات با خاصیت ضداکسیدکنندگی و ضد سرطان است (Graham et al., 2004). در تحقیقی مشاهده شد که با محلول‌پاشی سلنیوم روی برگ گیاهان زراعی، میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش یافت و مقاومت به خشکی گیاه را بالا برد (Dhillon, 2002). سلنیوم دارای قابلیت تنظیم وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی است و اثرات محافظتی آن تحت شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه می‌باشد (Kuznetsov et al., 2003). در تحقیقی، مصرف ۲۰ گرم در هکتار سلنیوم موجب افزایش صفات رشدی و عملکردی گندم دوروم (طول ریشه، طول سنبله، شاخص بازآوری و عملکرد دانه) شد (Gholami et al., 2013). در تحقیق دیگری گزارش شد که مصرف ۲۵ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم (آذر ۲ و پیش‌تاز) شد (Falahatzadeh et al., 2011). در مطالعه‌ای بیان شد که رشد گیاه با استفاده از سلنیوم تحریک شد و این تحریک رشد ناشی از افزایش و تجمع نشاسته در کلروپلاست بود (Pennanen et al., 2002). همچنین کاربرد سلنیوم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد روغن ارقام کلزا داشت (Zahedi et al., 2009).

با توجه به این که عملکرد گندم دیم در ایران پایین بوده و از طرفی سطح قابل توجهی از مناطق تحت کشت گندم ایران را دیم‌زارها تشکیل می‌دهند، بنابراین بررسی راه کارهای لازم برای افزایش میزان محصول در واحد سطح ضرورت دارد (Malakouti and Nafisi, 2004). از این‌رو، باید به‌دنبال روش‌هایی برای افزایش تولید در واحد سطح دیم‌زارها بود. از جمله این روش‌ها، مصرف توام و جداگانه اسیدسالیسیلیک و سلنیوم است که در شرایط تنش در بهبود عملکرد گیاهان موثر بوده است، به‌طوری‌که در تحقیقی مشاهده شد که کاربرد توام این دو ترکیب نسبت به عدم مصرف و کاربرد مستقل آن‌ها، عملکرد و رشد گندم را در شرایط تنش افزایش داد (Sajedi, 2017). بر این اساس، هدف از انجام این پژوهش، بررسی آثار اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و شناسایی مناسب‌ترین ماده و بهترین زمان محلول‌پاشی به‌منظور بهبود عملکرد گندم دیم رقم سرداری بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم در مزرعه‌ای در روستای کرفس شهرستان رزن در استان همدان با طول جغرافیایی "۴۹°۲۱'۳۵" و عرض جغرافیایی "۰۶°۱۸'۴۹" در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. ویژگی‌های اقلیمی شهرستان رزن در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در جدول ۱ ارائه شده است. کاشت بذر در تاریخ ۱۳۹۶/۸/۲ در بخشی از یک مزرعه بزرگ گندم دیم به صورت دستی انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه، اسید سالیسیلیک در چهار سطح شامل عدم مصرف (محلول پاشی آب به عنوان شاهد) و محلول پاشی مقدار یک میلی‌مولار (Vaisnad and Talebi, 2015) در مراحل آبستنی، گلدهی (گرده‌افشانی) و مرحله خمیری شدن دانه، و سلنیوم در چهار سطح شامل عدم مصرف (محلول پاشی آب به عنوان شاهد) و محلول پاشی سلنیوم به میزان ۱۸ گرم در هکتار (Sajedi et al., 2012; Yousefi Rad and Sharifi, 2019) در مراحل ساقه‌دهی، سنبله‌دهی و شیری شدن دانه بود (بر اساس کدبندی زادوکس). تیمارهای محلول پاشی با سم پاش پشتی کالیبره شده انجام شد.

زمین مورد نظر در سال قبل آیش بود و در همراه عملیات شخم، دیسک و فارو انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر بود و بین دو کرت هم یک متر به صورت نکاشت باقی ماند. فاصله بین خطوط کاشت ۱۵ سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌ها روی خطوط کاشت، سه سانتی‌متر و تراکم کاشت ۲۲۲ بوته در متر مربع بود. رقم مورد مطالعه رقم سرداری بود. بذرهای این رقم قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی شد. ۵۰

کیلوگرم کود نیتروژن، ۵۰ کیلوگرم کود فسفر و ۵۰ کیلوگرم کود پتاس به ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) در هنگام کاشت و ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن به صورت سرک در اواخر پنجه‌زنی استفاده شد.

جهت کنترل علف‌های هرز گندم از علف‌کش‌های گرانتستر و پوماسوپر به ترتیب به میزان ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد. برداشت پس از رسیدگی کامل و زرد شدن بوته‌ها در تاریخ ۱۳۹۷/۳/۲۵ به صورت کفبر انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، تعداد ۲۰ بوته تصادفی از هر کرت انتخاب شد و برای حذف اثرات حاشیه، دو ردیف کناری هر کرت در نمونه‌گیری محاسبه نشد. برای ارتفاع بوته، طول بوته‌ها از کف زمین تا نوک سنبله اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان ارتفاع در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد محصول گندم، پس از حذف دو خط اول و آخر هر کرت و نیم متر از دو طرف هر خط کاشت، کلیه گیاهان برداشت و پس از بوجاری، دانه‌های به دست آمده توزین و عملکرد در واحد سطح محاسبه شد. برای تعیین عملکرد زیستی نیز وزن کلیه بوته‌های برداشت شده قبل از بوجاری بذرها، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه به روش کج‌لدال و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر (Kjeltec 1030) ساخت کشور سوئد انجام شد، به این ترتیب که ابتدا درصد نیتروژن کل اندازه‌گیری شد و سپس با حاصل ضرب عدد به دست آمده در عدد ۶/۲۵، درصد پروتئین دانه به دست آمد (Bradford, 1976). تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. جهت نرمال کردن داده‌های درصد نیتروژن، تبدیل زاویه‌ای انجام شد.

جدول ۱- آمار هواشناسی رزن در فصل زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶

Table 1: Metrological data of Razan in crop season 2016-2017

Months	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
Mean temperature (°C)	9.9	0	1.3	-1.6	2.1	8.7	15.7	22.4
Precipitation (mm)	9.1	12.11	61.9	78.5	80.3	66.9	43.9	0
Relatively humidity (%)	39.67	50.01	67.28	75.61	68.85	61.5	51.6	21.8

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 2. Chemical and physical characteristics of soil

OC (%)	EC	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	N (%)	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)
1.6	4.6	7.7	10.1	169	0.15	26	26	48

## نتایج

ساقه‌دهی (۶/۲۶۸۸ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی توأم اسیدسالیسیلیک-سلنیوم در مرحله آبستنی-ساقه‌دهی (۶/۲۶۴۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که به‌ترتیب افزایش ۸۰ و ۷۷ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. کم‌ترین عملکرد دانه نیز مربوط به تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بود. در شرایط عدم مصرف سالیسیلیک و نیز محلول‌پاشی این ماده در مرحله خمیری، مصرف سلنیوم در مرحله سنبله‌دهی اثر بیش‌تری بر افزایش عملکرد دانه داشت و در مصرف اسیدسالیسیلیک در مراحل آبستنی و گلدهی، مصرف سلنیوم در مرحله ساقه‌دهی اثر بهتری را نشان داد.

**ارتفاع بوته:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر اسیدسالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش اسیدسالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال پنج درصد روی ارتفاع بوته معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر اسیدسالیسیلیک و سلنیوم نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته در تیمارهای محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله آبستنی همراه با محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله ساقه‌دهی (۳۳/۸۵ سانتی‌متر) و تیمار محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم به‌ترتیب در مراحل گلدهی-سنبله‌دهی (۴۶/۸۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد که به‌ترتیب افزایش ۴۹ و ۴۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که در تمامی مراحل مصرف اسیدسالیسیلیک، مصرف سلنیوم نسبت به عدم مصرف آن، سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. همچنین مصرف سلنیوم در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی، نتایج بهتری نسبت به مرحله شیری داشت (جدول ۶).

**عملکرد زیستی:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اسیدسالیسیلیک و سلنیوم به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تاثیر معنی‌داری بر عملکرد زیستی گندم داشتند، اما برهمکنش اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بر مقدار این صفت معنی‌داری نشد (جدول ۳). تحت شرایط مصرف اسیدسالیسیلیک در مراحل آبستنی و گلدهی، عملکرد زیستی نسبت به شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد زیستی به‌میزان ۲۱/۸۷۲۰ و ۲۸/۹۲۰۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله آبستنی و گلدهی به‌دست آمد که به‌ترتیب افزایش ۸/۶ و ۱۲/۸ درصدی را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۴). محلول‌پاشی گیاه با سلنیوم نیز منجر به افزایش عملکرد زیستی نسبت به تیمار شاهد شد، به‌نحوی که بیش‌ترین عملکرد زیستی در تیمارهای محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله سنبله‌دهی (۴۵/۸۸۵۴ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله ساقه‌دهی (۸۱/۸۷۴۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که به‌ترتیب افزایش ۴/۹ و ۱/۸ درصدی را نسبت به شاهد نشان دادند، اما محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله شیری با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

**عملکرد دانه:** بر اساس نتایج تجزیه واریانس، آثار اصلی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش اسیدسالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی گیاه با اسیدسالیسیلیک و سلنیوم (جدول ۶) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی توأم گیاه با اسیدسالیسیلیک-سلنیوم در مرحله گلدهی-

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه گندم  
Table 2. Analysis of variance of the effect of salicylic acid and selenium on yield, yield components and grain protein content of wheat

Source of variations	df	Plant height	Tiller number	Spike number	Spike length	Grain number	1000 grain weight	Grain yield	Biological yield	Protein content
Block	2	67.73 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	2815 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	10.33*	11.86 <sup>ns</sup>	1094727.8**	836704 <sup>ns</sup>	9.35**
Salicylic Acid (Sa)	3	218.16**	0.36 <sup>ns</sup>	11937.2**	0.62 <sup>ns</sup>	10.01*	3.48 <sup>ns</sup>	710662.2*	3375807.8**	5.81*
Selenium (Se)	3	665.9**	3.55**	8487.9*	2.98**	12.83**	1.64 <sup>ns</sup>	425155*	1398520.1*	4.28*
Sa*Se	9	108.07*	0.20 <sup>ns</sup>	5008.5*	0.32 <sup>ns</sup>	8.24*	8.84*	100151.3*	186015.4 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>
Error	30	46.10	0.20	2151.4	0.57	2.71	3.98	43753	402972	1.39
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.01	14.57	8.9	10.06	13.46	6.02	9.67	7.44	11.4

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

**طول سنبله:** نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثر اصلی سلنیوم در سطح احتمال یک درصد بر صفت طول سنبله معنی دار بود، اما اثر اسید سالیسیلیک و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر طول سنبله تأثیر معنی دار نشد (جدول ۳). محلول پاشی سلنیوم در مراحل ساقه دهی و سنبله دهی با افزایش طول سنبله نسبت به تیمار شاهد همراه بود، ولی کاربرد سلنیوم در مرحله شیری شدن دانه تأثیر معنی داری نسبت به تیمار شاهد نداشت (جدول ۵).

**تعداد دانه در سنبله:** بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اسید سالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله به تیمارهای محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله آبستنی همراه با محلول پاشی سلنیوم در مراحل سنبله دهی (۱۵/۴۹) و ساقه دهی (۱۵/۲۲) به همراه تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله گلدی و محلول پاشی سلنیوم در مرحله ساقه دهی (۱۵/۰۲) اختصاص داشت. تیمارهای عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم و محلول پاشی سلنیوم در مرحله ساقه دهی و نیز محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم به ترتیب در مراحل سنبله دهی و شیری نیز کمترین مقدار این صفت را داشتند (جدول ۶).

**تعداد پنجه در بوته:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سلنیوم به‌طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد پنجه در بوته تأثیر داشت، اما اثر اسید سالیسیلیک و برهمکنش اسید سالیسیلیک و سلنیوم روی تعداد پنجه در بوته معنی دار نبود (جدول ۳). محلول پاشی سلنیوم در مراحل ساقه دهی و خوشه دهی موجب افزایش تعداد پنجه در بوته نسبت به تیمار شاهد شد، به گونه‌ای که بیشترین تعداد پنجه در بوته با افزایش ۴۱/۶ درصدی نسبت به شاهد از تیمار محلول پاشی سلنیوم در مرحله ساقه دهی به دست آمد (جدول ۵).

**تعداد سنبله:** بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد، سلنیوم و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلنیوم تأثیر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد سنبله داشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تعداد سنبله تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و سلنیوم مشخص شد که بیشترین تعداد سنبله در تیمارهای محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله آبستنی همراه با محلول پاشی سلنیوم در مرحله ساقه دهی، محلول پاشی اسید سالیسیلیک-سلنیوم در مراحل گلدی-عدم محلول پاشی، گلدی-ساقه دهی، گلدی-شیری شدن، خمیری-ساقه دهی و سنبله دهی به دست آمد و به‌طور کلی، تعداد سنبله در گندم‌های تحت تیمارهای محلول پاشی نسبت به شاهد افزایش معنی داری را نشان داد (جدول ۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های زراعی گندم

Table 3. Comparison of means of the effect of salicylic acid on some agronomic traits of wheat

Salicylic acid	No. of tillers per plant	Spike length (cm)	Biological yield (kg/ha)	Protein content (%)
Control (Sa1)	2.93a	7.41a	8161.5b	9.88b
Booting stage (Sa2)	3.1a	7.36a	8720.2a	10.39ab
Flowering stage (Sa3)	3.24a	7.8a	9202.3a	11.3a
Dough developmental stage (Sa4)	2.86a	7.5a	8060.8b	9.87b

Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Duncan test ( $P \leq 0.05$ ).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی سلنیوم بر برخی ویژگی‌های زراعی گندم

Table 4. Comparison of means of the effect of selenium on some agronomic traits of wheat

Selenium	No. of tillers per plant	Spike length (cm)	Biological yield (kg/ha)	Protein content (%)
Control (Se1)	2.62c	7.03b	8095.2b	9.53b
Stem elongation stage (Se2)	3.71a	7.73a	8749.8a	10.9a
Heading stage (Se3)	3.23b	8.04a	8854.5a	10.66a
Milk developmental stage (Se4)	2.57c	7.07b	8445.3ab	10.26ab

Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Duncan test ( $P \leq 0.05$ ).

احتمال پنج درصد بر درصد پروتئین دانه معنی‌داری شد، اما اثر متقابل اسیدسالیسیلیک با سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه نداشت (جدول ۳). با محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله گلدهی، درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. حداکثر درصد پروتئین دانه را تیمارهای محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله گلدهی (۱۱/۳ درصد) و آبستنی (۱۰/۳۹) دارا بودند که به ترتیب افزایش ۱۴ و ۵ درصدی را نسبت به شاهد نشان داشتند. حداقل درصد پروتئین دانه نیز در تیمارهای شاهد (۹/۸۸) و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله خمیری شدن دانه (۹/۸۷) مشاهده شد (جدول ۴). محلول‌پاشی سلنیوم نیز منجر به افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شد، به طوری که بالاترین درصد پروتئین دانه در تیمار محلول‌پاشی سلنیوم در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به ترتیب به میزان ۱۰/۹ و ۱۰/۶۶ درصد مشاهده شد، اگرچه با تیمار محلول‌پاشی در مرحله شیری در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵).

**وزن هزاردانه:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثرات اصلی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن هزار دانه نداشتند (جدول ۳). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین وزن هزاردانه تحت اثر اسیدسالیسیلیک و سلنیوم (جدول ۶) نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه (۳۶/۱۵ گرم) به تیمار محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله ساقه‌دهی با شاهد اسیدسالیسیلیک اختصاص داشت که با تیمار شاهد تفاوت آماری را نشان نداد. کم‌ترین وزن هزار دانه نیز متعلق به تیمارهای مصرف اسیدسالیسیلیک و سلنیوم به ترتیب در مراحل عدم محلول‌پاشی- سنبله‌دهی، گلدهی- ساقه‌دهی، گلدهی- سنبله‌دهی، خمیری شدن- ساقه‌دهی و خمیری شدن- شیری شدن بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تمامی مراحل محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک، محلول‌پاشی سلنیوم تأثیری بر وزن هزار دانه گندم نداشت.

**درصد پروتئین دانه:** نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثرات اصلی اسیدسالیسیلیک و سلنیوم در سطح

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اسیدسالیسیلیک و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های زراعی گندم

Salicylic acid	Selenium	Plant height (cm)	Number of spike	Number of grains per spike	1000 grain weight (g)	Grain yield (kg/ha)
Sa1	Se1	57.28 gh	477.58 cde	9.95d e	33.55 ab	1492.4 h
Sa1	Se2	68.79 de	473.76 def	11.21 cde	36.15 a	2024.6 efg
Sa1	Se3	68.69 de	556.81 ab	12.83 b	30.96 b	2265.6 bc
Sa1	Se4	58.97 gh	436.38 f	12.15 bc	33.26 ab	1880.5 g
Sa2	Se1	65.50 ef	465.49 def	12.41 bc	33.1 ab	1949.4 fg
Sa2	Se2	85.33 a	585.96 a	15.22 a	34.35 ab	2642.6 a
Sa2	Se3	67.58 def	502.88 cd	15.49 a	34.95 ab	2092.1 cdef
Sa2	Se4	72.95 cd	516.45 bc	9.71 e	32.25 ab	2059.8 defg
Sa3	Se1	63.32 efg	575.30 a	12.08 bc	32.55 ab	2406.4 b
Sa3	Se2	78.08 bc	567.78 a	15.02 a	31.54 b	2688.6 a
Sa3	Se3	80.46 ab	545.96 ab	11.86 bcd	31.75 b	2405.9 b
Sa3	Se4	56.74 h	561.86 a	12.31 bc	33.93 ab	2425.4 b
Sa4	Se1	54.98 h	451.91 ef	10.47 dc	33.45 ab	1923.4 fg
Sa4	Se2	68.57 de	557.64 a	10.43 dc	31.51 b	2136.4 cde
Sa4	Se3	76.23 bc	557.35 a	12.91 b	34.99 ab	2245.4 bcd
Sa4	Se4	61.80 fg	501.86 cd	11.71 bcd	31.48 b	2055.1 defg

Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Duncan test ( $P \leq 0.05$ ).

Sa1, salicylic acid control; Sa2, booting stage; Sa3, heading stage; Sa4, milk developmental stage; Se1, selenium control; Se2, stem elongation stage; Se3, heading stage; Se4, milk developmental stage.

شد و به‌طور کلی بیش‌ترین تأثیر مثبت در محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به دست آمد. در منابع متعدد ذکر شده است که سلنیوم با افزایش سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و تثبیت کربن و نیز سنتز و

## بحث

مصرف سلنیوم باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در متر مربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و درصد پروتئین دانه

(Kuznetsov *et al.*, 2004). همچنین در شرایط تنش خشکی، مصرف سلینیوم سبب افزایش پرولین و فعالیت سوپر اکسیددسموتاز در گلرنگ شد و مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش داد (Yousefi Rad and Sharifi, 2019) که در تحقیق حاضر نیز افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان محلول پاشی شده با سلینیوم نسبت به تیمار شاهد، شاید دلیلی بر افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی باشد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مصرف سلینیوم با بهبود اجزای عملکرد مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه در گیاه، موجب افزایش عملکرد دانه شد. در تحقیقی روی دو رقم گندم دیم نیز مشاهده شد که مصرف سلینیوم با افزایش ارتفاع، وزن سنبله، تعداد دانه و وزن هزار دانه سبب افزایش عملکرد زیستی و دانه گندم شد (Daryaei *et al.*, 2015). با توجه به این مطالب، به نظر می‌رسد که محلول پاشی سلینیوم در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی زمان لازم برای تأثیر بر رشد ریشه، افزایش جذب آب و املاح و بهبود فعالیت‌های ترمیمی را در گیاه دارد، ولی در مرحله شیری شدن دانه، این امکان زمانی برای جبران خسارت وارده با توجه به مشخص شدن تعداد و اندازه دانه، فراهم نشد. به این دلیل در تحقیق حاضر، بین محلول پاشی در مرحله شیری شدن دانه و عدم محلول پاشی در هیچ‌یک از صفات مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

بر اساس نتایج این تحقیق، اسیدسالیسیلیک موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و درصد پروتئین دانه شد. همچنین بیش‌ترین تأثیر مثبت در محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله آبستنی و گلدهی مشاهده شد. اسیدسالیسیلیک احتمالاً با افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین و سیتوکنین‌ها، سبب بهبود رشد، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه و عملکرد دانه می‌شود (Shakirova & Bezrukova, 1997) که این نتایج تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. افزایش طول سنبله و ارتفاع گیاه، احتمالاً ناشی از افزایش تقسیم سلولی درون مریستم (Shakirova *et al.*, 2003) و یا افزایش مجدد فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گیاه بر اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک بود که منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی شد (Pakmehr *et al.*, 2011). اسیدسالیسیلیک احتمالاً با افزایش تقسیم و طول شدن سلولی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تولیدات فتوسنتزی رشد گیاه را بهبود بخشیده و منجر به افزایش ارتفاع و عملکرد

هیدرولیز نشاسته و ساکارز موجب افزایش شاخص‌های رویشی گیاه می‌شود (Tailin *et al.*, 2001; Han-Wens *et al.*, 2010). همچنین بر اساس تحقیق هان‌ونز و همکاران (Han-Wens *et al.*, 2010)، سلینیوم موجب بهبود تقسیم سلولی در سلول‌های مریستمی نوک ریشه و متعاقب آن رشد گیاه می‌شود که نتیجه این مکانیسم افزایش رشد گیاه می‌باشد. در این تحقیق نیز افزایش ارتفاع گیاه و سنبله بر اثر مصرف سلینیوم مشاهده شد. همچنین سلینیوم احتمالاً با تشکیل اسیدهای آمینه سلینیوم‌دار، موجب افزایش تولید اتیلن و در نتیجه تغییر ترکیب لیپیدهای غشایی، افزایش نفوذپذیری غشاء و نشت پتاسیم می‌شود که نتیجه آن افزایش آب در فضای بین سلولی و افزایش وزن بافت و گیاه می‌باشد و در نتیجه عملکرد زیستی گیاه را افزایش می‌دهد (Tailin *et al.*, 2001). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً کاربرد سلینیوم در شرایط دیم، از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش جذب آب ریشه‌ها و فراهمی بالاتر رطوبت خاک موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شده است (Naeemi *et al.*, 2012). پژوهشگران نشان داده‌اند که احتمالاً سلینیوم با فراتنظیمی آنزیم‌های دخیل در سنتز و هیدرولیز ساکارز (اینورتاز، ساکارز سنتاز و ساکرز فسفات سنتاز) و آنزیم‌های هیدرولیزکننده نشاسته (آمیلازا) میزان تولید نشاسته و ساکارز را افزایش داده و از این طریق سویسترهای لازم برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه را فراهم می‌کند (Malik *et al.*, 2011) که افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه در این تحقیق نیز بر اثر مصرف سلینیوم مشاهده شد.

سازوکار اثر سلینیوم بر سنتز پروتئین‌ها مشخص نیست و ممکن است حداقل یکی از دلایل آن، افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز باشد. افزایش فعالیت این آنزیم در گندم تحت تأثیر سلینیوم گزارش شده است (Nowak *et al.*, 2004). کاربرد سلینیوم در این تحقیق نیز سبب افزایش درصد پروتئین دانه گندم دیم شد. در تحقیقی دیگر بیان شد که در شرایط مناسب رطوبتی، سلینیوم تأثیری بر گیاه نداشت، ولی در شرایط محدودیت رطوبتی، پتانسیل آب گیاه، هدایت روزنه‌ای و نسبت تعرق گیاه و در مجموع سرعت جریان آب در سیستم آوندی گیاه کاهش یافت (Kostopoulou *et al.*, 2010). البته در برخی منابع، این نظر تأیید نشده و بیان شده که سلینیوم بر نسبت تعرق برخی ارقام گندم بهاره تأثیری بازدارنده ندارد و موجب بهبود شرایط رطوبتی گیاه از طریق افزایش جذب آب با کمک سیستم ریشه‌ای می‌شود

و بذرمال کردن اسیدسالیسیلیک گزارش شد (Sajedi *et al.*, 2012). همچنین افزایش عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی با محلول‌پاشی همزمان سلینیوم و اسیدسالیسیلیک گزارش شد (Yousefi Rad and Sharifi, 2019). در تحقیق دیگری روی گیاه نخود دیم بیان شد که عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه با محلول‌پاشی توام اسیدسالیسیلیک و سلینیوم افزایش یافت (Norouzi *et al.*, 2018).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف توأم سلینیوم و اسیدسالیسیلیک نسبت به عدم مصرف یا مصرف جداگانه آن‌ها، در افزایش عملکرد گندم دیم رقم سرداری موفق‌تر عمل کرد و مصرف دیرهنگام اسیدسالیسیلیک (خمیری شدن دانه) و سلینیوم (شیری شدن دانه) تاثیر کم‌تری در بهبود عملکرد دانه گندم داشت. مصرف اسیدسالیسیلیک در مراحل آبستنی و گلدهی همراه با مصرف سلینیوم در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی، بیش‌ترین تاثیر را در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم داشت. براساس نتایج این تحقیق، مناطقی همانند شهرستان رزن با متوسط بارندگی بیش از ۳۵۰ میلی‌متر (جدول ۱) شرایط مناسبی جهت رشد رویشی و زایشی گندم دیم دارند و مقدار باران جهت رشد رویشی و تولید دانه مناسب می‌باشد (با توجه به عملکرد کاه و دانه در تحقیق حاضر). تنها مشکل بارندگی در این مناطق، پراکنش نامتعادل باران در طول فصل رشد و حتی یک ماه مشخص می‌باشد که با کاربرد موادی چون سلینیوم و اسیدسالیسیلیک می‌توان تاثیر پراکنش نامناسب باران و تنش خشکی را تعدیل و تولید دانه و کاه را افزایش داد.

### تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

### رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

گیاه می‌شود (Bakry *et al.*, 2012). استفاده از اسید سالیسیلیک، احتمالاً از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای و حفظ سلامت آن‌ها، سبب جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی می‌شود و در نتیجه با افزایش فتوسنتز در برگ‌ها (Hayat *et al.*, 2010)، نقش مثبتی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه ایفا می‌کند که در این تحقیق نیز افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم با کاربرد اسیدسالیسیلیک دیده شد. در تحقیقی اسیدسالیسیلیک با بهبود روابط منبع و مخزن و فعالیت‌های فتوسنتزی، ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه کتان را بهبود و زیست توده آن را افزایش داد (Bakry *et al.*, 2012). در شرایط کم‌آبی و دیم، اسیدسالیسیلیک از طریق تأثیر بر بیوسنتز اتیلن، پیری برگ‌ها را به تأخیر انداخته و از این طریق مدت زمان دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و به‌دنبال آن فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن افزایش می‌یابد (Shakirova & Bezrukova, 1997) و در نتیجه موجب بهبود وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌شود. در تحقیقی روی گیاه کلزا، مشاهده شد که محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک در زمان‌های پنجه‌زنی و ساقه رفتن نسبت به شرایط بدون محلول‌پاشی، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه داشت، اما بین این دو مرحله تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد اسیدسالیسیلیک در مرحله خمیری شدن دانه، مدت زمان کافی برای اعمال تاثیرات مثبت بر گیاه و یا گیاه توانایی پاسخگویی به تاثیرات مثبت این ماده را نداشت، به‌طوری‌که در کلیه صفات مورد بررسی، بین محلول‌پاشی در مرحله خمیری و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما محلول‌پاشی در مراحل آبستنی و گلدهی سبب افزایش عملکرد شد (Keshavarz and Modarres Sanavy, 2014). در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق، محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک به‌واسطه افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته به‌همراه ویژگی‌های رویشی، موجب بهبود عملکرد زیستی و عملکرد دانه گندم رقم سرداری در شرایط دیم شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد سلینیوم و اسیدسالیسیلیک به‌طور همزمان نسبت به مصرف جداگانه این مواد تأثیر بیش‌تری بر افزایش ویژگی‌های زراعی گیاه گندم داشت. با محلول‌پاشی سلینیوم و اسیدسالیسیلیک در شرایط دیم و محدودیت رطوبتی، تا حدودی حفظ تعادل آب در گیاه برقرار می‌شود و در نتیجه تعداد واحدهای زایشی در گیاه افزایش می‌یابد (Cheraghi *et al.*, 2014). در تحقیق دیگری افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دیم با محلول‌پاشی سلینیوم



## References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Abdeshah, H., Kazemian, A. and Rafiee, M. 2018.** Agricultural statistics, 2016-17 growing seasons. Vol 1. Crop plants. Ministry of Agriculture-Jahad. Tehran, Iran. 124 p. (in Persian).
- Abdel-Wahed, M. S. A., Amin, A. A. and Rashed, M. 2006.** Physiological effect of some chemical constituents of yellow maize plants. *World Journal of Agricultural Sciences* 2 (2):149-155.
- Ahmad Alias Haji, M., Bukhsh, A., Malik, A. U., Ishaque, M. and Shahwaiz H. S. 2007.** Performance of sunflower in response to exogenously applied salicylic acid under varying irrigation regimes. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 19 (3): 130-134.
- Al-Hakimi, A. M. A. and Hamada, A. M. 2001.** Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. *Biologia Plantarum* 44 (2): 253-261.
- Bakry, B. A., El-Hariri, D. M., Mervat, S. S. and El-Bassiouny, H. M. S. 2012.** Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Applied Sciences Research* 7: 3503-3514.
- Bradford, M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Cheraghi, A. M., Sajedi, N. A. and Gomarian, M. 2014.** The effect of foliar application of salicylic acid and selenium on agronomic, physiological and quality characteristics of chickpea in rainfed condition. *Iranian Journal of Pulses Research* 5 (2): 31-42. (In Persian with English Abstract).
- Daryaei, F., Keramat, B. and Arvin, M. J. 2015.** Study the effects of Se and Cd on some parameters morphological and physiological in cultivars of wheat plant. *Journal of Plant Process and Function* 3 (10): 101-114. (In Persian with English Abstract).
- Dhillon, K. S. 2002.** Selenium enrichment of the soil plant system for a seleniferous region of northwest India. *Journal of Hydrology* 272: 120-130.
- El-Tayeb, M. A. 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
- Falahatzadeh, A., Habibi, D., Paknejad, F., Pazoki, A. R. and Ilikaee M. N. 2011.** The study of effect of selenium on yield and yield component of two varieties of wheat (*Triticum aestivum*) in normal irrigation and drought stress (lack of the water) condition. *Plant and Ecosystem* 7 (26): 116-136. (In Persian with English Abstract).
- Gholami, M., Sajedi N. A. and Gomarian, M. 2013.** Agronomical characteristics responses of durum wheat to super absorbent polymers, zinc and selenium compounds application. *New Finding in Agriculture* 7 (2): 137-147. (In Persian with English Abstract).
- Graham, H. L., Lewis, J., Lormer, M. F. and Holloway, R. E. 2004.** High-selenium wheat: Agronomic biofortification strategies to improve human nutrition. *Food Agriculture and Environment* 2 (1): 171-178.
- Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L. and Wei-Jun, K. 2010.** Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41: 1195-1204.
- Hayat, Q., Hayata, S. H., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010.** Effect of exogenous salicylic acid under changing environment review. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.
- Malik, J. A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A. and Nayyar, H. 2011.** Promotion of growth in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research* 143 (1): 530-539.
- Keshavarz, H. and Modarres Sanavy, S. A. M. 2014.** Effect of salicylic acid on chlorophyll, some growth characteristics and yield of two canola varieties. *Journal of Crop Production* 7 (4): 161-178. (In Persian with English Abstract).
- Kostopoulou, P., Barbayiannis N. and Basile, N. 2010.** Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil* 330: 65-71.
- Kuznetsov, V., Kidin, V. P. and Vladimir, V. 2004.** Protective effect of selenium on wheat plant under drought stress. Abstract of articles Symposium of Plant Biology - Lake Buena.

- Malakouti, M. J. and Nafisi, M. 2004.** Fertilization of dry land and irrigated soil. Tarbiat Modares University publication. Tehran, Iran. 342p. (In Persian).
- Mirzakhani, M. and Sibi, M. 2011.** Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Symposium on Agriculture and Sustainable Development Opportunities and Future Challenges. March 2-3, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran. (In Persian).
- Motamed, A. 2005.** Effect of fertilizers, zinc, manganese and iron on yield and quality of wheat cultivars slightly ahead. **Seed and Plant** 21 (4): 631-634. (In Persian with English Abstract).
- Naemi, M., Akbari, Gh. A., Shirani Rad, A. H., Hassanlou, T. and Akbari, Gh. A. 2012.** Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin under water deficit stress conditions. **Agriculture Crop Management** 14 (1): 67-81. (In Persian with English Abstract).
- Noreen, S. and Ashraf, M. 2008.** Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. **Pakistan Journal of Botany** 40 (4): 1657-1663.
- Norouzi, M., Sajedi, N. A. and Gomarian, M. 2018.** Effects of salicylic acid and selenium at growth stages on yield and yield components of chick pea (*Cicer arietinum* L.) under dry land farming condition. **Environmental Stresses in Crop Sciences** 11 (3): 579-589. (In Persian with English Abstract).
- Nowak, J., Kaklewski, K. and Ligocki, M. 2004.** Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. **Soil Biology and Biochemistry** 36: 1553-1558.
- Pakmehr, A., Rastgoo, M., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, I. 2011.** Effect of salicylic acid priming on some morpho-physiologic characteristics and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit. **Iranian Journal of Field Crops Research** 9 (4): 606-614. (In Persian with English Abstract).
- Pennanen, A., Xue, T. and Hartikainen, H. 2002.** Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. **Journal of Applied Botany** 76: 66-76.
- Raskin, I. 1992.** Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 43: 439-463.
- Sajedi, N. A. 2017.** Evaluation of selenium and salicylic acid effect on physiological and qualitative characteristics of dry-land wheat cultivars. **Iran Agricultural Research** 36 (2): 91-100.
- Sajedi, N. A., Skandari, H. and Tahmasebi, R. 2012.** Effects of selenium and salicylic acid on agronomic characteristics of the dry land wheat cultivars. **Iran Agricultural Research** 3 (7): 53-65. (In Persian with English Abstract).
- Shakirova F. M. and Bezrukova, M. V. 1997.** Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. **Biology Bulletin** 24: 109-112.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. **Plant Science** 164: 317-322.
- Tailin, X., Hartikainen, H. and Piironen, V. 2001.** Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing Lettuce. **Plant and Soil** 237: 55-61.
- Vaisnad, Sh. and Talebi, R. 2015.** Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficit stress. **Environmental and Experimental Biology** 13 (3): 109-115.
- Yousefi Rad, M. and Sharifi, M. 2019.** Effect of salicylic acid and selenium foliar application on physiological and agronomic characteristics of safflower (*Carthamus tictorius* L.) in drought stress conditions. **Crop Physiology Journal** 11 (41): 29-46. (In Persian with English Abstract).
- Zahedi, H., Noor-Mohamadi, Gh., Shirani Rad, A. H., Habibi, D. and Mashhadi Akbar Boojar, M. 2009.** The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. **World Applied Sciences** 7: 255-262.



## **Effect of foliar application of salicylic acid and selenium on yield and yield components of dry land wheat**

**Mojtaba Yousefi Rad<sup>1\*</sup> and Hadi Safa<sup>2</sup>**

Received: February 18, 2021

Accepted: May 10, 2021

### **Abstract**

To investigate the effects of foliar application of salicylic acid and selenium on agronomic characteristics and grain protein content of dry land wheat, Sardari variety, a experiment factorial was conducted in randomized complete block design with three replications. Experimental factors were foliar application of 1 mM salicylic acid at of booting, flowering and dough developmental stages along with control (spraying with water), and foliar application of 18 g/ha selenium at stem elongation, heading (spike emergence) and milk developmental stages along with control (spraying with water). The results showed that both salicylic acid and selenium improved the studied traits, so that foliar application of salicylic acid at flowering stage had the highest biological yield (9202 kg/ha) and grain protein (11.3%), and foliar application of selenium at heading and stem elongation stages had the highest biological yield, spike length, grain protein content and number of tillers. Also, combined application of salicylic acid and selenium compared to their separate application had better results on plant height, yield and yield components of wheat, so that the highest grain yield, number of spikes and number of grains per spike were observed in foliar application of salicylic acid-selenium at flowering-stem elongation and booting-stem elongation stages. Therefore, the results of this study showed that foliar application of salicylic acid at booting and flowering stages along with foliar application of selenium at stem elongation and heading stages were the best treatments in this experiment and it is recommended to improve the yield and yield components of dry land wheat.

**Keywords:** Agronomic characteristics, Grain yield, Growth and development, Protein percentage

---

1. Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran

2. Graduated M. Sc., Dept. of Agronomy, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran

\* Corresponding author: [m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir](mailto:m.yousefirad@iau-saveh.ac.ir)