

بررسی اثرات کاربرد خارجی تیمین بر عملکرد کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم سیروان

میثم نوروزیان^{۱*}، عزت اله اسفندیاری^۲، محمدرضا بی همتا^۳ و اسماعیل کریمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

چکیده

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران انجام شد. عامل اصلی تیمار بذر با تیمین شامل: عدم پیش‌تیمار بذر (شاهد) و پیش‌تیمار بذر با مقدار ۱۲/۵ میکرومولار به مدت ۱۲ ساعت و عامل فرعی محلول‌پاشی برگ تیمین در مراحل مختلف رشدی شامل: عدم محلول‌پاشی (شاهد)، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی، سنبله‌دهی، شیری شدن دانه، پنجه‌زنی همراه با ساقه‌دهی، پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی بود. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در اکثر تیمارهای مورد مطالعه در اثر کاربرد خارجی تیمین در مقایسه با شاهد (عدم پیش-تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین در مراحل رشدی) افزایش معنی‌داری داشت که ناشی از بهبود پارامترهایی مانند تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه نابارور و وزن هزار دانه بود. اما، کاربرد خارجی تیمین (پیش-تیمار بذر و یا محلول‌پاشی تیمین در مراحل رشدی) در اغلب تیمارها منجر به بهبود پارامترهای کیفی نظیر پروتئین دانه، میزان روی، اسید آسکوربیک، عدد زلنی و درجه سختی دانه در مقایسه با شاهد نشد. همچنین، در پارامترهایی مانند میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی، در اکثر تیمارها کاربرد خارجی تیمین (پیش‌تیمار بذر و یا محلول‌پاشی تیمین در مراحل رشدی) در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین در مراحل رشدی) تاثیر منفی داشت. لازم به ذکر است که به دلیل عدم تاثیرپذیری بعد کیفی گندم از کاربرد خارجی تیمین که ناشی از تامین مطلوب نیازهای تغذیه‌ای می‌باشد، در بیان نتیجه نهایی صرفاً بعد کمی عملکرد در نظر گرفته شد. اگرچه برای توصیه اثرگذاری کاربردی خارجی تیمین بر عملکرد دانه، تکرار این آزمایش نیاز است و از طرفی، بین تعدادی از تیمارهای مورد مطالعه از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نبود، اما با در نظر گرفتن مسائل اقتصاد تولید، تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی تیمین در مراحل پنجه‌زنی همراه با ساقه‌دهی به دلیل عملکرد بیشتر، برتر از سایرین بود و می‌توان کاربرد آن را برای رقم سیروان در منطقه کرج و مناطق مشابه از نظر آب و هوایی توصیه نمود.

واژگان کلیدی: بذر گندم، پیش‌تیمار، تیمین، عملکرد، محلول‌پاشی

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

مقدمه

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) از مهمترین گیاهان زراعی بوده که رشد فزاینده جمعیت بر ضرورت افزایش تولید آن افزوده است (Ogbonnaya et al., 2013). عملکرد دانه گندم یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی ژن و با اثر کم کنترل می‌شود و به مقدار زیادی تحت اثر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، بنابراین، هر گونه تغییر در طول مراحل نمو سبب تغییر یک یا چند جزء عملکرد و در نهایت عملکرد شده و دستکاری این مراحل به معنای ایجاد راهی نو برای افزایش عملکرد خواهد بود (Jalal Kamali and Sharifi, 2010). طی چند دهه اخیر تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح از یکسو و مصرف بیش از حد و نامتعادل کودهای شیمیایی از سوی دیگر، پیامدهای زیست‌محیطی منفی و افزایش هزینه‌های تولید را به همراه داشته است و این امر بر ضرورت تجدیدنظر در روش تولید و جستجو برای شیوه‌های جدید و ایمن افزایش تولید محصول تأکید دارد (Wu et al., 2005).

ویتامین‌ها در مقادیر کم برای رشد و نمو عادی بافت‌ها در گیاه ضرورت دارند. وجود این دسته از مواد برای رشد گیاه ثابت شده است و عموماً به‌عنوان کوآنزیم (Antonopoulou et al., 2005) می‌توانند به‌طور ویژه از طریق متابولیسم اولیه و ثانویه سبب رشد گیاه شوند (Amin and Ismail, 2015). کاربرد برگی ویتامین ممکن است نقش مهمی در فرآیندهای متابولیسمی مانند فتوسنتز داشته و در نهایت منجر به افزایش مواد جامد محلول و مواد معدنی گردد (Shalaby and El-Ramady, 2014).

از جمله ویتامین‌هایی که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است ویتامین‌های گروه ب

می‌باشد که علاوه بر افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها، محدودیت‌های متابولیسمی ناشی از سنتز آنها توسط گیاه را رفع نموده و منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی محصول شوند (Fardet et al., 2008). تیامین یا ویتامین ب_۱ به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌ها در مسیرهای متابولیسمی مانند بیوسنتز اسیدهای چرب، گلیکولیز، مسیر پنتوز فسفات، چرخه‌های کربس و کالوین و برخی موارد دیگر نقش اساسی دارد (Abdel-Aziz et al., 2009; Esfandiari and Mahboob, 2014; Fitzpatrick and Chapman, 2020; Goyer, 2010). تیامین در گیاهان در برگ سنتز شده و به سایر اندام‌ها انتقال یافته و بر رشد و نمو گیاه تأثیر گذار است. اثر مثبت تیامین بر بهبود فرآیند فتوسنتز، افزایش میزان رنگیزه‌ها، میزان پروتئین، رشد و نمو و عملکرد در گیاهانی نظیر باقلا (Hamada and Khulaef, 2000)، ریحان (Fallahi et al., 2018) و گشنیز (El-Awadi et al., 2016) گزارش شده است. در بررسی محلول-پاشی ویتامین‌ها در بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی گزارش شد که کاربرد تیامین سبب افزایش رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی می‌شود (Farouk et al., 2012). محلول‌پاشی ویتامین‌های ب_۱ (تیامین)، ب_۶ و ب_{۱۲} در غلظت‌های فیزیولوژیک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه، کلروفیل برگ و عملکرد لوبیای چشم بلبلی شد (El-Ghamriny et al., 2005). کاربرد تیامین یا ویتامین ب_۱ به‌طور قابل توجهی باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفات، کلسیم و پتاسیم در ذرت (Abdel Aziz et al., 2009; Kaya et al., 2015) شد. در سویا نشان داده شد در گیاهان تیمار شده با تیامین و ریبوفلاوین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله پراکسیدازها، پلی فنل اکسیداز و فنیل

این پژوهش سعی شده است تا اثرات کاربرد خارجی تیامین بر عملکرد کمی و کیفی گندم مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات کاربرد تیامین بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از پارامترهای کیفی گندم نان رقم سیروان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج - دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. برای آماده سازی زمین ابتدا زمین مورد نظر با گاوآهن برگردان دار در پائیز شخم زده شد و بقیه عملیات تهیه بستر کشت شامل دیسک، تسطیح و کرت بندی در اوایل اسفند ماه ۱۳۹۳ انجام گرفت. هر واحد آزمایشی از پنج ردیف به طول ۴ متر شکل گرفت. فاصله ردیف های کاشت ۲۰ سانتی متر و بذور با تراکم ۵۰۰ عدد در مترمربع در عمق ۳ تا ۵ سانتی متری در ۹ اسفند ماه ۱۳۹۳ کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام شد و در طول دوره رشد بسته به شرایط جوی و نیاز گیاه عمل آبیاری هر ۷ تا ۱۰ روز یکبار با استفاده از نوارهای تیپ صورت گرفت. با توجه به نتایج آزمون خاک و توصیه متداول کودی، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت و مابقی کود نیتروژنه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی مصرف شد. در جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش آورده شده است. عملیات داشت شامل آبیاری و مبارزه با علف های هرز (وجین دستی) متناسب با نیاز و به طور یکسان در کلیه کرت ها انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده

آلانین آمونیاک در مقایسه با شاهد افزایش یافته است (Hamada and Khulaef, 2000). رشد و عملکرد بهتر گیاه تحت کاربرد تیامین ناشی از انجام بهتر و مطلوب تر فرآیندهای متابولسمی نظیر فتوسنتز و تولید سوسترای اولیه لازم برای بیوسنتز متابولیت هایی مانند لیپیدها و پروتئین ها می باشد (Hamada and Khulaef, 2000). مطالعات قبلی در گوجه فرنگی (Farouk et al., 2012) و گشنیز و شنبلیله (Aminifard et al., 2018) نشان داد که کاربرد تیامین باعث افزایش عناصر معدنی مانند روی و آهن می شود. تاثیر کاربرد خارجی سایر ویتامین های گروه ب بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی مورد مطالعه قرار گرفته است که می توان به اسید فولیک یا ویتامین ب۹ اشاره نمود. همچنین، جوادی و اسفندیاری (Javadi and Esfandiari, 2018) ضمن تائید تاثیر مثبت کاربرد خارجی فولات بر عملکرد دانه، گزارش کردند که این ویتامین سبب افزایش پروتئین، میزان اسید آسکوربیک، غلظت آهن و روی دانه و در نهایت کاهش میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی می گردد.

افزایش روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا به غذا، محدودیت اراضی کشاورزی و منابع آبی به همراه تشدید عامل های محیطی کاهش تولید مانند تغییرات اقلیمی از سال ۱۹۸۳ از جمله عامل های برهم زننده امنیت غذایی بشمار می آیند. باتوجه به اهمیت این موضوع و محدودیت های پیشرو، سبب گردیده است تا محققین به دنبال یافتن راهکارهای مختلف برای مقابله با آن باشند. در این راستا توان سنتز تیامین در ژنوتیپ های گندم می تواند به عنوان یک عامل ژنتیکی اثرگذار بر عملکرد کمی و کیفی گندم عمل نماید. لذا، در

نرمال با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.2) تجزیه و توسط همین نرم افزار و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم اشکال با نرم-افزار اکسل ۲۰۱۹ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده پیش‌تیمار بذور بر صفات تعداد پنجه نابارور، شاخص برداشت، مقادیر آهن، منگنز، اسید آسکوربیک و میزان جذب رطوبت آرد اثر معنی-داری داشت (جدول ۲). همچنین، اثر ساده محلول پاشی تیمین بر صفات تعداد پنجه نابارور، تعداد پنجه بارور، ارتفاع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، مقادیر آهن، روی، اسید فیتیک، نسبت مولی اسید فیتیک به روی و جذب آب آرد معنی‌دار بدست آمد (جدول ۲). اثر متقابل پیش-تیمار بذور با محلول پاشی در صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد پنجه بارور، مقادیر عناصر آهن، روی و منگنز، میزان اسید آسکوربیک، میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی معنی-دار بود (جدول ۲). اثرات ساده و متقابل عامل‌های مورد مطالعه برای پارامترهای میزان پروتئین دانه، عدد زلنی، حجم نان، میزان رطوبت و درجه سختی دانه در اثر کاربرد خارجی تیمین معنی‌دار نشد (جدول ۲). ضریب تغییرات پارامترهای مورد بررسی بین ۰/۳۸ تا ۲۳/۱۶ درصد بدست آمد (جدول ۲).

اثر کاربرد خارجی تیمین بر تغییرات عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی خاصی تبعیت نکرد (جدول ۳). با این وجود کاربرد این ویتامین در تیمارهای عدم پیش‌تیمار بذور به همراه محلول پاشی در مرحله پنجه‌زنی و

گردید. عامل اصلی پیش‌تیمار بذور با تیمین (عدم پیش‌تیمار بذور یا شاهد پیش‌تیمار و پیش‌تیمار بذور با غلظت ۱۲/۵ میکرومولار به مدت ۱۲ ساعت) و عامل فرعی محلول پاشی برگی تیمین با غلظت یاد شده در مراحل مختلف رشدی شامل عدم محلول پاشی (محلول پاشی با آب خالص به-عنوان شاهد محلول پاشی)، محلول پاشی تیمین (سیگما، آمریکا) با غلظت ۱۲/۵ میکرومولار در مراحل پنجه‌زنی، ساقه‌دهی، سنبله‌دهی، شیری شدن دانه، پنجه‌زنی همراه با ساقه‌دهی، پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی) بود. لازم به ذکر است که تیمار عدم پیش‌تیمار بذور و عدم محلول پاشی تیمین به عنوان شاهد آزمایش در نظر گرفته شد. عملیات محلول پاشی با در نظر گرفتن مصرف ۴۰۰ لیتر آب در هکتار برای محلول پاشی به نسبت مساحت مزرعه در ساعات ابتدایی روز تا قبل از ساعت ۱۰ صبح با استفاده از سمپاش پستی انجام گردید. بعد از رسیدن بوته‌ها با رعایت اثر حاشیه‌ای، حدود نیم متر از بالا و پائین کرت‌ها و یک خط کاشت از طرفین، از هر کرت آزمایشی نمونه‌هایی به مساحت یک مترمربع به شکل تصادفی برداشت شد و علاوه بر عملکرد و اجزای آن برخی از پارامترهای کیفی دانه مانند میزان عناصر آهن، روی، منگنز و مس (Maralian et al., 2008)، میزان پروتئین دانه، میزان اسید فیتیک (Haug and Lantzs, 1983)، نسبت مولی اسید فیتیک به روی (Erdal et al., 2002) و میزان اسید آسکوربیک ارزیابی شد.

پیش از آنالیز داده‌ها، تست نرمال بودن آن-ها با استفاده از نرم افزار SPSS و روش Kolmogorov-Smirnov و Shapiro-Wilk مورد ارزیابی قرار گرفت. در مواردی که داده‌ها نرمال نبودند، نرمال‌سازی داده‌ها صورت گرفت. داده‌های

یک گروه قرار گرفت (جدول ۳). به عبارتی دیگر کاربرد خارجی تیمین منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در تیمارهای یاد شده در مقایسه با شاهد شد.

شاخص برداشت در اثر کاربرد خارجی تیمین تنها در تیمار پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در ساقه‌دهی در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) افزایش معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمار پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مراحل ساقه‌دهی مشاهده شد که در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین)، افزایش ۲۶ درصدی داشت (جدول ۳).

بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار عدم پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌دهی مشاهده شد که در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) ارتفاع بوته حدود ۲۰ درصد افزایش داشت (جدول ۳). تعداد پنجه بارور در اثر کاربرد خارجی تیمین به‌غیر از تیمارهای عدم پیش‌تیمار به‌همراه محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌روی و عدم پیش‌تیمار به‌همراه محلول‌پاشی در مرحله شیری شدن، در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) افزایش معنی‌دار یافت (جدول ۳).

طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده، پیش‌تیمار بذور با تیمین سبب کاهش معنی‌دار تعداد پنجه نابارور در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) شد (جدول ۴). بعلاوه، محلول‌پاشی برگ تیمین سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در همه مراحل رشدی مورد مطالعه در مقایسه با شاهد (عدم

عدم پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌روی در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار عدم پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌دهی به‌همراه ساقه‌دهی بدست آمد و در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین)، افزایش ۴۱ درصدی را نشان داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد خارجی تیمین تنها در دو تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله شیری شدن و پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی، در سایر تیمارهای مورد مطالعه منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) شد (جدول ۳). اگرچه بیشترین میزان عملکرد دانه (با افزایش ۴۵/۷۸ درصدی در مقایسه با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) در تیمار عدم پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌دهی با ساقه‌دهی بدست آمد، اما تیمار یاد شده با تیمارهای عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌دهی، عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی، عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌دهی همراه با ساقه‌روی، عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌دهی همراه با سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله شیری شدن و پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌دهی همراه با ساقه‌روی اختلاف معنی‌داری نداشته و در

سنبله اصلی از نظر تعداد دانه در سنبله نزدیک باشد (Abdoli et al., 2014). در این پژوهش کاربرد خارجی تیمین بطور کلی منجر به کاهش تعداد پنجه نابارور و افزایش پنجه بارور شد (جدول ۳ و ۴). کاهش تعداد پنجه نابارور زمانی اتفاق می‌افتد که فتوآسیميلات کافی برای رشد و نمو سنبله پنجه‌ها تامین شود. به عبارتی بوته گندم قادر باشد مواد فتوسنتزی لازم برای به ثمر رساندن پنجه‌ها را سنتز نموده و در نهایت با پرکردن دانه‌ها در تولید موثر باشد (Abdoli et al., 2014). افزایش تعداد پنجه‌های بارور و کاهش نابارورها با کاربرد خارجی اسید فولیک در گندم گزارش شده است (Javadi and Esfandiari, 2018). تعداد پنجه و تعداد خوشه در کپه در برنج با کاربرد خارجی تیمین و نیاسین در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Vendruscolo et al., 2019). کاربرد خارجی ویتامین بر تولید و تسهیم مواد فتوسنتزی اثر مثبت داشته و باعث بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی، متابولیکی، تغذیه‌ای و تولیدی گیاهان می‌شود (El-Bassiouny et al., 2014; Taiz et al., 2017).

وزن هزاردانه از عوامل اثرگذار بر عملکرد دانه است. این پارامتر به‌نوعی بیانگر میزان آرد قابل استحصال می‌باشد. افزایش وزن هزار دانه می‌تواند در اثر کاهش تعداد دانه سنبله و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتز به آنها یا در اثر افزایش توان فتوسنتزی بوته و تامین کافی مواد فتوسنتزی رخ دهد. در این مطالعه محلول‌پاشی تیمین در مراحل مختلف رشدی سبب افزایش وزن هزار دانه شد (جدول ۴). افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد ویتامین‌های ب۹ (اسید فولیک)، ب۱ (تیمین) و ب۲ (ریبوفلاوین) در گیاهانی مانند آفتابگردان، نخود، جو، گندم،

پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) شد (جدول ۴). بیشترین میزان وزن هزار دانه در محلول‌پاشی تیمین در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌دهی بدست آمد که سبب افزایش بیش از ۲۰ درصدی این پارامتر در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) شد (جدول ۴).

کاربرد برگی تیمین به‌غیر از مراحل رشدی ساقه‌دهی و سنبله‌دهی منجر به افت معنی‌دار تعداد پنجه نابارور در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) شد (جدول ۴). اما، کاربرد برگی تیمین در مراحل مختلف رشدی گندم تنها در تیمار پنجه‌دهی به‌همراه سنبله‌دهی توانست میزان جذب آرد را در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) افزایش معنی‌داری بدهد (جدول ۴).

ارتفاع گندم تابع تعداد گره روی ساقه و طول میان‌گره است. افزایش ارتفاع به شرط عدم ایجاد ورس، از طریق بهبود توان مصرف نور، بر عملکرد اثر مثبت دارد. زیرا ساقه قادر است مواد فتوسنتزی را در خود تجمع داده و در زمان پر کردن دانه، مواد فتوسنتزی انباشته شده را به دانه منتقل و در افزایش وزن و پرکردن آن سهیم باشد. افزایش ارتفاع گندم در اثر کاربرد اسید فولیک، اسید آسکوربیک و کوپالامین گزارش شده است (Emam et al., 2011; El-Bassiouny et al., 2014; Javadi et al., 2018; Amjad et al., 2021). محلول‌پاشی تیمین سبب افزایش ارتفاع بوته در گلابول و همیشه بهار شد (Abdel-Aziz et al., 2007; Soltani et al., 2014).

پنجه‌دهی از ویژگی‌های بارز گندم است و زمانی در بهبود عملکرد می‌تواند موثر باشد که تعداد قابل توجهی از پنجه‌ها سنبله داده و به

دکربوکسیلاسیون، دکربوکسیلاسیون - اکسیداتیو و ترانسستولاسیون ایفای نقش می‌کند (Esfandiari and Mahboob, 2014). این واکنش‌ها در مسیرهای بیوسنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها به‌همراه تولید انرژی اتفاق می‌افتد و کاربرد خارجی تیامین می‌تواند محدودیت‌های سنتزی آن را رفع نموده و رشد و نمو و در نهایت عملکرد بیولوژیک گیاه را بهبود بخشد (Kawasaki and Egi, 1992; Naguib and Khalil, 2002).

عملکرد دانه پارامتری است که ابتدای فرآیند جوانه‌زنی تا زمان رسیدگی از ویژگی‌های ژنتیکی و محیطی متأثر می‌شود. برای رسیدن به عملکرد مطلوب لازم است که در مرحله جوانه‌زنی ضمن کاهش اثرات منفی عوامل محیطی، محدودیت‌های متابولیسمی که نوعی محدودیت ژنتیکی است به حداقل رسانده شود. بدین شکل سهم تنفس رشدی افزایش یافته و گیاهچه‌های قوی‌تر بوجود می‌آیند که قادرند در مراحل اولیه رشد و بعد از تشکیل طرح اولیه سنبله، با افزایش توان تولید فتوآسیمیلات‌ها مواد فتوسنتزی بیشتری را به این بخش اختصاص دهند (Sadeghi-Razligi *et al.*, 2013). برآیند این عوامل منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد که در این مطالعه نیز کاربرد خارجی تیامین توانست افزایش عملکرد دانه را سبب شود (جدول ۳). افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد خارجی ویتامین‌ها در نخود، جو، گندم و کتان گزارش شده است (Stakhova *et al.*, 2000; Sahu *et al.*, 2008; Emam *et al.*, 2011; Mohammad, 2013; Javadi and Esfandiari, 2018). این محققین افزایش عملکرد دانه را متأثر از تغییرات اجزای عملکرد مانند وزن هزار دانه، تعداد پنجه-

رازیانه، سورگوم و کتان گزارش شده است (Stakhova *et al.*, 2000; El-Shahawy *et al.*, 2008; Emam *et al.*, 2011; AL-Baldawi and Hendawy and Ezz El-Din, Hamza, 2017; Javadi and Esfandiari, 2018). بهبود بیوسنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها از دلایل افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد تیامین عنوان شده است که متأثر از نقش تیامین در انجام واکنش‌های شیمیایی مانند ترانسستولاسیون (در مرحله برگشت چرخه کربس و مسیر پنتوز فسفات) و دکربوکسیلاسیون دانسته‌اند (Hendawy and Ezz El-Din, 2010).

عملکرد بیولوژیک میزان ماده خشک تولید شده را شامل می‌شود. پارامترهایی مانند ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و برخی دیگر بر عملکرد بیولوژیک گندم اثرگذار هستند. در این مطالعه ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها و وزن هزار دانه افزایش یافت که به تبع آن عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌ تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیامین) افزایش نشان داد (جدول ۳ و ۴). افزایش عملکرد بیولوژیک در پی کاربرد خارجی اسید آسکوربیک و ویتامین‌های گروه ب گزارش شده است (Anton *et al.*, 1999; El-Shahawy *et al.*, 2008; Emam *et al.*, 2011; Mohammad, 2013; Javadi and Esfandiari, 2018). افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه در رازیانه (Hendawy and Ezz El-Din, 2010)، گل جعفری (Hosseini *et al.*, 2015)، همیشه بهار (Soltani *et al.*, 2014)، کوکب (Mahgoub *et al.*, 2011)، ذرت شیرین (Vendruscolo and Seleguini, 2020) و سیاهدانه (Naguib and Khalil, 2002) گزارش شده است. تیامین به فرم کوآنزیمی خود در واکنش‌هایی مانند

تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین افزایش معنی‌داری داشت. اما بین سایر تیمارهای مورد بررسی با شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

ر اثر کاربرد خارجی تیمین بیشترین میزان منگنز دانه در تیمار پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی و سنبله‌دهی بدست آمد که در مقایسه با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین افزایش ۱۳ درصدی را نشان داد (جدول ۵). لازم به ذکر است که تیمار یاد شده از نظر آماری با تیمارهای عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با ساقه‌دهی، عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی و پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول ۵).

اثر کاربرد خارجی تیمین بر میزان اسید آسکوربیک دانه از روند خاصی تبعیت نکرد و تنها در برخی از تیمارهای مورد مطالعه در مقایسه با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین افزایش معنی‌دار نشان داد. اگرچه به لحاظ کمی بیشترین میزان اسید آسکوربیک موجود در دانه در تیمار پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مرحله شیری شدن دانه بدست آمد، اما، به لحاظ آماری با تیمارهای عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر به‌همراه عدم محلول‌پاشی، پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مرحله سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر به‌همراه محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی با ساقه-

های بارور، تعداد دانه در سنبله و برخی دیگر دانسته‌اند. برخی از محققین معتقدند که رشد و عملکرد بهتر گیاه با کاربرد برگی تیمین ناشی از اثرگذاری آن بر فتوسنتز، افزایش ترکیبات دارای گروه تیول (SH-) مانند متیونین و سیستئین و واکنش‌های تامین پتانسیل هیدروژن و انرژی است (Sahu et al., 2008). از طرفی دیگر برخی از پژوهشگران تاثیر مثبت تیمین بر متابولیسم اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک و نیتروژن را گزارش کردند (Martinis et al., 2016).

میزان روی دانه در اثر کاربرد خارجی تیمین در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) افزایش معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). به عبارتی به‌غیر از تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی، ۱۳ تیمار دیگر از نظر میزان روی انباشته شده در دانه در یک گروه جای گرفتند (جدول ۵). در اثر کاربرد خارجی تیمین بیشترین و کمترین میزان آهن دانه به‌ترتیب در تیمارهای پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی (افزایش ۴ برابری در مقایسه با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) و عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی (عدم وجود اختلاف معنی‌دار با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیمین) بدست آمد (جدول ۵). لازم به‌ذکر است که میزان آهن دانه در اثر کاربرد خارجی تیمین در تیمارهای عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با ساقه‌دهی، عدم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با سنبله‌دهی، پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی در مقایسه با تیمار عدم پیش-

در بیوسنتز پروتئین علاوه بر ویتامین‌ها نظیر تیامین، عواملی دیگری مانند عناصر به‌ویژه روی نقش ایفا می‌کنند. بطوریکه مطالعات چاکماک و همکاران (Cakmak et al., 1989) نشان داد که در صورت کمبود روی تجمع اسیدهای آمینه اتفاق می‌افتد و عمل پلیمر شدن آنها و بیوسنتز پروتئین با اختلال مواجه می‌شود. افزایش میزان پروتئین دانه در اثر کاربرد روی در خاک‌هایی که با کمبود روی مواجه بودند گزارش شده است (Pourgholam et al., 2013).

در راستای ارتقای کیفی گندم محققین سعی در افزایش اسید آسکوربیک و کاهش اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی دارند (Yang et al., 2011; Bharti et al., 2013; Abdoli et al., 2014). افزایش میزان اسید آسکوربیک و کاهش اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در اثر کاربرد خارجی اسید فولیک در گندم توسط جوادی و اسفندیاری (Javadi and Esfandiari, 2018) گزارش شده است. این محققین دلیل اثر مثبت اسید فولیک بر پارامترهای یاد شده و بهبود کیفیت گندم را ناشی از افزایش توان جذب روی در خاک آهکی و با مقدار روی قابل جذب پائین (کمتر از یک میلی-گرم بر کیلوگرم خاک) عنوان نموده‌اند. افزایش میزان متیونین با کاربرد خارجی اسید فولیک و روی در گندم گزارش شده است (Javadi and Esfandiari, 2018; Abdoli et al., 2014). متیونین سوبسترای اولیه برای بیوسنتز فیتوسیدروفورها بوده و این ترکیبات توانایی رهاسازی و جذب عناصر کم‌مصرف را در خاک‌های آهکی داشته و به رفع نیازهای گیاه کمک می‌کند (Cakmak et al., 1989). همچنین، تاثیر مثبت روی بر افزایش میزان اسید آسکوربیک در گندم

دهی تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه جای گرفتند (جدول ۵).

میزان اسید فیتیک دانه و نسبت مولی اسید فیتیک به روی به استثنای تیمار پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیامین در اثر کاربرد خارجی ماده یاد شده در مقایسه با تیمار عدم پیش‌تیمار بذر و عدم محلول‌پاشی تیامین افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵).

میزان پروتئین، اسید آسکوربیک، اسید فیتیک، نسبت مولی اسید فیتیک به روی و میزان عناصر آهن، روی و منگنز از جمله عامل‌های تعیین کننده کیفیت دانه گندم به‌شمار می‌آیند. براین اساس محققین تلاش می‌کنند با بهبود پارامترهای یاد شده کیفیت گندم تولید شده را افزایش دهند. در این راستا ویتامین‌ها و عناصر کم‌مصرف مورد توجه قرار گرفته‌اند و افزایش کیفی گندم نیز با کاربرد خارجی اسید فولیک (Javadi and Esfandiari, 2018) و روی (Esfandiari and Abdoli, 2017) گزارش شده است.

باتوجه به اهمیت بهبود کیفیت گندم و نقش تیامین در فرآیندهای فیزیولوژیک مانند مرحله برگشت چرخه کالوین، مسیر پنتوز فسفات، واکنش‌های دکربوکسیلاسیون و تشکیل اسیدهای α -ستونی به‌عنوان سوبسترای اولیه برای تولید اسیدهای آمینه در چرخه کربس، انتظار می‌رفت که کاربرد خارجی تیامین با افزایش میزان اسیدهای α -ستونی منجر به افزایش پروتئین دانه شود. بطوریکه افزایش میزان پروتئین دانه و اسیدهای آمینه ضروری در دانه گندم با کاربرد خارجی اسید فولیک در گندم، جو و نخود گزارش شده است (Stakhova et al., 2000; Javadi and Esfandiari, 2018).

نتیجه‌گیری کلی

در تولید محصولاتی مانند گندم همواره باید بعد کمی و کیفی آن مد نظر قرار گیرد. در این مطالعه در اکثر تیمارهای مورد بررسی پارامترهای کیفی تغییر معنی‌داری نداشت که بیانگر عدم تاثیرپذیری بعد کمی گندم رقم سیروان از کاربرد خارجی تیمین می‌باشد. این نتیجه متاثر از دسترسی کافی به عناصر پر مصرف و کم مصرف است. لذا، برای جمع‌بندی نتایج این پژوهش تنها بعد کمی عملکرد لحاظ گردید. اگرچه برای توصیه اثرگذاری کاربردی خارجی تیمین بر عملکرد دانه لازم است این آزمایش در سال‌ها و مکان‌های متفاوت تکرار شود اما، با در نظر گرفتن مسائل اقتصاد تولید، تیمار عدم پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی در مراحل پنجه‌زنی همراه با ساقه-دهی به دلیل عملکرد بیشتر، برتر از سایرین بوده و می‌توان برای منطقه کرج و مناطق مشابه آب و هوایی با شرایط خاکی یکسان برای رقم سیروان توصیه نمود.

(Chen et al., 2011; Bharti et al., 2013)، کاهش میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در گندم گزارش شده است (Chen et al., 2011; Bharti et al., 2013). در این پژوهش میزان قابل جذب عناصر کم‌مصرف بیش از آستانه نیاز گندم بود و به راحتی این عناصر در اختیار گیاه قرار گرفتند. لذا، مسیرهای متابولیسمی که عناصر کم‌مصرف مانند بیوسنتز پروتئین‌ها و اسید آسکوربیک نقش کوفاکتوری ایفای می‌کنند بخوبی فعال شده و بیوسنتز آنها انجام می‌شود. برآیند این عوامل سبب عدم اثرگذاری کاربرد خارجی تیمین بر پارامترهای یاد شده در تیمارهای مورد مطالعه نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار بذور و عدم محلول‌پاشی تیمین شد (جدول ۵). البته تاثیر کاربرد خارجی تیمین در افزایش میزان عناصر کم‌مصرف در گیاهان *Gladiolus grandiflorus* (Sajjad et al., 2015; Hashish et al., 2015) و *Ocimum recutita* (Ranjbar et al., 2014) و *basilicum* (Fallahi et al., 2018) گزارش شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil analysis of the test site

عمق Depth	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی Organic matter	اسیدیته Acidity	نیتروژن کل Total N	پتاسیم K	فسفر P	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت خاک Soil texture
(cm)	(ds/m)	(%)	(%)	(%)	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	(%)	(%)	(%)	
0-30	0.38	0.47	6.81	0.11	360	13.06	2.32	2.31	38.1	3.49	47.6	35.2	17.2	Loam

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و کاربرد برگی تیمین بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد گندم رقم سیروان

Table 2- Analysis of variance of yield components of wheat cv. Sirvan

وزن هزاردانه Weight of 1000 seeds	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Grain Yield	ارتفاع بوته Plant Height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
6.95*	13**	6848381.06 ^{ns}	272943.42 ^{ns}	65.25 ^{ns}	2	تکرار Rep.
2.38 ^{ns}	44.09**	25277891.03 ^{ns}	8523.78 ^{ns}	54.86 ^{ns}	1	پیش تیمار Priming
0.66	0.46	10102350.27	841679.04	48.97	2	خطای کرت‌های اصلی Error of main plots
43.49*	15.79*	7184685.46 ^{ns}	1042239.23*	87.15**	6	محلول پاشی برگی Spraying
9.94 ^{ns}	14.97*	15203891.01**	1484589.12**	40.45*	6	پیش تیمار × محلول پاشی Priming*Spraying
11.56	5.88	2838807.33	245904.23	15.05	24	خطای کرت‌های فرعی Error of sub plots
6.9	8.6	7.85	8.23	4.78		ضریب تغییرات (%) C.V.

^{ns}, * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

ادامه جدول ۲
Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد پنجه بارور Number of fertile Tillers	تعداد پنجه نابارور Number of Infertile Tillers	پروتئین Protein	عدد زلنی Zeleni Number	حجم نان Volume of Bread	میزان رطوبت Moisture Content
تکرار Rep.	2	0.38*	0.11 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.88 ^{ns}	838.7 ^{ns}	0.42 ^{ns}
پیش تیمار Priming	1	0.22 ^{ns}	1.66*	0.01 ^{ns}	0.86 ^{ns}	4.02 ^{ns}	0.09 ^{ns}
خطای کرت‌های اصلی Error of main plots	2	0.05	0.08	0.03	0.64	197.1	0.13
محلول پاشی برگ Spraying	6	0.76**	0.51**	0.03 ^{ns}	4.76 ^{ns}	180.6 ^{ns}	0.04 ^{ns}
پیش تیمار × محلول پاشی Priming*Spraying	6	0.68*	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.86 ^{ns}	571.8 ^{ns}	0.01 ^{ns}
خطای کرت‌های فرعی Error of sub plots	24	0.17	0.05	0.02	2.01	630.1	0.03
ضریب تغییرات C.V. (%)		12.2	23.16	1.07	5.05	5.5	2.19

^{ns}, * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

ادامه جدول ۲
Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درجه سختی دانه Degree of Green Hardness	جذب رطوبت آب Moisture Absorption	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn
تکرار Rep.	2	1.88 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.001 ^{ns}
پیش تیمار Priming	1	0.21 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.01*	0.01**
خطای کرت‌های اصلی Error of main plots	2	0.21	0.38	0.07	0.07	0.001
محلول پاشی برگ Spraying	6	0.98 ^{ns}	0.31**	0.03 ^{ns}	0.77**	0.01**
پیش تیمار × محلول پاشی Priming*Spraying	6	2.38 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.04*	0.48**	0.01**
خطای کرت‌های فرعی Error of sub plots	24	1.16	0.06	0.02	0.04	0.001
ضریب تغییرات C.V. (%)		2.19	0.38	8.22	20.68	4.5

^{ns}, * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

ادامه جدول ۲
Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	اسید آسکوربیک Ascorbic Acid	اسید فیتیک Phytic Acid	نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn
تکرار Rep.	2	0.001 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.01 ^{ns}
پیش تیمار Priming	1	0.084*	3.39 ^{ns}	0.03 ^{ns}
خطای کرت‌های اصلی Error of main plots	2	0.006	1.46	0.01
محلول پاشی برگی Spraying	6	0.002 ^{ns}	7.41**	14.14**
پیش تیمار × محلول پاشی Priming*Spraying	6	0.019**	1.9**	2.84**
خطای کرت‌های فرعی Error of sub plots	24	0.003	0.5	0.006
ضرب تغییرات (C.V. %)		14.7	20.5	20.7

^{ns}, * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, * and **: non- significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد خارجی تیامین بر برخی از پارامترهای زراعی مورد مطالعه

Table 3- The effect of priming and foliar application of thiamine on some agronomical characteristics

		ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه بارور Fertile tillers	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
عدم پیش تیمار No priming	شاهد Control	75.1 ^d	3 ^{cd}	18444 ^d	484.67 ^e	26.32 ^{b-e}
	پنجه‌زنی Tillering	81.4 ^{a-d}	4 ^{ab}	23166 ^{abc}	6414.17 ^{ab}	27.71 ^{b-e}
	ساقه‌دهی Stemming	86.8 ^{ab}	3 ^{cd}	22611 ^{abc}	6338.33 ^{abc}	28.06 ^{b-e}
	سنبله‌دهی Spiking	82.6 ^{a-d}	3.4 ^{abc}	20833 ^{bcd}	5827.78 ^{bcd}	28.1 ^{b-e}
	شیری شدن Milking	75.1 ^d	2.3 ^d	21000 ^{bcd}	5309.45 ^{cbe}	25.43 ^{cde}
	پنجه‌زنی+ساقه‌روی Tillering+Stemming	89.8 ^a	3.7 ^{abc}	23666 ^{ab}	7066.67 ^a	29.78 ^{abc}
	پنجه‌زنی+سنبله‌دهی Tillering+Spiking	84.4 ^{abc}	4.1 ^a	25944 ^a	6460.56 ^{ab}	24.86 ^{de}
پیش تیمار Priming	شاهد Control	72.1 ^{cd}	3.5 ^{abc}	21722 ^{bcd}	6152.78 ^{abc}	28.35 ^{b-e}
	پنجه‌زنی Tillering	78.2 ^{bcd}	3.4 ^{abc}	20333 ^{bcd}	4956.67 ^{de}	24.36 ^e
	ساقه‌دهی Stemming	84.2 ^{abc}	3.4 ^{abc}	18444 ^d	6132.22 ^{abc}	33.29 ^a
	سنبله‌دهی Spiking	85.2 ^{abc}	4 ^{ab}	21666 ^{bcd}	6569.17 ^{ab}	30.76 ^{ab}
	شیری شدن Milking	77 ^{cd}	3.3 ^{abc}	20777 ^{bcd}	6073.33 ^{abc}	29.37 ^{a-d}
	پنجه‌زنی+ساقه‌روی Tillering+Stemming	77.8 ^{cd}	3.8 ^{abc}	22111 ^{bcd}	6317.22 ^{abc}	28.8 ^{a-e}
	پنجه‌زنی+سنبله‌دهی Tillering+Spiking	79.7 ^{bcd}	3.2 ^{bc}	19750 ^{cd}	5857.78 ^{bcd}	29.65 ^{abc}

میانگین‌هایی با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ طبق آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۴- اثرات ساده عامل‌های مورد مطالعه بر وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور و جذب رطوبت آرد گندم
Table 4- The effect of priming and foliar application of thiamine on some growth and yield characteristics of wheat

	تیمارهای مورد مطالعه Studied treatments	وزن هزار دانه Weight of 1000 grains	تعداد پنجه نابارور Number of infertile tillers	جذب رطوبت آرد Moisture absorption (%)
پیش تیمار Seed priming	عدم پیش تیمار No priming	----	1.2±0.08 ^a	----
	پیش تیمار Priming	----	0.8±0.07 ^b	----
محل پاشی تیامین در مراحل مختلف رشدی Foliar application of thiamine at different growth stages	شاهد Control	43.83±0.87 ^b	1.47±0.11 ^a	65.05±0.13 ^a
	پنجه زنی Tillering	50±0.89 ^a	0.66±0.09 ^c	65.13±0.07 ^a
	ساقه دهی Stemming	49.5±1.06 ^a	1.2±0.19 ^{ab}	65.05±0.08 ^a
	سنبله دهی Spiking	49.5±1.88 ^a	1.14±0.15 ^{ab}	65.3±0.08 ^a
	شیری شدن Milky	49±1.37 ^a	1±0.1 ^{bc}	65.23±0.16 ^a
	پنجه زنی + ساقه دهی Tillering + Stemming	52.83±1.14 ^a	0.68±0.09 ^c	65.17±0.17 ^a
	پنجه زنی + سنبله دهی Tillering + Spiking	50±1.57 ^a	0.87±0.13 ^{bc}	64.6±0.14 ^b

میانگین‌هایی با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ طبق آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.
 Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on Duncan test.

جدول ۵- تاثیر کاربرد خارجی تیامین بر میزان روی، آهن، منگنز، اسید آسکوربیک، اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی
Table 5- The effect of exogenic application of thiamine on Zn, Fe, ascorbic acid, phytic acid and Zn/Ph. Ratio on wheat grains

		روی Zn (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	اسید آسکوربیک Ascorbic Acid (mM/g)	اسید فیتیک Phytic acid (g/100 g)	نسبت مولی اسید فیتیک به روی Ph/Zn
عدم پیش تیمار No priming	شاهد Control	1.46 ^{ab}	0.53 ^{ef}	0.89 ^{cd}	0.394 ^{cd}	1.302 ^h	0.0878 ^f
	پنجه زنی Tillering	1.31 ^b	0.36 ^f	0.83 ^{de}	0.424 ^{b-d}	2.359 ^{fg}	0.1768 ^{bc}
	ساقه دهی Stemming	1.5 ^{ab}	0.55 ^{ef}	0.92 ^{bc}	0.515 ^{a-c}	2.069 ^g	0.1344 ^{de}
	سنبله دهی Spiking	1.5 ^{ab}	0.56 ^{ef}	0.88 ^{c-e}	0.454 ^{b-d}	2.958 ^{c-e}	0.1982 ^b
	شیری شدن Milking	1.6 ^a	0.56 ^{ef}	0.91 ^{cd}	0.364 ^d	2.655 ^{ef}	0.1637 ^{b-e}
	پنجه زنی+ساقه روی Tillering+Stemming	1.7 ^a	1.45 ^b	0.99 ^{ab}	0.364 ^d	2.881 ^{de}	0.1674 ^{b-d}
	پنجه زنی+سنبله دهی Tillering+Spiking	1.67 ^a	1.24 ^{bc}	0.95 ^{a-c}	0.473 ^{b-d}	3.425 ^{bc}	0.2017 ^b
	شاهد Control	1.66 ^a	1.01 ^{cd}	0.94 ^{a-c}	0.54 ^{ab}	0.554 ^f	0.0328 ^g
پیش تیمار Priming	پنجه زنی Tillering	1.48 ^{ab}	0.81 ^{de}	0.99 ^{ab}	0.485 ^{b-d}	3.639 ^b	0.2434 ^a
	ساقه دهی Stemming	1.65 ^a	1.38 ^b	0.94 ^{a-c}	0.424 ^{b-d}	1.254 ^h	0.0752 ^f
	سنبله دهی Spiking	1.69 ^a	0.75 ^{de}	0.92 ^{bc}	0.533 ^{ab}	3.225 ^{b-d}	0.189 ^{bc}
	شیری شدن Milking	1.55 ^{ab}	0.84 ^{de}	0.81 ^e	0.624 ^a	1.985 ^g	0.126 ^e
	پنجه زنی+ساقه روی Tillering+Stemming	1.48 ^{ab}	0.6 ^{ef}	0.92 ^{bc}	0.515 ^{a-c}	2.24 ^{fg}	0.1517 ^{c-e}
	پنجه زنی+سنبله دهی Tillering+Spiking	1.56 ^{ab}	2.02 ^a	1.01 ^a	0.485 ^{b-d}	4.189 ^a	0.2645 ^a

میانگین‌هایی با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ طبق آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.
 Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on Duncan test.

References

منابع مورد استفاده

- Abdel-Aziz, N.G., F.E.M. El-Quesni, and M.M. Farahat. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Syngonium podophyllum* L. to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin at Nubaria. *World Journal of Agricultural Sciences*. 3(3): 301–305.
- Abdel-Aziz, G., S. Lobna, and M.M. Soad. 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of *Gladiolus* plants at Nubaria. *Ozean Journal of Applied Science*. 2(2): 169-179.
- Abdoli, M., E. Esfandiari., S.B. Mousavi, and B. Sadeghzadeh. 2014. Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). *Azarian Journal of Agriculture*. 1(1): 11-17.
- AL-Baldawi, M.H.K. and J.H. Hamza. 2017. Seed priming effect on field emergence and grain yield in sorghum. *Journal of Central European Agriculture*. 18(2): 404-423.
- Amin, M.A. and M.A. Ismail. 2015. Effect of indole butyric, arginine, cyanocobalamine (B12), ascorbic acid and their interactions on growth, yield and some metabolic constituents of sunflower plants. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2(12): 154–162.
- Aminifard, M.H., A. Jorkesh, H.R. Fallahi, and K. Alipoor. 2018. Foliar application of thiamine stimulates the growth, yield and biochemical compounds production of Coriander and Fenugreek. *Journal of Horticultural Research*. 26(1): 77-85.
- Amjad, S.F., N. Mansoor, S. Yaseen, A. Kamal, B. Butt, H. Matloob, S.A.M. Alamri, S.A. Alrumman, E.M. Eid, and M. Shahbaz. 2021. Combined use of endophytic bacteria and pre-sowing treatment of thiamine mitigates the adverse effects of drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Sustainability*. 13(1): 6582.
- Anton, N., A. El-Nour, and A. El-Set. 1999. Response of barley to ascorbic, citric acids and micronutrients mixture under sandy soil conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 26(2): 1553-1563.
- Antonopoulou, C.K., I. Dimassi, CH. Therios, V. Chatzissav, and V. Tsirakoglou. 2005. Inhibitory effects of riboflavin (vitamin B2) on the in vitro rooting and nutrient concentration of explants of peach rootstock GF 667 (*Prunus amygdalus* × *P. Persica*). *Scientia Horticulturae*. 106(3): 268-272.
- Bharti, K., N. Pandey, D. Shankhdhar, P.C. Srivastava, and S.C. Shankhdhar. 2013. Improving nutritional quality of wheat through soil and foliar zinc application. *Plant, Soil and Environment*. 59(8): 348-352.
- Cakmak, I., H. Marchner, and F. Bangerth. 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*. 40(3): 405–412.
- Chen, L., H. Yin, J. Xu, and X. Liu. 2011. Enhanced antioxidative responses of a salt-resistant wheat cultivar facilitate its adaptation to salt stress. *African Journal of Biotechnology*. 10(2): 16887-16896.

- El-Awadi, M.E., Y.R. Abd Elbaky, M.G. Dawood, M.A. Shalaby, and B.A. Bakry. 2016. Enhancement quality and quantity of lupine plant via foliar application of some vitamins under sandy soil conditions. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 7(4): 1012-1024.
- El-Bassiouny, H.S.M., B.A. Bakry, A.A.E.M. Attia, and M.M. Abd Allah. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. *Agricultural Science*. 5(4): 687-700.
- El-Ghamriny, E.A., H.M. Arisha, and A.E. Kamel. 2005. Effect of foliar spray with B-vitamins (B1, B6 and B12) on growth and seed yield of cowpea plants. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 32(6): 1767-1783.
- El-Shahawy, A., K.G. El-Rokiek, L.K. Balbaa, and S.M. Abbas. 2008. Micronutrients, B-vitamins and yeast in relation to increasing flax (*Linum usitatissimum* L.) growth, yield productivity and controlling associated weeds. *Asian Journal of Agricultural Research*. 2(3): 1-14.
- Emam, M.M., A.H. El-Sweify, and N.M. Helal. 2011. Efficiencies of some vitamins in improving yield and quality of flax plant. *African Journal of Agricultural Research*. 6(18): 4362-4369.
- Erdal, I., A. Yilmaz, S. Taban, S. Eker, B. Torun, and I. Cakmak. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 25(1): 113-127.
- Esfandiari, E., and M. Abdoli. 2017. Improvement of agronomic and qualitative characters of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) genotypes by application of zinc sulfate under zinc deficiency stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(3): 619-636. (In Persian).
- Esfandiari, E., and S. Mahboob. 2014. Plant biochemistry (Vol. 1). Amidi: Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, 252p. (In Persian)
- Fallahi, H.R., M.H. Aminifard, and A. Jorkesh. 2018. Effects of thiamine spraying on biochemical and morphological traits of basil plants under greenhouse conditions. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 1(1): 27-36.
- Fardet, A., E. Rock, and R. Christian. 2008. Is the in vitro antioxidant potential of whole grain cereals and cereal produces well reflected in vivo? *Journal of Cereal Science*. 48(2): 258-276.
- Farouk, S., S.A. Youssef, and A.A. Ali. 2012. Exploitation of biostimulants and vitamins as an alternative strategy to control early blight of tomato plants. *Asian Journal of Plant Sciences*. 11(1): 36-43
- Fitzpatrick, T., and L. Chapman. 2020. The importance of thiamine (vitamin B1) in plant health: From crop yield to biofortification. *Journal of Biological Chemistry*. 295(34): 12002-12013.
- Goyer, A. 2010. Thiamine in plants: Aspects of its metabolism and functions. *Phytochemistry*. 71(3): 1615- 1624.
- Hamada, A.M. and E.M. Khulaef. 2000. Simulative effects of ascorbic acid, thiamin or pyridoxine on Vicia faba growth and some related metabolic activities. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 3(8): 1330-1332.
- Hashish, K.I., R.A. Eid., M.M. Kandil, and A.A.M. Mazher. 2015. Study on various level of salinity on some morphological and chemical composition of gladiolus

- plants by foliar spray with glutathione and thiamine. *International Journal of ChemTech Research*. 8(9): 334-341.
- Haug, W. and H.J. Lantzsch. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. *Journal of Science Food Agriculture*. 34(1): 1423-1426.
 - Hendawy, S.F. and A.A. Ezz El-Din. 2010. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Science*. 3(1): 113-123.
 - Hosseini, H., H. Farahmand, and V. Saffari. 2015. The effect of foliar application of ascorbic acid, thiamine and benzyl adenine on growth, flowering and some biochemical characteristics of marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of the Plant Production*. 38(2): 25-36.
 - Jalal Kamali, M. and H.R. Sharifi. 2010. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: II- yield and yield components. *Journal of Crop Ecophysiology*. 26(1): 1-23. (In Persian)
 - Javadi, A., and E. Esfandiari. 2018. The effect of folic acid on yield and some qualities parameters of wheat. *Crop Production*. 10(4):149-158. (In Persian)
 - Kawasaki, T., and Y. Egi. 1992. Thiamine: 375-399. In: De Leenheer, A.P., W.E. Lambert, and J.F. van Bocxlaer, (Eds.). *Modern Chromatographic Analysis of Vitamins*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc, 606p.
 - Kaya, C., M. Ashraf, O. Sonmez, A.L. Tuna, T. Polat, and S. Aydemir. 2015. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in saltstressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37(3): 1741.
 - Mahgoub, H.M., G.N. Abd El-Aziz, and M.A. Mazhar, 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 10(5): 769-775.
 - Maralian, H., R. Didar-Taleshmikail, K. Shahbazi, and M. Torabi-Giglou. 2008. Study of the effects of foliar application of Fe and Zn on wheat quality and quantity properties. *Agricultural Research Journal*. 8(4): 47-60. (In Persian).
 - Martinis, J., E. Gas-Pascual, N. Szydlowski, M. Crèvecoeur, A. Gisler, L. Bürkle, and T.B. Fitzpatrick. 2016. Longdistance transport of thiamine (vitamin B1) is concomitant with that of polyamines. *Plant Physiology*. 171(3): 542– 553.
 - Mohammad, A.S. 2013. Response of wheat to biofertilization and foliar application of ascorbic acid under nitrogen fertilization rates. *Minia Journal of Agricultural Research and Development*. 4(1):799-806.
 - Naguib, N.Y. and M.Y. Khalil. 2002. Studies on the effect of dry yeast thiamine and biotin on the growth and chemical constituents of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 10(3): 919-937.
 - Ogonnaya, F.C., O. Abdalla, A. Mujeeb-Kazi, A.G. Kazi, S.S. Xu., N. Gosman, and H. Tsujimoto. 2013. Synthetic hexaploids: Harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. *Plant Breeding Reviews*. 37(2): 35-122.
 - Pourgholam, M., N. Nemati, and M. Oveysi. 2013. Effect of zinc and iron under the influence of drought on prolin, protein and nitrogen leaf of rapeseed (*Brassica napus*). *Annals of Biological Research*. 4(7): 200-203.

- Ranjbar, B., S. Sharafzadeh, and O. Alizadeh. 2014. Growth and essential oil responses of German chamomile to thiamine and ascorbic acid. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 3(7): 51-53.
- Sadeghi-Razligi, Sh., I. Allahdadi, and E. Esfandiari. 2013. The effect of folic acid on seed reserve partitioning and early vigor of wheat seedlings. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*. 1(2): 70-81. (In Persian).
- Sahu, M.P., N.S. Solanki, and L.N. Dashora. 2008. Effects of thiourea, thiamine and ascorbic acid on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 171(1):65 – 69.
- Sajjad Y., M.J. Jaskani, M. Qasim, G. Akhtar, and A. Mehmood. 2015. Foliar application of growth bioregulators influences floral traits, corm-associated traits and chemical constituents in *Gladiolus grandiflorus* L. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 33(6): 812-819.
- Shalaby, T.A., and H. El-Ramady. 2014. Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, yield components and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*. 8(2): 271-275.
- Soltani, Y., V.R. Saffari, and A.A. Maghsoudi Moud, 2014. Response of growth, flowering and some biochemical constituents of *Calendula officinalis* L. to foliar application of salicylic acid, ascorbic acid and thiamine. *Ethno-Pharmaceutical products*. *Ethno-Pharmaceutical Products*. 1(1): 37-44.
- Stakhova, L.N., L. Stakhova, and A. Ladygin. 2000. Effects of exogenous folic on the yield and amino acid content of the seed of *Pisum sativum* L. and *Hordeum vulgare* L. *Applied Biochemistry and Micronutrient*. 36(3): 85-89.
- Taiz, L., E. Zeiger., I.M. Moller, and A. Murphy. 2017. Plant physiology and development, sixth ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Vendruscolo, E.P., A.H.A. Rodrigues, P.R. Oliveira, R.A. Leitão, L.F. Cardoso Campos, A. Seleguini, and S.F. Lima. 2019. Exogenous application of vitamins in upland rice. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*. 6(2): 1-6.
- Vendruscolo, E.P., and A. Seleguini. 2020. Effects of vitamin pre-sowing treatment on sweet maize seedlings irrigated with saline water efecto del tratamiento presiembra con vitaminas en el desarrollo de plántulas de maíz dulce regadas con agua salina. *Acta Agronómica*. 69(1): 20-25.
- Wu, S.C., Z.H. Cao., Z.G. Li., K.C. Cheung, and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155– 166.
- Yang, X.W., X.H. Tian, W.J. Gale, X.Y. Cao, X.C. Lu, and A.Q. Zhao. 2011. Effect of soil and foliar zinc application on zinc concentration and bioavailability in wheat grain on potentially zinc deficient soil. *Cereal Research Communication*. 39: 535-543

Research Article

DOI:

Investigation of the Effects of Exogenous Application of Thiamine on the Quantitative and Qualitative Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Sirvan Cultivar

Meysam Norouzian¹, Ezatollah Esfandiari², Mohammad Reza Bihamta³, Ismail Karimi⁴

Received: December 2022, Revised: 21 February 2023, Accepted: 6 August 2023

Abstract

This experiment was conducted in the form of a split-plot design based on randomized complete blocks in the research farm of Karaj Agriculture University of Tehran at 2013 to 2014. The main plot was seed pre-treatment with thiamine including as no seed pre-treatment (control), seed pre-treatment with 12.5 μ M thiamine for 12 hours, and sub-plot was foliar application of thiamine in different growth stages including: no spraying (control), tillering, stemming, spiking, milking, tillering with stemming, tillering with spiking. The results showed that seed yield in most of the studied treatments increased significantly due to the exogenous application of thiamine compared to the control (No pre-treatment and no spraying of thiamine). That can be caused by improvement of parameters such as the number of fertile tillers, the number of infertile tillers and the weight of 1000 grains. But exogenous application of thiamine in most of the treatments did not to improve qualitative parameters such as grain protein, zinc content, ascorbic acid, Zeleni number and grain hardness degree compared to the control (No pre-treatment and no spraying of thiamine). Also, in parameters such as the amount of phytic acid and the molar ratio of phytic acid/zinc, exogenous application of thiamine had a negative effect in most treatments compared to the control (No pre-treatment and no spraying of thiamine). It should be mentioned that due to the lack of influence of the of wheat quality from the exogenous application of thiamine, which is caused by the optimal condition of nutritional requirements, only the quantitative of yield has been considered in expressing the final result. To recommendation the exogenous application of thiamine on grain yield, this experiment needs to be repeated. If there was no significant difference between some of the studied treatments in terms of grain yield, but with considering the issues of economic production in no pre-treatment of seeds and spraying at tillering with stemming were superior to others due to higher yield. Moreover, it can be recommended for Sirvan cultivar in Karaj region and similar regions in terms of climate.

Key words: Foliar application, Pre-treatment, Thiamine, Wheat seed, Yield.

1-PhD student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran.

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran.

3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran.

* Corresponding Author: taha_noruzian@yahoo.com