

(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره دهم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۹ (۳۱۱-۲۹۹)

 مطالعه تاثیر تغذیه برگي با سولفات روي و اوره بر عملکرد كمي و كيفي ارقام گندم
 (*Triticum aestivum* L.)
وحید اسدزاده^۱ و علی سپهری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۵

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر تغذیه برگي با محلول سولفات روي و اوره بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در شهرستان رباط کریم اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل محلول پاشی در چهار سطح (محلول پاشی با آب به عنوان شاهد، محلول پاشی با سولفات روي، محلول پاشی با اوره و محلول پاشی توام با سولفات روي و اوره) و رقم گندم در دو سطح (ارقام پیش‌تاز و سیوند) بود. نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و محلول پاشی بر طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای پروتئین دانه، محتوای روي دانه، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان کل ماده خشک معنی‌دار بود. در اغلب صفات مورد مطالعه، محلول پاشی توام سولفات روي و اوره نسبت به محلول پاشی مجزای هر یک از ترکیبات کودی نسبت به شاهد برتری داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه معادل ۷/۵ تن در هکتار با محلول پاشی توام سولفات روي و اوره در رقم پیش‌تاز و کم‌ترین میزان آن معادل ۴/۴ تن در هکتار در رقم سیوند با تیمار بدون مصرف کود حاصل شد. بیش‌ترین افزایش ماده خشک و عملکرد دانه در محلول پاشی توام سولفات روي و اوره نسبت به شاهد (بدون کود) به ترتیب در رقم پیش‌تاز و سیوند مشاهده شد. در این تیمار، میزان افزایش پروتئین دانه در ارقام پیش‌تاز و سیوند به ترتیب معادل ۲۷ و ۳۱ درصد و میزان افزایش محتوای روي دانه به ترتیب معادل ۴۹ و ۶۵ درصد بود. به‌طور کلی، رقم پیش‌تاز واکنش بیش‌تری نسبت به رقم سیوند در محلول پاشی با سولفات روي و اوره از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، شاخص‌های رشد، عناصر ریزمغذی، کود، ماده خشک

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: a_sephri@basu.ac.ir

مقدمه

گندم نان در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی دنیا کشت شده و از نظر میزان تولید و سطح زیرکشت مهم ترین محصول کشاورزی ایران است. سطح زیرکشت این گیاه در ایران برابر با ۸ میلیون هکتار با میزان تولید ۱۶۸ میلیون تن بوده است (FAO, 2019). گیاهان زراعی عناصر ریزمغذی را گرچه به مقدار کم مورد استفاده قرار می دهند ولی اثرات مهمی بر رشد و نمو آنها می گذارد. کمبود برخی از این عناصر گاهی به عنوان محدودکننده جذب سایر عناصر غذایی عمل کرده و رشد گیاه را با مشکل مواجه می کند. این مساله ضرورت توجه به کاربرد عناصر ریز مغذی در کشت گیاهان زراعی از جمله غلات را بیشتر مشخص می سازد.

عناصر روی از مهم ترین عناصر مشارکت کننده در واکنش های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه است که می تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم سبب افزایش رشد و عملکرد شود. این عنصر نقش مهمی در سنتز پروتئین، کربوهیدرات، اعمال متابولیک سلول، محافظت غشا در برابر رادیکال های آزاد اکسیژن و سایر فرایندهای مرتبط با سازگاری گیاه به عوامل محیطی داشته و در سنتز هورمون های گیاهی نظیر اکسین مشارکت فعال دارد (Sadeghzadeh, 2016). عنصر روی موجود در گیاه علاوه بر اثرات مفید تغذیه ای برای انسان و دام، اثرات مثبتی بر جوانه زنی بذر، رشد گیاهچه و عملکرد نهایی گیاهان دارد. گزارش شده، بذره های گندمی که تحت محلول پاشی روی قرار گرفتند، جوانه زنی بهتری داشتند و گیاهچه های قوی تری تولید کردند (Candan et al., 2018). جوی و همکاران (Joy et al., 2015) اظهار داشتند که محلول پاشی روی در گندم نان یک استراتژی مقرون به صرفه برای بهبود میزان روی و کیفیت دانه است، زیرا به نظر می رسد که اثرگذاری و هزینه های مربوط به محلول پاشی روی از هزینه غنی سازی آرد با عنصر روی کم تر باشد. سولتانا و همکاران (Sultana et al., 2016) نیز گزارش کردند که محلول پاشی روی نقش بارزی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم دارد.

از سوی دیگر مصرف مقادیر زیاد کودهای اوره دار در زمین های کشاورزی تهدید کننده محیط زیست و توسعه پایدار سیستم های تولید محصولات زراعی به حساب می آید. ضروری است برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن با کاهش

ورودی کود نیتروژنه از طریق خاک به مزرعه و افزایش جذب نیتروژن از طریق محلول پاشی، به پایداری محیط زیست و تولید مناسب محصول دست یافت (Aixia et al., 2020). گزارش شده است نیتروژن باعث جذب بهتر روی، انتقال و تجمع آن در دانه شده بنابراین، مدیریت مصرف نیتروژن می تواند مسیری نوید بخش برای تقویت زیستی دانه گندم با عنصر روی باشد (Pascoalino et al., 2018). آلمندروس و همکاران et al. (Almendros et al., 2019) گزارش کردند محلول پاشی کلات روی و نیتروژن بر کیفیت و عملکرد دانه گندم تاثیر مثبت دارد. افزایش درصد روی دانه مرتبط با افزایش جذب نیتروژن بوده به طوری که گزارش شده نیتروژن باعث افزایش تجمع روی در دانه جو شده است (Gonzalez, 2019). علاوه بر این، عملکرد دانه به دست آمده با تیمارهای روی و نیتروژن بالاتر بوده که می تواند به این دلیل باشد که روی یک عامل مشترک برای آنزیم های متعدد در متابولیسم کربوهیدرات ها، پروتئین ها و اکسین ها است. استفاده از روی باعث افزایش رشد گیاه گندم از طریق افزایش فتوسنتز گیاه و سایر فعالیت های فیزیولوژیکی می شود. کاربرد روی در گندم باعث افزایش تشکیل بافت رویشی در گیاه، افزایش غلظت روی در برگ ها و باعث افزایش شاخص سطح برگ می گردد همچنین بالاترین میزان فتوسنتز خالص گیاه با کاربرد روی به همراه نیتروژن گزارش گردیده است (Louhar, 2019). در آزمایشی که فوفونگ و همکاران (Phuphong et al., 2018) روی برنج انجام دادند، گزارش کردند که محلول پاشی سولفات روی با غلظت نیم درصد در مراحل آبستنی، گلدهی، شیری و خمیری، باعث افزایش عملکرد و وزن هزار دانه برنج شد. الدشوری و همکاران (El-Dahshouri et al., 2017) نیز با محلول پاشی روی در دو رقم گندم، به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی روی تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح دارد. همچنین آنها گزارش کردند که محلول پاشی روی میزان روی و پروتئین دانه را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. با توجه به نقش تغذیه ای گندم و اهمیت عنصر روی در سنتز پروتئین ها و کربوهیدرات ها و نقش برجسته آن در تبدیل ساکاروز به نشاسته و نیز نقش نیتروژن در ساختار پروتئین، اسید نوکلئیک، کلروفیل، آنزیم ها، بیش تر ویتامین ها و سایر مولکول های آلی، استفاده همزمان این دو عنصر غذایی مهم

اساس وزن هزار دانه محاسبه شد. کشت در آبان ماه به صورت دستی با ایجاد شیار در طول کرت صورت پذیرفت. برای اطمینان از سبز شدن بذرها و جلوگیری از سله بستن خاک، سه روز بعد از اولین آبیاری، کرت‌ها مجدداً آبیاری شدند. تعداد دفعات آبیاری پنج نوبت بود. میزان آب مصرفی با کنتور حجمی محاسبه و با احتساب بارندگی‌های صورت گرفته طی دوره رشد، ۴۳۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در طول آزمایش مراحل داشت شامل آبیاری، وجین دستی، مبارزه با آفت سن گندم بر اساس نیاز انجام شد. به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گندم طی پنج نوبت نمونه‌برداری از کرت‌ها صورت پذیرفت. برای نمونه‌برداری از هر کرت، ۰/۵ متر طولی از هر ردیف کشت کف‌بر و سپس سطح برگ‌های موجود در هر نمونه با رابطه (طول×عرض×۰/۷۵) محاسبه شد. پس از خشک کردن، نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۱ گرم توزین و داده‌های هر نمونه ثبت شد.

پس از طی مراحل اولیه رشد، محلول‌پاشی عنصر روی در دو مرحله آبستنی (Boot stage) معادل مراحل ۴۵ و ۶۰ زادوکس (Zadoks) صورت گرفت. بدین ترتیب که در هر بار محلول‌پاشی از محلول ۰/۵ درصد سولفات روی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) استفاده شد (Zhang et al., 2012). محلول‌پاشی نیتروژن از منبع اوره پس از گرده‌افشانی در مرحله ۶۰ زادوکس با غلظت یک درصد انجام شد (Zhang et al., 2012; Rahman et al., 2014). حجم محلول‌پاشی پس از کالیبره، معادل ۳۰۰ لیتر در هکتار بود. جهت افزایش دقت کار هنگام محلول‌پاشی فاصله بین کرت‌ها توسط یک پرده نایلونی ایزوله شد. برداشت نهایی بعد از رسیدگی فیزیولوژیک زمانی که رطوبت دانه‌ها به حدود ۱۶ درصد رسید از قسمت میانی هر کرت در سطح سه مترمربع انجام شد. تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز اندازه‌گیری شد. محتوای پروتئین و غلظت روی دانه به ترتیب با روش کجلدال و روش هضم تر توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Benton et al., 1991). تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از اطمینان از نرمال بودن آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

می‌تواند در افزایش عملکرد و کیفیت دانه گندم موثر باشد. در این تحقیق نیز کاربرد برگی ترکیبات حاوی عناصر نیتروژن و روی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و نیز کیفیت دانه در دو رقم مطرح گندم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه ای با مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا در منطقه رباط کریم (توابع استان تهران) و در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۲۰ میلی‌متر، حداقل دما ۵- و حداکثر دما ۴۵+ با میانگین دمای سالیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اول شامل دو رقم گندم پیشتاز و سیوند و عامل دوم شامل بدون مصرف کود (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با سولفات روی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)، محلول‌پاشی با اوره (۴۶٪) و محلول‌پاشی با سولفات روی و اوره بود. طبق گزارش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، گندم رقم پیشتاز با شجره Alvand/Aldan/Las58 رقمی مقاوم به خوابیدگی و ریزش دانه، مقاوم به سیاهک پنهان و زنگ زرد، متحمل به خشکی و مناسب برای کشت در اقلیم‌های معتدل است. گندم رقم سیوند نیز با شجره Kauz" S" Azd رقمی مقاوم به زنگ زرد و سیاه، مقاوم به خوابیدگی و ریزش دانه، با کیفیت نانویی خیلی خوب و مناسب برای کشت در اقلیم‌های معتدل از جمله استان تهران است.

قبل از انجام آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد که نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است. مساحت هر کرت آزمایشی معادل نه مترمربع شامل هفت ردیف با فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر و تراکم بوته ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. جهت تامین فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه (نیتروژن آغازگر) از کود شیمیایی دی‌آمونیم فسفات به میزان ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار به صورت قبل از کاشت بر اساس نتایج آزمایش خاک استفاده شد. همچنین برای تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه، کود سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. تعداد بذر مورد نیاز در هر ردیف کشت بر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

Depth of soil (cm)	Soil texture	PH	Organic matter (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)
0-30	Clay loam	7.59	1.49	0.15	8.2	120	0.9

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رقم و کود برای حداکثر شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف محلول پاشی در طول دوره رشد هر دو رقم مشابه بود به طوری که با گذشت زمان افزایشی و در مرحله سنبله دهی به حداکثر خود رسید، سپس به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی داشت. محلول پاشی با کود اوره و روی موجب افزایش حداکثر شاخص سطح برگ در هر دو رقم گندم شد، به طوری که بالاترین شاخص سطح برگ در رقم سیوند با سطوح محلول پاشی مختلف مشاهده شد که با رقم پیش‌تاز در محلول پاشی کود اوره و روی تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). عنصر روی در گندم باعث افزایش غلظت روی در برگ و در نهایت افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Louhar, 2019). بر اساس تحقیقات علی و همکاران (Ali *et al.*, 2018) با محلول پاشی روی و اوره افزایش معنی داری در سطح برگ گندم نسبت به تیمار شاهد ایجاد شد. اصولاً در گیاهان رشد محدود، رشد رویشی از جمله گسترش سطح برگ با شروع رشد زایشی، کاهش می‌یابد و نقطه اوج شاخص سطح برگ با شروع مرحله زایشی روند نزولی می‌گیرد. در دوره رشد رویشی تا مرحله گرده افشانی بیش‌ترین غلظت ترکیبات نیتروژن دار به برگ‌ها تخصیص یافته و در این مرحله گیاه گندم در فعال‌ترین وضعیت از نظر تولید مواد فتوسنتزی بوده و مواد تولیدی در این مرحله بیش از احتیاج گیاه است. بنابراین بخشی از آن به برگ‌ها و ساقه‌ها منتقل و به صورت ترکیبات نیتروژن دار ذخیره می‌شود (Gholami *et al.*, 2018). بدیهی است که محلول پاشی عناصر روی و اوره با افزایش سطح برگ، جذب بیش‌تر تشعشع و بنابراین فتوسنتز بیش‌تر، موجب افزایش ذخایر فتوسنتزی گیاه برای مراحل بعدی می‌شود.

سرعت رشد محصول

برهمکنش رقم و کود در سطح احتمال پنج درصد برای حداکثر سرعت رشد محصول معنی دار بود (جدول ۲). بالاترین سرعت رشد محصول به میزان ۳۳/۵ گرم بر مترمربع در روز در رقم پیش‌تاز با محلول پاشی اوره و روی و کم‌ترین سرعت رشد محصول به میزان ۲۷/۱۶ گرم بر مترمربع در روز در رقم سیوند در تیمار بدون کود مشاهده شد (جدول ۳). قسال و همکاران (Ghasal *et al.*, 2017) نیز گزارش کردند که کاربرد روی تاثیر قابل توجهی بر شاخص سرعت رشد محصول گندم دارد. گزارش شده است که نیتروژن افزایش تقسیم سلولی و فعالیت فتوسنتزی را در گیاهان تیمار شده با عنصر روی بهبود می‌بخشد و سرعت رشد محصول را افزایش می‌دهد (Akram *et al.*, 2017). در مراحل اولیه رشد به دلیل کم‌بودن سطح برگ و نیز تخصیص بیش‌تر مواد فتوسنتزی به ریشه، سرعت رشد محصول کم است، ولی با افزایش سطح برگ و بهره‌وری بیش‌تر از تشعشع، میزان تولید مواد فتوسنتزی در واحد سطح افزایش و به تبع آن سرعت رشد در هر دو رقم گندم روند افزایشی داشت. قابل ذکر است که در شروع دانه‌بندی حداکثر سرعت رشد محصول در هر دو رقم مشاهده شد. روند افزایشی سرعت رشد محصول در اواسط فصل رشد به توسعه سریع برگ‌ها و دریافت تشعشع به مقدار کافی توسط سایه‌انداز گیاهی مربوط می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2016).

ماده خشک کل

روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در سطوح مختلف محلول پاشی اوره و روی در طول دوره رشد برای هر دو رقم مشابه بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برهمکنش رقم و کود در سطح احتمال پنج درصد برای حداکثر ماده خشک کل معنی دار شد (جدول ۲). بالاترین میزان ماده خشک کل در تیمار محلول پاشی با کود اوره و روی در رقم سیوند (۱۶۴۹/۲۹ گرم در مترمربع) مشاهده شد که با رقم

ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی گندم است (Barut, 2019). رقم پیشتاز توانایی پنجه‌زنی بیش‌تری نسبت به رقم سیوند دارد و از این‌رو این مساله می‌تواند یکی از دلایل مهم تاثیرگذار بر عملکرد دانه رقم پیشتاز نسبت به رقم سیوند نیز باشد. از سوی دیگر عدم تاثیر برهمکنش رقم و مصرف کود بر تعداد سنبله در مترمربع حاکی از تعیین ظرفیت این صفت قبل از مصرف کودهای مورد استفاده و در زمان پنجه‌زنی در گیاه دارد. پنجه‌زنی در تعداد سنبله در مترمربع تاثیر زیادی داشته و معمولاً در گندم اوایل رشد گیاه هنگامی که سه برگ کامل ظاهر شده باشد، شروع می‌شود.

تعداد سنبلچه در سنبله

برهمکنش رقم و کود بر تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله در رقم پیشتاز با محلول‌پاشی روی و نیز محلول‌پاشی اوره در هر دو رقم اتفاق افتاد. محلول‌پاشی روی و نیتروژن در هر دو رقم باعث افزایش حدود ۱۳ درصدی تعداد سنبلچه در سنبله شد (جدول ۳). از آنجا که شکل‌گیری و تکامل سنبلچه‌ها در گندم اواخر مرحله پنجه‌زنی تا اوایل ساقه‌رفتن است، بنابراین محلول‌پاشی عنصر روی در مرحله‌ای که سنبلچه‌ها در حال تشکیل و تکامل هستند، باعث سنتز بیش‌تر آسیمیلات‌های مورد نیاز جوانه‌های مولد سنبلچه شده و تعداد بیش‌تری سنبلچه در سنبله تشکیل می‌شود. مصرف نیتروژن نیز در مرحله ساقه‌روی باعث تحریک و توسعه سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه شده که این مسئله نیز باعث افزایش تعداد سنبلچه در سنبله می‌شود (Xia et al., 2018). عنصر روی، به‌دلیل نقش فیزیولوژیک آن در افزایش ظرفیت مخزن، از عوامل تغذیه‌ای اثرگذار بر عملکرد دانه گندم است (Barut, 2019). تعداد سنبلچه بارور در سنبله بستگی به توان فتوسنتزی گیاه دارد، به‌طوری‌که هرچه تولید مواد فتوسنتزی در گیاه بیش‌تر باشد به‌دلیل تخصیص بیش‌تر آن‌ها به سنبله در حال رشد به‌ویژه پس از گرده‌افشانی، از عدم تکامل سنبلچه‌ها و سقط جنین پیشگیری و تعداد گلچه بارور در سنبلچه و در نهایت سنبلچه بارور در سنبله افزایش می‌یابد. این مساله از وضعیت تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه محتوای روی متأثر می‌شود (Doolette et al., 2018; Xia et al., 2018).

پیشتاز در همین سطح محلول‌پاشی تفاوت آماری نداشت و کم‌ترین میزان ماده خشک کل به رقم پیشتاز در تیمار بدون کود به میزان ۱۴۸۷/۳۷ گرم در مترمربع تعلق گرفت (جدول ۳). کاربرد کود اوره و روی در هر دو رقم سبب حفظ سطح برگ و افزایش تشعشع دریافتی شد و بنابراین با افزایش سرعت رشد محصول، تولید ماده خشک نیز افزایش یافت. میزان نیتروژن برگ و ساقه در انتهای رشد رویشی و با شروع رشد زایشی کاهش می‌یابد که علت اصلی آن انتقال مجدد نیتروژن ساقه و برگ به دانه‌های در حال رشد می‌باشد. همچنین، بخشی از نیتروژن انتقالی از تجزیه پروتئین‌ها و تخریب کلروفیل حاصل می‌شود که در پی آن کاهش سطح سبز برگ رخ می‌دهد (Gholami et al., 2018). بنابراین مصرف نیتروژن به همراه عنصر روی در این زمان با تاخیر در پیری برگ‌ها و حفظ سطح برگ مناسب، موجب افزایش تثبیت کربن و فتوسنتز و متعاقب آن تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. همچنین کاربرد سولفات روی به همراه نیتروژن باعث افزایش ماده خشک گیاه می‌شود (Guimaraes et al., 2016). افزایش میزان کلروفیل متناسب با کاربرد روی، به نقش موثر این عنصر در افزایش بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و نیز به تعویق انداختن تخریب و زوال آن‌ها اشاره دارد. باروت (Barut, 2019) اظهار داشت که با محلول‌پاشی روی، میزان کلروفیل در گیاه افزایش می‌یابد که می‌تواند به‌دلیل نقش موثر این عنصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد. از سوی دیگر شکل‌گیری اندام جنسی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی مختل شده و منجر به کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود، این موضوع به کاهش تولید هورمون ایندول استیک اسید در چنین شرایطی نسبت داده شده است (Omodian et al., 2011).

تعداد سنبله بارور

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود و اثر کود و برهمکنش کود و رقم معنی‌دار نشد (جدول ۲). تعداد سنبله در مترمربع در رقم پیشتاز ۱/۸۵ درصد بیش‌تر از رقم سیوند بود (شکل ۱). دلیل عمده این مساله می‌تواند تولید پنجه بیش‌تر و حفظ پنجه‌ها تا مرحله سنبله رفتن در رقم پیشتاز باشد. اصولاً تعداد سنبله یکی از

جدول ۲- تجزیه واریانس حداکثر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و ماده خشک کل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه و درصد روی دانه

Table 2. Analysis of variance of maximum leaf area index, crop growth rate, total dry matter, spikes number per m², spikelet number per spike, grain number per spike, 1000-grain weight, grain yield, harvest index, grain protein content and grain zinc content

Source of variations	df	Mean squares										
		LAI max	CGRmax	TDWmax	Spike number per m ²	Spikelet number per spike	Grain number per spike	1000-grain weight	Grain yield	Harvest index	Grain protein content	Grain zinc content
Replication	2	0.004*	0.021 ^{ns}	231.86 ^{ns}	2273.36**	1.09**	47.72**	51.52**	6327.11**	0.00032 ^{ns}	0.03 ^{ns}	42.06**
Variety (V)	1	0.05**	8.49**	4313.86**	318.13*	1.16**	19.86**	9.16*	13854.25**	0.000057 ^{ns}	2.51**	13.42*
Fertilizer (F)	3	0.06**	20.65**	16627.00**	84.14 ^{ns}	4.96**	78.44**	85.34**	63255.03**	0.0035*	9.67**	375.95**
V* F	3	0.007*	2.33*	1403.22*	34.91 ^{ns}	0.3*	2.61 ^{ns}	8.48*	44116.15**	0.0029*	0.34*	28.13**
Error	14	1.05	0.68	446.12	36.46	0.096	2.12	1.78	346.43	0.00069	0.08	3.7
CV (%)	-	13.71	9.64	8.10	5.52	2.28	3.62	3.70	3.23	11.34	10.52	9.45

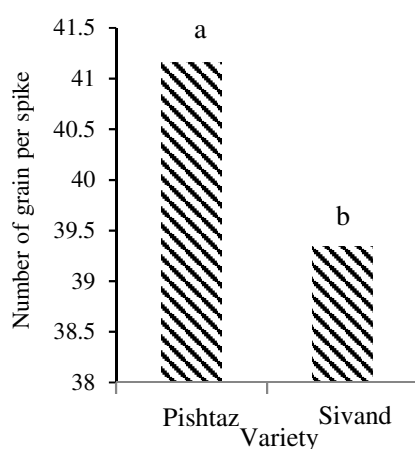
^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین آثار اصلی و متقابل محلول‌پاشی و ارقام گندم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر ماده خشک کل، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه و درصد روی دانه

Table 3. Comparison of means of the main and interaction effects of foliar application and wheat cultivars on maximum leaf area index, crop growth rate, total dry matter, spikelets number per spike, 1000-grain weight, grain yield, harvest index, grain protein content and grain zinc content

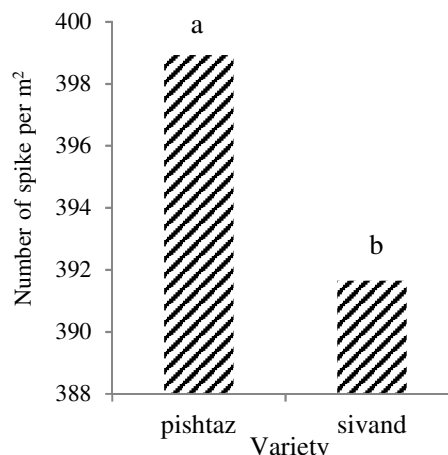
Treatment	LAI _{max}	CGR _{max} (g/m ² /day)	TDW _{max} (g/m ²)	Spikelet number per spike	1000-grain weight (g)	Grain yield (g/m ²)	Harvest index	Grain protein content (%)	Grain zinc content (ppm)
Pishtaz	3.78b	30.37a	1585.49b	13.77a	36.73a	599.71a	0.40a	11.60b	32.92a
Sivand	3.88a	29.18b	1612.31a	13.33b	35.50b	551.66b	0.40a	12.25a	31.49a
Control	3.69c	27.93c	1523.47c	12.20b	32.90c	445.25d	0.37b	10.92c	24.52d
Zn	3.83b	28.77c	1610.84b	13.83a	33.97c	559.10c	0.40a	11.05c	36.02b
N	3.87ab	30.22b	1615.42b	14.00a	36.21b	607.18b	0.41a	12.06b	26.93c
Zn+N	3.92a	32.17a	1645.89a	14.16a	41.38a	691.22a	0.42a	13.67a	41.50a
Control	3.63c	28.70c	1487.37d	12.45d	32.21e	448.64e	0.37bc	10.88e	22.87e
Zn	3.77b	28.62c	1605.54b	14.51a	35.56cd	590.33c	0.42ab	11.22de	34.22c
N	3.80b	30.63b	1606.59b	14.3ab	36.12c	609.29bc	0.37ac	12.32b	28.28d
Zn+N	3.93a	33.50a	1642.48ab	13.81bc	43.05a	750.6a	0.43a	13.85a	41.6a
Control	3.75b	27.16d	1559.56c	11.94d	33.59de	441.86e	0.35c	10.24f	21/17e
Zn	3.90a	28.92c	1616.13ab	13.49c	32.39e	527.88d	0.41ab	11.6cd	37.83b
N	3.95a	29.80bc	1624.25ab	14.01ab	36.29c	605.07bc	0.43a	11.8c	26.57d
Zn+N	3.92a	30.83b	1649.29a	13.86 bc	39.72b	631.83b	0.4ac	13.48a	41.41a

Means followed by similar letters in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.



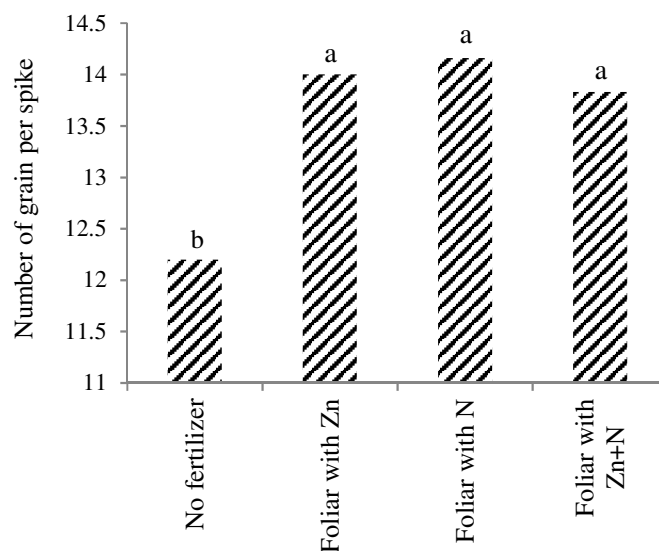
شکل ۲- اثر رقم بر تعداد دانه در سنبله

Figure 2. Effect of variety on number of grain per spike



شکل ۱- اثر رقم بر تعداد سنبله در مترمربع

Figure 1. Effect of variety on number of spike per m²



شکل ۳- اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر تعداد دانه در سنبله

Figure 3. Effect of foliar application of Fe and Zn on number of grain per spike

تعداد دانه در سنبله

اثر رقم و کود در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله در دو رقم مورد بررسی حاکی از برتری ۳ درصدی رقم پیش‌تاز نسبت به سیوند بود (شکل ۲). بررسی تعداد دانه در سنبله نشان داد که محلول‌پاشی با روی و یا نیتروژن به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در سنبله را افزایش می‌دهد (شکل ۳). افزایش تعداد دانه در سنبله نشان‌دهنده بهبود ظرفیت مخزن در اثر کاربرد عنصر روی در مراحل ساقه‌روی و پرشدن دانه است (Cakmak, 2010). زیا و همکاران (Xia *et al.*, 2018) بیان کردند که عنصر روی سبب افزایش رشد و جذب آب و مواد غذایی شده و در نتیجه بخش‌های هوایی گیاه توسعه می‌یابد بارون‌واتی و همکاران (Barunawati *et al.*, 2013) انتقال روی در گیاهان را مرتبط با نیتروژن دانستند و گزارش کردند که قبل از شروع دانه‌بندی، روی انتقال یافته از سایر بخش‌ها در برگ پرچم تجمع یافته و با شروع دانه‌بندی در دانه‌ها ذخیره می‌شود. این امر در افزایش تعداد و وزن دانه و در نهایت عملکرد آن تاثیر بسزایی دارد. زین و همکاران (Zain *et al.*, 2015) نیز اظهار داشتند که با کاربرد سولفات روی تعداد دانه در سنبله گندم افزایش می‌یابد.

وزن هزار دانه

برهمکنش رقم و کود در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن هزار دانه در رقم پیش‌تاز با محلول‌پاشی توام کود اوره و روی بالاترین مقدار را در هر دو رقم به‌خود اختصاص داد. (جدول ۳). یکی از دلایل برتری وزن هزار دانه با محلول‌پاشی اوره، تأثیر گذاشتن بر دوام سطح سبز و اندام‌های فتوسنتز کننده و ایجاد تعادل در تعداد دانه‌ها در سنبله توسط این عنصر است. کود روی نیز به همراه نیتروژن سبب انتقال مواد فتوسنتزی جاری و انتقال مجدد بیش‌تر به دانه‌ها شده و از این طریق موجب افزایش وزن هزار دانه ارقام گندم شده است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که عنصر روی می‌تواند میزان فتوسنتز و انتقال آسمیلات‌ها به بخش‌های زایشی گیاه و همچنین قدرت مخزن را افزایش دهد (Rajabi, 2014). گزارش شده است که محلول‌پاشی عنصر روی اثر معنی‌داری بر وزن دانه دارد، زیرا با ایجاد تعادل در مواد ریزمغذی در اندام‌های گیاه به اندازه کافی سبب انتقال بهتر آنها به دانه و افزایش وزن دانه می‌شود (Niyigaba *et al.*, 2019). الدشوری و همکاران (El-Dahshouri *et al.*, 2017) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی عنصر روی بعد از گلدهی گندم، در شرایط فراهمی نیتروژن بیش‌ترین تاثیر را در افزایش وزن هزار دانه دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش رقم و کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به این ترتیب، مقایسه میانگین برهمکنش رقم در سطوح مختلف کودی انجام و مشاهده شد که بالاترین میزان عملکرد دانه در رقم پیشتاز با محلول‌پاشی کود اوره و روی و در مقابل کم‌ترین میزان عملکرد دانه در رقم سیوند با تیمار بدون مصرف کود به‌دست آمد (جدول ۳). از آنجا که اختلاف بین ارقام یک گونه در پاسخ به کمبود روی و نیتروژن قبلاً گزارش شده است، از این‌رو اختلاف بین دو رقم مورد مطالعه قابل توجیه است. در مورد آثار مثبت مصرف توام کود روی و اوره بر عملکرد دانه، می‌توان به مشارکت عنصر روی در متابولیسم نیتروژن اشاره کرد که موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌شود. در چنین شرایطی، فراهم بودن بهینه عنصر روی سبب افزایش تولید و تجمع آسیمیلات‌ها شده و در نتیجه موجب افزایش وزن و عملکرد دانه می‌شود (Mosanna and Behrozyar 2015). اشلی و همکاران (Ashley et al., 2020) نیز دریافتند که محلول‌پاشی نیتروژن باعث افزایش جذب آن در زمان گلدهی می‌شود که در نهایت موجب تجمع ماده خشک بیش‌تر در دانه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود. اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2016) نیز قبلاً افزایش عملکرد دانه گندم با محلول‌پاشی روی را گزارش کرده‌اند.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش رقم و کود در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار است (جدول ۲). شاخص برداشت رقم پیشتاز گرچه با محلول‌پاشی روی و اوره دارای بیش‌ترین درصد بود، ولی این شاخص با رقم سیوند در محلول‌پاشی اوره، محلول‌پاشی روی و اوره و نیز محلول‌پاشی روی تفاوت آماری نداشت. در مقابل، کم‌ترین درصد شاخص برداشت در تیمار بدون کود در رقم سیوند مشاهده شد که با تیمار بدون کود در رقم پیشتاز اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). افزایش شاخص برداشت را می‌توان به افزایش عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی عنصر روی نسبت داد. شاخص برداشت صفت پیچیده‌ای است که تغییرات آن به مقدار زیاد تحت تأثیر عوامل محیطی از

جمله فراهمی آب طی مراحلی که اجزای عملکرد از قبیل سنبله و تعداد دانه شکل می‌گیرد بستگی دارد و بنابراین تحت شرایط مطلوب رشدی، شاخص برداشت به حداکثر مقدار خود می‌رسد. اصولاً ارقام جدید گندم تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری در مقایسه با ارقام قدیمی دارند، در مقایسه دو رقم مورد آزمایش، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه مربوط به رقم پیشتاز بود. قابل ذکر است که بر اساس گزارش ماینر و همکاران (Miner et al., 2018) محلول‌پاشی نیتروژن می‌تواند شاخص برداشت را نسبت به تیمار شاهد

درصد پروتئین دانه

برهمکنش رقم و کود در سطح احتمال ۵٪ برای درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه به رقم پیشتاز با محلول‌پاشی روی و اوره تعلق داشت که با رقم سیوند در تیمار کودی مذکور تفاوت آماری نداشت. کمترین میزان پروتئین دانه در تیمار بدون مصرف کود مشاهده شد. قابل ذکر است محلول‌پاشی اوره درصد پروتئین دانه را در رقم پیشتاز نسبت به سیوند بیشتر افزایش داد در حالی که دو رقم نسبت به محلول‌پاشی روی واکنش مشابهی داشتند (جدول ۳). سینگ و همکاران (Singh et al., 2018) گزارش کردند محلول‌پاشی روی به همراه نیتروژن غلظت پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. همچنین رانسوم و همکاران (Ransom et al., 2016) اظهار داشتند محلول‌پاشی نیتروژن بعد از گلدهی، میزان پروتئین دانه گندم را افزایش می‌دهد. به هر حال به نظر می‌رسد کارایی انتقال نیتروژن از ساقه به دانه در رقم پیشتاز بیشتر از رقم سیوند بوده است.

محتوای روی دانه

برهمکنش رقم و کود بر تجمع عنصر روی در دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار روی دانه در هر دو رقم پیشتاز و سیوند با محلول‌پاشی کود اوره و روی به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار در رقم سیوند با تیمار بدون کود مشاهده شد (جدول ۳). افزایش عنصر روی دانه از طریق محلول‌پاشی را می‌توان به انتقال و تجمع این عنصر در اندام هوایی به‌ویژه سنبله و نقش آن در تنظیم فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز، ساخت تریپتوفان و مشارکت در متابولیسم نیتروژن مرتبط دانست (Sadeghzadeh,)

۴۵ زادوکس) و پس از گرده‌افشانی (مرحله ۶۰ زادوکس) سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه در هر دو رقم گندم پیشتاز و سیوند شد. نتایج نشان داد که در اغلب صفات مورد مطالعه، محلول‌پاشی توام سولفات روی و اوره نسبت به محلول‌پاشی مجزا و نیز محلول‌پاشی با آب برتری داشت. بیش‌ترین افزایش ماده خشک و عملکرد دانه در محلول‌پاشی سولفات روی و اوره نسبت به شاهد (بدون کود) به‌ترتیب در رقم پیشتاز و سیوند به‌دست آمد. به‌طور کلی، گندم رقم پیشتاز عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به رقم سیوند داشت. برتری رقم پیشتاز نسبت به سیوند از طریق افزایش تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۱۶ درصد مشهود بود. در بین اجزای عملکرد، بیش‌ترین تأثیر بر عملکرد دانه را تعداد دانه در سنبله و سپس وزن هزار دانه داشت. در نهایت می‌توان چنین اظهار داشت که محلول‌پاشی سولفات روی و اوره در این غلظت‌ها در مراحل آبستنی و پس از گرده‌افشانی برای هر دو رقم گندم به‌ویژه برای رقم پیشتاز در افزایش عملکرد دانه در منطقه مورد بررسی موثر بود. مطالعات تکمیلی در این مورد به‌ویژه برای ارقام و غلظت‌های دیگر عناصر مورد بررسی پیشنهاد می‌شود.

افزایش غلظت روی در هر دو رقم می‌تواند به‌دلیل کارایی بالای انتقال این عنصر در آوندهای آبکش باشد (Haslett *et al.*, 2001). گندم از غلاتی است که پاسخ ارقام مختلف آن نسبت به عنصر روی زیاد است (Dashpande *et al.*, 2018). به هر حال، در این آزمایش در هر دو رقم پیشتاز و سیوند، بالاترین مقدار روی دانه با محلول‌پاشی توام روی و اوره به‌دست آمد که با نتایج رشید و همکاران (Rashid *et al.*, 2019) مطابقت داشت. محلول‌پاشی اوره در دو رقم واکنش مشابهی از نظر تجمع روی دانه داشت. میزان روی دانه در این تیمار نسبت به تیمار محلول‌پاشی توام این دو عنصر، مقدار کم‌تری بود که حاکی از برهمکنش روی و نیتروژن در افزایش جذب عنصر روی در دانه است. مونتا یا و همکاران (Montoya *et al.*, 2020) بیان کردند که کاربرد نیتروژن، جذب کل روی را حتی در تیمار بدون مصرف روی بهبود می‌بخشد و موجب افزایش غلظت روی دانه می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش، محلول‌پاشی توام عناصر روی به‌صورت سولفات روی با غلظت ۵/۰ درصد و نیتروژن از منبع کود اوره با غلظت یک درصد در مراحل آبستنی (مرحله

References

- Aixia, X., Lingling, L., Junhong, X., Xingzheng, W., Jeffrey, A. and Coulter, Ch. L. 2020. Effect of long-term nitrogen addition on wheat yield, nitrogen use efficiency, and residual soil nitrate in a semiarid area of the loess plateau of China. *Sustainability* 12: 1735-1752.
- Akram, M. A., Depar, N. and Memon, M. Y. 2017. Synergistic use of nitrogen and zinc to bio-fortify zinc in wheat grains. *Eurasian Journal of Soil Science* 6 (4): 319-326
- Ali, Sh., Khalid, N., Gulzar, A., Ayub, Kh. Muhammad, S. and Shah. M. 2018. Phenology and biomass production of wheat in response to micronutrients and nitrogen application. *Sarhad Journal of Agriculture* 34 (4): 712-72.
- Almendros, P., Obrador, A., Alvarez, J. M. and Gonzalez, D. 2019. Zn-DTPA-HEDTA- EDTA application: A strategy to improve the yield and plant quality of a barley crop while reducing the N application rate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 19: 920-934.
- Ashley, J. W., Roger, D. A., Peter, R. G., Clemens, S. and Partington, D. L. 2020. Nitrogen use efficiency of urea applied to wheat based on fertilizer timing and use of inhibitors. *Nutrient Cycling in groecosystems* 116: 41-56.
- Barut, H. 2019. Effects of foliar urea, potassium and zinc sulphate treatments before and after flowering on grain yield, technological quality and nutrient concentration of wheat. *Ecology and Environmental Reserch* 17 (2): 4325-4342.
- Barunawati, N., Hettwer Giehl, R., Bauer, B. and Von Wirén, N. 2013. The influence of inorganic nitrogen fertilizer forms on micronutrient retranslocation and accumulation in grains of winter wheat. *Journal of Frontiers in Plant Science* 4: 320-332.
- Benton, Jr. J. J., Wolf, B. and Mills, H. A. 1991. Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing Inc.

- Cakmak, I., Pfeiffer, W. H. and McClafferty, B. 2010.** Biofortification of durum wheat with zinc and iron. **Cereal Chemistry** 87: 10-20.
- Candan, N., Cakmak, I. and Ozturk, L. 2018.** Zinc-biofortified seeds improved seedling growth under zinc deficiency and drought stress in durum wheat. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** 181 (3): 388-395.
- Deshpande, P., Dapkekar, A., Oak, M., Paknikar, K. and Rajwade, J. 2018.** Nanocarrier-mediated foliar zinc fertilization influences expression of metal homeostasis related genes in flag leaves and enhances gluten content in durum wheat. **PLoS One**. 13 (1): 1-21.
- Doolette, C. L., Read, T. L., Li, C., Scheckel, K. G., Donner, E., Kopittke, P. M., Schjoerring, J. K. and Lombi, E. 2018.** Foliar application of zinc sulphate and zinc EDTA to wheat leaves differences in mobility, distribution, and speciation. **Journal of Experimental Botany** 69 (18): 4469-4481.
- El-Dahshouri, M. F., El-Fouly, R. K., Khalifa, M. and El-Ghany, H. M. 2017.** Effect of zinc foliar application at different physiological growth stages on yield and quality of wheat under sandy soil conditions. **Agricultural Engineering International** (special issue): 193-200.
- Esfandiari, E., M. Abdoli, S.B. Mousavi and B. Sadeghzadeh. 2016.** Impact of foliar zinc application on agronomic traits and grain quality parameters of wheat grown in zinc deficient soil. **Indian Journal of Plant Physiology** 21 (3):263-270.
- FAO. 2019.** Food and Agriculture Organization of United Nations. World food situation, FAO cereal supply and demand brief, 6 December, Available at: <http://www.fao.org/world-foodsituation/csdb/en/>.
- Gholami, B., Noroozi Shahri, F., Mondani, F., Honarmand, S. J. and Saeedi, M. 2018.** Evaluation of some growth indices and grain yield in the wheat in response to urea fertilizer and smoke-water. **Journal of Agricultural Crops Production** 20 (3): 609-626. (In Persian with English Abstract).
- Gonzalez, D., Almendros, P., Obrador, A. and Alvarez, J. M. 2019.** Zinc application in conjunction with urea as a fertilization strategy for improving both nitrogen use efficiency and the zinc biofortification of barley. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 99: 4445-4451.
- Guimaraes, G. G. F., Mulvaney, R. L., Cantarutti, R. B., Teixeira, B. C. and Vergütz, L. 2016.** Value of copper, zinc, and oxidized charcoal for increasing forage efficiency of urea N uptake. **Agriculture, Ecosystems and Environment Journal** 224:157-165.
- Haslett, B. S., Reid, R. J. and Rengel, Z. 2001.** Zinc mobility in wheat: Uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. **Annals of Botany** 87: 379-386.
- Joy, E. J. M., Stein, A. J., Young, S. D., Ander, E. L., Watts, M. J. and Broadley, M. R. 2015.** Zinc enriched fertilizers as a potential public health intervention in Africa. **Plant and Soil** 389: 1-24.
- Louhar, G. 2019.** Growth and yield attributes of wheat crop in response to application of micronutrients. A review. **Journal of Applied and Natural Science** 11 (4): 823 - 829.
- Miner, G. L., Delgado, J. A., Ippolito, J. A., Barbarick, K. A., Stewart, C. E., Manter, D. K., del Grosso, S. J., Halvorson, A. D., Floyd, B. A. and D'Adamo, R. E. 2018.** Influence of long-term nitrogen fertilization on crop and soil micronutrients in a no-till maize cropping system. **Field Crops Research** 228: 170-182.
- Mohammadi, Gh. R., Safarypour, M., Ghobadi, M. A. and Najafi, A. 2016.** The effect of green manure and nitrogen on yield and growth indices of maize. **Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production** 25 (2):105-124. (In Persian with English Abstract).
- Montoya, M., Vallejo, A., Recio, J., Guardia, G. and Alvarez, J. M. 2020.** Zinc-nitrogen interaction effect on wheat biofortification and nutrient use efficiency. **Plant Nutrition and Soil Science** 1-11.
- Mosanna, R. and Behrozyar, E. K. 2015.** Morpho-physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. **Journal on New Biological Reports** 4 (1): 46-50.
- Niyigaba, E., Twizerimana, A., Mugenzi, I., Ngnadong, W. A., Ye, P. Y., Wu, B. M. and Hai, J. B. 2019.** Winter wheat grain quality, zinc and iron concentration acted by a combined foliar spray of zinc and iron fertilizers. **Agronomy** 9:1-18.

- Omidian, A., Siadat, S. A., Naseri, R. and Moradi, M. 2011.** Effect of foliar application of zinc sulphate on grain yield, oil and protein content in four rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences** 14 (1):16-27. (In Persian with English Abstract).
- Ghasal, P. C., Shivay, Y. S., Pooniya, V., Choudhary, M. and Verma, R. K. 2017.** Response of wheat genotypes to zinc fertilization for improving productivity and quality. **Archives of Agronomy and Soil Science** 63 (11): 1597-1612.
- Pascoalino, J. A. L., Thompson, J. A., Wright, G., Franco, F. A., Scheeren, P. L., Pauletti, V., Moraes, M. F. and White, P. J. 2018.** Grain zinc concentrations differ among Brazilian wheat genotypes and respond to zinc and nitrogen supply. **PLoS One** 13 (7): e0199464.
- Phuphong, P., Cakmak, I., Dell, B. and Prom-u-thai, C. 2018.** Effects of foliar application of zinc on grain yield and zinc concentration of rice in farmers' fields. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences** 17 (3): 181-190.
- Rajabi, B. 2014.** The effect of urea foliar application on grain protein and nitrogen remobilization in Sardari wheat ecotypes. M. Sc. Dissertation, University of Kordestan, Iran. (In Persian).
- Rahman, M. Z., Islam, M. R., Karim, M. A. and Islam, M. T. 2014.** Response of wheat to foliar application of urea fertilizer. **Journal of Sylhet Agricultural University**.1 (1): 39-43.
- Ransom, J., Simsek, S., Schatz, B., Eriksmoen, E., Mehring, G. and Mutukwa, I. 2016.** Effect of a post-anthesis foliar application of nitrogen on grain protein and milling and baking quality of spring wheat. **American Journal of Plant Sciences** 7: 2505-2514.
- Rashid, A., Ram, H., Zou, C. Q., Rerkasem, B., Duarte, A. P., Simunji, S., Yazici, A., Guo, S., Rizwan, M., Bal, R. S., Wang, Z., Malik, S. S., Phattarakul, N., Soares de Freitas, R., Lungu, O., Barros, V. L. N. P. and Cakmak, I. 2019.** Effect of zinc-biofortified seeds on grain yield of wheat, rice, and common bean grown in six countries. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** 182 (5): 791-804.
- Sadeghzadeh, B. 2016.** A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 13 (4): 905-927.
- Singh, B. R., Timsina, Y. N., Lind, O. C., Cagno, S. and Janssens, K. 2018.** Zinc and iron concentration as affected by nitrogen fertilization and their localization in wheat grain. **Frontiers in Plant Science** 9 (307): 1-13.
- Sultana, S., Naser, H., Shil, N. C., Akhter, S. and Begum, R. 2016.** Effect of foliar application of zinc on yield of wheat grown by avoiding irrigation at different growth stages. **Bangladesh Journal of Agricultural Research** 41 (2): 323-334.
- Wang, S., Wang, Z.-H., Li, S.-S., Diao, C.-P., Liu, L., Hui, X.-L., Huang, M., Luo, L.-C., He, G., Cao, H.-B., Yu, R. and Malhi, S. S. 2018.** Identification of high-yield and high-Zn wheat cultivars for overcoming yield dilution in dryland cultivation. **European Journal of Agronomy** 101: 57-62.
- Xia, H., Xue, Y., Liu, D., Kong, W., Xue, Y., Tang, Y, Li, J., Li, D. and Mei, P. 2018.** Rational application of fertilizer nitrogen to soil in combination with foliar Zn spraying improved Zn nutritional quality of wheat grains. **Frontiers in Plant Science** 9: 677-690.
- Zain, M., Khan, I., Qadri, R. W. K., Ashraf, U., Hussain, S., Minhas, S., Siddique, A., Jahangir, M. M. and Bashir, M. 2015.** Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. **American Journal of Plant Sciences** 6: 864-869.
- Zhang, Y. Q., Sun, Y. X., Ye, Y. L., Karim, M. R., Xue, Y. F., Yan, P., Meng, Q. F., Cui, Z. L., Cakmak, I., Zhang, F. S. and Zou, C. Q. 2012.** Zinc biofortification of wheat through fertilizer application in different locations of China. **Field Crops Research** 125: 1-7.



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

doi: 10.22124/cr.2021.19270.1655

(Research Article)

Cereal Research
Vol. 10, No. 4, Winter 2021 (299-311)

Study of the effect of foliar nutrition of zinc sulfate and urea on quantitative and qualitative yield of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.)

Vahid Asadzadeh¹ and Ali Sepehri^{2*}

Received: November 15, 2020

Accepted: February 3, 2021

Abstract

To evaluate the effect of foliar nutrition with zinc sulfate and urea solution on growth, yield and yield components of wheat, a factorial experiment was conducted in randomized complete block design with three replications in Robat Karim, Tehran, Iran, in 2018-2019. Experimental factors was included foliar application at four levels (water spray as control, foliar application of zinc sulfate, foliar application of urea and combined application of zinc sulfate and urea) and wheat cultivars at two levels (Pishtaz and Sivand cultivars). The results showed that the interaction of cultivar and foliar application on spike length, 1000-grain weight, number of spikelet per spike, grain yield, harvest index, protein content, zinc content, maximum leaf area index, crop growth rate and total dry matter were significant. In most of the studied traits, combined foliar application of zinc sulfate and urea was superior to individual foliar application as well as water spray. The highest grain yield with 7.5 t/ha was obtained by combined foliar application of zinc sulfate and urea in Pishtaz cultivar and the lowest yield with 4.4 t/ha in Sivand cultivar with no fertilizer treatment. The maximum increase in dry matter and grain yield in combined foliar application of zinc sulfate and urea compared to the control treatment (without fertilizer) were observed in Pishtaz and Sivand cultivars, respectively. In this treatment, the increase in grain protein content in Pishtaz and Sivand cultivars was 27% and 31% and in grain zinc content was 49% and 65%, respectively. In total, Pishtaz cultivar showed more positive response to zinc sulfate and urea foliar application than Sivand cultivar.

Keywords: Dry matter, Fertilizer, Growth indices, Micronutrients, Protein

1. M. Sc. Graduate, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

* Corresponding author: a_sepehri@basu.ac.ir