نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره ۳(۲۷)، ۱۳۹۲، صفحه ۳۱۴-۳۰۱

اثر محلول‌پاشی کلات مس بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم جو

علی قدرتی آزادی[۱]، رضا صدرآبادی حقیقی[۲] و کیومرث بخش کلارستاقی[۳]

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عنصر مس بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم جو، آزمایشی به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه نمونه کشت و صنعت آستان قدس رضوی انجام گرفت. فاکتور اول شامل چهار رقم جو (فصیح، یوسف، ریحان و CB_{17}) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی کلات مس با غلظت یک در هزار در سه سطح (شاهد، محلول‌پاشی در مرحله تورم سنبله و محلول‌پاشی در مراحل تورم سنبله و سنبله‌دهی) بودند. بر اساس نتایج، بین ارقام، با وجود بعضی تفاوت‌ها، در صفاتی نظیر تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، بر اساس نتایج، یک یا دوبار محلول‌پاشی با کلات مس باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گردید. افزایش عملکرد دانه عمدتاً ناشی از افزایش وزن هزار دانه بود و سایر اجزای عملکرد شامل تعداد پنجه بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله و همچنین شاخص برداشت تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار نگرفتند. به طورکلی، به نظر می‌رسد با توجه به نقش عنصر مس در فیزیولوژی گیاهان، به خصوص در گیاه زراعی جو به عنوان یک گیاه حساس به کمبود مس می‌توان با مصرف ترکیبات حاوی مس به صورت محلول‌پاشی به افزایش عملکرد این گیاه در طی فصل رشد کمک کرد.

واژگان کلیدی: جو، سنبله‌دهی، عملکرد دانه، مس، محلول‌پاشی.

Archive of SID

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد

(نگارنده‌ی مسئول) ali_azadi_2010@yahoo.com

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد

دریافت: ۹۲/۲/۳۱

۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد

پذیرش: ۹۲/۱۰/۴

www.SID.ir

مقدمه

جو با نام علمی (*Hordeum vulgare*)، گیاهی یک‌ساله و از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده و اولین غله‌ای است که مورد کشت انسان قرار گرفته است (Tajbakhsh and Pourmirza, 2003). از مصارف این گیاه می‌توان به تامین غذای انسان، دام، مصارف دارویی و صنعتی به خصوص صنایع تخمیری اشاره کرد(Imam, 2004). دامنه سازگاری و پراکنش آن از سایر گیاهان زراعی بیشتر بوده و در مناطق سردسیر و خشک به ویژه خاورمیانه و شمال آفریقا یکی از اصلی‌ترین منابع غذایی انسان به شمار می‌آید (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2010). تولید جهانی جو در سال ۲۰۰۳ معادل ۱۴۱/۵ میلیون تن بوده که از مساحتی معادل ۵۷/۲ میلیون هکتار به دست آمده است (FAO, 2003). میزان سطح زیر کشت جو در ایران در سال زراعی ۸۵ ، نزدیک به یک میلیون و هفتصد هزار هکتار بوده است که از این میزان ۷۰۰ هزار هکتار آن جو آبی و ۹۴۰ هزار هکتار آن به جو دیم اختصاص دارد. آمارها نشان‌دهنده این است که جو از نظر سطح زیر کشت پس از گندم در رتبه دوم کشوری قرار دارد و از این حیث دارای اهمیت می‌باشد. علیرغم وسعت زیاد کشورمان به علت محدودیت‌هایی از قبیل شور و آهکی بودن خاک‌های زراعی، وجود یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب‌های آبیاری و فرسایش خاکی کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف با توجه به نقشی که این عناصر در افزایش عملکرد و بهبود وضعیت کیفی محصولات زراعی دارند، بسیار حایز اهمیت است. در خاک‌های آهکی ایران به علت دارا بودن مقادیر زیاد کربنات کلسیم و pH بالا احتمال کمبود عنصر مس بسیار محتمل است و می‌تواند به عنوان عامل محدودکننده رشد بهینه گیاهان زراعی به شمار آید (Malakouti *et al.*, 2008). تحقیقات انجام شده نشان داده است که کمپلکس‌های مس- هوموس از نظر پایداری متفاوت هستند. در برخی موارد مس به قدری محکم نگه داشته می‌شود که برای گیاه قابل جذب نیست. گیاهان حساس به کمبود مس اغلب، زمانی که در خاک‌های با ماده آلی زیاد رشد می‌کنند، علایم کمبود مس را از خود نشان می‌دهند که علت امر کمی مقدار مس در چنین خاک‌هایی و کمپلکس شدن آن به شکل‌های آلی غیرمحلول غیر قابل استفاده برای گیاه می‌باشد. حلالیت مس ممکن است از طریق کمپلکس شدن مس با ترکیبات مس - هوموس و یا از طریق تشکیل کمپلکس‌های هومیکی غیرمحلول کاهش یابد (Malakouti and Keshavarz, 2005).

نامبیار (Nambiar, 1976) در یک تحقیق بر روی ارقام مختلف گندم که در خاک‌هایی با کمبود مس رشد کرده بودند، نشان داد که عملکرد ماده خشک و دانه گندم در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار کود مس خورده به ترتیب از ۷/۷ و صفر به ۹/۱۰ و ۸/۱۱ گرم در گلدان افزایش پیدا کرده بود. وی نشان داد که در این گونه موارد، تعداد پنجه زیاد، اما به علت عدم تلقیح دانه‌های گرده، عملکرد تا صفر پایین می‌آید. نتایج آزمایشات تاندون (Tandon, 1995) نشان داد که حدود ۳۰ درصد از خاک‌های ایالت کرالا در هند با کمبود مس مواجه هستند. وی با انجام بیش از ۲۵ آزمایش در بیهار هند اعلام نمود که عکس‌العمل گیاهان به مس در ۶۰ درصد موارد مثبت بوده است. وی به نقل از کاتایال و ولک (Katyal and Velk, 1985) اعلام نمود که کمبود مس در گیاهان گسترده‌تر از کمبود مس در خاک‌ها است. وی گزارش نمود که براساس حد بحرانی منظور شده برای مس تنها ۴ درصد از خاک‌های هند دارای کمبود مس هستند در حالی که ۳۰ درصد از نمونه‌های گندم و ۴۰ درصد از نمونه‌های بادام‌زمینی دارای مس کم هستند. مس در گیاهان بیشتر در فعالیت‌های آنزیمی

Archive of SID

www.SID.ir

دخیل است. وجود این عنصر در سیستم‌های آنزیمی اکسیداز - کاتالاز ضروری است. همچنین، این عنصر در واکنش‌های انتقال الکترون سهیم و فعال‌کننده چندین آنزیم می‌باشد (Malakouti and Tehrani, 2000). علاوه بر این، مس تمایل شدیدی به ترکیب با مواد آلی دارد. بنابراین در محلول خاک، در ریشه‌ها و در شیره آوندی ۹۸ تا ۹۹ درصد از مس به صورت کمپلکس با مواد آلی و به ویژه آمینواسیدها دیده می‌شود (Marschner, 1995).

مس در فرآیندهایی نظیر فتوسنتز، تنفس، توزیع کربوهیدرات‌ها، تثبیت همزیستی نیتروژن، متابولیسم پروتئین‌ها و متابولیسم دیواره سلولی یا لیگنین سازی اهمیت دارد. این فرآیندها توسط پروتئین‌های حاوی مس کنترل می‌گردد (Prasad and Power, 1997). مس علاوه بر تأثیر بر رشد رویشی، بر رشد زایشی و در نتیجه بر عملکرد دانه اثر دارد. اثر کمبود مس بر رشد زایشی بیش از رشد رویشی است. علت امر را علاوه بر دوام گرده به عواملی مانند فقدان نشاسته در گرده و جلوگیری از آزاد شدن آن از تخمدان و در نتیجه صدمه به چوبی شدن دیواره سلولی پرچم نسبت می‌دهند. علاوه بر این رشد غیرمعمول لوله گرده و میکروسپور ناشی از کمبود مس نیز از عوامل عقیمی هستند. کمبود مس در تشکیل دانه، بذر و میوه تأثیر گذاشته، موجب کاهش عملکرد می‌گردد. اما رشد بعدی دانه تحت تأثیر وضعیت تغذیه‌ای مس قرار نمی‌گیرد. این موضوع اهمیت وجود مس کافی را در طی مراحل تلقیح برای دستیابی به عملکرد مناسب دانه و میوه تشریح می‌کند (Hill *et al*., 1979). تقریباً ۷۰ درصد مس گیاه در کلروپلاست‌ها یافت می‌شود (Alturkci and Helal, 2004). به همین دلیل، علایم کمبود آن ابتدا در اندام‌های جوان‌تر گیاه مشاهده می‌گردد. نشانه‌های کمبود مس در غلات، ابتدا در برگ‌ها ظاهر می‌شود. در این حالت نوک ساقه سفید، برگ‌ها باریک و پیچیده و فاصله بین گره‌ها کوتاه‌تر از حالت عادی است. زردی عمومی گیاه، سوختگی و پیچیدگی نوک برگ‌ها و ظهور رنگ سبز کم‌رنگ در برگ‌های جوان نیز دیده می‌شود. با تشدید کمبود، رشد گیاه سریع‌تر شده و ممکن است به حدی برسد که بر روی گل دادن و تلقیح اثر گذارد و گیاه نتواند سنبله تولید کند و یا سنبله تشکیل ولی دانه تشکیل نشود و انتهای سنبله‌ها از دانه خالی بماند. افزایش تعداد پنجه در غلات و ریشه‌های جانبی در دو لپه‌ای‌ها از علایم ثانویه کمبود مس است (Bergmann, 1992). محلول‌پاشی در طول مرحله زایشی، در اثر رقابتی که برای جذب کربوهیدرات‌ها بین اندام‌های زایشی و ریشه‌ها در گیاهان به‌وجود می‌آید از فعالیت ریشه‌ها کاسته و در نتیجه جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف می‌تواند این رقابت به‌وجود آمده را کاهش دهد (Malakouti and Tehrani, 2000). از طرف دیگر، در غلات تحت شرایط خشک در زمان گل‌دهی که ریشه‌ها برای جذب عناصر کم‌مصرف فعالیت زیادی ندارند، محلول‌پاشی در این مرحله باعث افزایش کیفیت دانه می‌شود (Kent and Evers, 1994). محلول‌پاشی عناصرغذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف همچون آهن، روی، منگنز، مس و بور در شرایط خاک‌های ایران به علت برطرف نمودن سریع کمبود، آسان‌شدن نحوه مصرف کود، جلوگیری از تثبیت این عناصر در خاک، مناسب‌تر و مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. با محلول‌پاشی کودهای مایع، رشد رویشی، عملکرد و کیفیت محصول ارتقاء یافته، مصرف کودهای شیمیایی در خاک و اثرات متعاقب این مصرف که شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک است کاهش می‌یابد که این موضوع یکی از

Archive of SID

www.SID.ir

مهم‌ترین مباحث در کشاورزی پایدار می‌باشد (Baybordi *et al*., 2000).

با توجه به اهمیت مس در گیاهان زراعی و به خصوص غلات و اینکه اطلاع کافی از مقدار و نحوه مصرف این عنصر در رقم‌های جدید جو در دست نیست آزمایش فعلی به مورد اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱ – ۱۳۹۰ در مزرعه کشت و صنعت نمونه آستان قدس رضوی واقع در ۱۷ کیلومتری جاده مشهد – سرخس اجرا شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۵۲ متر می‌باشد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بر این اساس خاک دارای بافت سنگین و مواد آلی و نیتروژن کم، فسفر و پتاسیم متوسط بدون محدودیت شوری بوده است. با توجه به مطالعات انجام شده توسط ملکوتی و طهرانی (Malakouti and Tehrani, 2005) و براساس جدول تجزیه خاک میزان عناصر ریزمغذی در خاک محل آزمایش در محدوده کمبود تا نزدیک به متوسط قرار دارد. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مرحله اجرا در آمد. عامل‌های آزمایش شامل چهار رقم جو به نام‌های فصیح، یوسف، ریحان و CB_{17} و سه سطح کودی شامل شاهد، محلول‌پاشی یک‌بار کلات مس در مرحله تورم سنبله و محلول‌پاشی دوبار کلات مس در مرحله تورم سنبله و سنبله‌دهی بود. محلول‌پاشی با استفاده از کود کلات مس ۱۵ درصد شرکت سپهر پارمیس برابر با هر تیمار و به غلظت یک در هزار توسط سم‌پاش پشتی - دستی در صبح زود انجام گرفت. معیار برای هر یک از مراحل محلول‌پاشی وارد شدن ۵۰ درصد از گیاهان به مرحله فوق بود. کشت در اواخر مهرماه سال ۱۳۹۰ با تعداد ۱۲ کرت در هر بلوک و ابعاد هر کرت ۷ در ۱/۲ متر انجام شد. هر کرت شامل ۶ ردیف و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. هر کرت دارای ۲ پشته بود و روی هر پشته ۳ ردیف جو کشت گردید. همچنین، برای آبیاری کرت‌ها فاروهایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر به‌طور ردیفی ایجاد شد. از علف‌کش توفوردی نیز برای کنترل پهن‌برگ‌ها به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در اواخر اسفندماه استفاده گردید. در این بررسی صفاتی مانند پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، طول سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت مورد مطالعه قرار گرفت. در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۱ برداشت به صورت کف‌بر و پس از حذف یک خط حاشیه پلات و ۰/۵ متر از طرفین انجام گرفت. صفت پنجه بارور نیز در مرحله پر شدن دانه‌ها از یک متر مربع در هر کرت و تعداد سنبله‌های بارور و غیر بارور جدا و شمارش شد. ارتفاع بوته و طول سنبله (۲۰ بوته با انتخاب تصادفی) با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در سنبله (۲۰ بوته با انتخاب تصادفی) و وزن هزار دانه شمارش و محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و دانه کل نمونه برداشت شده از یک کرت توزین و سپس اقدام به جدا کردن دانه و تعیین عملکرد دانه شد. بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک بر اساس درصد محاسبه شد.

جهت تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری MSTATC استفاده گردید. میانگین تیمارها به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

تعداد پنجه بارور

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر روی تعداد پنجه بارور معنی‌دار بود، اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تعداد پنجه بارور ارقام نشان داد که بیشترین تعداد پنجه بارور در متر مربع متعلق به رقم جدید CB_{17} و کمترین آن نیز به ترتیب متعلق به ارقام فصیح و یوسف بود. رقم ریحان حد واسط بین ارقام CB_{17}، فصیح و یوسف قرار گرفت. تعداد پنجه بارور در رقم CB_{17} به ترتیب به میزان ۲۷، ۲۰/۶ و ۱۵/۸ درصد از ارقام فصیح، یوسف و ریحان بیشتر بود (جدول ۳). کریمیان و یثربی (Karimian and Yasrebi, 2005) بیان کردند که تعداد پنجه در هر بوته بیشتر یک خصوصیت توارثی بوده ولی با این حال متاثر از شرایط اولیه استقرار گیاهچه است. محسنی و همکاران (Mohseni *et al*., 2004) نیز اعلام نمودند که تفاوت نسبی موجود در ارقام مورد بررسی از نظر تعداد پنجه گویای اثرات عوامل محیطی از جمله سرمای آغاز فصل رشد و در دسترس بودن منابع رشد به ویژه رطوبت و موادغذایی برای حصول جوانه‌زنی و سبز شدن و تولید آغازه‌های ساقه فرعی در ارقام جو است. مقایسه میانگین‌های تعداد پنجه بارور در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که هر چند بین تیمارهای محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما کمترین تعداد پنجه بارور در متر مربع متعلق به تیمار شاهد و بیشترین آن متعلق به تیمار دوبار محلول‌پاشی با کلات مس بود. تعداد پنجه بارور در تیمار شاهد به ترتیب به مقدار ۸/۹ و ۱۰/۴ درصد از یک و دوبار محلول‌پاشی کمتر بود (جدول ۴). نتایج مشابه با این آزمایش توسط بای‌بوردی و ملکوتی (Baybordi and Malakouti, 2003) به دست آمد، آنان بیان کردند که با مصرف سولفات مس تعداد سنبله در واحد سطح افزایش معنی‌داری نموده، ولی بین سطوح کودی از نظر تأثیر بر میزان سنبله در واحد سطح اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

تعداد دانه در سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم روی این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در سنبله چهار رقم جو نشان داد که حداکثر تعداد دانه در سنبله مربوط به رقم یوسف با میانگین ۵۷/۷ بود. بعد از آن ارقام فصیح، ریحان و CB_{17} به ترتیب با ۳/۳، ۶/۶ و ۱۱/۵ تعداد دانه کمتر بعد از رقم یوسف قرار گرفتند (جدول ۳). تعداد دانه در سنبله دومین جزء عملکرد دانه در جو محسوب می‌شود. در گزارش‌های متعددی که توسط فتحی و همکاران (Fathi *et al*., 2002) ارایه شده این مؤلفه را تا حدودی جزء ثابت عملکرد دانه دانسته‌اند، با این حال شرایط محیطی و زراعی بر پتانسیل آن تأثیر دارد. مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در سنبله در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی علیرغم آن که در بین سه تیمار محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله متعلق به تیمار یک‌بار محلول‌پاشی و کمترین آن متعلق به تیمار شاهد می‌باشد. تیمار دوبار محلول‌پاشی حد واسط دو تیمار یک‌بار محلول‌پاشی و شاهد قرار گرفت (جدول ۴). بوترنیا و همکاران (Butorina *et al*., 1991) ملاحظه کردند که افزایش عملکرد دانه به‌وسیله محلول‌پاشی در مرحله سنبله رفتن گندم به دست آمد و با افزایش مصرف کودهای ریزمغذی عملکرد دانه در گیاه و تعداد دانه در سنبله افزایش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد روی ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل آن بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته در چهار رقم جو نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته متعلق به رقم فصیح و کمترین آن به رقم یوسف تعلق داشت. ارتفاع بوته در رقم فصیح به ترتیب ۹۰، ۵/۱ و ۴/۶ سانتی‌متر از ارقام یوسف، ریحان و CB_{17} بیشتر بود (جدول ۳). بهره‌ور و همکاران (Bahrehvar *et al*., 2005) بیان نمودند که ارتفاع بوته عمدتاً یک صفت ژنتیکی است و به طور نسبی از پایداری برخوردار است، با این حال عوامل محیطی به ویژه نور بر آن اثر قابل ملاحظه‌ای دارد. المجید و همکاران (El-Magid *et al*., 2000) با بررسی اثرات برگ‌پاشی ریزمغذی‌ها بر عملکرد و کیفیت گندم در خاک‌های رسی مصر نتیجه گرفتند که برگ‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز ارتفاع بوته را افزایش داد، ولی مس اثر کمتری بر این صفت داشت. مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین ارتفاع در تیمار شاهد به دست آمد و کمترین ارتفاع متعلق به تیمار یک‌بار محلول‌پاشی حاصل شد. تیمار شاهد به ترتیب به مقدار ۱۰ و ۵ میلی‌متر نسبت به تیمارهای یک و دوبار محلول‌پاشی بلندتر بود (جدول ۴). ضیائیان (Ziaeyian, 2006) نیز عدم اثر معنی‌دار بودن مصرف عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته را گزارش کرد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و محلول‌پاشی روی وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های وزن هزار دانه در ارقام جو نشان داد که رقم یوسف با میانگین وزنی ۴۹/۲ گرم دارای بیشترین مقدار وزن هزار دانه نسبت به سایر ارقام می‌باشد. کمترین وزن هزار دانه نیز متعلق به رقم فصیح با میانگین وزنی ۴۰/۵ گرم بود. همچنین، ارقام CB_{17} و ریحان به ترتیب با میانگین وزنی ۴۴ و ۴۳/۹ گرم ارقام حد واسط دو رقم یوسف و فصیح بودند (جدول ۳). یکی از دلایل افزایش عملکرد در ارقام مختلف افزایش وزن دانه در سنبله این ارقام می‌باشد (Shalchian Tabrizi, 2008). در همین ارتباط بوته و همکاران (Boote *et al*., 1978) گزارش کردند که بین عملکرد و وزن دانه گندم یک ارتباط مثبت وجود دارد. مقایسه میانگین‌های وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد و بیشترین آن نیز به دوبار محلول‌پاشی با کلات مس تعلق داشت. تیمار یک‌بار محلول‌پاشی، تیمار حد واسط این مقایسه بود. در تیمار دوبار محلول‌پاشی میانگین وزن هزار دانه به ترتیب ۶/۳ و ۳/۵ گرم از تیمار شاهد و یک‌بار محلول‌پاشی بیشتر بود (جدول ۴). لونگنکر و همکاران (Longnecker *et al*., 1993) نیز گزارش نمودند که مصرف سولفات مس باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گندم در شرایط شور گردیده است که این نتایج با پژوهش انجام شده هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج تحقیقات ملکوتی و نفیسی (Malakouti and Nafisi, 1994) نشان داد که مصرف عناصر کم‌مصرف باعث اثر معنی‌دار بر روی وزن هزار دانه شده است. با توجه به نتایج حاصله، آنان عنوان نمودند که وجود مواد ریزمغذی در اندام‌های گیاهی به اندازه کافی و انتقال آن به دانه باعث افزایش وزن دانه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

طول سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم بر روی طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های طول سنبله در ارقام جو نشان داد که حداکثر طول سنبله با میانگین ۶۹ میلی‌متر متعلق به رقم یوسف و کمترین آن با میانگین ۵۵ میلی‌متر متعلق به رقم ریحان می‌باشد. همچنین، میانگین طول سنبله در دو رقم فصیح و CB_{17} به طور مشترک ۶۷ میلی‌متر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های طول سنبله در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که علیرغم آن که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما بیشترین طول سنبله مربوط به تیمار یک و دوبار محلول‌پاشی با میانگین مشترک ۶۵ میلی‌متر بود که به میزان ۲ میلی‌متر از میانگین تیمار شاهد بیشتر بود (جدول ۴). در همین رابطه، نتایج آزمایش‌های افضلی‌فر و همکاران (Afzalifar *et al*., 2011) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال افزایش طول سنبله در ژنوتیپ‌های جو باعث افزایش عملکرد دانه شد، ولی این موضوع در تمام شرایط صادق نیست به خصوص در شرایطی که دوره پس از گلدهی همراه با تنش‌های محیطی باشد. در نتیجه با وجود سنبله‌های بلند، به دلیل چروکیدگی زیاد دانه‌ها، عملکرد دانه پایین می‌آید (Tomer and Orasad, 1988).

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود، اما اثر رقم و همچنین اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که در تیمار دوبار محلول‌پاشی توسط کلات مس بیشترین عملکرد بیولوژیک به دست آمد. عملکرد در تیمار اخیر نسبت به تیمار شاهد که دارای کمترین عملکرد بیولوژیک بوده ۱۹/۲ درصد بیشتر بود. همچنین تیمار یک‌بار محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد به میزان ۹/۳ درصد عملکرد بیولوژیک بیشتری داشت (جدول ۴). نتایج محصلی (Mohasseli, 2003) نشان داد که تأثیر کاربرد مس بر وزن ماده خشک معنی‌دار می‌باشد. او بیان کرد که کاربرد ۲/۵ میکروگرم مس در هر گرم خاک باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزن ماده خشک گندم گردیده است. کومار و همکاران (Kumar *et al*., 1990) نیز دارای نتایج مشابه‌ای می‌باشند. آنان نشان دادند که مصرف ۵ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم خاک سبب افزایش وزن ماده خشک ساقه و ریشه در گندم می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود، اما اثر رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). عملکرد دانه در جو همانند سایر گیاهان زراعی صفتی بسیار پیچیده است که تابع بسیاری از عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشد. با وجود آن که عملکرد دانه جو تحت تأثیر غیرمستقیم صفات مختلف مرفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک می‌باشد، با این حال با تاکید بیشتر بر ویژگی‌های مورفولوژیک، می‌توان آن را تابعی از سه عامل اصلی تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه دانست. این سه جزء به صورت انتوژنیک (Ontogenic) روی عملکرد دانه اثر می‌گذارند، بدین معنی که این اجزاء به طور همزمان ظهور نمی‌کنند و اجزایی که زودتر ظاهر می‌شوند سایر اجزاء را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (Sinebo, 2002). مقایسه میانگین‌های

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد دانه در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که کمترین عملکرد متعلق به تیمار شاهد و بیشترین عملکرد به تیمار دوبار محلول‌پاشی تعلق داشت. در تیمار دوبار محلول‌پاشی عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۸۴۸ و ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از تیمار شاهد و یک‌بار محلول‌پاشی بود (جدول ۴). تیلز و آلووی (Tills and Alloway, 1983) گزارش کردند که مصرف یک و پنج کیلوگرم مس در هکتار، به ترتیب سبب افزایش عملکرد دانه جو به میزان ۱۵/۶ و ۲۱ درصد شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. آزمایش‌های کارامانوس و همکاران (Karamanos *et al*., 1986) نیز نشان داد که افزودن ۵ کیلوگرم مس در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات رقم و محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر روی صفت شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). سیکرلی (Ceccarelli, 1987) معتقد بود که افزایش عملکرد غلات دانه‌ریز به طور عمده به علت افزایش شاخص برداشت است. رابسون و همکاران (Robson et al., 1984) بیان کردند که با مصرف عناصر ریزمغذی بیش از آن که بیوماس افزایش یابد بر عملکرد دانه افزوده شد و در نهایت به ارتقای شاخص برداشت منجر شد.

با توجه به نتایج و بررسی‌های انجام گرفته، ارقام جو از لحاظ ژنتیکی نزدیک به هم و عکس‌العمل یکسانی را نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی از خود نشان دادند. همچنین، چون هدف از این آزمایش تنها بررسی اثر یک عنصر مس در مرحله سنبله‌دهی گیاه جو بود، می‌توان استنباط نمود که اثرات متقابل رقم در محلول‌پاشی در کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار نباشد.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این آزمایش یک‌بار محلول‌پاشی مس در مرحله تورم سنبله‌ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد ارقام جو گردد. هر چند دو مرحله محلول‌پاشی باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد کاه و شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد و یک‌بار محلول‌پاشی می‌شود اما تفاوت‌ها در میزان صفات فوق با یک‌بار محلول‌پاشی معنی‌دار نبود. ارقام جو مورد استفاده در این آزمایش عکس‌العمل یکسانی را نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی از خود نشان دادند، همچنین عملکرد ارقام با وجود تفاوت‌هایی در اجزای عملکرد نظیر تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the experimental site

عمق depth Cm	pH	هدایت الکتریکی EC Ds/m	سدیم SP %	مواد خنثی T.N.T %	نیتروژن N %	فسفر P mg/kg	پتاسیم K mg/kg	کربن آلی OC %	آهن Fe mg/kg	مس Cu ppm	روی Zn ppm	منگنز Mn ppm	رس Clay %	سیلت Silt %	شن Sand %
0-30	7.51	2.85	40.73	17	0.048	7.4	250	0.68	3	0.73	0.7	6.4	48	20	32

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- جزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 2- Variance analysis of measured traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات								
		پنجه بارور Fertile tiller	تعداد دانه در سنبله No. Seed per spike	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه Thousand seed weight	طول سنبله Panicle length	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Replication	2	123460.1	5.44	17.1	41.60	0.02	69301111.1	45055263.6	8699360.7	63.18
رقم Variety	3	108056.2*	218.77**	123.7*	116.65**	3.56**	37737407.4ns	20495060.1ns	3100707.2ns	9.10ns
محلول‌پاشی Application	2	21560.4ns	10.11ns	3.5ns	119.70**	0.21ns	88017777.7*	39428930.4ns	10528717.9**	42.86ns
رقم×محلول‌پاشی Variety× Application	6	40732.1ns	7.44ns	24.5ns	4.86ns	0.35ns	3602962.9ns	2784777.9ns	395555.6ns	8.56ns
خطا Error	22	30009.9	10.20	34.5	15.53	0.33	22543535.3	16380698.1	1822758.8	19.92
ضریب تغییرات CV (%)		21.69	6.10	7.19	8.87	8.97	18.80	20.04	26.66	22.42

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات در ارقام مختلف جو

Table3- Mean Comparison of traits in various barley varieties

رقم Variety	پنجه بارور Fertile tiller (m^2)	تعداد دانه در سنبله No. Seed per spike	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن هزار دانه Thousand seed weight (gr)	طول سنبله Panicle length (cm)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (ton/he)	عملکرد کاه Straw yield (kg/he)	عملکرد دانه Seed yield (kg/he)	شاخص برداشت Harvest index (%)
یوسف Yousof	753.7b	57.78a	77.39b	49.28a	6.944a	25600	20240	5364	20.78
سی بی CB_{17}	949.1a	46.22d	81.83ab	44.00b	6.722a	28020	22290	5727	20.57
ریحان Reyhan	799.2ab	51.11c	81.33ab	43.94b	5.556b	23580	18860	4721	19.72
فصیح Fasih	692.1b	54.44b	86.44a	40.56b	6.722a	23840	19400	4442	18.56

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

Mean fallowed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's test.

جدول۴ – مقایسه میانگین‌های صفات در مراحل محلول‌پاشی

Table4- Mean Comparison of traits in Steps foliar

مراحل محلول‌پاشی Steps foliar	پنجه بارور Fertile tiller (m^2)	تعداد دانه در سنبله No. Seed per spike	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن هزار دانه Thousand seed weight (gr)	طول سنبله Panicle length (cm)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	عملکرد کاه Straw yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index(%)
عدم محلول‌پاشی No spraying	750.0	51.50	82.29	41.40b	6.333	22680b	18630	4052b	17.75
تورم سنبله Booting	817.3	53.33	81.21	44.24b	6.583	25020ab	19780	5239a	20.71
تورم سنبله و سنبله‌دهی Booting & heading	828.3	52.33	81.75	47.70a	6.542	28080a	22180	5900a	21.27

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

Mean fallowed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's test.

Archive of SID
www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Afzalifar, A., M. Zahravi, and M.R. Bihamta. 2011. Evaluation of tolerant genotypes of barley (*Hordeum spontaneum*) to drought stress in Karaj region, Iran. *Journal of Agronomy*. 1(7): 25-44. (In Persian).
- Alturkci, A., and M. Helal. 2004. Mobilization to Pb, Zn, Cu and Cb, in polluted soil. *Pak. J. Biol. Sci*. 7: 1972-1980.
- Bahrehvar, H., H. Moslemi, and M. Bahmanyar. 2005. Effect of nutrients, iron, zinc, manganese and potassium on yield and yield components of maize. 9th Congress of Soil Science. Tehran. Iran. pp. 268-269. (In Persian).
- Baybordi, A., and M.J. Malakouti. 2003. Effects of iron, manganese, zinc and copper on wheat yield and quality under saline condition. *Journal of Soil and Water Sciences. Iran.* 17(2): 155-156. (In Persian).
- Baybordi, M., M.J. Malakouti, H.A. Mokri, and M. Nafisi. 2000. Fertilizer production and efficiency goals of sustainable agriculture. Agricultural Education Press. Karaj. Iran. 282 pp. (In Persian).
- Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Development, vissual and analytical diagnosis. Gustav Fischer. Verlag Jena. Stuttgard. New York.
- Boote, K.J., R.N. Gallober, W.K. Robertson, K. Hinson, and C. Hammand. 1978. Effect of foliar fertilization an photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybean. *Agron. J.* 70: 701-787.
- Butorina, E.P., A.B. Yogodin, and S. Feofanor. 1991. Effect of foliar application of urea and molybdenum on winter wheat grain yield and quality. *Field Crop Abs.* P: 46.
- Ceccarelli, S. 1987. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. *Euphytica.* 36(1): 265-273.
- El-Magid, A.A.A., R.E. Knany, and H.G.A. El-Fotoh. 2000. Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. *Annals of Agricultural Science Cairo*. 1: 301-313.
- FAO. 2003. Production Yearbook. Rome.
- Fathi, Gh., and M.R. Enayat Gholizadeh. 2010. Effect of low consumption of fertilizers, iron, zinc and copper on growth and yield of barley weather conditions in Khuzestan. *Journal of Specialization Crop Physiology*. 1(1): 34-45. (In Persian).
- Fathi, G., M. Mojedam, S.A. Siadat, and G. Noor mohammadi. 2002. Effect of different levels of nitrogen and cutting time on grain and forage yield of karoon cultivar of barley. *JWSS - Isfahan University of Technology.* 5(4): 97-106. (In Persian).
- Hill, J., A.D. Robson, and J.F. Loneragan. 1979. The effect of copper and nitrogen supply on the distribution of copper in dissected wheat grain. *Aust. J. Agric Res.* 30: 233-237.
- Imam. Y. 2004. Cereal crops. Shiraz University Press. Iran. 188 pp. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

- Karamanos, R.E., G.A. Kruger, and J.W.B. Stewart. 1986. Copper deficiency in cereal and oilseed crops in northern Canadian prairie soils. *Agron. J.* 78: 317-323.
- Karimian, N., and J. Yasrebi. 2005. Yield of wheat in Fars province and its relationship with iron, zinc, copper and manganese in the soil. 9th Congress of Soil Science. Tehran. Iran. pp: 50-51. (In Persian).
- Katyal, J.C., and P.L.G. Velk. 1985. Micronutrient problems in tropical Asia. *Fert. Res.* 7: 69-94.
- Kent, N.L., and A.D. Evers. 1994. Technology of cereals, Fourth Edition. Elsevier Science LTD. Oxford, UK.
- Kumar, V., D.V. Yadav, and D.S. Yadav. 1990. Effects of nitrogen sources and copper levels on yield, nitrogen and copper contents of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil.* 126: 79-83.
- Longnecker, N.E., J. Slater, and A.D. Robson. 1993. Copper supply and the leaf emergence rate of spring wheat. *Plant and Soil*. 155: 457-459.
- Malakouti, M.J., and A. Nafisi. 1994. Fertilization of dry land and irrigated soils. Tarbiat Modaress University. Iran. 341 pp. (In Persian).
- Malakouti, M.J., and M.M. Tehrani. 2000. Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products "micro elements, with a huge impact". No: 2. Tarbiat Modaress University Press. Tehran. Iran. 328 pp. (In Persian).
- Malakouti, M.J., and M. Tehrani. 2005. Role of micronutrients in yield increasing and quality improvement in crops (microelements with high impact). Third edition. Tarbiat Modarres University Publication. 398 pp. (In Persian).
- Malakouti, M.J., and P. Keshavarz. 2005. A Look at the fertility status of Iranian soils (evaluation and utilization). No: 1. Sanaa Press. Tehran. Iran. 514 pp. (In Persian).
- Malakouti, M.J., P. Keshavarz, and N. Karimian. 2008. A comprehensive approach to identify and recommend the best fertilizer for sustainable agriculture. The seventh edition with full review. Tarbiat Modaress University Press. Tehran. Iran. pp. 149-160. (In Persian).
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press.
- Mohasseli, V. 2003. Effects of different levels of copper on growth and chemical composition of wheat variety Falat Staff. Research and Development in Agriculture and Horticulture. Iran. No: 61 pp: 25-31. (In Persian).
- Mohseni, H., A. Ghanbari, A. Mansooji, M. Ramezanpour, and M. Mohseni. 2004. Effects of trace elements boron and zinc on yield maize varieties 647.8th Agriculture congress. University of Guilan. Iran. pp: 437. (In Persian).
- Nambiar, E.K.S. 1976. Genetic differences in the copper nutrition of cereals. I. Differential responses of genotypes to copper. *Aust. J. Agric. Res.* 27:453-463.

Archive of SID

www.SID.ir

- Prasad, R., and J.F. Power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC Press. LTC.
- Robson, A.D., J.F. Loneragan, W. Gartrell, and K. Snowball. 1984. Diagnosis of copper deficiency in wheat by plant analysis. *Australian of Agri. Res.* 35: 347-358.
- Shalchian Tabrizi, M.M. 2008. Effect of different levels of nutrition spraying on yield of wheat cultivars in temperate climates. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University. Mashhad Branch. 79 pp. (In Persian).
- Sinebo, W. 2002. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Sci.* 42: 428-437.
- Tajbakhsh, M., and A.A. Pourmirza. 2003. Cereal crops. Jahad University Press. Urmia. Iran. 312 pp. (In Persian).
- Tandon, H.L.S. 1995. Micronutrients in soils, crops and fertilizers. A sourcebook director. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, India.
- Tills, A.R., and B.J. Alloway. 1983. Subclinical copper deficiency in crops. *J. Sci. Food Agric.* 34: 54-55.
- Tomer, S.B., and G. Orasad. 1988. Path coefficient analysis in barley. *Barley Genet.* Newslet. Vol 18.
- Ziaeyian, A. 2006. Effects of potassium and zinc application on silage corn cultivation. *Journal of Soil and Water Sciences.* 20 (1): 36-37. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir