اثر محلول‌پاشی عنصر مولیبدن بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی گندم در شرایط تنش خشکی در طی فاز زایشی

Effect of molybdenum (Mo) spraying on morphophysiological characteristics of wheat (Triticum aestivum) under drought stress condition

امیرحسین غفاریان[۱]، رضا ضرغامی[۲]، بهنام زند[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین –پیشوا
۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی- کرج
۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران

نویسنده مسوول مکاتبات: Amir_ghaffarian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عنصر مولیبدن بر عملکرد کمی و کیفی گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین اجرا گردید. طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده(اسپلیت پلات) در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح، آبیاری معمول، تنش خفیف (قطع آبیاری در آغاز پر شدن دانه) و تنش شدید (قطع آبیاری در آغاز گلدهی) و کرت‌های فرعی شامل محلول پاشی عنصر مولیبدن در سه سطح (محلول‌پاشی با آب خالص، محلول‌پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۰/۵ درصد (پنج در هزار) و محلول‌پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت یک درصد (۱۰ در هزار) بود. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در طی دوره رشد زایشی تاثیر کاملا معنی‌داری بر عملکرد دانه و اکثر اجزای عملکرد دانه گندم داشت. عملکرد دانه تحت تاثیر تنش خفیف و شدید به‌ترتیب به‌میزان ۱۴/۶٪ و ۲۶/۷٪ کاهش یافت و این کاهش برای هر دو تیمار معنی‌دار بود. کاهش عملکرد دانه در تیمار تنش خفیف عمدتا ناشی از کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه، دوام سطح برگ و تعداد روز تا رسیدگی بود. برای تیمار تنش شدید بخش عمده تاثیر تنش مربوط به کاهش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و تا حد کمتری وزن هزار دانه بود. تیمار تنش شدید سبب افت معنی‌دار حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر سرعت رشد محصول و نیز دوام سطح برگ‌ها گردید. محلول‌پاشی عنصر مولیبدن سبب افزایش عملکرد دانه و بسیاری از اجزای عملکرد گردید. غلظت ۱٪ مولیبدن، وزن هزار دانه، طول پدانکل، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در سنبله را به‌ترتیب به‌میزان ۶/۷٪، ۱۳/۹٪، ۵/۷٪، ۶/۵٪ و ۱۷/۴٪ در مقایسه با شاهد افزایش داد. طول دوره رشد تا رسیدگی نیز در این تیمار به میزان چهار روز افزایش یافت. همچنین محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۱٪ سبب افزایش میانگین عملکرد دانه گندم از ۵۶۹۹ کیلوگرم در هکتار به ۶۰۶۵ کیلوگرم در هکتار گردید. اثر محلول‌پاشی مولیبدن نیز بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. با انجام محلول‌پاشی مولیبدن، درصد پروتئین دانه گندم از ۱۱/۳۷٪ به ۱۲/۴٪ برای غلظت ۰/۵٪ و به ۱۲/۳۴٪ برای غلظت ۱٪ افزایش یافت. بالاترین عملکرد پروتئین از تیمارهای آبیاری معمول همراه با محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵٪ و به‌دنبال آن آبیاری معمول با غلظت ۱٪ به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: گندم، مولیبدن، تنش خشکی، محلول‌پاشی، عملکرد دانه.

مقدمه

کاهش رطوبت خاک در طی فاززایشی به دلایلی نظیر محدودیت منابع آب و رقابت سایر بخش‌های مصرف کننده آب و حتی زیر بخش‌های کشاورزی و همچنین عدم تمایل برخی از کشاورزان به آبیاری در دوره مذکور، ممکن است عملکرد دانه را از طریق تاثیر بر دوره رشد زایشی گیاه که همان محدوده تشکیل و پرشدن دانه‌هاست کاهش می‌دهد (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۷). توجه به اهمیت ویژه اقتصادی گندم و نقش آن در تغذیه جامعه، ایجاب می‌کند تا هرگونه راهکاری برای بهینه کردن سیستم تولید این محصول مورد ارزیابی و کاربرد قرار گیرد. به نظر می‌رسد تولید و معرفی ارقام پرمحصول و متحمل به خشکی آخر فصل و نیز ارقام زودرس یک راهکار موثر است و البته تحقیقات اخیر نشان داده است که راهکار بسیار مفید و کارامد دیگر، توسعه و ترویج مصرف عناصر ریزمغذی است که در تلفیق با کاربرد ارقام اصلاح شده (مانند رقم پارسی که آخرین رقم اصلاح شده و معرفی شده به کشاورزان منطقه مورد مطالعه است و در این آزمایش به‌کار گرفته شد)، نه تنها افزایش محصول را به‌دنبال دارد بلکه امنیت غذایی جامعه را به لحاظ سلامت و غنی‌سازی ترکیبات غذایی حاصل از گندم نیز تامین می نماید (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2004؛ Reynolds and Trethowan, 2007).

قدسی و همکاران (۱۳۸۵) حذف آبیاری در مراحل شیری و خمیری را موجب افزایش کارایی مصرف آب و کاهش عملکرد ماده خشک و دانه ژنوتیپ‌های گندم دانستند و حذف آبیاری در این مراحل را توصیه نکردند. نتایج آزمایش دیگری نشان داد که تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش سرعت، و مدت پرشدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه گردید (Mohammadi *et al.*, 2006).

نقش عناصر ریزمغذی در کشاورزی شامل افزایش تولید در واحد سطح، بهبود کیفیت محصولات (افزایش پروتئین دانه گندم)، افزایش عمر انباری، خوش خوراکی، غنی‌سازی محصولات (افزایش غلظت آهن، منگنز، مس، روی، منیزیم، پتاسیم و...)، تولید بذر با قدرت جوانه‌زنی و رشد بیش‌تر برای کشت‌های بعدی و کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر نیترات و کادمیم در قسمت‌های خوراکی محصول می‌باشد. یکی از نقش‌های مهم مصرف متعادل ریزمغذی‌ها، غنی‌سازی آنهاست زیرا با این روش به‌سهولت می توان سلامتی جامعه را ارتقا داد. با استفاده از عناصر کم مصرف همراه با عناصر پرمصرف علاوه بر افزایش عملکرد دانه می‌توان کیفیت نانوایینان را از سطح فعلی ارتقای داد (ملکوتی و لطف الهی، ۱۳۷۸). عنصر مولیبدن یک ریزمغذی ضروری برای گیاهان است. بسیاری از خاک‌های زراعی جهان از کمبود مولیبدن رنج می‌برند (Liu, 2002b و Xia, 1994). در کشورهایی مانند چین و هند بیش از ۴۴/۷ میلیون هکتار از اراضی زراعی دچار کمبود مولیبدن هستند. مطالعات، حاکی از افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد این عنصر به‌صورت محلول‌پاشی زمانی که در خاک‌های با کمبود مولیبدن کشت شده‌اند، می‌باشد (Abdol El-Samad *et al.*, 2005). مولیبدن به‌ویژه در سازوکارهای مربوط به‌جذب نیتروژن نقش مهمی دارد. یکی از آنزیم‌هایی که نقش کلیدی در سلسله فرآیند های مربوط به‌مصرف نیترات دارد، نیترات ردوکتاز است. شواهد زیادی حاکی از پیچیدگی تنظیم این آنزیم و نقش مولیبدن در میزان فعالیت آن می‌باشد. همچنین، پژوهش‌های متعددی دال بر پاسخ‌های متفاوت این آنزیم همراه با تغییر شرایط محیطی از قبیل خشکی موجود است (Sigel, 2002). برای نمونه فعالیت این آنزیم در برگ به تغییرات وضعیت آبی حساس بوده و زمانی که پتانسیل آبی کاهش می‌یابد فعالیت آنزیم نیز مهار می‌شود.

به‌نظر برخی از محققان این کاهش ناشی از میزان سنتز این آنزیم است که این عامل، مهم‌تر از کاهش فعالیت آنزیم در این شرایط است و به این سبب، مولیبدن می‌تواند نقش موثر و مهمی در کنترل این فعالیت‌ها در شرایط تنش داشته باشد (Deng and Zhang, 2003). از آنجا که مولیبدن در فرآیند تثبیت نیتروژن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است بنابراین توجه به آن ضروری است. ضرورت مصرف مولیبدن اولین بار توسط آرنون و

اتویات (Arnon and Stout, 1939) گزارش شد. مدت کوتاهی بعد، داویس (Davies, 1945) نشان داد که ضایعات برگ‌های تغییر شکل یافته در گل کلم می‌تواند با افزودن مولیبدن به‌خاک رفع شود.

والکر (Walker, 1948) مشاهده کرد که گوجه فرنگی به‌عمل آمده در خاک‌های نوع سرپنتاین دارای کمبود مولیبدن، می‌تواند به‌سرعت از طریق کاربرد سریع مولیبدات به‌صورت مستقیم به خاک و یا با پاشیدن بر روی برگ‌ها و نفوذ از این طریق ترمیم گردد. با کاربرد مولیبدن به‌میزان دو پوند در هر ایکر، افزایش محصول یونجه به‌میزان سه برابر در مقایسه با پلات‌های شاهد مشاهده شد (Anderson, 1942). در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی بر روی عمل مولیبدو آنزیم‌ها در گیاهان، حیوانات و پروکاریوت‌ها ارائه شده است (Mendel and Haensch, 2002; Williams and Frausto da Silva, 2002; Sauer and Frebort, 2003)

مولیبدن برای تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم‌ها ضروری است. کمبود مولیبدن سبب ایجاد گره‌های غیرعادی و کم رشد یافته می‌شود (Marschner, 1995). در یولاف و گندم، کمبود مولیبدن تشکیل مناطق نکروز به روی حاشیه برگ‌ها می‌دهد و دانه‌های این گیاهان به‌صورت ناقص و جمع شده تکامل می‌یابد (Chatterjee and Nautiyal, 2001). عبدآل صمد و همکاران (Abd El-Samad *et al.*, 2005) در بررسی اثر کاربرد مولیبدن بر فعالیت دو آنزیم نیترات ردکتاز و نیتروژنار در گندم تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند که وزن کل ماده خشک و عملکرد نیتروژن به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت.

این کاهش ناشی از اثر تنش در کاهش فعالیت دو آنزیم نیروژنار و نیترات ردکتاز بود. کاربرد مولیبدن سبب افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول، عملکرد کل نیتروژن و محتوای پروتئین، پتاسیم و منیزیم در شرایط تنش شد. این محققان اظهار داشتند که اثر مثبت و معنی‌دار مولیبدن بر فعالیت نیترات ردکتاز و نیتروژناز سبب افزایش سوخت و ساز نیتروژن و افزایش رشد عمومی گیاه گردید. با این حال میزان این اثر مثبت برای نیترات ردکتاز بیش از نیتروژناز بود.

گزارش شده است که مصرف مولیبدن سبب افزایش بیش از دو برابری غلظت یون‌های پتاسیم در مقایسه با تیمار عدم کاربرد مولیبدن گردید. این محققان نتیجه گیری کردند که مولیبدن می‌تواند به‌شکل موثر و معنی‌داری سبب بهبود تحمل گندم به تنش خشکی شود (Mendel and Hansch, 2002).

شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری خاک، تنش کم آبی و آلودگی عناصر سنگین می‌توانند آسیمیلاسیون نیتروژن را در گیاهان به‌شدت تحت تاثیر قرار دهند (Katerji *et al.*, 2000)، این امر ناشی از تاثیر تنش بر فعالیت دو آنزیم نیترات ردکتاز و نیتروژناز می‌باشد به این دلیل مصرف مولیبدن می‌تواند از طریق افزایش فعالیت این آنزیم‌ها خسارت ناشی از تنش را کاهش دهد. به‌عبارت دیگر مولیبدن از طریق افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در آسیمیلاسیون نیترات خاک نقش اساسی داشته و به این سبب عمل مولیبدن ارتباط تنگاتنگی با سوخت و ساز نیتروژن در گیاه دارد که خود اثر مستقیم بر میزان رشد و تولید گیاه دارد (Pollock *et al.*, 2002؛ Hale *et al.*, 2000).

در مطالعه‌ای گزارش شد که کاربرد مولیبدن سبب افزایش میزان ساکاریدها در ریشه‌ها و ساقه گندم گردید. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار وزن کل ماده خشک و عملکرد پروتئین در ریشه‌ها و ساقه‌های گندم گردید که خود ناشی از تاثیر منفی تنش بر کاهش فعالیت دو آنزیم نیتروژناز و نیترات ردکتاز بود. در مطالعه ایشان کاربرد مولیبدن با افزایش فعالیت این دو آنزیم خسارت تنش بر تولید ماده خشک و سوخت و ساز نیتروژن ا دارای کاهش معنی‌داری بود (Lipsett and Simpson, 1973). چاترجی و نایتیال (Chatterjee and Nautiyal, 2001) در بررسی اثر تنش کمبود مولیبدن بر قوه نامیه، قدرت جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه گندم گزارش کردند که کمبود مولیبدن سبب توسعه نقاط نکروزه بر روی برگ‌های گندم گردید و دانه‌های حاصل از بوته‌های مذکور ضعیف و چروکیده بودند. همچنین گزارش شد که کمبود مولیبدن در گیاه گندم موجب

کاهش معنی‌دار حداکثر فعالیت نیترات ردکتاز و افت معنی‌دار شدت سوخت و ساز نیتروژن گردیده خود سبب کاهش معنی‌دار سرعت رشد و شاخص سطح برگ گندم گردید (Yaneva *et al.*, 2000).

هدف از این تحقیق، تعیین اثر عنصر ریزمغذی مولیبدن بر رشد و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم تحت شرایط معمول و تنش کم آبی در دوره رشد زایشی، و همچنین تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف این عنصر برای دستیابی به حداکثر عملکرد گندم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین اجرا گردید. بافت خاک لوم رسی، با اسیدیته ۷/۸ و ظرفیت‌زراعی و نقطه پژمردگی خاک به‌ترتیب ۲۴ و ۶ می باشد. طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح (آبیاری معمول، تنش خفیف (قطع آبیاری در آغاز پر شدن دانه) و تنش شدید (قطع آبیاری در آغاز گل-دهی) و کرت‌های فرعی شامل محلول‌پاشی مولیبدن در سه سطح (محلول‌پاشی با آب خالص، محلول‌پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۰/۵ درصد (پنج در هزار) و محلول‌پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت یک درصد (۱۰ در هزار) بود. زمین محل آزمایش در سال قبل، آیش بود. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. کل کود فسفر و پتاس و یک سوم نیتروژن در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن‌دار در مراحل رشد سریع گندم در دو مرحله ابتدای ساقه (نیمه اسفندماه) و ابتدای ظهور سنبله (دهم فروردین ماه) به‌صورت سرک استفاده شد. کشت در نیمه دوم آبان ماه با استفاده از دستگاه بذرکار تحقیقاتی غلات (وینتر اشتایگر- ساخت آلمان) انجام شد. بذر مورد استفاه رقم اصلاح شده جدید پارسی (سال معرفی ۱۳۸۸) بود. محلول‌پاشی عنصر ریز مغذی مولیبدن در دو نوبت ابتدای ساقه رفتن (ظهور اولین گره در پایین‌ترین قسمت ساقه مصادف با نیمه دوم اسفند ماه) و ابتدای ظهور سنبله (خروج نک ریشک از غلاف برگ پرچمی) انجام شد. محلول‌پاشی (آمونیوم هگزا مولیبدات) در غلظت‌های مورد نظر با استفاده از سمپاش پشتی موتوری به ظرفیت ۱۲ لیتر انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه از دو خط وسط هر کرت آزمایشی پس از حذف نیم-متر از بالا و پایین کرت به‌عنوان اثر حاشیه ای، مساحت باقیمانده (شش مترمربع) جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برداشت شد. اجزای عملکرد (وزن‌هزاردانه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، وزن سنبله، شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی) نیز در انتهای دوره رشد اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه اینفرماتیک ۸۶۰۰ (NIR) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۲۰ گرم آرد کامل که توسط آسیاب چکشی تهیه شده را در محفظه مخصوص دستگاه قرار داده شد. میزان آرد به‌اندازه‌ای بود که صفحه حساس به نور مادون قرمز را کاملا بپوشاند.

با روشن کردن دستگاه، درصد پروتئین بررسی شده و نتایج حاصله ارائه گردید. عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد.

برای تعیین محتوی نسبی آب برگ‌ها (RWC)، تعداد سه برگ از بالاترین برگ‌های هر بوته در میانه روز جدا گردیده و از آن‌ها، دیسک دایره ای هم اندازه جدا شده و سریعا با ترازوی دقیق (هزارم گرم) توزین شد (وزن تر)، سپس نمونه‌ها در آب مقطر قرار گرفته تا به‌طور کامل آماس نمایند. در تمام این مدت ظرف‌ها سربسته و با دمای ثابت بود. پس از خروج از آب مقطر، سطح نمونه ها خشک و توزین شدند (وزن آماس). نمونه‌ها در داخل ظروف آلومینیومی به‌مدت هشت ساعت در خشک کن با دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا وزن خشک آنها به‌دست آمد. با کمک فرمول زیر محتوی نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. TW: وزن آماس DW: وزن خشک FW: وزن تازه

$$RWC=(FW-DW/TW-DW)\times 100$$

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد و میانگین‌های هر صفت، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

به‌جز ارتفاع بوته، طول پدانکل و محتوای نسبی آب برگ، تمامی اجزای عملکرد دانه، تحت تاثیر معنی‌دار تیمار تنش آبیاری قرار گرفتند. این اختلاف برای عملکرد بیولوژیک در سطح آماری پنج درصد اما برای سایر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر محلول‌پاشی مولیبدن بر کلیه صفات مورد بررسی به‌استثنای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. این اثر برای عملکرد پروتئین در سطح آماری پنج درصد و برای سایر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک).

تعداد پنجه بارور

تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد پنجه بارور در واحد سطح گردید.

بروز تنش در آغاز گل‌دهی و نیز تنش در ابتدای پر شدن دانه به‌ترتیب موجب کاهش ۲۸/۸٪ و ۴/۵ درصدی میانگین تعداد پنجه بارور گردید. اختلاف بین دو سطح آبیاری معمول و تنش خفیف معنی‌دار نبود (جدول دو). اگرچه تولید پنجه بیش‌تر صفت مطلوبی به‌حساب می آید اما تنش در آغاز گل‌دهی سبب می‌شود تا اغلب پنجه‌ها هرگز به تولید سنبله و عملکرد نرسند و به این لحاظ تولید آن‌ها برای گیاه سودآور نبوده بلکه ممکن است به‌سبب مصرف مواد فتوسنتزی مضر نیز واقع گردد (Rebetzke *et al.*, 2002). تیمار محلول‌پاشی عنصر مولیبدن در دو مرحله ابتدای ساقه‌دهی و ابتدای پر شدن دانه، سبب افزایش تولید و بارور شدن تعداد بیش‌تری از پنجه‌ها گردید. تعداد پنجه بارور از ۳۹۷/۶ عدد در تیمار محلول‌پاشی با آب خالص به ۴۱۳/۳ و ۴۲۳/۳ عدد به‌ترتیب برای محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ و ۱٪ مولیبدن افزایش یافت. با این حال اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نبود. کاک ماک (Cakmak, 2000) گزارش نمود که تحت کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها کاهش یافته و حساسیت به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. میزان تاثیرگذاری مولیبدن در بهبود خسارت ناشی از تنش برای تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و در غلظت ۰/۵٪ محسوس‌تر بود.

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله برای هر دو سطح تنش خفیف و شدید، کاهش یافت به‌گونه‌ای که این تعداد از ۴۰/۲ عدد برای آبیاری معمول، با بیش از ۱۱٪ افت، به ۳۵/۷ عدد در تیمار تنش خفیف رسید. در تیمار تنش شدید این تعداد به ۲۶/۹ عدد رسید که کاهشی معادل ۳۳٪ را در مقایسه با شاهد نشان داد. افت شدید میانگین تعداد دانه در شرایط قطع آبیاری در آغاز گل‌دهی، ناشی از تاثیر کم‌آبی بر فرایند تلقیح بذور می‌باشد که نتیجه آن در مراحل بعدی غیرقابل جبران بود. با این حال قطع آبیاری در ابتدای پر شدن دانه تاثیری بر تعداد دانه نداشت و کاهش معنی‌دار این صفت در تیمار مذکور عمدتا ناشی از ریزش دانه‌ها در اثر خشک شدن سریع سنبله بود.کاهش تعداد دانه‌های تشکیل شده، ناشی از عدم باروری اولین و دومین گلچه درون هر سنبلچه می‌باشد و تنش آبی، تعداد دانه تشکیل شده در ناحیه پائینی و بالایی سنبله را کاهش می‌دهد (Duggan, 2000). هر دو غلظت محلول‌پاشی مولیبدن، سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله شدند. اما اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت ۰/۵٪ و ۱٪ وجود نداشت. نقش کمکی عنصر مولیبدن در بهبود و افزایش تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش شدید، پررنگ‌تر بوده و شیب افزایش، به‌ویژه برای غلظت اول محلول‌پاشی مولیبدن قابل ملاحظه بود. در واقع افزایش تعداد دانه بر اثر مصرف ریزمغذی مولیبدن با غلظت ۰/۵٪ ، در تیمارآبیاری معمول معادل ۸/۷ درصد (از ۳۷/۷ عدد به ۴۱ عدد) و در تیمار تنش شدید معادل ۳۷/۵ درصد (از ۲۱/۳ عدد به ۲۹/۳ عدد) بود. این امر می‌تواند بیانگر نقش جبران‌کننده و موثر مولیبدن در غلظت‌های پایین،

برای جلوگیری از افت شدید عملکرد در شرایط تنش باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات تعداد پنجه بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله ، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوای نسبی آب برگ، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین.

Table1. Analysis of variance for No. of fertile tiller. m^2, no. of grain per spike, TKW, grain yield, biological yield, leaf RWC, protein percentage and protein yield

			M.S میانگین مربعات			
S.O.V	منابع تغییرات	درجه‌آزادی df	تعدادپنجه بارور fertile tiller.m^2	تعداد دانه در سنبله grain per spike	وزن هزاردانه TGW	عملکرد دانه Grain yield
replication	تکرار	2	0.7	0.925	0.775	456790
irrigation	آبیاری	2	35927.3**	413.37**	287.44**	9119188**
Error a	خطای الف	4	18.92	6.314	7.555	411917.3
Foliar	محلول‌پاشی	2	1520.18*	74.481*	13.76*	598891.4*
a * b	اثر متقابل	4	99.2**	9.537*	6.39	198124.4ns
Error b	خطای ب	12	10.62	1.852	1.240	1179652
C.V	ضریب تغییرات		7.9	13.9	12.9	13.9

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ و۱٪ و ns فاقد اختلاف معنی‌دار

*ns, * and ** non significant, significant at 5% and 1% respectively.*

ادامه جدول ۱-

Continue table 1.

			M.S میانگین مربعات			
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	محتوای نسبی آب برگ Leaf RWC	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield
replication	تکرار	2	2641284.8	16.898	0.073	17440.3
irrigation	آبیاری	2	2641284*	8.231 ns	14.59**	12790**
Error a	خطای الف	4	2290830	25.87	0.10	6968.4
Foliar	محلولپاشی	2	227400 ns	50.731*	3.04**	31209**
a * b	اثر متقابل	4	302136 ns	1.87 ns	0.55*	987.5 ns
Error b	خطای ب	12	1307733.9	1.324	0.11	1347.6
C.V	ضریب تغییرات		17.6	12.6	5.2	12.7

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ ٪ و۱٪ و ns فاقد اختلاف معنی دار

*Ns, * and ** non significant, significant at 5% and 1% respectively*

وزن هزار دانه

کاهش وزن هزار دانه در هر دو تیمار تنش خفیف و شدید مشاهده شد با این حال شدت این کاهش برای دو سطح تنش کاملا متفاوت بود. میانگین وزن هزار دانه از۴۳/۷ گرم برای تیمار آبیاری معمول به ۳۲/۴ گرم برای تیمار تنش شدید کاهش یافت (۲۵/۸٪ کاهش). این میزان برای تیمار تنش خفیف با ۱۰/۳ درصد کاهش به ۳۹/۲ گرم رسید. آقایی‌سربرزه و همکاران، (۱۳۸۷) نیز کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه را در نتیجه بروز تنش خشکی در زمان گل‌دهی گزارش کردند. همچنین گزارش‌های متعددی حاکی از افزایش وزن هزار دانه با انجام آبیاری به‌ویژه در دوره پر شدن دانه از طریق افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌باشد (Shafazadeh *et al.*, 2004؛ Trethowan and Reynolds, 2007). اثر محلول‌پاشی مولیبدن بر وزن هزار دانه در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. محلول‌پاشی در غلظت یک درصد سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید اما تفاوت آن با غلظت

٪۰/۵ معنی‌دار نبود. همچنین، اختلاف بین غلظت ٪۰/۵ و آب خالص وجود نداشت.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر معنی‌دار رژیم‌های آبیاری قرار گرفت. تنش شدید، باعث کاهش ۱۳ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شد. در واقع در این تیمار گیاه به‌خاطر تطابق با شرایط تنش، اولا تعدادی از پنجه‌های بالقوه خود را از عدم تلقیح آن‌ها قربانی نمود و ثانیا با کوتاه کردن طول دوره رشد زایشی جهت فرار از تنش، فرصت فتوسنتز و رشد بیش‌تر را از دست داد که در نهایت سبب کاهش رشد زایشی گیاه در کنار تعداد پنجه کم‌تر و تعداد دانه کم‌تر در سنبله‌ها گردید. اثر غلظت ٪۰/۵ بر این صفت معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی مولیبدن سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شد اما این افزایش برای هیچ یک از دو غلظت محلول‌پاشی معنی‌دار نشد. محلول‌پاشی سبب افزایش سرعت رشد عمومی بوته‌ها و تسریع در ورود به فاز زایشی گردید که از سوی دیگر با اثر تنش بر کوتاه کردن طول دوره زایشی همراه بود و این دو عامل هم‌زمان سبب شد تا در تیمارهای تنش شدید، مولیبدن تنها از افت شدید عملکرددانه و بیولوژیک جلوگیری نماید.

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، محتوای نسبی آب برگ، میزان پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

Table 2. mean comparisons for no. of fertile tiller .m^2, no. of grain per spike, TGW, grain yield, biological yield, leaf RWC, protein percentage and protein yield

Treatment	تیمار	تعدادپنجه بارور fertile tiller (N.o)	تعداد دانه در سنبله Grain per spike (N.o)	وزن هزاردانه TGW (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha)
		irrigation	آبیاری		
Normal irrigation	آبیاری معمول	457.8 a	40.2 a	43.7 a	6865 a
Light stress	تنش خفیف	437 b	35.7 b	32.4 c	5859 b
Severe stress	تنش شدید	339.4 c	26.9 c	39.2 b	5029 c
		Foliar	محلول‌پاشی		
Pure water	آب خالص	397.6 b	31 b	37.3 b	5699 b
0.5%concentration	غلظت ٪۰/۵	413.3 a	35.3 a	38.2 ab	5989 a
1%concentration	غلظت ٪۱	423.3 a	36.4 a	39.8 a	6065 a

میانگین‌های مندرج در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean with similar letters in each column are not significantly different at 5% level.

ادامه جدول ۲-

Continue table 2.

Treatment	تیمار	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.h)	محتوای نسبی آب برگ Leaf RWC (٪)	پروتئین دانه Protein percentage (٪)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg.h)
		irrigation	آبیاری		
Normal irrigation	آبیاری معمول	15390 a	65.00 a	10.88 c	747.3 a
Light stress	تنش خفیف	14500 a	63.22 a	11.83 b	694.4 b
Severe stress	تنش شدید	13390 b	64.72 a	13.40 a	674.3 b
		Foliar	محلول‌پاشی		
Pure water	آب خالص	14070 a	62.89 b	11.37 b	637.5 b
0.5%concentration	غلظت ٪۰/۵	14580 a	67.06 a	12.40 a	735.8 a
1%concentration	غلظت ٪۱	14370 a	63.00 b	12.34 a	724.8 a

میانگین‌های مندرج در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean with similar letters in each column are not significantly different at 5% level.

عملکرد دانه

تیمار قطع آبیاری در ابتدای گل‌دهی با ۵۰۲۹ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش ۲۶/۷ درصدی میانگین عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری معمول شد و کم‌ترین میزان این صفت را دارا بود. اختلاف بین دو تیمار تنش خفیف و شدید نیز معنی‌دار بود و نشان داد که با وجود آن‌که هر دو تیمار مذکور بیانگر قطع آبیاری در طی دوره رشد زایشی گیاه است اما شدت خسارت وارده به عملکرد دانه گندم کاملا متفاوت بوده و آن دسته از اجزای عملکرد که در هر یک از دو شرایط تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرند، متفاوتند.

بسیاری از محققان کاهش طول دوره پر شدن دانه را عامل اصلی کاهش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش در طی دوره زایشی، دانسته‌اند (Kobota, *et al.*, 1999 ؛ Mogensen, *et al.*, 1992). آن‌چه مشخص است این است که تعیین عامل اصلی و بحرانی در کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به مرحله و زمان بروز تنش و نیز شدت تنش بستگی داشته و تفاوت در گزارشات ارایه شده، معلول این امر می‌باشد. در مطالعه اخیر کاهش عملکرددانه با کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه، کاهش وزن-هزاردانه و نیز کاهش تعداد دانه در سنبله اصلی همراه بود. از سوی دیگر محلول‌پاشی مولیبدن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه از ۵۶۹۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۵۹۸۹ کیلوگرم در هکتار برای غلظت ۰/۵٪ و ۶۰۶۵ کیلوگرم در هکتار برای غلظت ۱٪ گردید که به‌ترتیب بیانگر افزایشی معادل ۵/۱ درصد و ۶/۴ درصد در اثر محلول‌پاشی مولیبدن بود. اختلاف بین دو غلظت مولیبدن معنی‌دار نبود. جذب و تبدیل نیترات به نیتروژن آلی نیاز به شرکت چندین آنزیم دارد. نیترات به‌وسیله آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و نیتریت ردوکتاز به آمونیوم تبدیل می‌شود. سپس آمونیوم توسط گلوتامین سنتتاز وارد آمینواسیدها، گلوتامین و سایر آمینواسیدها می‌شود. نیتروژن نیتراتی پس از جذب توسط آنزیم نیترات ردوکتاز (که می‌تواند وابسته به فتوسنتز یا تنفس باشد) به نیتریت تبدیل می‌شود. در ادامه نیتریت طی مراحلی در سیتوپلاسم یا کلروپلاست به آمونیوم تبدیل می‌گردد و سپس با اسکلت کربنی (اسید آلفا کتوگلوتامیک) ترکیب و نخستین اسیدآمینه یعنی اسید گلوتامیک ساخته می‌شود (الفتی چیرانی و همکاران،۱۳۸۷). نقصان در فعالیت هر کدام از آنزیم‌ها یا عوامل موثر برای این فرآیند سبب تجمع نیترات و عدم تبدیل آن می‌گردد، عواملی چون فعال نبودن آنزیم نیترات ردوکتاز، خشکی، سرما، سموم، استفاده بیش از حد از کودهای نیتروژن‌دار، کمبود مولیبدن و منگنز، می‌توانند سبب تجمع نیترات شوند (Randall, 1996).

مولیبدن با دخالت در فعالیت این آنزیم‌ها این فرایند را تسریع و خسارت وارده به رشد و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد.

محتوای نسبی آب برگ

تاثیر رژیم‌های آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود. علت معنی‌دار نشدن اختلاف بین سه رژیم آبیاری، به‌دلیل زمان اندازه‌گیری این صفت پیش از اعمال تنش یعنی در زمان کامل شدن رشد برگ پرچم بود. RWC عبارت است از نسبت میزان آب گیاه در شرایط تنش، به‌میزان آب گیاه در حال آماس کامل (مجیدی هروان،۱۳۸۱). در مطالعه‌ای برروی گیاه گندم گزارش شد که ارقامی که تحت شرایط تنش از محتوای نسبی آب بالاتری برخوردار بودند تا حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد عملکرد بالاتری را نشان دادند (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). افزایش غلظت محلول‌پاشی مولیبدن محتوای نسبی آب برگ گندم را افزایش داد. این شاخص از ۶۲/۹ درصد در تیمار شاهد به‌ترتیب به ۶۷/۱ و ۶۵ درصد برای محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵درصد و یک درصد افزایش یافت. با این حال اختلاف بین دو غلظت ۰/۵درصد و یک درصد وجود نداشت. RWC معرف خوبی از وضعیت آب گیاه می‌باشد و به‌عنوان یک شاخص در انتخاب برای تحمل به‌خشکی مد نظر گرفته است. نقش مثبت مولیبدن در افزایش فعالیت آنزیم‌های نیتروژناز و نیترات ردکتاز و نیز افزایش غلظت یون‌های پتاسیم سبب افزایش تحمل گیاه به تنش و بهبود RWC گردید. به‌نظر می‌رسد که انجام

محلول‌پاشی مولیبدن در دو مرحله ساقه‌دهی و ابتدای گل‌دهی از طریق تسریع رشد ساقه و تولید برگ و کمک به فراهمی بهتر عناصر مهمی از جمله پتاسیم، فسفر و نیتروژن، توان گیاه را برای جذب و حفظ بیش‌تر آب افزایش دهد. نقش مولیبدن در فراهمی فسفر و پتاسیم برای گیاه به‌ویژه در طی دوره رشد سریع برگ‌ها سبب افزایش توان گیاه برای تحمل شرایط تنش گردید.

درصد پروتئین دانه

با اعمال تیمار تنش و افزایش شدت آن، درصد پروتئین دانه افزایش یافت و این افزایش معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری معمول، درصد پروتئین دانه در کم‌ترین میزان خود قرار داشت. قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه موجب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین از ۱۰/۸۸درصد به ۱۱/۸۳درصد گردید که نشان‌دهنده افزایشی معادل ۸/۷ درصد بود. درصد پروتئین برای تیمار تنش شدید نیز با افزایش معنی‌داری معادل ۲۳/۱درصد در مقایسه با شاهد به ۱۳/۴درصد رسید. افزایش درصدپروتئین دانه در اثر بروز تنش خشکی قابل پیش‌بینی بود. کاهش وزن هزار دانه گندم در شرایط تنش، که خود ناشی از کاهش ذخیره نشاسته در دوره پرشدن دانه (به‌دلیل کاهش معنی‌دار آنزیم‌های سنتز نشاسته) است، سبب افزایش درصدپروتئین در واحد حجم دانه گردید. باید دانست که افزایش غلظت‌پروتئین بر اثر تنش‌های محیطی الزاما به‌معنای افزایش کیفیت گندم نیست، زیرا همان‌طور که (Souza *et al.*, 1994) بیان کرده‌اند اگر چه ترکیب و غلظت پروتئین بر کیفیت گندم تاثیر دارد ولی غلظت پروتئین در مقایسه با ترکیب آن، اثر بزرگ‌تری بر کیفیت آرد دارد. بنابراین تنش‌های محیطی همچون تنش شوری و خشکی که غلظت‌پروتئین را افزایش می‌دهند، به‌علت تغییر در نسبت اسید آمینه‌های اندوخته شده موجب کاهش کیفیت گندم می‌شوند. اثر محلول‌پاشی مولیبدن نیز بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. با انجام محلول‌پاشی مولیبدن، درصد پروتئین دانه گندم از ۱۱/۳۷درصد به ۱۲/۴درصد برای غلظت ۰/۵درصد و به ۱۲/۳۴درصد برای غلظت یک‌درصد افزایش یافت. بین دو غلظت محلول‌پاشی ۰/۵ و یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مولیبدن یکی از مواد تشکیل‌دهنده بسیاری از مولیبدو فلاوو پروتئین‌ها مانند نیترات ردوکتاز بوده و با تغییر ظرفیت، در سوخت و ساز نیتروژن شرکت می‌کند.

مولیبدن سبب افزایش سریع فعالیت نیترات ردوکتاز در گیاهانی که کمبود مولیبدن دارند، می‌شود. فعالیت این آنزیم‌ها خود سبب تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه و افزایش پروتئین دانه می‌شود (Ozturk and Aydin, 2004)

عملکرد پروتئین

اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد. بالاترین عملکرد پروتئین در تیمار آبیاری معمول به‌میزان ۷۴۷/۳ کیلوگرم در هکتار بود که با اعمال تنش از میزان آن کاسته شد. برای تنش خفیف، عملکرد پروتئین با هفت درصد کاهش به ۶۹۴/۴ کیلوگرم در هکتار و برای تیمار تنش شدید با ۹/۳ درصد کاهش به ۶۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار رسید. با وجود افزایش درصد پروتئین دانه در اثر تنش خشکی، علت کاهش عملکرد نهایی پروتئین دانه در شرایط تنش، افت معنی‌دار عملکرددانه در تیمارهای تنش بود. محلول‌پاشی مولیبدن نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین دانه داشت. عملکرد پروتئین از ۶۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار در آبیاری معمول به ۷۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار برای محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵درصد و به ۷۴۲/۸ کیلوگرم در هکتار برای تیمار محلول‌پاشی با غلظت یک‌درصد افزایش یافت. با مصرف مولیبدن عملکرد دانه و درصد پروتئین افزایش یافت و به تبع آن باعث افزایش عملکرد پروتئین گردید ولی اثر تیمارهای تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و در همین حال افزایش درصد پروتئین گردید که تا حدودی اثر منفی یک‌دیگر را پوشش دادند به‌همین خاطر بالاترین عملکرد پروتئین از تیمارهای آبیاری معمول همراه با محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵درصد و به‌دنبال آن آبیاری معمول با غلظت یک درصد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

نقش مولیبدن در افزایش تولید و توسعه ساقه و برگ‌ها از طریق محلول‌پاشی در ابتدای مرحله ساقه‌دهی و اثر مفید آن در افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی گندم از طریق محلول‌پاشی در ابتدای فاز گل‌دهی، سبب افزایش دوام سطح برگ‌ها و افزایش فتوسنتز جاری شده و عملکرددانه را افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که مولیبدن می‌تواند به‌شکل موثر و معنی‌داری سبب بهبود تحمل گندم به‌تنش خشکی شود. در آزمایش اخیر شدت فتوسنتز جاری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع کربن برای پر شدن دانه‌ها، تحت تاثیر اثر محلول‌پاشی مولیبدن در دو فاز مهم رشد گیاه یعنی آغاز ساقه‌دهی و نیز ابتدای گل‌دهی از طریق تاثیر بر سرعت، حداکثر رشد و دوام سطح برگ‌ها، تحت تاثیر مثبت این عنصر ریزمغذی قرار گرفت. با این حال برای بسیاری از صفات مرتبط با عملکرد، تفاوت معنی‌داری بین غلظت کم و زیاد مولیبدن وجود نداشت که نشان می‌دهد مولیبدن در غلظت‌های کم مورد نیاز گندم می‌باشد. کیفیت دانه گندم که ناشی از افزایش میزان پروتئین دانه می‌باشد نیز کاربرد مولیبدن افزایش یافت. بر این اساس می‌توان مقادیر کم مولیبدن را به‌منظور بهبود کیفیت دانه و نیز تخفیف خسارت ناشی از تنش خشکی به کشاورزان توصیه نمود.

منابع

References

آقائی‌سربرزه، م.، رجبی، ر.، حق پرست ر. و محمدی، ر. ۱۳۸۷. انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به‌خشکی مجله علمی و پژوهشی نهال و بذر، جلد ۲۴، شماره ۳.

ملکوتی، م.ج و لطف الهی، م. آ. ۱۳۷۸ . نقش ریز مغذی‌ها در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامت جامعه. وزارت کشاورزی. تهران- ایران.

الفتی چیرانی، ج.، باباالر، م.، کاشی، ع.ک.، یزدانی، ح. و داداشی پور، ا. ۱۳۸۷. اثر سطوح آمونیوم و مولیبدن بر تجمع نیترات در دو رقم خیار گلخانه ای، مجله پژوهش و سازندگی، زراعت و باغبانی. شماره ۸۱ ، صفحات ۲۵-۳۲

Abd el-Samad, H.M., El-komy, H.M., Shaddad M.A.K., and Hetta, A.M. 2005. Effect of molybdenum on nitrogenase and nitrate reductase activities of wheat inoculated with azospirillum brasilense grown under drought stress. Gen. Appl. Plant Physiology, 2005, 31(1-2), 43-54.

Aghaee-Sarbarzeh, M., Mohammadi, R., Haghparast, R., and Rajabi, R. 2004. Evaluation of advanced lines of bread wheat for drought tolerance in Kermanshah. The 8th Iranian Congress of Crop Sci, 13-15 Aug. 2004, Gilan Uni., Iran.

Ahmadi, A., and Ceiocemardeh, A. 2004. Effect of drought stress on solublecar bohydrate ,chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Iranian J. Agric. Sci., 35: 753- 763.

Arnon D.I., Stout, P.R. 1939. Molybdenum as an essential element for higher plants. Plant Physiology 14: 599–602.

Cakmak, I. 2000. Possible roles of Zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146, 2: 85-200.

Chatterjee, C., Nautiyal, N. 2001. Molybdenum stress affects viability and vigour of wheat seeds. Journal of Plant Nutrition 24: 1377–1386.

Davies, E.B. 1945. A case of molybdenum deficiency in New Zealand. Nature 156: 392.

Deng, Y.M., Zhang J.M. 2003. Effect of B and Mo application on growth and yield. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 31: 52–53.

Duggan, B.L. 2000. Evaluation of a tiller inhibition (tin) gene in wheat. Ph.D. thesis, Australian National Univ., Canberra, Australia.

Hale, K.L., McGrath, S.P., Lombi, E., Stack, S.M., Terry, N., Pickering, I.J., George, G.N., and Pilon-Smits, E.A.H. 2000. Molybdenum sequestration in Brassica species. A role for anthocyanins. Plant Physiol., 126:1391-1402.

Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M. 2000. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress an index. Agric. Water Manage. 43: 99-109.

Lipsett J. and Simpson, J.R. 1973. Analysis of the response by wheat to application of molybdenum in relation to nitrogen status. Aust. J. Inst. Agric. Anim. Husb. 13:563-6.

Liu, P. 2002b. Effects of the stress of molybdenum on plant and the intraction between molybdenum and other element. Agri-Environmental protection. 21: 276-278.

Marschner. H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego. Page. 229-299.

Mendel, R.R., Haensch, R. 2002. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. Journal of Experimental Botany 53: 1689–1698.

Mogensen, V.O., and Jonsen, C.R., Poulsen, H.H. 1992. Reflectance under for early dermination of water stress. International symposion of Trrigation.

Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee-Sarbarze, M., and Abdollahi, A.V. 2006. An evaluation of drought tolerance in advanced durum wheat genotypes based on physiologic characteristics and other related indices. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37-1: 561-567 (in Farsi).

Ozturk, A. and Aydin, F. 2004. Effect of Water Stress at Various GGrowth Stages on Some Quality Characteristics of Winter Wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. Volume 190, Issue 2, Page 93.

Pollock, V. V., Conover, R.C., Johnson, M.K., and Barber, M.J. 2002. Bacterial expression of the molybdenum domain of assimilate nitrate reductase: Production of both the functional molybdenum-containing domain and the nonfunctional tungsten analog. Arch. Biochem. Biophys 2: 237-248.

Randall. R.J. 1996. Change in nitrate and nitrate reductase levels on restoration of molybdenum to molybdenum deficient plants. Australian Journal of Agriculture Research. 20(4): 635-642.

Rebetzke, G.J. 2002. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. Crop Sci. 42 :237-244.

Sauer, P, Frebort, I. 2003. Molybdenum cofactor-containing oxido reductase family in plants. Biologia Plantarum. 46: 481–490.

Shafazadeh, M.K., Yazdansepass, A., Amini, A., Ghanadha, M. 2004. Evaluation of tolerance to terminal drought stressing promising winter and facultative bread wheat lines using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant. 20: 57-71.

Sigel, A. 2002. Molybdenum and tungsten. Their roles in biologicasl processes. Metal ions in biological systems. New York Marcel Dekker.

Souza, E., Kruk, M., and Sunderman, D.W. 1994. Association of Gsugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alles in soft white spring wheats. Cereal Chem. 71:601-605.

Trethowan, R.M., and Reynolds, M. 2007. Drought resistance: Genetic approaches for improving productivity under stress. In: Buck H. R. *et al*. (eds): wheat production in stressed environments, 289-299, Springer Pub., the Netherlands.

Walker, R.B. 1948. Molybdenum deficiency in serpentine barren. Soil Science. 108: 473–475.

Williams, R.J.P., Frausto da Silva, J.J.R. 2002. The involvement of molybdenum in life. Biochemical and Biophysical Research Communications. 292: 293–299.

Xia. M. Z. 1994. Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosyntetic characters and biomass production. J. Agri. Sci. vol. 122 - 67-72.

Yaneva, I. A. Baydanova, V. D., Vunkova-Radeva ,R.V. 2000. Nitrate reductase activation state in leaves of molybdenum-deficient winter wheat. J. Plant Physiol. 157:495–501.