نشریه زراعت شماره ۱۰۶، بهار ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

اثر محلول پاشی مولیبدن بر عملکرد، خصوصیات کیفی و شاخصهای رشد گندم در شرایط تنش خشکی

- جواد حسن پور، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (نویسنده مسئول)
- سید مجتبی کنانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری
- ساسان تیموری، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۶۸۷۷۲۱۲

پست الکترونیک نویسنده مسئول: dr.hasanpourj@yahoo.com

چکیده:

این آزمایش به منظور بررسی اثر محلول پاشی عنصر مولیبدن بر عملکرد کمی و کیفی و روند تغییرات شاخصهای رشد گندم، در سال زراعی۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران اجرا گردید. قالب آماری طرح بصورت اسپلیت پلات در پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار بود. کرتهای اصلی شامل رژیمهای آبیاری در ۳ سطح، آبیاری نرمال (S0)، قطع آبیاری در آغاز پر شدن دانه (S1) و قطع آبیاری در آغاز گلدهی (S2) و کرتهای فرعی شامل محلول پاشی مولیبدن در ۳ سطح (محلول پاشی با آب خالص (M0)، محلول پاشی آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۰/۵٪ (M1) و محلول پاشی آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۱٪ (M2) بود.

نتایج نشان داد که قطع آبیاری در طی دوره رشد زایشی تاثیر کاملا معنی داری بر عملکرد دانه و اکثر اجزای عملکرد دانه گندم داشت. عملکرد دانه تحت تاثیر هر دو سطح تنش به ترتیب به میزان ۱۴/۶٪ و ۲۶/۷٪ کاهش یافت و این کاهش برای هر دو تیمار معنی دار بود. با افزایش شدت تنش، درصد پروتئین دانه گندم افزایش یافت و این افزایش معنی دار بود. قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه موجب افزایش معنی دار درصد پروتئین از ۱۰/۸۸٪ برای تیمار شاهد به ۱۱/۸۳٪ گردید که نشان دهنده ۸/۷ ٪ افزایش بود. درصد پروتئین برای تیمار قطع آبیاری در زمان گلدهی نیز با افزایش معنی داری معادل ۲۳/۱٪ در مقایسه با تیمار شاهد به ۱۳/۴٪ رسید. تیمار تنش در زمان پر شدن دانه سبب افت معنی دار حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر سرعت رشد محصول و نیز دوام سطح برگ ها شد. محلول پاشی مولیبدن افزایش میانگین عملکرد دانه گندم را از ۵۶۹۹ کیلوگرم در هکتار به ۶۰۶۵ کیلوگرم در هکتار موجب گردید. بین دو غلظت محلول پاشی مولیبدن اختلاف معنی داری از نظر صفات مورد بررسی وجود نداشت. همچنین تاثیر محلول پاشی مولیبدن بر عملکرد ماده خشک گندم معنی دار نشد. اثر مولیبدن بر درصد پروتئین دانه معنی دار بود. با انجام محلول پاشی، درصد پروتئین دانه از ۱۱/۳۷٪ به ۱۲/۴٪ برای غلظت ۰/۵٪ و به ۱۲/۳۴٪ برای غلظت ۱٪ افزایش یافت. بالاترین عملکرد پروتئین از تیمار های آبیاری معمول همراه با محلول پاشی با غلظت ۰/۵٪ و به دنبال آن آبیاری معمول با غلظت ۱٪ به دست آمد. مولیبدن در هر دو غلظت، سبب افزایش سرعت رشد برگها از زمان ساقه دهی گردید و تفاوتهای بین منحنی رگرسیونی شاخص سطح برگ برای تیمارهای مصرف مولیبدن در مقایسه با شاهد آشکار شد. افزایش سرعت رشد و توسعه سطح برگها و نیز افزایش ارتفاع بوته عمدتا ناشی از محلول پاشی عنصر مولیبدن موجب افزایش شیب سرعت رشد محصول گردید. بیشترین شاخص سطح برگ و نیز حداکثر سرعت رشد محصول از تیمار آبیاری نرمال و محلول پاشی با غلظت ۰/۵٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی: گندم، مولیبدن، تنش خشکی، عملکرد دانه، پروتئین دانه، شاخصهای رشد

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 45-54

Effects of molybdenum (Mo) spraying on morphophysiological characteristics of wheat under drought stress condition

By:

- *J. Hasanpour, (Corresponding Author; Tel: 09126877212),Agriculture and Natural Resource Research Center of Tehran province*
- *S. M. Kanani, shahr-e-rey Branch, Islamic Azad University, Iran*
- *S. Teimouri, shahr-e-rey Branch, Islamic Azad University, Iran*

Received: September 2011 **Accepted: July 2013**

In order to evaluate the effects of Mo spraying on quantitative and qualitative characteristics of wheat grain yield under water stress condition, an experiment was conducted in varamin agricultural research center in 2010-11. The experimental design was split plot in randomized complete block design with three replications. Main plots were three irrigation treatments: normal irrigation (S0), no irrigation at start of grain filling stage (S1) and no irrigation at start of flowering stage (S2), and sub plots were Mo spraying with three levels including spraying with pure water (M0), Mo spraying with 0.5% concentration (M1) and Mo spraying with 1% concentration (M2). The results showed that, grain yield and many of yield components significantly affected by drought stress, in reproductive growth stage. Grain yield significantly decreased in both S1 and S2 treatments by 14.6% and 26.7% respectively. Protein percentage significantly increased from 10.9% at S0 treatment to 11.8% and 13.4% for S1 and S2 treatments respectively. S2 treatment had a significant effect on maximum amount of LAI and CGR. Leaf defoliation in S2 treatment started so earlier than normal treatment. Mo spraying had significant effect on grain yield and many yield components and also had a significant lowering effect on water stress damages. The grain yield was significantly increased from 5699 to 6065 kg/hac in M2 treatment. There was no significant difference between two spraying concentrations (0.5% and 1%) for number of kernel per spike, number of fertile tiller, TKW, grain yield, biological yield, protein yield and protein percentage. Also, the effect of Mo spraying was not significant for biological yield. Protein percentage significantly increased from 11.4% in M0 treatment to 12.40% and 12.34% in M1 and M2 treatments respectively. The highest protein yield was obtained from S0M1and S0M2 with 735.8 and 724.8 kg/ha respectively. The manner of changes for LAI and CGR during wheat growth period had significantly affected by Mo spraying. The Maximum amount of LAI and CGR recorded in S0M1 treatment.

key Words: Wheat, Molybdenum, Drought stress, grain Yield, Protein content, Growth indices

مقدمه

در مناطق نیمه خشک و از جمله سطوح وسیعی از ایران، کاهش رطوبت خاک در اثر عدم بارندگی و افزایش ناگهانی دما در دوره زایشی، یک پدیده اقلیمی غالب است (Heidari Sharifabad, 2008). کاهش رطوبت خاک در طی فاز زایشی به دلایلی نظیر محدودیت منابع آب و رقابت سایر بخش های مصرف کننده آب و حتی زیر بخش های کشاورزی و همچنین عدم تمایل برخی از کشاورزان به آبیاری در دوره مذکور، ممکن است عملکرد دانه را از طریق تاثیر بر رشد زایشی گیاه که همان محدوده تشکیل و پر شدن دانه هاست کاهش می دهد (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۷). تولید و معرفی ارقام پر محصول و مقاوم 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 ریز مغذی است که در تلفیق با کاربرد ارقام اصلاح شده نه تنها افزایش محصول را به دنبال دارد بلکه امنیت غذایی جامعه را به لحاظ سلامت و غنی سازی ترکیبات غذایی حاصل از گندم نیز تامین می نماید (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2004 ؛ Trethowan and Reynolds, 2007).

قدسی و همکاران (۱۳۸۵) حذف آبیاری در مراحل شیری و خمیری را موجب کاهش عملکرد ماده خشک و دانه ژنوتیپ های گندم دانسته اند و حذف آبیاری در این مراحل را توصیه نکرده اند. نتایج آزمایش دیگری نشان داد که تنش رطوبتی پس از مرحله گرده افشانی باعث کاهش سرعت، و مدت پرشدن دانه ها و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه می گردد (Mohammadi *et al.*, 2006).

در کنار توجه به لزوم کاهش خسارات کمبود آب، لازم است تا از اهمیت ویژه کیفیت گندم نیز غافل نشویم. نقش عناصر ریز مغذی در کشاورزی شامل افزایش تولید در واحد سطح، بهبود کیفیت (افزایش پروتئین دانه گندم)، غنی سازی محصول (افزایش غلظت عناصر ضروری)، تولید بذر با قدرت جوانه زنی و رشد بیشتر برای کشت های بعدی و کاهش غلظت آلاینده هایی نظیر نیترات و کادمیم در قسمت های خوراکی محصول می باشد. با استفاده از عناصر کم مصرف همراه

با عناصر پرمصرف علاوه بر افزایش عملکرد دانه می توان کیفیت نانوایی نان را از سطح فعلی ارتقاء داد (ملکوتی و لطف الهی، ۱۳۷۸).

عنصر مولیبدن یک ریز مغذی ضروری برای گیاهان است. بسیاری از خاکهای زراعی جهان از کمبود مولیبدن رنج می برند (Xia, 1994 و Liu, 2002b). مطالعات، حاکی از افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد این عنصر بصورت محلول پاشی زمانی که در خاکهای با کمبود مولیبدن کشت شده اند، می باشد (Abdol El-Samad *et al.*, 2005). مولیبدن بویژه در سازوکارهای مربوط به متابولیسم نیتروژن نقش مهمی دارد. یکی از آنزیم هایی که نقش کلیدی در سلسله فرایند های مربوط به مصرف نیترات دارد، نیترات ردوکتاز است. شواهد زیادی حاکی از پیچیدگی تنظیم این آنزیم و نقش مولیبدن در میزان فعالیت آن می باشد (Sigel, 2002). برای نمونه فعالیت این آنزیم در برگ به تغییرات وضعیت آبی حساس بوده و زمانی که پتانسیل آبی کاهش می یابد فعالیت آنزیم نیز مهار می شود. به نظر برخی از محققان این کاهش ناشی از میزان سنتز این آنزیم است که این عامل، مهم تر از کاهش فعالیت آنزیم در این شرایط است و به این سبب، مولیبدن می تواند 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 ویژه ای برخوردار است بنابراین توجه به آن ضروری است. در سالهای اخیر، مطالعات متعددی بر روی عمل مولیبدوآنزیمها در گیاهان، حیوانات و پروکاریوتها ارائه شده است (Mendel and Haensch, 2002; Williams and Frausto da Silva, 2002; Sauer and Frebort, 2003)

(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 کرده اند که وزن کل ماده خشک و عملکرد نیتروژن تحت تاثیر معنی دار تنش خشکی کاهش می یابد. کاربرد مولیبدن سبب افزایش معنی دار سرعت رشد محصول، عملکرد کل نیتروژن و محتوای پروتئین، پتاسیم و منیزیم در شرایط تنش شد. این محققین اظهار داشته اند که اثر مثبت و معنی دار مولیبدن بر فعالیت نیترات ردکتاز و نیتروژناز سبب افزایش متابولیسم نیتروژن و افزایش رشد عمومی گیاه می گردد.

گزارش شده است که مصرف مولیبدن سبب افزایش بیش از دو برابری غلظت یونهای پتاسیم در مقایسه با تیمار عدم کاربرد مولیبدن می گردد. مولیبدن می تواند به شکل موثر و معنی داری 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 می توانند اسیمیلاسیون نیتروژن را در گیاهان به شدت تحت تاثیر قرار دهند (Chatterjee and Nautiyal, 2001). این امر ناشی از تاثیر تنش بر فعالیت دو آنزیم نیترات ردکتاز و نیتروژناز می باشد به این دلیل مصرف مولیبدن می تواند از طریق افزایش فعالیت این آنزیمها خسارت ناشی از تنش را کاهش دهد. (Pollock *et al.*, 2002 ؛ Hale *et al.*, 2000).

(Abd el-Samad *et al.*, 2005) در بررسی اثر مصرف مولیبدن بر فعالیت دو آنزیم نیتروژناز و نیترات ردکتاز در گندم تحت تنش خشکی گزارش کرده اند که اثر مولیبدن بر میزان پروتئین محلول ریشه و نیز محتوای پروتئین اندامهای هوایی معنی دار می باشد. این محققین اظهار داشته اند که تحت شرایط عدم مصرف مولیبدن، میزان پروتئین محلول موجود در اندامهای هوایی گندم برای تیمارهای آبیاری ۱۰۰٪، ۷۰٪ و ۳۰٪ رطوبت خاک به ترتیب معادل ۴۵/۶، ۴۲/۹ و ۳۹/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک گیاه و میزان پروتئین محلول موجود در ریشه ها به ترتیب ۳۱/۸، ۳۶/۷ و ۳۶/۹ میلی گرم بر گرم ماده خشک می باشد. در حالی که در همین آزمایش در تیمار مصرف مولیبدن، این مقادیر برای اندامهای هوایی به ترتیب ۵۵/۱، ۵۵/۵ و ۵۴/۶ میلی گرم بر گرم و برای ریشه ها به ترتیب ۳۰/۲، ۲۹/۵ و ۲۷/۶ میلی گرم بر گرم ماده خشک بود. نتایج این آزمایش حاکی از افزایش پروتئین ریشه و اندامهای هوایی با افزایش شدت تنش بود. مصرف مولیبدن سبب افزایش معنی دار درصد پروتئین اندامهای هوایی گردید اما اثر آن بر محتوای پروتئین ریشه معنی دار نبود.

منطقه اجرای این تحقیق (دشت ورامین) که در حاشیه کویر قرار گرفته است از نظر آب و هوایی شرایط خاصی دارد به گونه ای که در این منطقه، در بهار به دلیل گرم شدن هوا و تلاقی آبیاری های آخر گندم با کشت محصولات بهاره (عمدتا سبزی و صیفی جات و یا محصولات گلخانه ای)، گندم در مراحل حساس رشد و نمو (گرده افشانی و دانه بندی) با تنش خشکی ناشی از نبود آب و یا اختصاص آن به سایر کشتها مواجه می شود. لذا شناسایی اثرات بروز تنش در این فاز از رشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از سوی دیگر در همین مناطق، بسیاری از کشاورزان در ارتباط با سودمندی و یا عدم کارایی مصرف عناصر ریز مغذی از جمله ترکیبات حاوی مولیبدن دچار ابهام هستند. این سوال که حد خسارت زایی بروز تنش قطع آبیاری در طول دوره رشد زایشی گندم چه میزان است؟، اینکه آیا محلول پاشی عنصر ریز مغذی مولیبدن در شرایط آرمانی و بدون تنش کم آبی کمکی به افزایش عملکرد گندم می نماید و یا اینکه در شرایط واقعی منطقه که احتمال بروز قطع آبیاری در طی فاز زایشی گندم وجود دارد، کاربرد عناصری مانند مولیبدن در تخفیف خسارت ناشی از تنش می تواند مفید باشد سوالاتی بود که این تحقیق به آن پاسخ داد.

مواد و روشها

آزمایش طی سال زراعی۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران اجرا گردید. بر اساس آمار دراز مدت هواشناسی، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۷۱/۳ میلی متر و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر می باشد (نوروزی، ۱۳۷۴). همچنین بافت خاک لوم رسی، با اسیدیته ۷/۸ می باشد. طرح به صورت اسپلیت پلات در پایه بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی طرح رژیمهای آبیاری در ۳ سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری از آغاز پر شدن دانه تا انتهای دوره رشد و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا انتهای دوره رشد) و عامل فرعی، محلول پاشی مولیبدن در ۳ سطح محلول پاشی با آب خالص، محلول پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۰/۵ درصد (میزان توصیه فنی کارخانه سازنده) و محلول پاشی با آمونیوم هپتا مولیبدات با غلظت ۱ درصد (دو برابر دز توصیه شده) بود. زمین محل آزمایش در سال قبل، آیش بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، یک نوبت دیسک و دو بار لولر عمود بر

هم، در اواخر مهرماه انجام شد. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۵۰ کیلو گرم در هکتار و ازت از منبع اوره به میزان ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار مصرف گردید. کشت در نیمه دوم آبان ماه با استفاده از دستگاه بذرکار تحقیقاتی غلات (وینتر اشتایگر ساخت آلمان) انجام شد. بذر مورد استفاده رقم اصلاح شده جدید پارسی (سال معرفی ۱۳۸۸) بود. محلول پاشی مولیبدن در دو نوبت ابتدای ساقه دهی و ابتدای ظهور خوشه دهی انجام شد. از زمان سبز کامل مزرعه، نمونه گیریهای رشد گیاه از طریق انتخاب ۳ بوته در هر کرت و کف بر کردن آنها انجام شد. سطح برگ نمونه ها با استفاده از دستگاه *Leaf Area Meter* پورتابل با مارک ADC مدل AM300 ساخت انگلستان اندازه گیری شد. شاخص سطح برگ با استفاده از فرمول LAI=LA/GA محاسبه گردید که در آن LA سطح برگ اندازه گیری شده و GA مساحت زمین نمونه برداری شده می باشد. پس از آن کل اجزای نمونه در آون ۸۴ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین گردید. این نمونه گیریها تا انتهای دوره رشد در ۷ نوبت و با میانگین فواصل ۳۰ روزه انجام گرفته و داده ها ثبت گردید. برای محاسبه سرعت رشد محصول (تغییرات وزن خشک به تغییرات زمان)، داده های حاصل از نمونه های توزین شده در طی دوره رشد بر اساس فرمول CGR= (w2-w1) /(t2-t1) مورد محاسبه قرار گرفتند که در آن w1 وزن نمونه در زمان t1 و w2 وزن نمونه در زمان t2 می باشد. در انتهای دوره رشد، در هر کرت، پس از حذف نیم متر از بالا و پایین کرت به عنوان اثر حاشیه ای، مساحت باقیمانده جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برداشت شد. درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه اینفرماتیک ۸۶۰۰ (NIR) اندازه گیری شد. عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد. تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد و مقایسات میانگین با روش دانکن محاسبه و نمودارها در نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

تعداد پنجه بارور

بروز تنش در آغاز گلدهی و نیز تنش در ابتدای پر شدن دانه به ترتیب موجب کاهش ۲۸/۸٪ و ۴/۵ درصدی میانگین تعداد پنجه بارور گردید. اختلاف بین دو سطح آبیاری نرمال و تنش خفیف معنی دار نبود (جدول ۲). اگرچه تولید پنجه بیشتر صفت مطلوبی به حساب می آید اما تنش در آغاز گلدهی سبب می شود تا اغلب پنجه ها هرگز به تولید خوشه و عملکرد نرسند و به این لحاظ تولید آنها برای گیاه نه تنها سودآور نبوده بلکه ممکن است به سبب مصرف مواد فتوسنتزی مضر نیز واقع گردد (Rebetzke, *et al.* 2002). تیمار محلول پاشی عنصر مولیبدن سبب افزایش تولید و بارور شدن تعداد بیشتری از پنجه ها گردید. تعداد پنجه بارور از ۳۹۷/۶ عدد در تیمار محلولپاشی با آب خالص به ۴۱۳/۳ و ۴۲۳/۳ عدد به ترتیب برای محلول پاشی با غلظت ۰/۵ و ۱٪ مولیبدن افزایش یافت. با این حال اختلاف بین این دو تیمار معنی دار نبود.(Cakmak, (2000 گزارش نمود که تحت کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت کاهش یافته و لذا حساسیت گیاه به تنشهای محیطی افزایش می یابد. میزان تاثیرگذاری مولیبدن در بهبود خسارت ناشی از تنش برای تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و در غلظت ۰/۵٪ محسوس تر بود.

تعداد دانه در خوشه

میانگین تعداد دانه در خوشه، از ۴۰/۲ عدد برای آبیاری نرمال، با بیش از ۱۱٪ افت، به ۳۵/۷ عدد برای تیمار تنش قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه رسید (جدول ۲). در تیمار قطع آبیاری در زمان گلدهی، این تعداد به ۲۶/۹ عدد رسید که کاهشی معادل ۳۳٪ را در مقایسه با شاهد نشان داد. افت شدید میانگین تعداد دانه در این تیمار، ناشی از تاثیر کم آبی بر فرایند تلقیح بذور می باشد که نتیجه آن در مراحل بعدی غیر قابل جبران بود. با این حال قطع آبیاری در ابتدای پر شدن دانه تاثیری بر تعداد دانه نداشت و کاهش معنی دار این صفت در تیمار مذکور عمدتا ناشی از ریزش دانه ها در اثر خشک شدن سریع خوشه بود. کاهش تعداد دانه های تشکیل شده، ناشی از عدم باروری اولین و دومین گلچه درون هر سنبلچه می باشد و تنش آبی، تعداد دانه تشکیل شده در ناحیه پائینی و بالایی سنبله را کاهش می دهد (Duggan, (2000. هر دو غلظت محلول پاشی مولیبدن، سبب افزایش معنی دار تعداد دانه در خوشه شدند. اما اختلاف معنی داری بین دو غلظت ۰/۵٪ و ۱٪ وجود نداشت. نقش کمکی عنصر مولیبدن در بهبود و افزایش تعداد دانه در خوشه در شرایط تنش شدید، پررنگ تر بوده و شیب افزایش، بویژه برای غلظت اول محلولپاشی مولیبدن قابل ملاحظه بود. در واقع افزایش تعداد دانه بر اثر مصرف ریز مغذی مولیبدن با غلظت ۰/۵٪ ، در تیمارآبیاری نرمال 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 می تواند بیانگر نقش جبران کننده و موثر مولیبدن در غلظتهای پایین، برای جلوگیری از افت شدید عملکرد در شرایط تنش باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین
تکرار	2	0.7	0.925	0.775	456790	2641284.8	0.073	17440.3
آبیاری	2	35927.3**	413.37**	287.44**	9119188**	2641284*	14.59**	12790**
خطای الف	4	18.92	6.314	7.555	411917.3	2290830	0.10	6968.4
محلولپاشی	2	1520.18*	74.481*	13.76*	598891.4*	227400 ns	3.04**	31209**
اثر متقابل	4	99.2**	9.537*	6.39	198124.4ns	302136 ns	0.55*	987.5 ns
خطای ب	12	10.62	1.852	1.240	1179652	1307733.9	0.11	1347.6
ضریب تغییرات		7.9	13.9	12.9	13.9	17.6	5.2	12.7

وزن هزار دانه

میانگین وزن هزار دانه گندم با ۲۵/۸٪ کاهش، از ۴۳/۷ گرم برای تیمار آبیاری نرمال به ۳۲/۴ گرم برای تیمار قطع آبیاری در زمان گلدهی کاهش یافت. این میزان برای تیمار قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه، با ۱۰/۳٪ کاهش به ۳۹/۲ گرم رسید. آقایی سربرزه و همکاران، (۱۳۸۷) نیز کاهش معنی دار 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 بویژه در دوره پر شدن دانه از طریق افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها، می باشد (Shafazadeh et al.,2004 ؛ Trethowan and Reynolds, 2007). اثر محلول پاشی مولیبدن بر وزن هزار دانه در سطح آماری ۵٪ معنی دار بود. محلول پاشی در غلظت ۱٪ سبب افزایش معنی دار وزن هزار دانه گردید اما تفاوت آن با غلظت ۰/۵٪ معنی دار نبود. همچنین، اختلاف بین غلظت ۰/۵٪ و آب خالص وجود نداشت.

عملکرد دانه

قطع آبیاری در ابتدای گلدهی (۵۰۲۹ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش ۲۶/۷ درصدی میانگین عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری نرمال شد. اختلاف بین دو تیمار تنش خفیف و شدید نیز معنی دار 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 می گیرند متفاوتند. بسیاری از محققین کاهش طول دوره پر شدن دانه را عامل اصلی در کاهش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش در طی دوره زایشی دانسته اند (Mogensen, 1992 et al, ؛ Kobota, et al. 1999). 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 می باشد. در مطالعه اخیر کاهش عملکرد دانه با کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه، کاهش وزن هزار دانه و نیز کاهش تعداد دانه در خوشه اصلی همراه بود. توانایی یک گیاه یا یک ژنوتیپ از نظر بقا به رشد و در نهایت، تولید آن بستگی دارد و در صورتی که بخشی از چرخه زندگی آن تحت تنش آبی واقع شود و گیاه بتواند بدون کند شدن و بدون توقف فرآیندهای حیاتی خود تولید نیز داشته باشد متحمل در برابر خشکی نامیده می شود. گیاه یا رقم متحمل به خشکی می تواند بدون کاهش فتوسنتز، تعرق کمتری داشته باشد (Kumar et al., 1999).

محلول پاشی مولیبدن موجب افزایش معنی دار 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 به ترتیب بیانگر افزایشی معادل ۵/۱٪ و ۶/۴٪ بود. اختلاف بین دو غلظت مولیبدن معنی دار نبود. جذب و تبدیل نیترات به نیتروژن آلی نیاز به شرکت چندین آنزیم دارد. نقصان در فعالیت هر کدام از آنزیمها یا عوامل موثر برای این فرایند سبب تجمع نیترات و عدم تبدیل آن می‌گردد، عواملی چون فعال نبودن آنزیم نیترات ردوکتاز، خشکی، سرما، سموم، استفاده بیش از حد از کودهای نیتروژنی، کمبود مولیبدن و منگنز، می‌توانند سبب تجمع نیترات شوند (Randall, 1969). مولیبدن با دخالت در فعالیت این آنزیمها این فرایند را تسریع و خسارت وارده به رشد و در نهایت عملکرد را کاهش می دهد.

هنگامی که نیترات بدون مولیبدن مصرف می‌شود رشد گیاهان ضعیف و غلظت کلروفیل آنها اندک خواهد بود (کلروز). در این حالت مقدار اسید آسکوربیک پایین است، اما غلظت نیترات بالا می‌باشد و نشانه‌های آشکار کمبود مولیبدن در برگ‌ها نمایان می‌شود. با کاربرد مولیبدن از دیدگاه وزن خشک و میزان اسید آسکوربیک، تغییراتی مشاهده می‌شود به این صورت که میزان ماده خشک افزایش و اسید آسکوربیک افزایش می‌یابد. با نبود مولیبدن در گیاهانی که از آمونیوم استفاده می‌کنند، نشانه‌های کمبود مولیبدن در آنها نیز بوجود می‌آید. مولیبدن به مقدار خیلی کم برای گیاهان ضروری می‌باشد. در آزمایش اخیر نیز غلظت پایین آن اثرات معنی داری بر گیاه گندم داشت اما اختلاف آن با غلظت بالای این عنصر معنی دار نبود.

درصد پروتئین دانه

با اعمال تیمار تنش و افزایش شدت آن، درصد پروتئین دانه افزایش یافت و این افزایش معنی دار بود. قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه موجب افزایش معنی دار درصد پروتئین از ۱۰/۸۸٪ در شرایط آبیاری نرمال به ۱۱/۸۳٪ گردید که نشان دهنده افزایشی معادل ۸/۷ ٪ بود. برای تیمار تنش شدید نیز درصد پروتئین با افزایش معنی داری معادل

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، میزان پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (kg\h)	عملکرد بیولوژیکی (kg\h)	پروتئین دانه (٪)	عملکرد پروتئین (kg\h)
				آبیاری			
آبیاری معمول	457.8 a	40.2 a	43.7 a	6865 a	15390 a	10.88 c	747.3 a
تنش در آغاز پر شدن دانه	437 b	35.7 b	32.4 c	5859 b	14500 a	11.83 b	694.4 b
تنش در آغاز گلدهی	339.4 c	26.9 c	39.2 b	5029 c	13390 b	13.40 a	674.3 b
				محلول پاشی مولیبدن			
آب خالص	397.6 b	31 b	37.3 b	5699 b	14070 a	11.37 b	637.5 b
غلظت ۰/۵٪	413.3 a	35.3 a	38.2 ab	5989 a	14580 a	12.40 a	735.8 a
غلظت ۱٪	423.3 a	36.4 a	39.8 a	6065 a	14370 a	12.34 a	724.8 a

میانگین های مندرج در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند

۲۳/۱٪ در مقایسه با شاهد به ۱۳/۴٪ رسید. افزایش درصد پروتئین دانه در اثر بروز تنش خشکی قابل پیش بینی بود. کاهش وزن هزار دانه گندم در شرایط تنش، که خود ناشی از کاهش ذخیره نشاسته در دوره پرشدن دانه (بدلیل کاهش معنی دار آنزیم های سنتز نشاسته) است، سبب افزایش درصد پروتئین در واحد حجم دانه گردید. باید دانست که افزایش غلظت پروتئین بر اثر تنشهای محیطی الزاما به معنای افزایش کیفیت گندم نیست، زیرا همانطور که Souza, *et al.* (1994) بیان کرده اند 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 مانند تنش شوری و خشکی که غلظت پروتئین را افزایش می دهند، به علت تغییر در نسبت اسید آمینه های اندوخته شده موجب کاهش کیفیت گندم می شوند. اثر محلول پاشی مولیبدن نیز بر درصد پروتئین دانه معنی دار بود. با انجام محلول پاشی مولیبدن، درصد پروتئین دانه گندم از ۱۱/۳۷٪ به ۱۲/۴٪ برای غلظت ۰/۵٪ و به ۱۲/۳۴٪ برای غلظت ۱٪ افزایش یافت. بین دو غلظت محلول پاشی ۰/۵ و ۱٪ اختلاف معنی داری وجود نداشت.

مولیبدن یکی از مواد تشکیل دهنده بسیاری از مولیبدوفلاوو پروتئین‌ها مانند نیترات ردوکتاز بوده و با تغییر ظرفیت، در متابولیسم نیتروژن شرکت می کند. مولیبدن سبب افزایش سریع فعالیت نیترات ردوکتاز در گیاهانی که کمبود مولیبدن دارند، می شود. فعالیت این آنزیمها خود سبب تامین ازت مورد نیاز گیاه و افزایش پروتئین دانه می شود (Ozturk and Aydin, 2004)

عملکرد پروتئین

نتایج حاصل از اثر رژیمهای آبیاری بر عملکرد پروتئین در سطح آماری ۱٪ معنی دار بود. بالاترین عملکرد پروتئین در تیمار آبیاری معمول به میزان ۷۴۷/۳ کیلوگرم در هکتار بود که با اعمال تنش از میزان آن کاسته شد. برای تنش خفیف، عملکرد پروتئین با ۷٪ کاهش به ۶۹۴/۴ کیلوگرم در هکتار و برای تیمار تنش شدید با ۹/۳٪ 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 معنی دار عملکرد دانه در تیمارهای تنش بود. محلولپاشی مولیبدن نیز اثر معنی داری بر عملکرد پروتئین دانه داشت. عملکرد پروتئین از ۶۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار در آبیاری نرمال به ۷۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار برای محلولپاشی با غلظت ۰/۵٪ و به ۷۴۲/۸ کیلوگرم در هکتار برای تیمار محلول پاشی با غلظت ۱٪ افزایش یافت. با مصرف مولیبدن عملکرد دانه و درصد پروتئین افزایش یافت و بالطبع 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 به همین خاطر بالاترین عملکرد پروتئین از تیمار های آبیاری معمول همراه با محلول پاشی با غلظت ۰/۵٪ و به دنبال آن آبیاری معمول با غلظت ۱٪ بدست آمد.

شاخص سطح برگ

نمودار شماره ۱ منحنی رگرسیونی روند تغییرات LAI گندم را در طی دوره رشد تا رسیدگی، در سه رژیم مختلف آبیاری نشان می دهد. روند کلی تغییرات شاخص سطح برگ گندم در هر سه تیمار آبیاری مشابه بود، یعنی با گذشت زمان از شروع رشد برگها، مقدار آن افزایش یافت تا اینکه در مرحله آغاز ظهور خوشه به حداکثر تولید برگ و بالاترین LAI رسید. این زمان تقریبا مصادف با به حداکثر رسیدن سرعت رشد محصول نیز بود. پس از این زمان، روند تغییرات LAI برای هر سه رژیم آبیاری سیر نزولی داشت و میزان آن برای همه تیمارها از این مرحله به بعد کاهش نسبتا مشابهی را نشان داد. این کاهش ناشی از آغاز پیری و ریزش برگها همزمان با انتقال ترکیبات فتوسنتزی به سمت دانه ها بود. اما در این میان تفاوتهایی در منحنی رگرسیونی LAI برای سه رژیم آبیاری مشاهده شد که عبارت بودند از :

الف) تا پیش از اعمال اولین تیمار تنش (قطع آبیاری در زمان آغاز گلدهی) هیچگونه تفاوت معنی داری در روند تولید و رشد برگها در سه رژیم آبیاری مشاهده نشد و این تفاوتها بسیار اندک بود.

ب) برای سه رژیم آبیاری مورد بحث، زمان دستیابی به حداکثر LAI متفاوت بود به طوری که در تیمار آبیاری نرمال حداکثر LAI در تعداد روز بیشتری از کاشت حاصل شد. برای تیمار تنش شدید دستیابی به حداکثر LAI به طور معنی داری زودتر رخ داد و آغاز افت منحنی نیز زودتر بود. این امر ناشی از تاثیر تنش بر دوام و ماندگاری برگها بود در طی دوره گلدهی بود. تیمار تنش خفیف از این نظر تفاوت معنی داری با شرایط نرمال نداشت که دور از انتظار نبود چرا که در این تیمار، زمان وقوع تنش، اواسط دوره رشد زایشی و پس از دستیابی به حداکثر LAI بود.

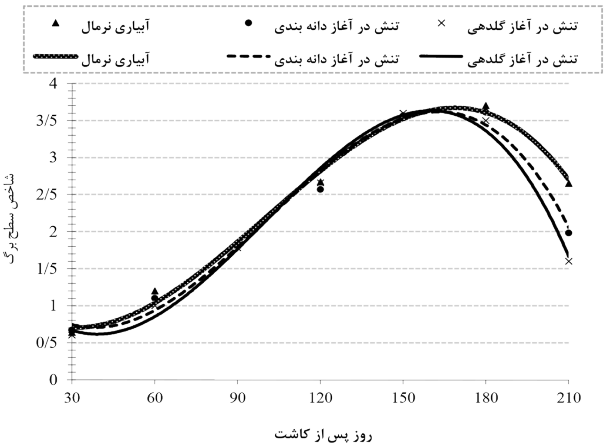
ج) برای سه رژیم آبیاری مورد نظر، مقدار عددی حداکثر LAI نیز متفاوت و بیشترین میزان آن برای تیمار آبیاری نرمال و کمترین آن برای تیمار تنش شدید (به ترتیب ۳/۷، ۳/۶۱ و ۳/۵ واحد) ثبت شد. اختلاف بین دو تیمار آبیاری نرمال و تنش شدید معنی دار بود.

د) طول مدت زمان حفظ سطح سبز برگها از زمان به حداکثر رسیدن LAI تا آغاز افت منحنی، که مصادف با شروع ریزش برگها بود در تیمار تنش به شدت کاهش یافت و به لحاظ دوام برگها، تیمار تنش شدید در پایین ترین سطح قرار گرفت.

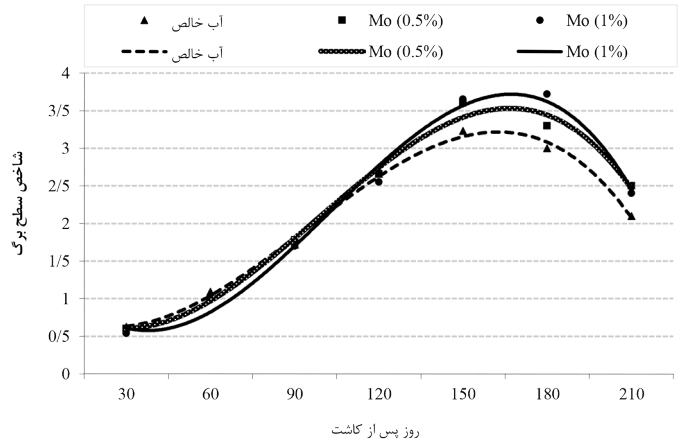
ه) پایش های مزرعه ای و ثبت زمان وقوع فازهای فنولوژیکی رشد گیاه بیانگر کاهش طول دوره رشد زایشی از ظهور خوشه تا رسیدگی در هر دو تیمار تنش بود.

جدول ۴-۳- معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح مختلف آبیاری

تیمار	معادله رگرسیون	R2
آبیاری نرمال	$y = -0.059x^3 + 0.588x^2 - 0.995x + 1.162$	0.993
تنش در آغاز دانه بندی	$y = -0.082x^3 + 0.836x^2 - 1.751x + 1.75$	0.981
تنش در آغاز گلدهی	$y = -0.092x^3 + 0.920x^2 - 1.933x + 1.776$	0.989



نمودار ۱- منحنی رگرسیونی روند تغییرات LAIبرای سه رژیم آبیاری



نمودار ۲- منحنی رگرسیونی روند تغییرات LAIدر سطوح محلولپاشی مولیبدن

جدول ۴- معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح محلول پاشی مولیبدن

تیمار	معادله رگرسیون	R2
آب خالص	$y = -0.053x^3 + 0.505x^2 - 0.733x + 0.916$	0.995
محلول پاشی با غلظت ۰/۵٪	$y = -0.061x^3 + 0.606x^2 - 1.026x + 1.089$	0.991
محلول پاشی با غلظت ۱٪	$y = -0.078x^3 + 0.802x^2 - 1.647x + 1.535$	0.988

جدول ۴-۳ معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح مختلف آبیاری را نشان می دهد. با توجه به ضریب تبیین بالای هر یک از خطوط، معادله پلی نومیال درجه سوم ($LAI= ax3 + bx2 + cx + d$) بهترین توجیه کننده تغییرات شاخص سطح برگ بر حسب روزهای پس از کاشت تا رسیدگی دانه به نظر رسید. در این معادله LAI یا شاخص سطح برگ (به عنوان متغیر وابسته) و x تعداد روز از زمان کاشت (به عنوان متغیر مستقل) و a، b، c و d به عنوان ضرایب معادله می باشند.

عامل اصلی مؤثر در عملکرد بالا، تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح می باشد. بنابراین، آگاهی از روند تغییرات وزن خشک گیاه و ارتباط آن با تجمع حرارت در طول مدت رشد، از لحاظ دستیابی به عملکرد و تولید بیشتر از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این ارتباط، برگهای یک گیاه مهمترین اندام فتوسنتزی آن هستند. نسبت سطح برگ گیاه به سطح سایه انداز زمین (LAI) به عنوان بهترین معیار ظرفیت تولید ماده خشک شناخته شده است.

افزایش سطح برگها بویژه برگ پرچم از نظر میزان تولید هر سنبله بسیار حائز اهمیت است زیرا بخش قابل توجهی از عملکرد دانه در هر سنبله تحت تاثیر سطح برگ پرچم مجاور آن است. نمودار شماره ۲ منحنی رگرسیونی روند تغییرات LAI در طول دوره رشد را برای سطوح محلول پاشی مولیبدن نشان می دهد. همانند آنچه در ارتباط با تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف تیمار آبیاری مشاهده شد در هر سه سطح تیمار محلول پاشی نیز، روند کلی تولید، رشد، به حداکثر رسیدن و افت شاخص سطح برگ، مشابه بود.

با وجود این مشابهت، تفاوتهایی بین سه سطح محلول پاشی مولیبدن مشاهده شد به گونه ای که اولا مصرف مولیبدن در هر دو غلظت مورد استفاده سبب افزایش سرعت رشد برگها از زمان ساقه دهی گردد و همانگونه که منحنی این دو تیمار نیز نشان می دهد از حدود نیمه اسفند ماه به بعد تفاوتهای بین منحنی رشد برگها برای تیمارهای مصرف مولیبدن در مقایسه با محلول پاشی آب خالص آشکار شد و رشد سریعتر برگها در این دو تیمار سبب افزایش LAI در آنها شد. این برتری در ادامه دوره رشد نیز تداوم داشت. ثانیا در مقایسه با تیمار شاهد، برای هر دو سطح محلول پاشی مولیبدن حداکثر شاخص سطح برگ نیز بالاتر بود و در نهایت طول مدت حفظ سطح سبز برگ از زمان به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ تا آغاز افت این شاخص برای هر دو تیمار محلول پاشی طولانی تر بود.

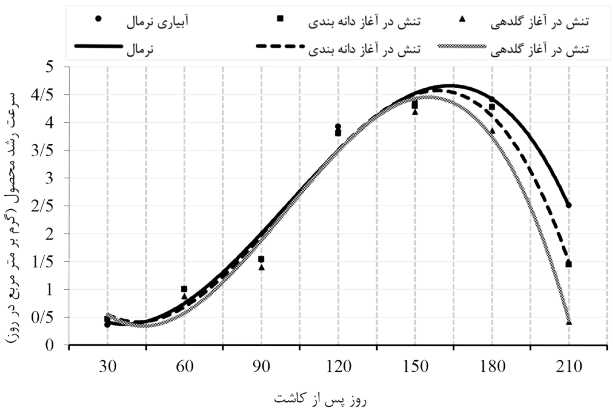
جدول۴ معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح محلول پاشی مولیبدن را نشان می دهد. با توجه به ضریب تبیین بالای هر یک از خطوط، معادله پلی نومیال درجه سوم ($LAI= ax3 + bx2 + cx + d$) بهترین توجیه کننده تغییرات شاخص سطح برگ بر حسب روزهای پس از کاشت تا رسیدگی دانه به نظر رسید. در این معادله LAI یا شاخص سطح برگ (به عنوان متغیر وابسته) و x تعداد روز از زمان کاشت (به عنوان متغیر مستقل) و a، b، c و d به عنوان ضرایب معادله می باشند.

سرعت رشد محصول

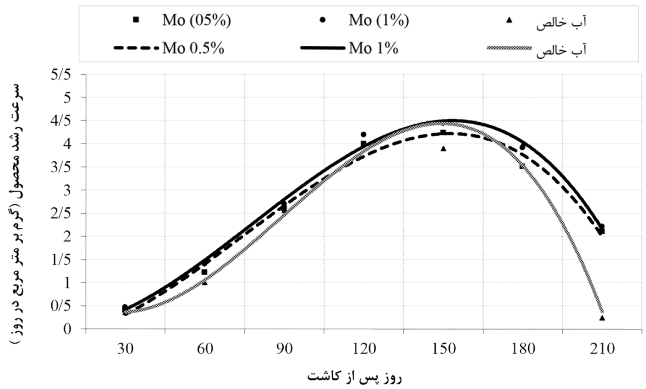
با توجه به ضریب تبیین بالا، معادله پلی نومیال درجه سوم ($LAI= ax3 + bx2 + cx + d$) بهترین توجیه کننده تغییرات سرعت رشد محصول بر حسب روزهای پس از کاشت تا رسیدگی دانه به نظر رسید.

نمودار شماره ۴ روند تغییرات CGR را در سطوح مختلف محلول پاشی مولیبدن نشان می دهد.

برای این سه تیمار نیز تغییرات کلی CGR مانند تیمارهای آبیاری از همان روند کلی تبعیت نمود اما با توجه به زمان انجام محلول پاشی



نمودار ۳- منحنی رگرسیونی روند تغییرات CGRبرای سه رژیم آبیاری



نمودار ۴- منحنی رگرسیونی روند تغییرات CGRدر سطوح محلولپاشی مولیبدن

جدول ۵- معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح مختلف آبیاری

تیمار	معادله رگرسیون	R2
آبیاری نرمال	$y = -0.113x^3 + 1.140x^2 - 2.281x + 1.665$	0.970
تنش در آغاز دانه بندی	$y = -0.14x^3 + 1.403x^2 - 3.094x + 2.38$	0.973
تنش در آغاز گلدهی	$y = -0.161x^3 + 1.604x^2 - 3.655x + 2.758$	0.969

جدول ۶- معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی CGR برای سطوح محلول پاشی مولیبدن

تیمار	معادله رگرسیون	R2
آب خالص	$y = -0.123x^3 + 1.094x^2 - 1.725x + 1.114$	0.969
محلول پاشی با غلظت ۰/۵٪	$y = -0.061x^3 + 0.457x^2 + 0.152x - 0.237$	0.984
محلول پاشی با غلظت ۱٪	$y = -0.069x^3 + 0.541x^2 - 0.070x + 0.018$	0.992

مولیبدن در ابتدای مرحله ساقه دهی (حدود ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز پس از کاشت) و دیگری در زمان گلدهی (حدود ۱۵۰ تا ۱۶۰ روز پس از کاشت)، تفاوت بین روند CGR در سه سطح محلول پاشی از زمان ورود به فاز ساقه دهی آشکار شد. افزایش سرعت رشد و توسعه سطح برگها و نیز افزایش ارتفاع بوته عمدتا ناشی از محلولپاشی مولیبدن در این زمان که دوره رشد تصاعدی گیاه نیز هست، موجب افزایش محسوس شیب سرعت رشد محصول گردید و در ادامه موجب افزایش حداکثر سرعت رشد محصول در مقایسه با تیمار شاهد شد. برتری تیمارهای محلولپاشی از نظر منحنی رشد بدلیل دستیابی سریعتر به حداکثر رشد رویشی و سطح برگ نهایی و نیز میانگین سرعت رشد بالاتر ناشی از شاخص سطح برگ بالا، موجب افزایش توان فتوسنتزی و افزایش سهم دوره زایشی از کل دوره رشد گردید که خود موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد.

نتیجه گیری

الف) کاهش معنی دار عملکرد دانه به عنوان هدف نهایی از تولید گندم، در شرایط قطع حتی یک نوبت آبیاری در طی فاز رشد زایشی، اجتناب ناپذیر است. این خسارت با طولانی شدن دوره تنش و آغاز زود هنگام آن به شدت افزایش می یابد بطوری که علاوه بر کمیت عملکرد، کیفیت دانه (عملکرد پروتئین و نوع پروتئین دانه) را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. این نتایج توسط سایر محققین نیز تایید شده است از جمله، Angus and Van Herwaarden (2001) در بررسی تیمار های تنش خشکی مراحل مختلف دوره رشد گیاه گندم شامل ساقه دهی، گلدهی و پر شدن دانه گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه در هر یک از تیمارهای تنش در مقایسه با شاهد معنی دار بود. آنها کاهش درصد میانگین عملکرد دانه برای تیمارهای اعمال تنش در سه مرحله ذکر شده را به ترتیب ۳۸، ۴۷ و ۴۳ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول گزارش کردند. گزارشات حاکی از آن است که حداکثر نیاز گیاه به رطوبت، در زمان گلدهی و تشکیل دانه است. فاصله بین تمایز سلولی سنبلچه ها و گلدهی حساسترین دوره به خشکی است (Austin, 1999 ؛ معینیان و همکاران، ۱۳۸۹).

ب) بسیاری از اجزای مهم مرتبط با عملکرد دانه از جمله تعداد خوشه های بارور، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به نسبتهای کمتر و بیشتر با توجه به زمان تنش تحت تاثیر منفی کم آبی قرار گرفتند. در این میان عملکرد کل ماده خشک گیاه نیز از طریق عدم باروری برخی خوشه ها و نیز ریزش سریع برگها تحت تاثیر معنی دار تنش در ابتدای فاز گلدهی قرار گرفتند که به تبع آن شاخص برداشت نیز متاثر گردید. قدسی و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثر حذف آبیاری در مراحل انتهایی رشد و نمو بر عملکرد و اجزای آن در ارقام مختلف گندم، کاهش معنی دار همه اجزای عملکرد دانه به جز ارتفاع بوته را در شرایط حذف آبیاری در زمان ۵۰٪ گلدهی گزارش نمودند.

ج) روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی دوره رشد تا رسیدگی گیاه نشان داد که اگرچه زمان وقوع هر دو تیمار تنش بلافاصله پس از به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ بود اما تاثیر غیر مستقیم تنش بر کاهش دوام سطح برگها و آغاز ریزش زودهنگام برگ و نیز کاهش

زمان انتقال مواد فتوسنتزی برگها به دانه از طری کاهش طول فاز زایشی، منحنی تغییرات شاخص سطح برگ را متاثر ساخت و تفاوتهای مشخصی در منحنی های شاخص سطح برگ تیمارهای تنش در مقایسه با شرایط نرمال مشاهده شد این نتایج با گزارشات سایر محققین (میری، ۱۳۹۰؛ معینیان و همکاران، ۱۳۸۹) همخوانی دارد.

د) سرعت رشد محصول نیز همانند شاخص سطح برگ تاثیر کاملا معنی داری از بروز تنش در ابتدا و یا در خلال فاز زایشی پذیرفت. بیشترین تاثیر تنش بر این شاخص کوتاه شدن مدت زمان مرحله حداکثری آن و تسریع در افت منحنی رشد بود.

ه) درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر معنی دار تنش قرار گرفت. اگرچه تنش سبب افزایش درصد و سهم پروتئین دانه گردید اما عملکرد نهایی پروتئین برداشت شده از مزرعه کاهش یافت. کاهش وزن هزار دانه گندم در شرایط تنش، که خود ناشی از کاهش ذخیره نشاسته در دوره پرشدن دانه (بدلیل کاهش معنی دار آنزیم های سنتز نشاسته) است، سبب افزایش درصد پروتئین در واحد حجم می شود (عیسوند و همکاران، ۱۳۸۴).

و) محلول پاشی مولیبدن سبب بهبود عملکرد دانه گندم تحت شرایط نرمال و نیز کاهش خسارت ناشی از تنش گردید. مولیبدوفلاووپروتئین‌ها مانند نیترات ردوکتاز بوده و با تغییر ظرفیت در متابولیسم نیتروژن شرکت می‌کند. مولیبدن سبب افزایش سریع فعالیت نیترات ردوکتاز در گیاهانی که کمبود مولیبدن دارند می‌شود (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). این امر در بهبود عملکرد گیاه نقش داشته باشد.

ز) بطور کلی برای بسیاری از صفات مرتبط با عملکرد، تفاوت معنی داری بین غلظت کم و زیاد مولیبدن وجود نداشت که نشان می دهد مولیبدن در غلظتهای کم مورد نیاز گیاه بوده و مقادیر بیشتر آن از نظر تاثیر گذاری و نیز اقتصادی سودمند نخواهد بود. نقش مولیبدن در افزایش تولید و توسعه ساقه و برگها از طریق محلول پاشی در ابتدای مرحله ساقه دهی و اثر مفید آن در افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی گندم از طریق محلول پاشی در ابتدای فاز گلدهی، سبب افزایش حفظ سطح سبز برگ ها و افزایش فتوسنتز جاری شده و عملکرد دانه را افزایش داد. به نظر می رسد که مولیبدن می تواند به شکل موثر و معنی داری سبب بهبود تحمل گندم به تنش خشکی شود. در آزمایش اخیر شدت فتوسنتز جاری به عنوان یکی از مهمترین منابع کربن برای پر شدن دانه ها و افزایش وزن هزار دانه، تحت تاثیر اثر محلول پاشی مولیبدن در دو فاز مهم رشد گیاه یعنی آغاز ساقه دهی و نیز ابتدای گلدهی از طریق تاثیر بر سرعت، حداکثر رشد و میزان دوام برگها، تحت تاثیر مثبت این عنصر ریز مغذی قرار گرفت. با این حال برای بسیاری از صفات مرتبط با عملکرد، تفاوت معنی داری بین غلظت کم و زیاد مولیبدن وجود نداشت که نشان می دهد مولیبدن در غلظتهای کم مورد نیاز گندم می باشد. کیفیت دانه گندم که ناشی از افزایش میزان پروتئین دانه می باشد نیز با کاربرد مولیبدن بهبود یافت. بر این اساس می توان مقادیر کم مولیبدن را به منظور بهبود کیفیت دانه و نیز تخفیف خسارت ناشی از تنش خشکی به کشاورزان توصیه نمود.

منابع مورد استفاده

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

۲. خلد برین ب. و اسالم زاده ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد اول(ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۲۰ ص.

۳. عیسوند ح.، احمدی ع.، اکبر شاه نجات بوشهری ع.، پوستینی ک. و م. ر. جهانسوز، ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی و زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر انتقال مجدد نیتروژن، کیفیت نانوایی و الگوی نواری پروتئین های ذخیره ای دانه گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶ ، شماره ۶،۱۴۸۹-۱۴۹۷

۴. قدسی م.، رحیمیان م. ح.، زارع فیض آبادی ا.، و ناظری س. م. ۱۳۸۵. اثر حذف آبیاری در مراحل انتهایی رشد و نمو بر عملکرد و اجزای آن در ارقام مختلف گندم. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات – دانشگاه تهران. ص ۱۵۸.

۵. لطیفی ن.، و س. نواب پور، ۱۳۷۹ . واکنش شاخصهای رشد و عملکرد دو رقم لوبیای چیتی به فاصله ردیف و تراکم بوته . مجله علوم کشاورزی ایران . جلد ۳۱. صفحه ۳۶۲-۳۵۳

۶. معینیان م. ر.، زرگری ک. و حسن پور ج. ۱۳۸۹. بررسی اثر محلول پاشی بور (B) بر خصوصیات کمی و کیفی دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد -رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین. ۱۲۵ ص

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

۸. میری م. ر.، قوشچی ف و ح. توحیدی مقدم، ۱۳۹۰. اثر تلقیح بذر با کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر بر خصوصیات کمی و کیفی گندم تحت رژیمهای مختلف آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد - زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین. ۱۸۰ ص

۹. نوروزی ن.، ۱۳۷۴. آب، خاک و اقلیم ورامین، موسسه تحقیقات پنبه. مر کز تحقیقات کشاورزی ورامین.

10. Abd el-Samad, H., El-komy H., Shaddad M.A. and A. Hetta, 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

11. Aghaee-Sarbarzeh R., Mohammadi M., 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.

12. Angus, J.F. and van Herwaarden A. F. 2001. Increasing water use and water-use efficiency in dryland wheat. Agron. J. 93:290–298

13. Austin, R. B. 1999. Yield of wheat in United kingdom: Recent advances and prospects. Crop Sci. 39: 2604-1610

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

15. Chatterjee C, Nautiyal N. 2001. Molybdenum stress affects viability and vigour of wheat seeds. Journal of Plant

Nutrition 24: 1377–1386.
16. Deng Y.M., and Zhang J.M. (2003): Effect of B and Mo application on growth and yield. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 31: 52–53.
17. Duggan, B.L. 2000. Evaluation of a tiller inhibition (tin) gene in wheat. Ph.D. thesis, Australian National Univ., Canberra, Australia
18. Hale, K.L., McGrath, S.P., Lombi, E., Stack, S.M., Terry, N., Pickering, I.J., George, G.N., and E.A.H. Pilon-Smits, 2000. Molybdenum sequestration in Brassica species. A role for anthocyanins. Plant Physiol., 126.,1391-1402.
19. Heidari Sharifabad, H. 2008. Drought mitigation strategies for the agriculture sector. The 10th Iranian Congress of Crop Sci, 18-20 Aug. 2008, SPII, Karaj, Iran.
20. Karimi, M. M., and Siddique K. H. 1991; Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42: 13-20.
21. Kobota T.J., Palta A., and Turner N.C. 1999. Rate of development of post anthesis Water deficits and grain filling of Spring Wheat. Crop. Sci. 32: 1238– 42.
22. Kumar A., Elston J. and Yadav S.K. 1999. Effect of water deficit and differences in tissue water status on leaf conductance of Brassica species. Crop Res. (Hisar). 6(3):350-356.
23. Liu P. 2002b. Effects of the stress of molybdenum on plant and the interaction between molybdenum and other element. Agri-Environmental protection, 21: 276-278
24. Mendel R.R. and Haensch R. 2002. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. Journal of Experimental Botany 53: 1689–1698.
25. Mogensen, V.O., Jonsen C.R., and Poulsen H.H. 1992. effect of water stress on changes in Micro elements on physiological aspects of Rapeseed cultivars (Brassica napus). International Symposium on Irrigation Modernization: Constraints and Solutions. 28 to 31 March. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Ministry of Agriculture, Syrian organizations.
26. 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).
27. Ozturk, A. and Aydin F. 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science . Volume 190,Issue 2, Page 93.
28. Pollock, V.V., Conover, R.C., Johnson, M. K, and M. J. Barber, 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.
29. Randall. R.J. 1969. Change in nitrate and nitrate reductase levels on restoration of molybdenum to molybdenum deficient plants. Australian Journal of Agriculture Research. 20(4): 635-642
30. Rebetzke, G.J., 2002. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. Crop Sci. 42. *No. 3, p. 739-745*
31. Sauer P, and Frebort I. 2003. Molybdenum cofactor-containing oxidoreductase family in plants. Biologia Plantarum 46: 481–490.
32. Shafazadeh, M.K., Yazdansepass, A., Amini, A., and 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.
33. Sigel, S., 2002. Molybdenum and tungsten. Their roles in biologicasl processes. Metal ions in biological systems. New York Marcel Dekker. 2: 234-238
34. Souza, E., Kruk M. and Sunderman D. 1994. Association of sugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alles in soft white spring wheats. Cereal Chem. 71:601-605.
35. 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.
36. Williams R.J.P, and Frausto da Silva J.J.R. 2002. The involvement of molybdenum in life. Biochemical and Biophysical Research Communications 292: 293–299.
37. 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.