دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و نهم، ۱۳۹۸

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر رشد، عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گندم رقم الوند

عباس فلاح[۱]

دریافت: ۹۶/۵/۱۱ پذیرش: ۹۷/۳/۳۰

چکیده

تنش خشکی یکی از عوامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گندم است که موجب کاهش جذب عناصر ریزمغذی به‌ویژه عنصر روی از خاک می‌شود. این آزمایش به منظور بررسی اثر سولفات روی در افزایش تحمل به شرایط خشکی در گندم، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی در شهرستان فریدونشهر استان اصفهان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه (FC) و محلول‌پاشی سولفات روی در سطوح صفر (شاهد)، ۰/۵ درصد و ۱ درصد در سه مرحله (پنجه زنی، ساقه رفتن و ظهور برگ پرچمی) بودند. در این آزمایش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، طول سنبله، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل a، کلروفیل b و پروتئین شد. آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) میزان پرولین را ٤١/٢٤ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. محلول‌پاشی سولفات روی در بالاترین غلظت (۱ درصد) موجب افزایش معنی‌دار تمام پارامترهای مورد بررسی از جمله عملکرد دانه (۲۶۰۲/۳ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۷۶۰۳/٤ کیلوگرم در هکتار)، پروتئین (۱۳/۰٤ درصد) و پرولین (۳۵/۰۳ میکرومول بر گرم وزن تر) گردید. بررسی برهمکنش محلول‌پاشی سولفات روی (۱ درصد) نشان داد تنش شدید باعث افزایش ۳٤/۸۵ درصدی کلروفیل b نسبت به عدم محلول‌پاشی می‌گردد. به‌طور کلی محلول‌پاشی سولفات روی توانست اثرات مضر ناشی از تنش آب را کاهش دهد و شرایط رشد گیاه را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، نوع پروتئین، وزن هزار دانه، کلروفیل

فلاح، ع. ۱۳۹۸. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر رشد، عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گندم رقم الوند. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۹: ۲۲۸-۲۱۷.

۱- گروه کشاورزی دانشگاه پیام‌نور. Abbas8367@yahoo.com

مقدمه

تنش خشکی بارزترین تنش غیر زنده محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی در بخش‌های زیادی از جهان محسوب می‌شود (پیرسته انوشه و امام، ۱۳۹۱). کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است و میانگین بارندگی آن در حدود یک سوم (۲٤۰ میلی‌متر) میانگین جهانی بارندگی می‌باشد، بنابراین با تنش‌های خشکی و خشکسالی‌های متناوبی درگیر است (امام و نیکنژاد، ۱۳۹۰). اقلیم خشک و نیمه خشک، بیشتر مناطق ایران را تحت تأثیر خود قرار داده و خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم آبی افزوده است. متوسط بارندگی در ایران ۲٤۱ میلی‌متر است که کمتر از متوسط بارندگی جهان می‌باشد (قمصری و همکاران، ۱۳۸۹). بر اساس آمار موجود بیش از ۹۵ درصد آبی که در کشور مصرف می‌شود در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا بیشترین حجم تلفات آب نیز در این بخش رخ می-دهد (صابری و همکاران، ۱۳۹۵). به نظر می‌رسد تنش خشکی و کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش رشد، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تحت تاثیر قرار گرفتن تنفس، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و تجمع پرولین می‌شود (عباسی و شکاری، ۱۳۹۵؛ شمسی، ۲۰۱۰؛ طیبی و همکاران، ۲۰۱۰) لذا، کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است در اثر این تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌شود (لاولر و کورنیک، ۲۰۰٦). بر همین اساس محققان بسیاری اثر منفی تنش خشکی را بر عملکرد و اجزای عملکرد، کلروفیل a و b پروتئین و پرولین نشان داده‌اند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ عباسی و شکاری، ۱۳۹۵؛ یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). از آن‌جا که گیاهان به‌طور متناوب در معرض تنش‌های مختلف محیطی مانند خشکی و شوری قرار می‌گیرند، در چنین شرایطی اغلب اوقات عدم تغذیه کافی از عناصر غذایی، اثر خشکی را تشدید و پیچیده‌تر کرده و می‌تواند در صورت تنش خیلی شدید، بقای گیاه را نیز تحت تاثیر قرار دهد (میسرا و سریواستاوا، ۲۰۰٤؛ یادو و بهاتهاگر، ۲۰۰۳). تحقیقات نشان می‌دهد که اگر انتخاب رژیم مناسب تغذیه‌ای صورت گیرد، می‌توان تولید نسبتاً بالایی را در این محیط‌ها به دست آورد (امیری و همکاران، ۱۳۹۲). تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش نقش بسزایی دارد. کمبود عنصر روی در خاک نه تنها باعث کاهش عملکرد گیاه می‌گردد بلکه از طریق کاهش غلظت آن در مواد غذایی از جمله گندم، موجب کاهش جذب آن توسط انسان و دام می‌شود که این امر بروز بیماری‌های مختلف و در نتیجه پایین آمدن سطح بهداشت و سلامتی جامعه را در پی دارد (خان و همکاران، ۲۰۰۸). بهیک تکین (۲۰۱۰) اعلام نمود که کاربرد روی تأثیر بیشتری بر تعداد سنبله و عملکرد دانه گندم در مقایسه با تولید ماده خشک یا اندازه دانه دارد. ییلماز و همکاران (۲۰۱۲) همچنین تأثیر عنصر روی بر عملکرد گندم آبی و دیم در ترکیه بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که در شرایط کمبود روی، غلظت زیاد روی، رشد بذر و عملکرد گندم را افزایش می‌دهد. در این بررسی افزایش عملکرد ناشی از کشت بذور با روی زیاد در شرایط آبی و دیم به‌ترتیب ۱٤ و ۱۸ درصد بود. آشرک (۲۰۰٦) نیز بیان نمود در گندم میزان روی و منگنز ذخیره شده در بذر، اثر زیادی بر روی رشد و عملکرد و محتوای کلروفیل گندم در خاک‌های دچار کمبود دارد. احمدی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که با مصرف خاکی روی و یا مصرف به طریق محلول‌پاشی، به خوبی می‌توان غلظت پروتئین را در دانه به‌عنوان یک ویژگی مهم کیفی افزایش داد. بویس و اسلام (۲۰۱۱) نیز گزارش نمودند که رشد گندم در خاک‌های با کمبود روی نه تنها منجر به محدودیت رشد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد بلکه غلظت پروتئین دانه را نیز کم کرده و از طریق محلول‌پاشی روی حدأکثر عملکرد دانه و غلظت پروتئین در دانه گندم ایجاد می‌شود. لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر روی بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گندم در شرایط تنش خشکی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ برای مطالعه اثر محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط محدود آبیاری بر ویژگی-های کمی و کیفی گندم رقم الوند، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی در شهرستان فریدونشهر استان اصفهان اجرا شد. شهر فریدونشهر دارای موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ٥٦ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۷ دقیقه طول شمالی و ارتفاع ۲۵۳۰ متر از سطح دریا می‌باشد. آب و هوای منطقه بر اساس میانگین داده‌های سی ساله هواشناسی جزء اقلیم‌های سرد و کوهستانی می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سیلت	رس	شن	بافت خاک
		درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم		درصد			
۱/٦	۷/۵	۱/٦۷	۰/۰۷	۱۰/۲	۱٤۱	۲۸	۳۰	٤۲	رسی لومی

تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی شامل سه سطح آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید)، آبیاری در ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط) و آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) و محلول‌پاشی سولفات روی نیز در سطوح صفر، ۰/۵ درصد (۲ کیلوگرم سولفات روی معادل ٦۵۹ گرم عنصر روی در هکتار) و ۱ درصد (٤ کیلوگرم سولفات روی معادل ۱۳۱۹ گرم عنصر روی در هکتار) بودند. بعد از آماده-سازی کرت‌های به طول چهار متر و عرض دو متر و با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف چهار سانتی‌متر عملیات کاشت در شش آبان ۱۳۹۵ انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از آن آبیاری بر اساس عرف منطقه به روش نشتی انجام شد. رژیم‌های آبیاری از مرحله پس از گلدهی (ZGS60) تا رسیدن (ZGS90) اعمال شد (امام و همکاران، ۱۳۹٦). برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از حسگرهای دفنی دستگاه انعکاس سنجی امواج (TDR)[1] استفاده گردید. با استفاده از دستگاه TDR سه شاخه قابل حمل، میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در چهار نقطه از هر یک از کرت‌ها اندازه‌گیری و زمان آبیاری بر اساس زمان رسیدن به هر یک از تیمارهای خشکی صورت گرفت. میزان آب ورودی به هر کرت نیز با استفاده از کنتور محاسبه گردید و عمق آب استفاده شده در هر تیمار رطوبتی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید. که در آن V_m: میزان آب با واحد مترمکعب، F_C: درصد رطوبت وزنی در مرحله ظرفیت مزرعه، θ: متوسط رطوبت وزنی خاک در عمق ریشه بر حسب درصد، BD: وزن مخصوص ظاهری خاک (g/m^2)، D: عمق ریشه.

رابطه ۲ $$Vm = [D \times (Fc - \theta) \times Db] \times ۱۰۰$$

محلول‌پاشی سولفات روی طی سه مرحله در فصل رشد گیاه (پنجه زنی، ساقه رفتن و ظهور برگ پرچمی) انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت چهار بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال گردید. در پایان فصل رشد، در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹٦ بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت چهار ردیف میانی برداشت شده و جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد بیولوژیک، طول سنبله، وزن هزار دانه، کلروفیل a، کلروفیل b، پروتئین و پرولین مورد استفاده قرار گرفت. سپس نمونه‌ها را در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ٤۸ ساعت قرار داده و با وزن کردن کل نمونه عملکرد بیولوژیک تعیین شد. با جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلش، وزن هزاردانه و عملکرد دانه از مساحت برداشت شده محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل‌های a و b (بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) از روابط زیر استفاده شد (پروچزکا، ۱۹۹٤):

رابطه ۲ $$\text{کلروفیل a} = ۱۲/۱۹ A_{٦٦۳/۲} - ۱۲/۱۹ A_{٦٤٦/۸}$$

رابطه ۳ $$\text{کلروفیل b} = ۲۱/۵ A_{٦٤٦/۸} - ۵/۱ A_{٦٦۳/۲}$$

در این روابط $A_{٦٦۳/۲}$ و $A_{٦٤٦/۸}$ به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ٦٦۳/۲ و ٦٤٦/۸ نانومتر می‌باشد. درصد پروتئین دانه با استفاده از ضریب تبدیل ٦/۲۵ در درصد نیتروژن بدست آمد (پروانه، ۱۳۸۰). به منظور اندازه‌گیری پرولین از روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

1- Time Domain Reflectometry

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	طول سنبله	وزن هزار دانه	تعداد سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	پروتئین	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b
تکرار	۲	٦۳۳/۰	۲/۱	۷۰۲/٤	۳٤۹۰٤/۳	۲۳۷۱۷۳٦٥	۸۷۳۹۸۰/۳	۲/۷	۹/۲	۱/۰	۰/۰۰٦
تنش خشکی	۲	۱۱۰۲/۲**	۱۸/۳**	۷۳۰/٥**	۳٦٥۱۳/٤**	۸٥٤٤۷۷٦٥**	۳۱۱۷۱۲۳/۷**	۱٥۲/۳**	۷۱۸/۸**	۰/۲*	۰/٦*
خطای اصلی	٤	٦۹/۲	٥/۳٥	۱۲۲/٦	٥۲٤۰/۱	۲۰۰۲۱٤٤	۱٦۲۱۷/۲	۰/۲۰	۲۱/۱	۰/۰۰	۰/۰۰٤
سولفات روی	۲	۱۹۸/۰*	۱٤/۱۲**	۱۹/۷*	۹٥/٤ns	٦۹۸۷۳۲۰**	۲۱۹۷٦۰/٥*	۲۹/۳**	۳۸/۷*	۰/۱*	۰/۷*
سولفات روی ×تنش	٤	٥۹/۱ns	۰/٤ns	۱/۰۲ns	۱٤٤٥/۸ns	٥٥۲۲٤٥ns	۲٤۱۷٦/۸ns	۰/۳ns	٥/۸ns	۰/۰۱ns	۰/۰٥*
خطای فرعی	۱۲	٤۹/۲	۰/٥	٤/٥	۱۰۱۷/۲	٦۹۳۲٤۳	٤۷۳٤۹/۰	۰/٦	٦/۹	۰/۰٦	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۱۲	۱۳/٥٦	٦/٤۱	۱۲/۳٤	۱۲/٥٤	۹/۰٥	۷/۱۰	۷/٦	٦/٥۱	۹/۱۲

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند

جدول ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی و محلول پاشی سولفات روی

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین (درصد)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
آبیاری (رطوبت قابل استفاده)									
٪۹۰ FC (شاهد)	۷۹/۸۷a	۷/۳٥a	٤۲/٦۳a	۳۲٥/۱۰a	۹۹۷٥/٦a	۳۰۲۷/۱a	a۱٥/۳۹	۲٥/٥۰c	۱/۱۸a
٪۷٥ FC (تنش متوسط)	٦۹/٥۳a	٥/۹۱b	۳۳/٤۷ab	۲٤۳/۸۸ab	٦٤۲۹/۳b	۲٤۷٦/۹b	۱۰/٥۹b	۳٤/۳٦b	۱/۰٦b
٪٥۰FC (تنش شدید)	٥۷/٦٥b	٤/٦۰c	۲٤/٤۹b	۱۹۹/۲۲b	۳۸٤٤/۷c	۱۸۳۱/۸c	c۷/۳۷	٤۳/۱۷a	۰/۸۷c
سولفات روی									
عدم محلول‌پاشی	٦٤/٦٥b	٤/۷٤c	۳۲/۱۷b	۲٥٦/۳۷a	٥۸۹۲/٥b	۲۲۹۳/۳b	c۹/٤٥	۳۲/۰۱b	۰/۹۱c
۰/٥ درصد	٦۸/۲۷ab	٥/٤٥b	۳۳/۲۸ab	۲٥۸/٤۹a	٦٦۹٦/٦b	۲۳۹۸/۱ab	۱۰/۹۷b	۳٤/۸۱a	۱/۰۲b
۱ درصد	۷۳/۸۸a	۷/۲٥a	۳٥/۰٤a	۲٥۲/٤٤a	۷٦۰۳/٤a	۲٦۰۲/۳a	۱۳/۰٤a	۳٥/۰۳a	۱/۱۸a

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

نتایج و بحث

ارتفاع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد تحت اثر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش شدت تنش ارتفاع بوته کاهش یافت، به طوری که بیشترین ارتفاع از تیمار آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) و کمترین آن با ۲۷/۷ درصد کاهش در شرایط آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) در زمان گلدهی حاصل شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیکتر باشد تنش اثر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳). بر اساس نتایج تحقیق محمدی و همکاران (۱۳۸۵) افزایش رشد رویشی گیاه گندم در شرایط عدم تنش خشکی مشاهده شد. سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه سطح احتمال پنج درصد گردید (جدول ۲). به طوری که بیشترین ارتفاع در سطح محلول‌پاشی به غلظت ۱ درصد دیده شد که در مقایسه با محلول‌پاشی ۰/۵ درصد و شاهد به ترتیب ۱٤/۳ و ۵/٦ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). عنصر روی در رشد و ارتفاع و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین در سنتز هورمون اکسین، فرآیندهای متابولیسم نیتروژن و فعالیت آنزیم‌ها نقش اساسی دارد. اثر کاربرد روی در افزایش ارتفاع گیاه می‌تواند به‌طور عمده مربوط به اثر این عامل بر سنتز تریپتوفان به‌عنوان ماده متشکله ایندول استیک اسید (IAA) یا همان هورمون افزایش رشد گیاه باشد (برینان، ۲۰۰۷). در همین راستا آرمین و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی سولفات روی بر آفتابگردان، افزایش ارتفاع بوته را به اثبات رسانده‌اند.

طول سنبله

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به طوری که در تنش شدید با میانگین ٤/٦۰ سانتی‌متر، کاهش ۳۸/۲۱ درصدی در مقایسه با عدم تنش مشاهده شد (جدول ۳). هر قدر شرایط مساعدتر باشد فاصله میان گره‌ها بر روی خوشه بیشتر می‌گردد و تراکم کم می‌شود و برعکس شرایط نامساعد محیط به ویژه خشکی موجب می‌گردد که محور خوشه رشد کافی ننماید و فاصله میان گره‌ها در خوشه تقلیل یابد و تراکم زیاد گردد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). در همین راستا تحقیقاتی شده است که تنش خشکی باعث کاهش طول سنبله گندم می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵). محلول‌پاشی ۰/۵ و ۱ درصد سولفات روی نسبت به عدم محلول‌پاشی به ترتیب ۱۳/۱ و ۳۳/۱ درصد افزایش طول سنبله را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۳). به نظر می‌رسد با مصرف سولفات روی رشد گیاه افزایش می یابد و منجر به افزایش ارتفاع گیاه می شود و از آن جایی که طول سنبله جزیی از سنجش ارتفاع گیاه می‌باشد پس باعث افزایش طول سنبله شده است (عباسی و شکاری، ۱۳۹۵).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف خشکی در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین تیمارهای آبیاری، آبیاری کامل و تنش شدید به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند که آبیاری مطلوب وزن هزار دانه را ٤۵ درصد نسبت به تنش شدید افزایش داد (جدول ۳). امام و همکاران (۱۳۸٦) بیان داشتند که تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب کاهش وزن هزار دانه شده است و بیشترین کاهش عملکر دانه ناشی از وزن هزار دانه بود. تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزاردانه شده و بیشترین اثر آن در دوره پر شدن دانه، بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده افشانی است. در بین تیمار محلول‌پاشی سولفات روی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه مربوط به سطح ۱ درصد و شاهد با ۸/٦ درصد اختلاف مشاهده شد. وزن هزار دانه با محلول‌پاشی ۱ درصد سولفات روی نسبت به ۰/۵ درصد حدود ٤/۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). ملکوتی و همایی (۲۰۰۵) گزارش دادند تحت تنش خشکی سولفات روی سبب کاهش کمتر وزن هزار دانه در همه ارقام گندم شده است، آن‌ها همچنین اظهار نمودند سولفات روی از طریق تقویت انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد.

تعداد سنبله در مترمربع

تنش خشکی بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به طوری که آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه کمترین تعداد سنبله در مترمربع و آبیاری کامل بیشترین آن را تولید کرد و باعث افزایش ۳۸/۷ درصد تعداد سنبله در مترمربع نسبت به تنش شدید در مرحله گلدهی شد، ولی بین تنش ملایم و شاهد از نظر آماری اختلافی نبود (جدول ۳). امام و ثقه الاسلامی (۱۳۸٤) اثر سوء تنش رطوبتی

در مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و توسعه‌ی غلاف بر تعداد سنبله در مترمربع را گزارش کردند. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی اثر تنش خشکی در گندم نتیجه گرفتند که تعداد سنبله در مترمربع در اثر تنش محدودیت رطوبتی کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. اگرچه غلظت ۱ درصد سولفات روی بیشترین سنبله در مترمربع و عدم محلول‌پاشی یا (شاهد) کمترین سنبله در مترمربع را دارا بود اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). در همین راستا آگاری و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند سولفات روی باعث افزایش تعداد پنجه و در نتیجه افزایش تعداد سنبله در برنج شد.

عملکرد بیولوژیک

اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شدید کمترین و آبیاری کامل با ٦١/٥ درصد افزایش، بیشترین عملکرد بیولوژیکی را تولید کرد (جدول ۳). گزارش شده است که کاهش فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای و همچنین مقدار کلروفیل کمتر در شرایط تنش می‌تواند منجر به کاهش تولید زیست توده شود (لی و همکاران، ۲۰۰٤). تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و اثر بر فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه به عنوان جزیی از عملکرد بیولوژیک می‌شود (فرخی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). در موضعی مشابه قندی و جلالی (۱۳۹۲) گزارش کردند کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گندم باعث کاهش اندازه گیاه و وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش عملکرد و شاخص برداشت می‌شود. اثر محلول‌پاشی سولفات روی به عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). محلول‌پاشی سولفات روی ۱ درصد بیشترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد و کمترین آن در عدم محلول‌پاشی بدست آمد. محلول‌پاشی ۱ درصد سولفات روی موجب افزایش ۱۲/۳۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار ۰/۵ درصد و ۲۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). عنصر روی نیز به دلیل حفظ بهتر فعالیت‌های فتوسنتزی، باعث افزایش وزن ریشه و اندام هوایی گندم شد (کک مک، ۲۰۰۹). عباسی و شکاری (۱۳۹۵) گزارش کردند که یکی از روش‌های بالا بردن وزن خشک کل گیاه تأمین نمودن عناصر غذایی اصلی و عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گندم مثل روی است.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت اثر محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال پنج درصد و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، آبیاری کامل بیشترین و تنش شدید با ۳۹/۱۱ درصد کاهش، کمترین عملکرد دانه را تولید کرد (جدول ۳). در بسیاری از مطالعات، واکنش عملکرد به رژیم‌های آبیاری به علت اثر آب و هوایی در سال‌های مختلف یکسان نبوده است، به همین علت گزارش‌های متفاوتی در مورد مراحل حساس رشد و نمو گندم نسبت به تنش آب وجود دارد (کوپتا و همکاران، ۲۰۰۱). به نظر می‌رسد که تنش خشکی در مرحله تقسیم سلولی از طریق کاهش اکسین و افزایش میزان اسید آبسیزیک باعث کاهش تقسیم سلولی، و در مرحله پر شدن دانه، از طریق میزان اسید آبسیزیک و کاهش فعالیت‌های آنزیمی و کاهش دوره پر شدن دانه، موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹). محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش عملکرد دانه گردید، به‌طوری که محلول‌پاشی ۱ درصد عملکرد دانه را به نسبت محلول پاشی یک درصد و عدم محلول پاشی به ترتیب ۵/۷۲ و ۱۱/۷۰ درصد افزایش داد (جدول ۳). افزایش و یا کمبود روی در گیاهان زراعی هم رشد گیاه را و هم عملکرد نهایی را کاهش می‌دهد زیرا عنصر روی در دامنه وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی تأثیر دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۰). ضمناً غلظت نامناسب روی سبب وارد آمدن صدمات قابل توجهی به گیاه می‌شود (چاکرالحسین و همکاران، ۱۳۸۸). از سوی دیگر سولفات روی در گندم باعث کاهش محتویات کربوهیدرات در برگ و ساقه هنگام شکل‌گیری سنبله می‌شود که ظاهرا باعث تسهیل جریان کربوهیدرات‌ها به دانه و در نهایت باعث بالا رفتن کیفیت دانه یا افزایش غلظت روی در دانه می‌گردد و از سویی دیگر نیز می‌تواند باعث انتقال بهتر پروتئین به دانه گندم شود (خان و همکاران، ۲۰۰۸). به نظر می‌رسد سولفات روی در غلات با افزایش مقدار محصول و همچنین افزایش پر شدن دانه-ها منجر به بهبود عملکرد اقتصادی می‌شود.

درصد پروتئین

اثر سولفات روی و کم آبیاری بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما برهم کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). آبیاری کامل بیشترین میزان پروتئین و تنش شدید با ٥٢/٤ درصد کاهش کم‌ترین صفت

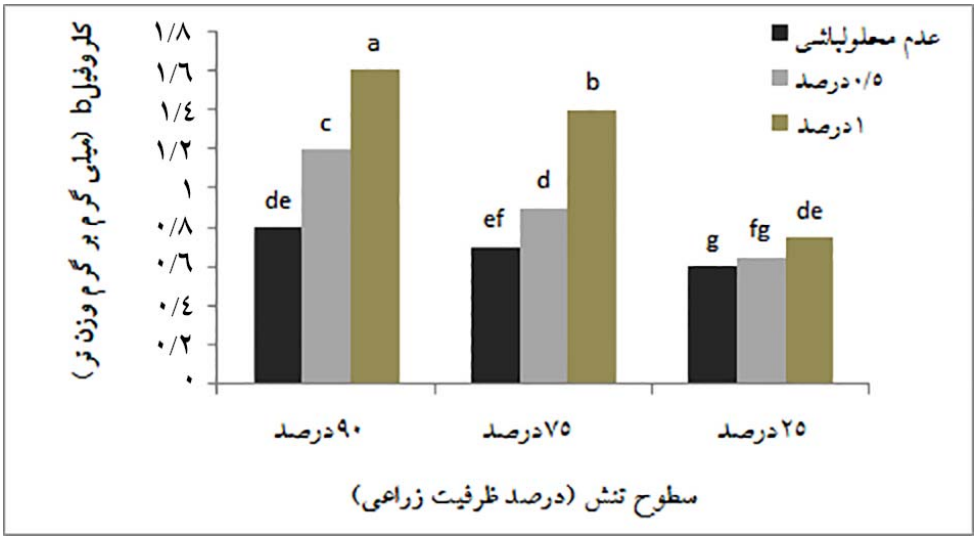
مذکور را به خود اختصاص داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی در نتیجه واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تغییر اسیدآمینه، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین مرتبط است (رانجان و همکاران، ۲۰۰۱). در همین راستا عباسی و شکاری (۱۳۹۵) نیز کاهش پروتئین گندم در تنش خشکی را گزارش کردند. تیمارهای محلول‌پاشی ۱ درصد سولفات روی و عدم محلول‌پاشی (شاهد) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پروتئین دانه را دارا بودند، به‌طوری که محلول‌پاشی ۱ درصد به میزان ۱٦/۵ درصد افزایش پروتئین دانه را نسبت به محلول‌پاشی ۰/۵ درصد و ۲۷/٤ درصد افزایش نسبت به عدم محلول‌پاشی داشت (جدول ۳). نتایج محققان نشان داده است محلول‌پاشی روی موجب افزایش تجمع اسیدهای آمینه و در نتیجه افزایش درصد پروتئین در سویا می‌گردد (جامسون و همکاران، ۲۰۰۹).

پرولین

پرولین تحت اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط تنش، بیشترین میزان پرولین در تیمار تنش شدید با میانگین ٤۳/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر و کمترین آن در تیمار شاهد با میانگین ۲۵/٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر وجود داشت (جدول ۳). تجمع پرولین تحت شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک سنتز آن از گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد (شارما و کوهد، ۲۰۰٦). پرولین نقش محافظت کنندگی آنزیم-های سیتوزولی (حفاظت از آنزیم کربوکسیلاز) و ساختار سلولی را بر عهده دارد لذا پرولین در شرایط تنش، در سلول انباشت می‌شود (پیرسته انوشه و امام، ۱۳۹۱). در این آزمایش محلول-پاشی سولفات روی هم باعث افزایش میزان پرولین شد، به گونه‌ای که بیشترین میزان پرولین در تیمار تنش شدید همراه با محلول‌پاشی ۱ درصد (۳٦/۰۲ میکرومول بر گرم وزن تر) سولفات روی حاصل شد (جدول ۳). نقش پرولین در هنگام تنش، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها، جلوگیری از تجزیه ماکرومولکول‌ها، دخالت در حفظ استحکام دیواره‌ی سلولی و پاکسازی هیدروکسیل های تولیدی تحت تنش در گیاه است. عنصر روی در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی به واسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول دارد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸).

کلروفیل a و b

کلروفیل a تحت اثر تنش خشکی و سولفات روی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی شدید (۲۵ درصد) و متوسط (۷۵ درصد) به ترتیب باعث کاهش ۲۷/۷۳ و ۱۸/۸٦ درصدی در میزان کلروفیل a گردید (جدول ۳). در شرایط تنش‌های محیطی مانند خشکی میزان تولید رادیکال-های فعال و در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدی افزایش می‌یابد (گونگ و همکاران، ۲۰۰۵). مشخص شده است که تخریب کلروفیل نتیجه پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و تشکیل هیدروپراکسید اسیدهای چرب موجود در غشاء می‌باشد (امام و نیکنژاد، ۱۳۹۰). قسمتی از کاهش کلروفیل در زمان تنش اکسید کننده می‌تواند نتیجه پراکسیداسیون غشاهای کلروپلاستی باشد. مصرف سولفات روی، کلروفیل a را افزایش داد، به‌طوری که محلول‌پاشی بیشترین مقدار از این ماده (۱ درصد) صفت مذکور را ۲۲/۸۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). برهمکنش تنش و محلول‌پاشی سولفات روی بر کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر تیمار خشکی محتوای کلروفیل a و b در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، در صورتی که کاربرد سولفات روی مانع از کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش می‌گردد، به طوری که کاربرد ۱ درصد سولفات روی در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به افزایش ۳٤/۸۵ درصدی نسبت به تیمار عدم محلول پاشی در شرایط مشابه شد. در شرایط تنش متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و آبیاری کامل (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) نیز روند مشابهی از محلول پاشی سولفات روی در افزایش کلروفیل b بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر میزان کلروفیل b

روی بر محتوای عناصر غذایی موثر در تشکیل کلروفیل نظیر آهن و منیزیم تاثیر دارد. عنصر روی به دلیل نقش مهمی که در متابولیسم پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و همچنین رنگدانه‌های فتوسنتزی دارد، می‌تواند باعث توان فتوسنتزی و عملکرد شود (کایا و هیگس، ۲۰۰۸). طی این بررسی در اثر تنش خشکی میزان کلروفیل a و b در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به ترتیب به میزان ۲۷/۷ و ٤۲/۱ درصد کاهش یافت، لذا می‌توان نتیجه گرفت که میزان خسارت وارده به کلروفیل b تحت تنش خشکی بیشتر از کلروفیل a بوده است (جدول ۳). اونکل و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که مقدار زیادی از کلروفیل b موجود در کلروپلاست در کمپلکس‌های برداشت کننده نور در فتوسیستم ۲ قرار دارد. همچنین این پژوهشگران بیان داشتند که در شرایط تنش، کمپلکس‌های برداشت کننده نور بیشتر آسیب می‌بیند که باعث کاهش شدید کلروفیل b در کلروپلاست و افزایش نسبت a به b تحت تنش خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که بروز تنش خشکی با تأثیر بر رشد اندام‌های گیاه موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد. بهره‌گیری از عنصر روی از یک‌سو موجب افزایش ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و پروتئین شده از سوی دیگر با تأثیر بر ساخت اسمولیت‌هایی مانند پرولین موجب تخفیف آثار تنش و با جلوگیری غیرمستقیم از تخریب کلروفیل موجب ادامه رشد و تسهیم بهینه آسمیلات‌ها در گیاه می‌شود. در شرایط آب و هوایی مشابه، در بین تیمارهای سولفات روی، بالاترین غلظت (۱ درصد) توانست اثر بارزی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد داشته باشد.

منابع

احمدی، م.، ع. آستارایی، پ. کشاورز و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۵. تأثیر شوری آب آبیاری و کود روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی گندم. مجله بیابان. جلد۱۱، شماره ۱: ۳۹-۸.

آرمین، م.، ه. استیری و ه. فیله کش. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی مقادیر مختلف سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی. نشریه تولید گیاهان روغنی. جلد ۱، شماره ۱: ۷۷-٦٦.

امام، ص. و م.ج. ثقه الاسلامی. ۱۳۸٤. عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیندها. شیراز. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۳ ص.

امام، ی. و م. نیک‌نژاد. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

امام، ی.، م. رنجبری و ج. بحرانی. ۱۳۸٦. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت تأثیر تنش خشکی پس از گلدهی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱: ۳۲۸-۳۱۷.

امیری، ا.، ع.ا. باقری، م. خواجه، ن. نجف آبادی و پ. یدالهی ده چشمه. ۱۳۹۲. تأثیر محلول‌پاشی روی و آهن بر عملکرد و آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی گلرنگ در شرایط تنش خشکی، مجله پژوهش‌های به زراعی. جلد ٥، شماره ٤: ۳۷۲-۳٦۱.

بنی عباسی شهری، ز.، غ. زمانی و م.ح. سیاری زهان. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله تنش‌های محیطی درعلوم زراعی. جلد ٤، شماره ۲: ۱۷۲-۱٦٥.

پروانه، و. ۱۳۸۳. کنترل کیفیت غذایی و آزمایشات شیمی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۱۷۸ ص.

پیرسته انوشه، ه. و ی. امام. ۱۳۹۱. دست‌ورزی صفات مورفو-فیزیولوژیک گندم نان و ماکارونی با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط متفاوت آبیاری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. جلد ۲، شماره ٥: ٤٥-۲۹.

چاکرالحسین، م.، ر. محتشمی و ح.ر. اولیایی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات میزان منبع و روش مصرف کود روی بر صفات کمی و کیفی برنج زراعی رقم چرام. مجله پژوهشی در علوم کشاورزی. ٥: ٤۳-۳۳.

سعیدی، م.، ف. مرادی، ع. احمدی، ر. سپهری، گ. نجفیان و ا. شعبانی. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی انتهای فصل بر خصوصیات فیزیولوژیک و روابط منبع و مخزن در دو رقم گندم نان. مجله علول زراعی. جلد ۱۲، شماره ٤: ٤۰۸-۳۹۲.

صابری، م.، ح.م. نیکخواه، ح. تجلی. ۱۳۹٥. اثرات تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و تعیین بهترین شاخص تحمل در لاین‌های امید بخش جو. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. جلد ۲۹، شماره ۲: ۳٥-۲۷.

صداقت، م.ا و ی. امام. ۱۳۹٦. اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد دانه ارقام گندم نان در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۹، شماره ۲: ۱٤۷-۱۳۲.

عباسی، ا. و ف. شکاری. ۱۳۹٥ . اثر سولفات روی بر رشد و عملکرد گندم در شرایط کمبود روی خاک و تنش خشکی. مجله تحقیقات غلات. جلد ٦، شماره ۲: ۱٥۸-۱٤٥.

فرخی نیا، م.، م. رشدی، ب. پاسبان اسلام و ر. ساسان دوست. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ٤۲، شماره ۳: ٥٥۳-٥٤٥.

قمصری، ب.، غ. اکبری، م. ظهوریان، و ا. نیک بنایی. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد و شاخص‌های رشد ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد مقادیر مختلف پلیمر سوپرجاذب تحت شرایط تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی. جلد ۲۷، شماره ۱: ۱۸۹-۱۷۸.

قندی، ا. و ا.ه. جلالی. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی ملایم آخر فصل رشد بر ویژگی‌های زراعی ارقام گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ٦، شماره ۲: ۱۳٤-۱۱۷.

محمدی، ح.، ع. احمدی، ف. مرادی، ع. عباسی، ک. پوستینی، م. جودی و ف. فاتحی. ۱۳۹۰. ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ٤۲، شماره ۲: ۳۸٥-۳۷۳.

محمدی، ع.، ا. مجیدی، م.ر. بی همتا و ح. حیدری شریف آبادئی. ۱۳۸٥ . ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۳: ۱۸٥-۱۹۲.

ملکوتی، م.ج. و م. تهرانی. ۱۳۸۰. اثرات ریز مغذی‌ها روی کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی (چاپ دوم). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ٤۳ ص.

یدالهی ده چشمه، پ.، م.ر. اصغری پور، ن. خیری، و ا. قادری.۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و کودهای ریز مغذی بر عملکرد روغن و ویژگی‌های بیوشیمیایی گلرنگ. نشریه تولید گیاهان روغنی. جلد ۱، شماره ۲: ٤۰-۲۷.

Agarie, S., H. Uchida, W. Agata F. Kubata and B. Kaufamn. 2008. Effect of zinc sulfate on growth, dry matter production and photosynthesis in rice *(Oryza sativa* L.). Agric. J. America. 1(3): 110-120.

Ascherc, J. 2006. Crop nutrition during the establishment phase role of seed reserves. In: I. M. Wood. crop establishment problem in Queesland Australion. Field Crops Res. 89(1): 1-16.

Bates, L.S., S.P. Waldren, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water–stress studies. Plant soil 39: 205-207.

Behic Tekin, A. 2010. Variable rate fertilizer application in Tutkish wheat agriculture economic assessment. Field Crops Res. 90(1). 19-34.

Bouis, H. and Y. Islam. 2011. Biofortifiction: Leveraging agriculture to reduce hidden hunger. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 35: 456-589.

Brennan, R.F. 2007. Effectiveness of zinc sulfate and zinc chelate as foliar sprays in alleviating zinc deficiency of wheat grown on zinc deficient soils in Western Australia. Aust. J. Exp. Agric. 31: 831–834.

Cakmak, I. 2009. Enrichment of fertilizer with zice: An excellent investment for humanity and crop production in India. World J. Agric. Sci. 2(1): 37-46.

Gong, H., K. Chen, G. Chen S. Wang and C.H. Zhang. 2005. Effects of zinc sulfate on growth of wheat under drought. J.Agric. Sci. 37(1). 85-91.

Gupta, N.K., S. Gupta and A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. Wheat, Barley and Triticale Abstracts 18: 497.

Jamsom, M., S. M.H. Galeshi D. Pahlavani and E. Zeinali. 2009. Evaluation of zinc foliar application on yield components, grain yield and grain quality of tow soybean cultivar in summer cultivation. J. Plant Prod. 16(1): 17-28.

Kaya, C. and D. Higgs. 2008. Response of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Sci. Hortic. 93: 53-64.

Khan, M.A., M.P. Fuller and F.S. Baloch. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. Crop Sci. 17:4750.

Lawlor, D.W. and G. Cornic. 2006. Photosynthetic cabon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment 25: 275-294.

Liu, F., M.N. Andersen and C.R. Jensen. 2004. Root signal controls pod growth in droughtstressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. Field Crop Res. 85:159-166.

Malakouti, MJ. and M. Homaei. 2005. Soil Fertility in Arid and Semi-arid Areas Problems and solutions. Tarbiat Modarres University Press.1:12-32.

Misra, A. and N.K. Srivastava. 2004. Influence of water stress on Japanese Mint. Journal of herbs, Spices and medicinal Plant 7 (1):51-58.

Oncel, I., Y. Keles and A.S. Ustun. 2001. Interactive of temperature and heavy metal stress on the growth and some biological compounds in wheat seedling. Environmental Pollution 107: 315320.

Prochazka, S., I. Machaackova, J. Kreekule and J. Sebanek. 1998. Plant physiology. Academia. Praha 484 PP.

Ranjan, R., S.P. Bohra. and A.M. Jeet. 2001. Plant Senescence. Jodhpur, agrobios, pp.18-42.

Ravi, S., H.T. Channal, N.S. Hebsur, B.N. Patil and P.R. Dharmatti. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka J. Agric. Sci. 21(3): 382-385.

Shamsi, K. 2010. The effect of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrate and chlorophyll of bread wheat cultivars. Crop Sci. 41(2): 1530-1540.

Sharma, K.D. and M.S. Kuhad. 2006. Influence of Potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of Brassica Species. Exp.Bot. 67: 164–171.

Tayebi, A., H. Afshari, F. Farahvash, J. Masood sinki and S. Nezarat. 2012. Effect of drought stress and different planting dates on safflower yield and its components in Tabriz region. J. Biol. Sci. 6(7): 688-692.

Yadav, O.P. and S.K. Bhathagar. 2003. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non stress conditions. J. Agron. Crop Sci. 89: 151-155

Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Guttekin S. Karanlik S.A. Bagci and I. Cakmak. 2012. Effect of different zinc application method on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. J. Plant Nutr. 20: 461- 471.

Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 11-16.

Effect of drought stress and zinc sulfate spraying on growth, yield and photosynthetic pigments in wheat cultivar Alvand

A. Fallah[1]

Received: 2017-8-2 Accepted: 2018-6-20

Abstract

Drought stress is a major contributor to decrease growth and yield of wheat that decline the absorption of micronutrients especially zinc from the soil. This experiment was carried out as split plot in a randomized complete block design with three replications to investigate the effect of zinc sulfate on increasing tolerance to drought stress in wheat, at research farm of Fereydunshahr, Esfahan province in 2016-2017. Treatments included drought stress at 50, 75 and 90% field capacity (FC) and zinc sulfate solution at zero (control), 0.5% and 1% in three stages (tillering, stem elongation, flag leaf appearance). In this experiment, drought stress significantly reduced plant height, number of spikes per square meter, 1000-seed weight, spike length, biological yield, chlorophyll a, chlorophyll b and protein. Irrigation in 50% of crop capacity (severe stress) increased the amount of proline by 41.24% compared to control. Zinc sulfate solution (1%) significantly increased all parameters including seed yield (2602.3 kg/ha), biological yield (7603 kg/ha), protein (13.04%) and Proline (35.03 µM/g fresh weight). In the interaction of zinc sulfate solution (1%), under severe stress conditions, chlorophyll b was increased by 34.85% relative to non-soluble spray. In general, foliar application of zinc decreased harmful effects of oxidative stress due to water deficit stress and improved growth conditions for plants.

Keywords: Drought stress, protein type, 1000-seed weight, chlorophyll

1- Depratment of Agriculture PNU