نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۷۴-۱۶۴، نیمهٔ دوم ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 164-174
DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45921

اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط خشکی

مرتضی جمشیدی[1*]، عبدالرزاق دانش‌شهرکی[2] و سیّدمجتبی هاشمی‌جزی[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز
۲- استادیار گروه مهندسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، danesh-a@agr.sku.ac.ir
۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵

چکیده

به‌منظور مطالعهٔ اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط خشکی آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه‌تکرار اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی شامل سه‌سطح S1، S2 و S3 (به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۷۰ و ۹۰میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و فاکتور فرعی شامل ترکیب فاکتوریل محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی، هر کدام در سه‌سطح شامل محلول‌پاشی با آب‌مقطر، محلول‌پاشی ۱/۵ در هزار و محلول‌پاشی ۳ در هزار از منابع سولفات‌منگنز و سولفات‌روی بود. نتایج نشان‌داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر کلیهٔ صفات موردبررسی داشت و بیشترین مقادیر تعداد غلاف در بوته (۱۴/۲)، عملکرد دانه (۳۱۷۲/۴کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۹۱۲۴/۱کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار S1 بود؛ درحالی‌که بیشترین مقادیر تعداد دانه در غلاف (۴/۷)، وزن صَددانه (۲۶گرم) و شاخص برداشت (۳۶/۴) در تیمار S2به‌دست آمد. کمترین مقادیر صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمارS3 مشاهده شد؛ به‌نحوی‌که تعداد غلاف در بوته (۵)، تعداد دانه در غلاف (۳/۶)، وزن صَددانه (۲۱/۴گرم)، عملکرد دانه (۷۷۴/۵کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۵۴۵۱/۷کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۱۳/۶) نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۶۴/۸، ۲۰، ۱۲/۶، ۷۵/۶، ۴۰/۲ و ۶۰/۸درصد کاهش یافتند. اثر سادهٔ محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی نیز در مورد کلیهٔ صفات، به‌جُز شاخص برداشت و وزن دانه معنی‌دار و متناسب با افزایش مصرف عناصر موردبررسی، از روند افزایشی برخوردار بود، به‌نحوی‌که عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی ۳ در هزار منگنز و روی نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۳۶/۳ و ۲۸/۲درصد افزایش یافت. بررسی اثرات متقابل نیز نشان‌داد که در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی منگنز اثر مساعدتری نسبت به محلول‌پاشی روی در مورد صفات تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه داشت. به‌طورکلی اگرچه محلول‌پاشی منگنز و روی سبب افزایش عملکرد دانه گردید، اما در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی منگنز تأثیر بهتری در تخفیف اثرات سوء تنش خشکی داشت.

واژه‌های کلیدی: تغذیهٔ گیاه، حبوبات، شاخص برداشت، عناصر کم‌مصرف، کم‌آبیاری

مقدمه

حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی انسان پس از غلات مطرح بوده و از نظر تأمین نیاز غذایی جامعه، کشاورزی پایدار و سودمندی اقتصادی نقش مهمی را ایفا می‌کنند و یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه به‌شمار می‌آیند. در بین حبوبات لوبیا از بیشترین اهمیت برخوردار بوده و دارای بالاترین میزان مصرف در دنیا نسبت به سایر حبوبات می‌باشد. لوبیا به‌لحاظ داشتن مقدار بالای پروتئین، ویتامین‌ها و همچنین مواد معدنی از لحاظ ارزش غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Broughton *et al*., 2003). سطح زیرکشت لوبیا در ایران حدود ۹۸هزار هکتار و تولید آن بالغ بر۲۵۳هزار تن می‌باشد (FAO, 2013).

با این‌حال، زراعت لوبیا همواره با محدودیت‌های متعددی مواجه است که در میان این عوامل محدودکنندهٔ تولید، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محسوب شده و سهم قابل‌توجهی را در کاهش تولید این محصول همانند سایر محصولات زراعی به‌خود اختصاص داده است، به‌نحوی‌که بر اساس مطالعات اخیر تنها ۷درصد از سطح زیرکشت جهانی لوبیا از مقدار آب کافی برخوردار است و ۶۰درصد از تولید این محصول تحت شرایط تنش خشکی شدید صورت می‌گیرد (Bourgault *et al*., 2013). طبق

*نویسنده مسئول: jam.agric@yahoo.com ، همراه: ۰۹۱۳۳۸۳۸۰۸۸

تعریف، تنش خشکی هنگامی ایجاد می‌گردد که میزان رطوبت خاک و همچنین رطوبت نسبی هوا پایین بوده و درجه‌حرارت محیط نیز بالا باشد (Lipiec *et al*., 2013). به‌طورکلی گیاه لوبیا به‌عنوان گیاهی حساس به تنش خشکی مطرح است و به‌شدت تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرد (Machado Neto & Duraes, 2006). اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه لوبیا در آزمایش‌های مختلفی مورد پژوهش واقع شده است، در این رابطه Szilagyi (2003) ضمن بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا کاهش کلیهٔ اجزای عملکرد و همچنین کاهش ۸۰درصدی عملکرد دانه را گزارش کرد. طبق گزارش Martinez *et al*, (2007) تنش خشکی در لوبیا باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه شد، درحالی‌که وزن دانه به‌مقدار کمی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

تنش خشکی می‌تواند گیاهان را به‌طُرق مختلف تحت تأثیر قرار دهد. یکی از اثرات مضر تنش خشکی، برهَم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است، بدین‌گونه که در اثر تنش خشکی تحرک عناصر غذایی در خاک کم‌شده و جذب و انتقال مواد به گیاه دچار اختلال می‌گردد (Hu *et al*., 2008)، بنابراین انتظار می‌رود تأمین عناصر موردنیاز گیاه به‌خصوص عناصری که گیاه بیشتر با کمبود آن‌ها روبرو است، بتواند مقاومت گیاه به تنش را تا حدی افزایش داده و وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (Movahedy Dehnavy *et al*., 2009). اهمیت عناصر کم‌مصرف در تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر به‌دلیل استفاده از ارقام پُرمحصول، نظام‌های زراعی فشرده و همچنین افزایش نقش ماشین‌آلات و سیستم‌های آبیاری که کاربرد این عناصر را تسهیل نموده است، افزایش یافته است (Fageria *et al*., 2009). عناصر کم‌مصرف با تأثیر فراوان بر جذب عناصر پُرمصرف و بهبود خواص کمی و کیفی محصول از اهمیتی ویژه برخوردارند. بخش قابل‌توجهی از خاک‌های ایران دارای pH بالا و مقدار آهک زیاد بوده و همچنین مقدار ماده آلی به‌شدت پایین است که همه این عوامل منجر به‌وقوع کمبود عناصری نظیر منگنز و روی در برخی گیاهان کشت‌شده در این مناطق شده است (Alloway, 2008; Mousavi *et al*., 2011). از طرفی مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی از جمله کودهای حاوی فسفر سبب گردیده تا توازن عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌مصرف در خاک به‌هم خورده و منجر به کاهش جذب عناصر فوق توسط گیاه گردد.

با توجه به‌این‌که لوبیا به کمبود عناصر ریزمغذی از جمله منگنز و روی حساسیت بالایی دارد (Gupta *et al*., 2008) و بررسی‌ها نیز نشان‌داده است که مصرف عناصر روی و منگنز در افزایش عملکرد محصول لوبیا دارای اهمیت است (Teixeira *et al*., 2004)، این احتمال وجود دارد که تغذیهٔ این گیاه با عناصر فوق بتواند باعث تخفیف اثرات سوء تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه گردد. با توجه به محدودیت‌های مصرف خاکی عناصر کم‌مصرف، محلول‌پاشی یا تغذیهٔ برگی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در برطرف‌کردن نیاز غذایی گیاهان به این عناصر، به‌خصوص در شرایط تنش مطرح باشد.

نقش عناصر منگنز و روی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی نظیر گندم (Zeidan*et al*., 2010)، سویا (Ghasemian *et al*., 2010) و کلزا (Ahmadi*et al*., 2010) گزارش شده است، اما آزمایش‌هایی که نقش این عناصر را تحت شرایط تنش مورد بررسی قرار داده‌اند، اندک است. در همین راستا و به‌منظور ارتقای سطح تولید محصول لوبیا با توجه به پتانسیل‌های تولید آن، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ لوبیاقرمز تحت شرایط خشکی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد با عرض‌جغرافیایی ۳۲درجه و ۱۸دقیقه شمالی و طول‌جغرافیایی ۵۰درجه و ۵۶دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۷۳متر از سطح دریا، اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانهٔ منطقه ۲۶۵/۸میلی‌متر و متوسط درجه‌حرارت ۱۲/۳ درجهٔ سانتی‌گراد بوده و از لحاظ اقلیمی جزو مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم‌وخشک محسوب می‌شود (بر اساس طبقه‌بندی کوپن). خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رُس‌سیلتی بوده و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ نشان‌داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، مقدار اندازه‌گیری‌شدهٔ عناصر منگنز و روی کمتر از حدود بحرانی ارائه‌شده برای این عناصر است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه‌تکرار اجرا شد. تنش خشکی در سه‌سطح بدون تنش یا شاهد (S_1)، تنش خشکی ملایم (S_2)و تنش خشکی شدید (S_3) (به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۷۰ و ۹۰میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی منگنز در سه‌سطح شامل M_1، M_2 و M_3 (محلول‌پاشی با آب‌مقطر، محلول‌پاشی ۱/۵ در هزار و محلول‌پاشی ۳ در هزار) و محلول‌پاشی روی نیز در سه‌سطح شامل Z_1، Z_2 و Z_3 (محلول‌پاشی با آب‌مقطر، محلول‌پاشی ۱/۵ در هزار و محلول‌پاشی ۳ در هزار) به‌عنوان فاکتور فرعی درنظر گرفته شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of experimental soil

هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	pH	منگنز	روی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	مواد خنثی شونده	کربن آلی	شن	رس	سیلت	بافت خاک
		Mn	Zn	K	P	N	TNV	OC	Sand	Clay	Silt	Soil Texture
		میلی‌گرم در کیلوگرم ($mg\ kg^{-1}$)					درصد (%)					
0.4	7.9	5.61	0.66	320	28	0.08	22	0.8	20	36	44	لوم رس سیلتی Silty clay loam
		حدود بحرانی										
		8	0.71									

پس از انجام بررسی‌های لازم رقم ناز جهت کشت انتخاب شد. عملیات تهیهٔ زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین در نیمهٔ دوم اردیبهشت‌ماه انجام شد و کاشت در ششم خردادماه صورت گرفت. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت با فاصله ۵۰سانتی‌متر از یکدیگر و به‌طول چهارمتر بود. به‌منظور جلوگیری از تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر هم، بین کرت‌های اصلی، دو متر فاصله منظور شد. بر اساس آزمون خاک فقط مقدار ۲۰۰کیلوگرم اوره در هکتار مورد استفاده قرار گرفت که نصف آن قبل از کاشت و نصف دیگر قبل از گلدهی مصرف شد. کلیهٔ عملیات داشت شامل وجین، آبیاری و مبارزه با آفات به فراخور نیاز انجام شد. به‌منظور شناسایی مراحل رشد گیاه جهت تعیین دقیق زمان اعمال تیمارها از روش ارائه‌شده توسط Schoonhoven & Pastor-Corrales (1987) استفاده شد. منگنز و روی موردنیاز جهت اعمال تیمارها به‌ترتیب از منابع سولفات‌منگنز ($MnSO_4,\ H_2O$) حاوی ۲۲درصد منگنز و سولفات روی ($ZnSO_4,\ 7H_2O$) نیز حاوی ۲۲درصد روی تأمین شدند که پس از حل‌شدن در آب‌مقطر توسط سمپاش بادی پشتی در مرحلهٔ رشدی V_4[1] اعمال گردیدند. جهت جلوگیری از اختلاط تیمارهای محلول‌پاشی از پوشش‌های پلاستیکی استفاده شد. آبیاری همهٔ کرت‌های آزمایشی نیز تا مرحلهٔ V_4 با فواصل پنج‌روزه ادامه داشت و از این مرحله تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید، بدین‌صورت که برای تشخیص زمان آبیاری هر روز عصر، مقدار تبخیر از تشت تبخیر کلاس A اندازه‌گیری و پس از رسیدن به‌حد موردنظر، در صبح روز بعد آبیاری صورت گرفت. نمونه‌گیری خاک از عمق توسعه ریشه با اوگر انجام شد. نمونه‌ها پس از توزین اولیه، در آون با دمای ۱۱۰درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹ساعت قرار گرفته و مجدداً توزین شدند، بدین‌ترتیب وزن آب از دست‌رفته پس از ۹ساعت اندازه‌گیری شد و با توجه به لزوم تعیین درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری جهت محاسبه حجم آب موردنیاز و همچنین محدودیت زمان، با استفاده از رابطه ۱ میزان آب ازدست‌رفته پس از ۲۴ساعت قرارگرفتن نمونه‌ها در آون محاسبه گردید (Karimi *et al*., 1990).

$$W_{24}=0.666W_9^{1.192} \quad [۱]$$

که در آن W_{24} و W_9 به‌ترتیب وزن آب ازدست‌رفته از نمونهٔ خاک پس از ۲۴ و ۹ساعت قرارگرفتن در آون با دمای ۱۱۰درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

حجم آب مورد نیاز برای هر بار آبیاری در هر تیمار و برای هر خط کاشت و در هر کرت آزمایشی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه و با استفاده از کنتور به‌صورت یکنواخت توزیع گردید (Mahlouji *et al*., 2000).

$$V= (FC-SM)BD.A.(d+0.15) \quad [۲]$$

که در آن:

V= حجم آب مصرفی (m^3)

FC =درصد وزنی رطوبت خاک در حد گنجایش زراعی

SM = درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری

BD = وزن مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)

A = سطح آبیاری‌شده (m^2)

d = عمق توسعهٔ ریشه (m)

برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از تکمیل مراحل رشد و نمو گیاه و با توجه به زمان رسیدگی دانه در تیمارهای مختلف در ۲۵شهریور تا سوم مهر یعنی ۱۱۱ تا ۱۲۰روز پس از کاشت و طی چند نوبت از هر کرت فرعی سطحی به‌اندازهٔ یک‌مترمربع با حذف اثر حاشیه برداشت شد. تعداد۱۰بوته نیز به‌طور تصادفی جهت تعیین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صَددانه انتخاب شد. جهت محاسبهٔ شاخص برداشت نیز از رابطهٔ۳ استفاده شد.

$$HI(\%)= (GY/BY)\times100 \quad [۳]$$

که در آن GY و BY به‌ترتیب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به‌روش LSD در سطح احتمال پنج‌درصد و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT- C انجام شد.

۱- ظهور اولین برگ سه‌برگچه‌ای

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تعداد غلاف در بوته به‌عنوان اصلی‌ترین جزء عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی منگنز و همین‌طور محلول‌پاشی روی قرار گرفت (جدول ۲). متناسب با افزایش شدت تنش خشکی تعداد غلاف در بوته به‌طور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار شاهد به‌دست آمد و در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۷ و ۶۴/۸درصد کاهش یافت (جدول ۳). Martinez *et al*, (2007) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش قابل‌توجه تعداد غلاف در بوته در ارقام مختلف لوبیا می‌شود و این جزء عملکرد بیشترین تأثیر را نسبت به تنش خشکی در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد نشان می‌دهد. کاهش قابل‌توجه تعداد غلاف‌ها در بوته، تحت تأثیر تنش خشکی ناشی از افزایش ریزش گل و غلاف به واسطهٔ سقط و عدم‌تکامل این اندام‌ها است. بروز محدودیت آب، خصوصاً طی مراحل گلدهی و تشکیل غلاف سبب کاهش قدرت و کارآیی منبع شده و ریزش گل‌ها و غلاف‌ها را افزایش می‌دهد.

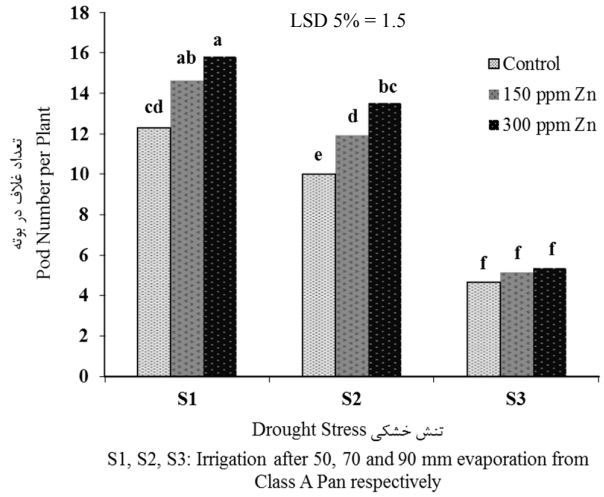
افزایش مصرف منگنز و روی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد، به‌طوری‌که کمترین تعداد آن در تیمارهای شاهد یعنی M_1 و Z_1 (به‌ترتیب ۸/۳ و ۸/۹غلاف در بوته) مشاهده شد و در تیمارهای M_3 و Z_3 به‌ترتیب با افزایش ۴۴/۵ و ۲۹/۲درصد نسبت به تیمار شاهد به تعداد ۱۲ و ۱۱/۵غلاف در بوته رسید (جدول ۳). گزارش‌های متعددی از تأثیر مثبت مصرف عناصر منگنز و روی در افزایش تعداد غلاف در گیاه لوبیا و سایر لگوم‌ها توسط تعدادی از پژوهش‌گران از جمله Abd El-Monem *et al*, (2009) و Ozbahce & Zengin (2011) ارائه شده است. اثر مساعد عناصر منگنز و روی در افزایش تعداد غلاف در بوته با توجه به مشارکت این دو عنصر در فرایندهای بیوشیمیایی، آنزیم‌ها و همچنین سنتز اسیدهای‌آمینه و قندها و نیز نقش حائز اهمیت عنصر روی در افزایش مقدار هورمون‌ها خصوصاً اکسین‌ها و جیبرلین‌ها طی مرحله گلدهی (Ebrahim & Aly, 2004)، کاهش درصد ریزش گل‌ها، افزایش تشکیل و توسعهٔ غلاف‌ها و افزایش تسهیم مواد فتوسنتزی به‌سمت این اندام‌ها قابل تشریح است (Mady, 2009).

اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی منگنز و همین‌طور تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییرات تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی در سطوح بدون تنش و تنش ملایم تقریباً از روند مشابهی برخوردار بود، درحالی‌که در سطح تنش خشکی شدید افزایش مصرف منگنز تأثیر مساعدتری نسبت به عنصر روی بر این صفت داشت (شکل‌های ۱ و ۲). اثر مثبت عناصر منگنز و روی در تخفیف اثرات مخرب تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته با توجه به نقش کلیدی این عناصر در آنزیم‌های سوپراُکسیددیسموتاز که از آسیب بافت‌ها در برابر اثرات مخرب انواع اکسیژن فعال تولیدشده در طی تنش خشکی محافظت می‌کنند، قابل‌توضیح است (Marschner, 1995).

تعداد دانه در غلاف

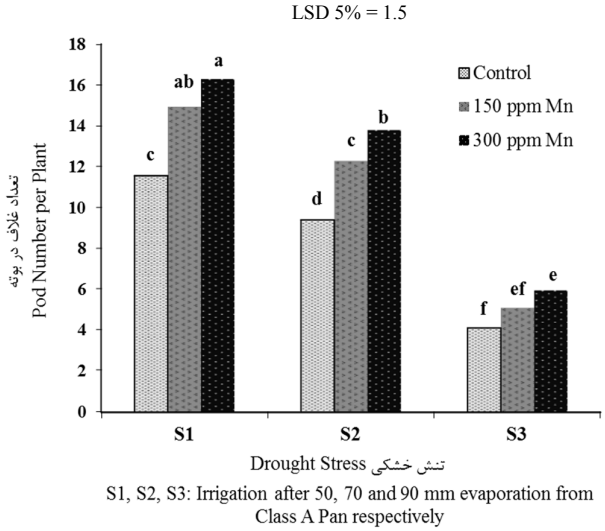
تعداد دانه در غلاف به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی منگنز ($P\leq0.01$) و همچنین محلول‌پاشی روی ($P\leq0.05$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در مورد صفت تعداد دانه در غلاف نشان‌داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف به‌میزان ۴/۷ مربوط به تیمار تنش خشکی ملایم و کمترین مقدار آن به‌میزان ۳/۶ مربوط به تنش خشکی شدید بود که نسبت به تیمار شاهد ۲۵درصد کاهش نشان‌داد (جدول ۳). این نتایج مطابق با نتایج به‌دست‌آمده توسط Mahlouji *et al*, (2000) می‌باشد. دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش خشکی شدید کاهش شدید مواد فتوسنتزی به‌دلیل کاهش سطح و تعداد برگ‌ها در اثر ریزش و به‌تبع کاهش عرضه این مواد به‌سمت غلاف‌های درحال‌رشد است که نتیجه آن حفظ تعداد کمتر دانه در غلاف می‌باشد (Faisal Elgasim & Abdel Shakor, 2010). علاوه‌بَراین، علت بالاتربودن تعداد دانه در غلاف در تیمار تنش خشکی ملایم نسبت به تیمار شاهد را می‌توان وجود تعداد کمتر غلاف در بوته و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی موجود، به دانه‌ها بیان کرد.

افزایش غلظت عناصر منگنز و روی اثر مثبتی بر تعداد دانه در غلاف داشت، درحالی‌که بین تیمار M_1و M_2 و همین‌طور تیمار Z_2 و دیگر تیمارهای محلول‌پاشی عنصر روی، از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در غلاف در واکنش به مصرف عناصر منگنز و روی می‌تواند به‌دلیل نقش این عناصر در تقسیمات سلولی، متابولیسم هیدروکربن‌ها و انتقال آن‌ها، متابولیسم چربی‌ها، نقل و انتقال مواد محلول بین سلول‌ها و همچنین نقش کلیدی عنصر روی در تشکیل دانه به‌دلیل تأثیر بر فرایندهای زایشی و ماده‌سازی باشد. گزارش‌های ارائه‌شده توسط محققان دیگر نیز مؤید اثر مساعد و مثبت عناصر منگنز و روی بر ویژگی تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا می‌باشد (Ozbahce & Zengin, 2011; Togay *et al*., 2004)



شکل ۱- اثرمتقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی منگنز بر تعداد غلاف در بوته

Fig. 1. Interaction between drought stress and Mn spray on pod number per plant



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر تعداد غلاف در بوته

Fig. 2. Interaction between drought stress and Zn spray on pod number per plant

جدول ۲-تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری تحت شرایط آزمایش

Table 2. Analysis of variance for measured traits under experimental conditions

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی DF	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صَددانه 100 Seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک	Block	2	0.82 ns	0.82*	2.20ns	264082.06 ns	2147142.40 *	0.66 ns
تنش خشکی	Drought Stress (A)	2	613.54**	8.38**	150.37**	43523431.00**	91159797**	4104.07**
اشتباه a	a Error	4	3.59	0.06	6.60	49707.25	2196882.40	9.03
محلول‌پاشی منگنز	Mn Spray (B)	2	93.03**	1.25**	5.85ns	3163531.04**	19494082.50**	36.50 ns
محلول‌پاشی روی	Zn Spray (C)	2	45.77**	0.74*	7.23ns	2093497.38**	13094439.20**	26.90 ns
تنش خشکی × محلول‌پاشی منگنز	(A)×(B)	4	6.32**	0.04ns	1.76ns	315933.20 *	983266.80 ns	9.70 ns
تنش خشکی × محلول‌پاشی روی	(A)×(C)	4	6.14**	0.10ns	2.05ns	186800.10 ns	1107726.50 ns	3.80 ns
محلول‌پاشی منگنز ×محلول‌پاشی روی	(B)×(C)	4	3.15 ns	0.001ns	0.62 ns	111150.50 ns	589439.80 ns	8.90 ns
تنش خشکی × محلول‌پاشی منگنز × محلول‌پاشی روی	(A)×(B)×(C)	8	1.30 ns	0.08ns	0.51ns	54824.70 ns	384624.20 ns	2.50 ns
اشتباه b	b Error	48	1.62	0.23	4.70	135290.20	504224.30	15.80
ضریب تغییرات (٪) C.V		-	12.28	11.29	9.10	16.60	9.60	13.90

ns،* و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns,* and **: Non-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

وزن صَددانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که تنش خشکی برخلاف محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد بر صفت وزن صَددانه داشت (جدول۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن صَددانه نشان‌داد که تنش خشکی شدید (S_3) باعث کاهش مقدار این صفت شد، درحالی‌که بین تیمارهای S_1 و S_2 از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳) که این نتیجه مشابه با نتیجه به‌دست‌آمده توسط Mahlouji *et al*, (2000) می‌باشد. تنش خشکی از طریق کاهش سطح فتوسنتزکننده موجب کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش وزن صَددانه می‌گردد. علاوه‌بَراین با قرارگرفتن گیاه در معرض تنش خشکی به‌منظور کاهش اثرات سوء آن، چرخهٔ زندگی گیاه کوتاه‌تر شده و بنابراین به‌دلیل کوتاه‌ترشدن طول دوره پُرشدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کاهش می‌یابد.

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی و همین‌طور اثر ساده محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه در اثر تنش خشکی به‌شدت کاهش یافت. بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار شاهد به‌طور متوسط با میانگین ۳۱۷۲/۴کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید، نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۴/۹ و ۷۵/۵درصد کاهش یافت (جدول ۳). بدیهی است که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی عمدتاً به‌دلیل کاهش تعداد غلاف‌ها در اثر ریزش، کاهش تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن صَددانه است. Nunez *et al*, (2005) نیز کاهش در عملکرد دانه لوبیا را تحت تأثیر تنش خشکی گزارش کرده‌اند.

نتایج به‌دست‌آمده از محلول‌پاشی عناصر نشان‌داد که متناسب با افزایش مصرف عناصر منگنز و روی عملکرد دانه از روند افزایشی برخوردار بود. بین کلیهٔ سطوح محلول‌پاشی منگنز از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود داشت، درحالی‌که بین تیمارهای Z_3 و Z_2 اختلاف معنی‌داری دیده نشد

(جدول۳). نتایج حاصل از دیگر پژوهش‌ها نیز حاکی از افزایش عملکرد دانهٔ لوبیا در واکنش به مصرف عناصر منگنز و روی است (Teixeira *et al*., 2004; Valenciano *et al*., 2007) که این اثر مثبت همان‌طورکه اشاره شد، مربوط به نقش حائز اهمیت این عناصر در فرایند فتوسنتز و همچنین سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها است.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری تحت شرایط آزمایش

Table 3. Mean comparison of measured traits under experimental conditions

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	وزن صَددانه (گرم) 100-seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تیمار Treatment	
						Drought Stress*	تنش خشکی
34.7 a	9124.1 a	3172.4 a	24.5 a	4.5 b	14.2 a	Control	شاهد (S_1)
36.4 a	7404.6 b	2697.0 b	26.0 a	4.7 a	11.8 b	Moderate	ملایم (S_2)
13.6 b	5451.7 c	774.5 c	21.4 b	3.6 c	5.0 c	Sever	شدید (S_3)
2.2	1120.0	168.4	1.9	0.1	1.5		LSD (5%)
						Mn Spray	محلول‌پاشی منگنز
28.8 a	6521.5 c	1884.5 c	23.4 a	4.1 b	8.3 c	Control	شاهد (M_1)
30.2 a	7244.0 b	2191.6 b	24.2 a	4.2 b	10.7 b	150 ppm	۱/۵ در هزار (M_2)
30.8 a	8337.3 a	2567.9 a	24.3 a	4.5 a	12.0 a	300 ppm	۳ در هزار (M_3)
						Zn Spray	محلول‌پاشی روی
29.1 a	6542.3 c	1904.0 b	23.4 a	4.1 b	8.9 c	Control	شاهد (Z_1)
30.3 a	7565.8 b	2298.5 a	24.1 a	4.3 ab	10.5 b	150 ppm	۱/۵ در هزار(Z_2)
31 a	7872.1 a	2441.6 a	24.3 a	4.4 a	11.5 a	300 ppm	۳ در هزار (Z_3)
2.1	388.5	201.2	1.1	0.2	0.6		LSD (5%)

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and for each treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

*S1, S2, S3: Irrigation after 50, 70 and 90 mm evaporation from Class A Pan, respectively

اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی منگنز بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲) و روند تغییرات این صفت تحت تأثیر مقادیر محلول‌پاشی عنصر منگنز در سطوح تنش خشکی، با اندکی تفاوت با روند تغییرات تعداد غلاف در بوته مشابه بود (شکل ۳) که این تشابه با توجه به همبستگی بالای تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در گیاه لوبیا کاملاً قابل‌انتظار بود. به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی منگنز همان‌طورکه قبلاً اشاره شد با تأثیر مثبت بر تعداد غلاف در بوته و حفظ تعداد بیشتر غلاف به‌عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد دانه بتواند راهکاری مناسب جهت تخفیف اثرات تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه لوبیا در شرایط کم‌آبی شدید باشد.

عملکرد بیولوژیک

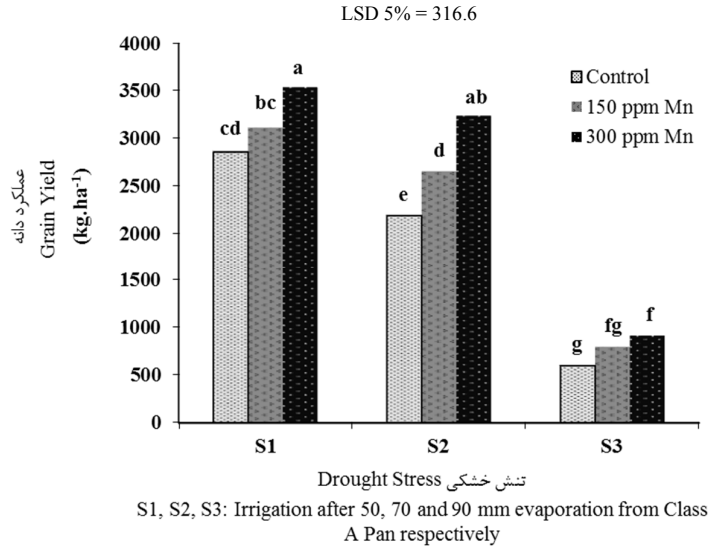
با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک با مقدار ۹۱۲۴/۱ و ۵۴۵۱/۷کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار تنش خشکی شدید بودند (جدول ۳). به‌طور کلی تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در فتوسنتز و توسعه بافت‌ها می‌گردد، لذا تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه رشد و توسعه اندام‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد که مجموعهٔ این عوامل، سبب کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌گردد. بر اساس گزارش Habibi (2011) عملکرد بیولوژیک لاین‌های لوبیای سفید در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش به‌میزان ۴۷/۸درصد کاهش یافت.

با افزایش مصرف مقادیر عناصر منگنز و روی مقدار عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری ($P\leq 0.01$) افزایش یافت (جدول۳). به‌نظر می‌رسد افزایش در عملکرد بیولوژیک لوبیا در واکنش به محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی، در ارتباط با مشارکت این عناصر در فرایند فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن، تشکیل اکسین و سایر واکنش‌های آنزیمی دیگری است که این دو عنصر در آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور ایفای نقش می‌کنند.

افزایش عملکرد بیولوژیک در لوبیا در اثر کاربرد عناصر منگنز و روی توسط Teixeira *et al*, (2004) نیز گزارش شده است.

شاخص برداشت

اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که تیمارهای محلول‌پاشی عناصر تأثیر معنی‌داری بر این صفت نشان ندادند، ولی در محلول‌پاشی ۳ در هزار عناصر بیشترین شاخص برداشت به‌دست آمد (جدول ۳). بررسی روند تغییرات شاخص برداشت تحت تیمارهای تنش خشکی نشان‌داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی ملایم و به‌طور متوسط با میانگین ۳۶/۴درصد به‌دست آمد که البته با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که در تنش خشکی شدید به‌شدت کاهش یافت و به‌مقدار متوسط ۱۳/۶درصد رسید (جدول ۳). گزارش‌هایی از تأثیر منفی تنش خشکی بر شاخص برداشت لوبیا توسط سایر پژوهشگران از جمله Calvache *et al*, (1997) نیز ارائه شده است. کاهش شاخص برداشت می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر رشد زایشی به تنش خشکی در مقایسه با رشد رویشی، اختلال در بارگیری و تخلیه آوندهای آبکش و مختل‌شدن ارتباط بین منبع و مخزن تحت تأثیر تنش خشکی باشد.



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی منگنز بر عملکرد دانه

Fig. 3. Interaction between drought stress and Mn spray on grain yield

منابع

1. Abd El-Monem, M.S., Ibrahim, I.F., and Mahmoud, R.S. 2009. Response of Broad bean and Lupin plants to foliar treatment with Boron and Zinc. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(3): 2226-2231.
2. Ahmadi, M. 2010. Effect of Zinc and Nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed Rape (*Brassica napus* L.). World Applied Sciences Journal 10(3): 298-303.
3. Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels.
4. Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Dutilleul, P., Stulina, G., Horst, M.G., and Smith, D.L. 2013. Legume production and irrigation strategies in the Aral sea basin: yield, yield components, water relations and crop development of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek). Journal of Agronomy and Crop Science 199(4): 241-252.
5. Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., and Vanderleyden, J. 2003. Beans (*Phaseolus spp*.) model food legumes. Plant and Soil 252: 55-128.
6. Calvache, M., Reichardt, K., Bacchp, O.O.S., and Dourado-Neto, D. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Imbabello). Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 54: 1-16.

7. Ebrahim, M.K.H., and Aly, M.M. 2004. Physiological response of wheat to foliar application of Zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. Journal of Plant Nutrition 27(10): 1859-1874.
8. Fageria, N.K., Barbosa Filho, M.P., Moreira, A., and Guimaraes, C.M. 2009. Foliar fertilization of crop plants. Journal of Plant Nutrition 32: 1044-1064.
9. FAO. Available at Web Site http://faostat3.fao.org/2013/faostat/
10. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Sorooshzadeh, A., and Pirzad, A. 2010. The Effect of Iron, Zinc and Manganese on quality and quantity of soybean seed. Journal of Phytology 2(11): 73-79.
11. Gupta, U.C., Kening, W., and Siyuan, L. 2008. Micronutrients in soils, crops, and livestock. Frontiers of Earth Science 15(5): 110-125.
12. Habibi, G. 2011. Influence of drought on yield and yield components in white bean. World Academy of Science, Engineering and Technology 5: 169-178.
13. Hu, Y., Burucs, Z., and Schmidhalter, U. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedling under drought and salinity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 54: 133-141.
14. Karimi, M., Mousavi, S.F., and Heidarzadeh, M. 1990. Rapid measurement of soil water by gravimetric method. Iran Agricultural Research 9: 65-73.
15. Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., and Kondracka, K. 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. International Agrophysics Journal 27: 463-477.
16. Machado Neto, N.B., and Duraes, M.A.B. 2006. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. Crop Breeding and Applied Biotechnology 6: 269-277.
17. Mady, M.A., 2009. Effect of foliar application with yeast extract and zinc on fruit setting and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Biological, Chemical & Environmental Science 4(2): 109-127.
18. Mahlouji, M., Mousavi, S.F., and Karimi, M. 2000. Effect of water stress and planting date on grain yield and yield components of Pinto Bean. Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources 4(1): 57-67. (In Persian).
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic, London.
20. Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F., and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 26: 30-38.
21. Mousavi, S.R., Shahsavari, M., and Rezaie, M. 2011. A general overview on Manganese (Mn) importance for crops production. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(9): 1799-1803.
22. MovahedyDehnavy, M., ModarresSanavy, S.A.M., and MokhtassiBidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products 30: 82-99.
23. Nunez Barrios, B.A., Hoogenboom, G., and Nesmith, D.S. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 62(1): 18-22.
24. Ozbahce, A., and Zengin, M. 2011. Effects of manganese fertilizers on yield and yield components of dwarf dry bean. Journal of Plant Nutrition 34: 127-139.
25. Schoonhoven, A.V., and Pastor-Corrales, M.A. 1987. Standard System for the Evaluation of Bean Germplasm. CIAT, Cali, Colombia.
26. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology Special Issue: 320-330.
27. Teixeira, I.R., Borem, A., and Araujo, G.A.A. 2004. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a cerrado soil. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 61(1): 77-81.
28. Togay, N., Ciftci, V., and Togay, Y. 2004. The Effect of Zinc fertilization on yield and some yield components of dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Asian Journal of Plant Sciences 3(6): 701-704.
29. Valenciano, J.B., Miguelez-Frade, M.M., Marcelo, V., and Reinoso, B. 2007. Response of irrigated common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield to foliar zinc application in Spain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 35: 325-330.
30. Zeidan, M.S., Mohamed, M.F., and Hamouda, H.A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. World Journal of Agricultural Science 6(6): 696-699.
31. Faisal Elgasim, A., and Abdel Shakoor, H.S. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 534-540.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 164-174

Effect of foliar application of Manganese and Zinc on grain yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions

Jamshidi[1]*, M., Danesh-Shahraki[2], A. & Hashemi-Jazi[3], M.

1. MSc. Graduated Student of Agronomy, Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran
2. Assistant Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
3. Scientific Member, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Chaharmahal-e- Bakhtiari

Received: 17 April 2015
Accepted: 6 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45921

Introduction

Grain legumes are considered as the second source of human nutrition after cereals and play an important role in community food supply, sustainable agriculture and economic profitability. Among grain legumes, common bean has the most consumption in the world compared with others. However there are always some constraints in common bean production and drought is most important factor in yield reduction of this crop. In addition high sensitivity of common bean to some micronutrients shortage such as manganese and zinc is another limiting factor that will be exacerbated in drought conditions. In such situation foliar application could be considered as a suitable strategy to facilitate the absorption of these micronutrients by plant.

Materials and Methods

In order to study the effect of foliar application of manganese and zinc on grain yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions the experiment was carried out at research station of agriculture and natural resources research center of ShahreKord as a split plot factorial design in basis randomized complete block with three replications. Drought stress considered as main factor including S1, S2 and S3 (irrigation after 50, 70 and 90 mm of cumulative evaporation from Class A pan respectively) and subplots were the factorial combination of Manganese and zinc foliar application both with three levels including foliar application of distilled water, 150 ppm and 300 ppm from manganese sulfate and zinc sulfate resources respectively. Sowing date was May 27, 2010 and each experimental plot was included of 4 rows with 50 cm apart and 4 m long. Between main plots a m^{-2} wide strip was left bare to eliminate influences of lateral water movement. According to soil test 100 $kg.ha^{-1}$ N was used in the form of urea (50 $kg.ha^{-1}$ N before sowing and 50 $kg.ha^{-1}$ N before flowering) by hand broadcasting method. Irrigation was done every 5 days and Drought stress treatments along with foliar application treatments were applied at V4 (Third trifoliate leaf appearance) crop growth stage. During the growth season, weeds and pests were controlled. At the harvesting time (15th to 26th September) 1 square meter of each plot in different treatments was harvested and grain yield, number of pod per plant, number of seed per pod, 100 seed weight, biological yield and harvest index were investigated. Data analysis performed by SAS software and mean comparisons were done using the least significant difference test at 5% probability by MSTAT-C software.

Results and Discussion

The results showed that drought had a significant effect on all investigated traits and the highest values of pod number per plant (14.2), grain yield (3172.4 $kg.ha^{-1}$) and biological yield (9124.1 $kg.ha^{-1}$) were related to S1 treatment, whereas the highest values of seed number per pod (4.7), 100 seed weight (26 gr) and harvest index (36.4) were

* **Corresponding Author:** jam.agric@yahoo.com; Mobile: 09133838088

obtained in S2 treatment. The lowest values of all traits were observed in S3 treatment, so that pod number per plant (5), seed number per pod (3.6), 100 seed weight (21.4 gr), grain yield (774.5 $kg.ha^{-1}$), biological yield (5451.7 $kg.ha^{-1}$) and harvest index (13.6) decreased by 64.8, 20, 12.6, 75.6, 40.2 and 60.8 percent respectively compared with control. The simple effects of foliar application of Mn and Zn in all investigated traits except harvest index and weight of 100 seed were significant and these traits increased with increasing in application of micronutrients amount. So that grain yield in 300 ppm of Mn and Zn foliar application treatments increased 36.3% and 28.2% respectively compared with control. Investigation of interaction effects of treatments showed that in severe drought stress condition foliar application of Mn had a better effect than Zn on number of pod per plant and grain yield. The positive effects of Mn and Zn micronutrients might be attributed to the favorable influence of them on metabolism and their stimulating effect on photosynthetic pigments and enzyme activity which in turn encourage growth and yield.

Conclusion

Generally, however foliar application of Mn and Zn caused to grain yield increasing but in drought stress Mn had a better effect in drought impacts alleviation and could be considered as an applied method for yield improvement of common bean in water deficit conditions.

Key words: Deficit irrigation, Grain legume, Harvest index, Micronutrients, Plant nutrient management