تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰
۳۴۷-۳۵۸
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2019.2392.1621

مقاله پژوهشی

بررسی اثر عناصر روی و آهن به فرم نانو بر رشد و عملکرد ارقام لوبیا تحت تنش کم‌آبی

مریم فتح‌اله‌پور گرنگاه[۱]، ورهرام رشیدی[۲*]، بهرام میرشکاری[۲]، ابراهیم خلیل‌وند[۳]، فرهاد فرحوش[۲]

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی کشاورزی-زراعت، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز
۲. دانشیار گروه مهندسی کشاورزی-زراعت، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز
۳. استادیار گروه مهندسی کشاورزی-زراعت، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۸

چکیده

به منظور بررسی تاثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن به فرم نانو بر رشد و عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*. L)، آزمایشی بصورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز طی دو سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ اجرا شد. شرایط آبیاری شامل: تنش کم‌آبی (در دو سطح: قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی و شاهد یا آبیاری متداول) در کرت‌های اصلی، محلول پاشی عناصر کم مصرف (در چهار سطح: شاهد (بدون محلول پاشی)، محلول پاشی نانوذرات کود روی (با غلظت ۱/۵ در هزار)، نانوذرات کود آهن (با غلظت ۲ در هزار) و ترکیب آن‌ها (با غلظت ۲ در هزار برای نانوذرات کود آهن و ۱/۵ برای نانوذرات کود روی) و ارقام لوبیای چیتی مورد آزمایش (چهار رقم: صدری، غفار، Cos 16 و کوشا) به عنوان فاکتورهای آزمایش بودند که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش ارزش صفات عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته شد ولی محلول‌پاشی عناصر روی و آهن به فرم نانو توانست اثر سوء تنش کم‌آبی را تعدیل کند. بیشترین میزان وزن صد دانه در رقم صدری مشاهده شد که با رقم غفار تفاوت معنی‌داری نداشتند و بعد از آنها ارقام کوشا و Cos 16 قرار داشتند. در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی بیشترین میزان عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف بوته در رقم Cos 16 مشاهده شد. همچنین بررسی اثرات متقابل نشان داد که محلول‌پاشی توام آهن و روی در هر دو سال آزمایش بیشترین تاثیر در بهبود آثار تنش کم‌آبی بر عملکرد، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته همه ارقام مورد بررسی را داشت. از این رو مصرف توام عناصر آهن و روی برای محلول‌پاشی ارقام لوبیای مورد بررسی تحت وضعیت تنش کم‌آبی مطلوب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: **تنش کم‌آبی، عملکرد دانه، عناصر کم‌مصرف، لوبیای چیتی، محلول‌پاشی**

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris*. L) یکی از مهمترین حبوبات می‌باشد که نسبت به غلات نه تنها از نظر کمی مقادیر زیادی پروتئین دارد (دو تا چهار برابر) بلکه پروتئین آن از نظر کیفی نیز بسیار غنی است (Darkwa et al., 2016; Demelash, 2018). در بین حبوبات لوبیا اهمیت خاصی دارد و در ایران با تولیدی حدود ۲۴۵ هزار تن و سطح زیر کشت ۱۰۸ هزار هکتار، رتبه دوم را پس از نخود به خود اختصاص داده است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2017). از سوی دیگر حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه تحت تنش خشکی، انجام می‌گیرد (Turkan et al., 2005).

خشکی از مهمترین تنش‌های محیطی تاثیرگذار بر تولیدات کشاورزی در سراسر جهان است (Boyer, 1982). به منظور تامین امنیت غذایی در برابر افزایش جمعیت جهان، گرم شدن کره زمین و کمبود آب نیاز به اصلاح محصولات

* نگارنده پاسخگو: ورهرام رشیدی. پست الکترونیک: rashidi.varahram@gmail.com

متحمل به خشکی است (Khanna-Chopra and Singh, 2015). از طرفی، ژنوتیپ‌های لوبیا در مقابل حرارت، خشکی و سایر عوامل محیطی واکنش نشان داده و در شرایط مختلف عملکردهای متفاوتی تولید می‌کنند (Gonçalves et al., 2015). تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان، شدت تنش و نیز نوع ژنوتیپ مورد استفاده متفاوت است (Shenkut and Brick, 2003). همچنین، تنش خشکی اثرات متفاوتی بر برخی از صفات لوبیا سبز نظیر طول و عرض غلاف، تعداد دانه در هر غلاف و وزن صد دانه دارد. بیات و همکاران (Bayat et al., 2010) در بررسی ۹ ژنوتیپ لوبیا چیتی در سه شرایط آبیاری گزارش کردند که تنش کمبود آب بر عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی اثر منفی داشته است.

از شانزده عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان، هفت عنصر آهن، روی، منگنز، بر، مس، مولیبدن و کلر به مقدار بسیار ناچیزی مورد نیاز گیاهان هستند و به این دلیل عناصر کم مصرف یا ریزمغذی نامیده می‌شوند. در اکثر مزارع ایران با توجه به خشکی و pH خاک و کربنات کلسیم بالا، مسئله کمبود عناصر کم مصرف از کیفیت و کمیت محصول کاسته است و حداقل برای رفع این کمبود می‌توان آن‌ها را پس از ترکیب با سموم مصرف کرد، بهترین روش استفاده، تغذیه برگی و محلول‌پاشی می‌باشد (Jokar et al., 2015). روی در بسیاری از سیستم های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری و یا ساختمانی دارد و در ساخت پروتئین و تولید بذر گیاه هم دخالت دارد. نقش عنصر آهن در تثبیت ازت و فعالیت برخی آنزیم ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به خوبی بررسی شده است (Mukankusi et al., 2018). شواهد زیادی در دست است که کمبود عناصر کم‌مصرف، از جمله آهن و روی، در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک، باعث محدود شدن رشد، عملکرد و کیفیت گیاه می‌شود (Eisa et al., 2011; Pirzad et al., 2012). با به‌کارگیری نانوکودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از عناصر کم‌مصرف به فرم نانو منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن آثار منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Weisany et al., 2014).

اهمیت تولید حبوبات و به ویژه لوبیا شناسایی، تولید و معرفی ارقام پر محصول و متحمل به تنش خشکی و همچنین زودرس یکی از راهکارهای موثری است که در تلفیق با سایر روش‌های مدیریت آبیاری می‌تواند تاثیر پدیده خشکی را به حداقل برساند. نتایج آزمایش‌های انجام شده در شرایط کنترل شده نشان داده است که لوبیا در مقایسه با سایر بقولات به تنش خشکی نسبتا حساس است (Singh, 2007). علاوه بر این، به دلیل اثرهای مضر کودهای شیمیایی مرسوم بر محیط زیست و تاثیر بر کمیت و کیفیت غذا، انجام مطالعه در خصوص جایگزینی آن‌ها با کودهای آلی جهت تحقق رویکرد کشاورزی اکولوژیکی ضروری است. تحمل به کم آبی در گیاهان نتیجه سازکارهای مولکولی و بیوشیمیایی متعددی است و تحمل با ویژگی‌های زراعی، مولکولی و فیزیولوژیکی خاصی همراه است و محلول پاشی عناصر ریز مغذی برای تقلیل اثرات تنش خشکی و حصول عملکرد رضایت بخش حبوبات از جمله لوبیا چیتی در منطقه آذربایجان الزامی به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر عناصر روی و آهن به فرم نانو بر عملکرد و اجزای آن در ارقام لوبیا چشم چیتی تحت تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز طی دو سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ انجام گردید. قبل از اجرای تحقیق، جهت تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، آزمایش لازم انجام و نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. فاکتورهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی (در دو سطح: قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی و شاهد یا آبیاری متداول)، محلول پاشی عناصر کم مصرف (در چهار سطح شاهد (بدون محلول پاشی) و محلول پاشی نانو کود روی (با غلظت ۱/۵ در هزار)، نانو کود آهن (باغلظت ۲ در هزار) و ترکیب آن‌ها (با غلظت ۲ در هزار برای نانو کود آهن و ۱/۵ برای نانو کود روی) و چهار رقم لوبیا چیتی (صدری، غفار، Cos 16 و کوشا) بودند. آزمایش بصورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۴۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها در ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و عمق کاشت بذر ۳ سانتی‌متر بود. طول هر واحد آزمایشی ۳ متر و عرض آن ۱/۸۰ سانتی‌متر

در نظر گرفته شد. فاصله بین بلوک‌های فرعی از هم ۱ متر و فاصله بین بلوک‌های اصلی ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. محلول پاشی نانو کود روی و آهن در واحدهای آزمایشی مربوطه در سه مرحله در زمان رشد رویشی ۸-۴ برگی و ۵۰ درصد گلدهی (بعد از اعمال تنش خشکی) و اوایل غلاف دهی انجام گردید. در پایان دوره رشد گیاه از هر کرت پنج بوته به صورت تصادفی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای برداشت شد و صفات مورد نظر مانند عملکرد و اجزای عملکرد دانه پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه برداشت و اندازه‌گیری شدند. داده‌های به دست آمده پس از کنترل نرمال بودن و برقراری مفروضات تجزیه واریانس با نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و آزمون معنی دار بودن واریانس با استفاده از امید ریاضی و با در نظر گرفتن سال به عنوان فاکتور تصادفی انجام شد مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table1. Physical and chemical characteristics of the soil in studied farm

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	ازت کل N total	فسفر قابل‌جذب	روی قابل جذب	آهن قابل جذب	درصد کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	مس قابل جذب	منگنز قابل جذب	مواد خنثی شونده
---------- % ----------				---------- ppm ----------			%	---------- ppm ----------			%
18	24	58	0.11	8.7	1.1	3.6	1.05	360	0.8	6.8	2.0

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس مدل آماری اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در جدول ۲ ارایه شده است. اثر شرایط آبیاری برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و برای وزن صد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × شرایط آبیاری برای صفت تعداد غلاف در بوته نشان می‌دهد که اثر شرایط آبیاری از سالی به سال دیگر متفاوت بوده‌است. بین ارقام تفاوت معنی‌دار برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته وجود داشت که نشان دهنده تنوع ارقام مورد مطالعه از نظر صفات مذکور بود. اثر محلول‌پاشی نیز برای تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم × محلول‌پاشی برای صفات تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته نشان داد که واکنش ارقام مختلف به شرایط محلول‌پاشی متفاوت بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم × سال نیز برای صفات عملکرد دانه و وزن صد دانه نشان می‌دهد که ارقام مورد مطالعه در دو سال واکنش یکسانی به شرایط آب و هوایی نشان ندادند. اثر متقابل سال × محلول‌پاشی برای صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری × رقم برای صفات مورد بررسی غیر معنی‌دار بود. اثر متقابل شرایط آبیاری × محلول‌پاشی نیز برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. ضریب تغییرات برای تمامی صفات پایین بود که نشان از تاثیر کم عوامل محیطی بر این صفات است. در سال‌های اخیر چگونگی تاثیر محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز گیاه به فرم نانو ذرات بر رشد و عملکرد گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. در این رابطه افزایش رشد و عملکرد ارقام لوبیا در اثر کاربرد محلول‌پاشی عناصر آهن و روی در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در مطالعات سعیدی ابواسحقی و یدوی (Saeedi-Aboueshaqi and Yadavi, 2015) و ورناصری و نصیری دهسرخی (Varnaseri and Nasiri-Dehsorkhi, 2017) مشاهده شده است.

اثر متقابل سه جانبه سال × شرایط آبیاری × رقم برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل سه جانبه سال × شرایط آبیاری × محلول‌پاشی برای صفت عملکرد دانه بسیار معنی دار بود که حاکی از تولید عملکرد متفاوت لوبیا در اثر محلول پاشی‌های مختلف در دو شرایط آبیاری و در دو سال آزمایش می‌باشد. برای صفات

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی از صفات لوبیا تحت تاثیر محلول‌پاشی نانوریزمغذی‌های آهن و روی و تنش کم‌آبی

Table 2. Analysis of variance for some traits of pinto bean under water deficit stress and application of nano Zn-Fe fertilizers

S.O.V منبع تغییرات	درجه آزادی df	Mean Squares میانگین مربعات			
		عملکرد دانه Grain yield	وزن صد دانه 100-Seed weight	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant
سال Year	1	186.04**	0.88 ns	854.29ns	222.09ns
بلوک (سال) Block (Year)	4	7.67	47.46	196.79	43.97
شرایط آبیاری Irrigation condition (Irr)	1	5032.75**	1121.34*	17006.51ns	1362.66ns
سال × شرایط آبیاری Year× Block (Year)	1	0.046ns	4.08ns	656.38ns	86.01*
شرایط آبیاری × بلوک (سال) Irr × Block (Year)	4	3.61	5.52	261.05	8.82
رقم Cultivar (C)	3	466.82*	565.93ns	22209.36**	2748.15**
محلول‌پاشی Foliar application (F)	3	1220.41**	221.32**	6686.69**	604.33*
رقم × محلول‌پاشی C × F	9	16.08ns	20.91ns	534.31**	58.72**
سال × رقم Year × C	3	46.42*	114.07**	197.13ns	48.78ns
سال × محلول‌پاشی Year ×	3	24.39ns	3.91ns	30.13ns	28.82ns
شرایط آبیاری × رقم Irr × C	3	2.68ns	25.18ns	1144.22ns	133.44ns
شرایط آبیاری × محلول‌پاشی Irr × F	3	80.32ns	7.61ns	72.33ns	13.67ns
سال × شرایط آبیاری × رقم Year × Irr × C	3	5.72ns	19.12ns	220.52ns	62.47ns
سال × شرایط آبیاری × محلول‌پاشی Year × Irr × F	3	17.47**	15.85ns	9.18ns	8.37ns
شرایط آبیاری × رقم × محلول‌پاشی Irr × C × F	9	16.08**	11.83ns	298.83**	14.63**
سال × رقم × محلول‌پاشی Year × C × F	9	7.52*	7.46ns	62.63ns	17.84**
سال × شرایط آبیاری × رقم × محلول‌پاشی Year × Irr × C × F	9	5.85*	11.34ns	68.43ns	10.21ns
خطا Error	120	3.04	14.28	99.82	5.58
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*7.89*	*9.62*	*14.42*	*12.42*

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

عملکرد دانه، تعداد دانه درغلاف و تعداد غلاف در بوته اثر متقابل سه جانبه شرایط آبیاری × رقم × محلول‌پاشی بسیار معنی دار بود، لذا از نظر صفات فوق ارقام تحت محلول پاشی های مختلف در دو شرایط آبیاری واکنش متفاوتی داشتند. اثر متقابل سه جانبه سال × رقم × محلول‌پاشی برای صفات عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته بسیار معنی‌دار بود بنابراین ارقام لوبیا نسبت به محلول پاشی‌های مختلف در دو سال آزمایش واکنش مشابهی نداشتند. اثر متقابل چهار جانبه سال

× شرایط آبیاری × رقم × محلول‌پاشی فقط برای صفت عملکرد بسیار معنی‌دار بود. لذا ارقام و محلول پاشی تحت دو شرایط آبیاری و دو سال آزمایش از نظر صفت عملکرد مستقل از هم عمل نکردند. به عبارت دیگر عملکرد ارقام لوبیا در اثر محلول پاشی‌های مختلف تحت دو شرایط آبیاری در دو سال آزمایش متفاوت بود. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس سلول و کاهش سطح تعرق‌کنندگی گیاه می‌باشد. در این شرایط جذب مواد غذایی کند شده و رشد و توسعه سلول‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین، بروز تنش کم‌آبی باعث کاهش سطح برگ می‌شود، کاهش سطح برگ هم به معنی کاهش سطح فتوسنتز کننده است که به نوبه خود باعث کاهش میزان تولید خواهد شد (Ribeiro et al., 2019). از طرفی، عناصر کم‌مصرف آهن و روی تاثیر زیادی در کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی در گیاهان زراعی دارد. گزارش شده است که در شرایط تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به دلیل جذب و اثربخشی سریع عناصر غذایی بیشترین تاثیر را در افزایش سطح برگ دارد (Majlesy and Gholinezhad, 2013).

مقایسه میانگین‌ها

وزن صد دانه

در اثر اعمال تنش کم‌آبی میزان وزن صد دانه کاهش یافت بطوریکه که در شرایط آبیاری عادی بیشترین (۴۱/۶۸) و در شرایط تنش کم‌آبی کمترین (۳۶/۸۴) میزان از این صفت مشاهده شد (جدول ۳). معنی‌دار شدن اثر متقابل سال در رقم برای وزن صد دانه نشان داد که رفتار ارقام مورد مطالعه از سالی به سال دیگر متفاوت بود. در سال اول ارقام صدری، کوشا و غفار و در سال دوم ارقام صدری و غفار بیشترین وزن صد دانه را داشتند (جدول ۴). کاهش وزن صد دانه در اثر تنش خشکی می‌تواند در نتیجه کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پرشدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نهایت، موجب تقلیل وزن صد دانه در تیمارهای تحت تنش گردد (Wakrim et al., 2005). محلول‌پاشی نانوریزمغذی‌های آهن و روی باعث افزایش وزن صد دانه شد بطوریکه بیشترین (۴۱/۵۳) وزن صد دانه در محلول‌پاشی توام آهن و روی و کمترین (۳۶/۴۱) وزن صد دانه در شرایط عدم محلول‌پاشی مشاهده گردید ولی بین شرایط محلول‌پاشی آهن با محلول‌پاشی روی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). افزایش وزن صد دانه در اثر محلول‌پاشی توام آهن و روی در گیاه سویا (*Glycine max* (L) Merr.) مشاهده شده است (Heidarian et al., 2011). آنها گزارش کردند که عناصر کم مصرف باعث افزایش سطح برگ و دوام آن می‌شوند، در نتیجه میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد و از آنجائیکه دانه‌ها مخزن اصلی آسیمیلات‌ها هستند بنابراین جذب عناصر کم مصرف موجب افزایش وزن دانه می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی عناصر روی و آهن به فرم نانو و تنش کم‌آبی بر وزن صد دانه در میانگین دو سال

Table 3. Mean comparisons of application of Zinc and Iron elements in nano form and water deficit stress on 100-Seed weight of pinto bean cultivars

تیمار Treatment	سطوح Level	میانگین Mean
شرایط آبیاری Irrigation condition	تنش کمبود آب Water deficit stress	36.84[b]
	آبیاری نرمال Normal Irrigation	41.68[a]
محلول‌پاشی Foliar application	محلول‌پاشی آهن + روی Foliar application of nano Zn+Fe	41.53[a]
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	39.97[b]
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	39.14[b]
	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	36.41[c]

برای هر تیمار، حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets in each treatment are significantly different at 1% probability level

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم و سال برای وزن صد دانه

Table 4. Mean comparisons cultivar and year interaction on100-Seed weight

	Cultivars		ارقام	
	صدری Sadri	کوشا Koosha	Cos 16	غفار Ghafar
سال اول First year	41.79[a]	39.58[a]	33.33[b]	42.08[a]
سال دوم Second year	43.04[a]	35.91[b]	36.95[b]	41.41[a]

حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets are significantly different at 1% probability level

عملکرد دانه

معنی‌دار شدن اثر متقابل چهار جانبه سال × شرایط آبیاری × رقم × محلول‌پاشی فقط برای صفت عملکرد دانه نشان داد که عملکرد ارقام لوبیا در اثر محلول‌پاشی‌های مختلف تحت دو شرایط آبیاری در دو سال آزمایش متفاوت بود (جدول ۵). بررسی نتایج اثر متقابل عوامل چهارگانه نشان داد که در سال اول، بیشترین (۳۷/۶۷) عملکرد دانه در رقم Cos 16 و در وضعیت آبیاری عادی و محلول‌پاشی توام آهن و روی مشاهده شد که با رقم کوشا در این همین شرایط تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین (۸) عملکرد دانه در رقم صدری در وضعیت تنش کم‌آبی و عدم محلول‌پاشی مشاهده شد. به طور کلی در سال اول آزمایش، محلول‌پاشی توام آهن و روی در شرایط تنش کم‌آبی در ارقام Cos 16 و کوشا منجر به تولید عملکرد بهتری در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی شد. در سال دوم نیز بیشترین (۳۸/۳۳) عملکرد دانه در رقم Cos 16 و در وضعیت آبیاری عادی و محلول‌پاشی توام آهن و روی مشاهده شد که با ارقام کوشا و غفار در همین شرایط و Cos 16 در شرایط محلول‌پاشی آهن و وضعیت آبیاری عادی تفاوت معنی‌داری نداشت. رقم صدری در وضعیت تنش کم‌آبی و عدم محلول‌پاشی نیز کمترین (۱۰) عملکرد دانه را در سال دوم به خود اختصاص داد. محلول‌پاشی در سال دوم نیز عملکرد ارقام مورد بررسی در پاسخ به تنش کم‌آبی بهبود بخشید.

به طور کلی میزان عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول بهتر بود که می‌تواند به دلیل تغییر شرایط آب و هوایی باشد. زمانیکه گیاه در معرض کمبود آب قرار می‌گیرد، با حفظ فشار اسمزی خود سعی می‌کند تا حدودی اثرات سوء تنش کم‌آبی را کاهش دهد و در این بین محلول‌پاشی عناصر کم مصرف مانند روی، آهن و منگنز می‌تواند نقش مهمی در کاتالیزوری فرآیندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه داشته و منجر می‌شود تا سلول فعالیت‌های حیاتی خود را ادامه داده و تعداد دانه در غلاف و عملکرد قابل قبولی در در شرایط تنش تولید کند (Tohidi, 2015). با توجه به نتایج بدست آمده، مصرف توام نانوریزمغذی‌های آهن و روی در هر دو سال آزمایش در وضعیت تنش کم‌آبی با بهبود اثر تنش کم‌آبی و تاثیر مثبت بر اجزای عملکرد، در نهایت سبب حفظ عملکرد دانه شد که در این بین رقم Cos 16 عملکرد بیشتری در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی داشت. آهن از عناصر ضروری برای تشکیل کلروفیل‌ها می‌باشد و در نتیجه برای فتوسنتز ضروری بوده و کمبود آن میزان تولید آسیمیلات‌ها را به شدت کاهش می‌دهد (Pirzad and Shokrani, 2012). همچنین مشاهده شده است که، روی میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش داده و در نتیجه میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012). بهروزنژاد و همکاران (Zehtab-Salmasi et al., 2011) گزارش کردند محلول‌پاشی توام آهن و روی می‌تواند رشد گیاه، پدیده فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمایی را بهبود بخشیده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد بذر در گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium*) شود. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2014) گزارش کردند که محلول پاشی روی و آهن عملکرد دانهٔ ماش را به ترتیب به میزان ۲۲/۱۰ و ۱۲/۲۵ درصد نسبت به تیمار آب پاشی افزایش داد. در پژوهش دیگر دیگری مصرف ۶/۷ کیلوگرم FeEDDHA در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه و عملکرد دانه سویا شد (Wiersma, 2005).

تعداد دانه در غلاف

بررسی توام عوامل سه‌گانه (جدول ۶) نشان داد که در وضعیت آبیاری عادی بیشترین (۱۳۱/۱۷) تعداد دانه در غلاف در رقم Cos 16 و در شرایط محلول‌پاشی توام آهن و روی مشاهده شد که این میزان با شرایط محلول‌پاشی آهن تفاوت معنی‌داری نداشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی می‌تواند موجب کاهش تعداد دانه در غلاف‌های لوبیا گردد (Padilla-Ramírez et al., 2005; Munoz- Perea et al., 2006). در شرایط تنش کم‌آبی نیز رقم Cos 16 بیشترین (۹۶/۸۳) تعداد دانه در غلاف را در وضعیت محلول‌پاشی توام آهن و روی داشت. با توجه به نقش عناصر روی و آهن در آنزیم‌های دخیل در فرآیند فتوسنتزی گیاه، محلول‌پاشی این عناصر باعث بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و از طریق بهبود دسترسی اندام‌های زایشی گیاه به مواد فتوسنتزی تعداد دانه تشکیل شده در غلاف می‌تواند افزایش یابد (Saeedi-Aboueshaqi and Yadavi, 2015). نصری و همکاران (Nasri et al., 2011) گزارش کردند که محلول‌پاشی ارقام لوبیا با سولفات روی تعداد دانه در غلاف را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد.

جدول ۵. مقایسه میانگین تاثیرات متقابل تنش کم‌آبی، رقم و محلول‌پاشی در دو سال برای عملکرد دانه

Table 5. Mean comparisons of application of Zinc and Iron elements in nano form, cultivar and water deficit stress interaction on grain yield in two years

شرایط آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Foliar application	Year	سال	صدری Sadri	کوشا KooSha	Cos16	غفار Ghafar
آبیاری نرمال Normal Irrigation	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	First year	سال اول	11.33^{xyz}	22^{klm}	24^{j}	18^{qr}
		Second year	سال دوم	12^{wxy}	21^{mno}	20^{op}	22^{klm}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	First year	سال اول	27.33^{fg}	25.33^{hi}	27.67^{f}	25.67^{hi}
		Second year	سال دوم	22.67^{kl}	26.33^{gh}	29^{e}	27^{fg}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	First year	سال اول	25^{ij}	29.67^{e}	32.23^{d}	28^{f}
		Second year	سال دوم	29.33^{e}	29.67^{e}	37.33^{ab}	32.67^{d}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	First year	سال اول	27^{fg}	34.33^{c}	37.67^{ab}	25^{ij}
		Second year	سال دوم	29.67^{e}	37.67^{ab}	38.33^{a}	36.67^{b}
تنش کم‌آبی Water deficit stress	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	First year	سال اول	8^{z}	13^{uvw}	15^{t}	10.67^{z}
		Second year	سال دوم	10^{z}	15^{t}	12.33^{vwx}	14^{tu}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	First year	سال اول	11^{yz}	16^{s}	18^{qr}	14.67^{t}
		Second year	سال دوم	12.33^{vwz}	18^{qr}	19^{pq}	19^{pq}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	First year	سال اول	13.33^{uv}	18^{qr}	21.67^{lmn}	25^{t}
		Second year	سال دوم	14.67^{t}	22.67^{kl}	22.67^{kl}	21^{mno}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	First year	سال اول	17^{rs}	20.67^{no}	24.67^{ij}	19.33^{p}
		Second year	سال دوم	16.33^{s}	23^{k}	25.67^{hi}	22.33^{kl}

حروف غیر مشابه در هر ستون نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets in each column are significantly different at 1% probability level

جدول ۶. مقایسه میانگین تاثیرات متقابل تنش کم‌آبی، رقم و محلول‌پاشی در میانگین دو سال برای تعداد دانه در غلاف

Table 6. Mean comparisons of water deficit stress, application of Zinc and Iron elements in nano form and cultivar interaction in average two year on number of seed per pod

شرایط آبیاری Irrigation condition	محلول‌پاشی Foliar application	صدری Sadri	کوشا Koosha	Cos16	غفار Ghafar
آبیاری نرمال Normal irrigation	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	35.83^{jkl}	68.33^{fgh}	75^{defg}	74.17^{defg}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	44.5^{ijkl}	76.83^{def}	94^{bc}	80.33^{bcdef}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	45.33^{ijk}	86.33^{bcde}	128.33^{a}	80^{bcdef}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	53^{hij}	96.5^{b}	131.17^{a}	88.33^{bcd}
تنش کم‌آبی Water deficit stress	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	28.17^{i}	45^{ijkl}	58.33^{ghi}	50.67^{ijk}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	34^{kl}	51.5^{ij}	76.33^{def}	70.5^{efg}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	38.83^{jkl}	67.5^{fgh}	78.5^{cdef}	72.33^{defg}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	44^{ijkl}	68.17^{fgh}	96.83^{b}	76.67^{def}

حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets are significantly different at 1% probability level

تعداد غلاف در بوته

در هر دو سال آزمایش، تنش کمبود آب باعث کاهش تعداد غلاف در بوته شد و در سال دوم میانگین تعداد غلاف در بوته در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب نسبت به سال اول بهتر بود (جدول ۷). بررسی توام اثرات متقابل سال، رقم و محلول‌پاشی (جدول ۸) نشان داد بیشترین (۳۷/۳۳) تعداد غلاف در بوته در سال دوم و رقم Cos16 در شرایط محلول‌پاشی توام آهن و روی مشاهده شد. کمترین (۷/۵۸) میزان از تعداد غلاف در بوته نیز در سال اول و رقم صدری در شرایط عدم محلول‌پاشی بدست آمد. مقایسه اثرات متقابل سال، شرایط آبیاری و رقم برای تعداد غلاف در بوته نشان داد که در هر دو سال آزمایش تنش کمبود آب باعث کاهش میزان این صفت شد بطوریکه، بیشترین تعداد غلاف در بوته در سال دوم و در شرایط آبیاری نرمال در ارقام Cos16 و غفار مشاهده شد (جدول ۹). بررسی توام عوامل سه‌گانه مورد آزمایش (جدول ۱۰) نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته در ارقام مورد بررسی شد که محلول‌پاشی عناصر روی و آهن به فرم نانو این کاهش را تعدیل کرد. تعداد غلاف در بوته از مهمترین صفات در تعیین عملکرد لوبیا می‌باشد که بیشترین همبستگی (r=۰/۹۴) را با عملکرد دانه دارد. عوامل گیاهی مانند میزان آب بافت و غلظت هورمون‌های گیاهی مانند آبسیزیک اسید که تقسیم و توسعه سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مسئول تنظیم تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشند (Saini and Westgate, 2000). یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش خشکی کاهش طول دورهٔ رشد گیاه است که در نتیجهٔ افزایش رقابت درون بوته‌ای به تبع آن به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته در مرحلهٔ گل‌دهی شد. صادقی‌پور و آقایی (Sadeghipour and Aghaei, 2012) گزارش کردند که کاهش تعداد غلاف در بوته در پاسخ به تنش کم‌آبی می‌تواند به علت بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش محتوای رطوبت خاک و در نتیجه کاهش مصرف CO_2 و کاهش فتوسنتز باشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری عادی (۳۷/۸۳) و تنش کم‌آبی (۲۷/۸۳) بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم Cos 16 در شرایط محلول‌پاشی توام آهن و روی بود. عناصر کم‌مصرف به ویژه سولفات روی اثر مثبتی بر تشکیل برگ پرچم و دانه گرده دارند و با توجه به اینکه فعالیت برگ پرچم در گیاهان خودگرده‌افشان به طور طبیعی بالاست، در نتیجه گل‌ها به خوبی بارور شده و تعداد غلاف بیشتری در گیاه تولید می‌شود، از این‌رو می‌توان افزایش تعداد غلاف در بوته را به این ویژگی سولفات روی نسبت داد (Kobraee et al., 2011). همچنین محلول‌پاشی آهن به دلیل افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن به غلاف از طریق افزایش آسیمیلات‌ها، به دلیل نقشی که این عنصر در فتوسنتز دارد، موجب افزایش تعداد غلاف در گیاه می‌شود (Marschner, 1995). با توجه به اینکه عناصر روی و آهن به کار برده شده در این آزمایش به فرم نانو ذرات بوده و از سطح ویژه بالایی برخوردار هستند (یعنی نسبت سطح به حجم بالایی دارند)؛ این امر واکنش‌پذیری و تحرک بالاتری در گیاه ایجاد کرده و باعث توزیع همگن و سریع محلول کودی در گیاه می‌شود که مجموع این دلایل افزایش عملکرد و اجزای عملکرد را به دنبال دارد و در شرایط تنش نیز می‌تواند از گیاه در برابر آسیب‌های جدی محافظت کند (Nair et al., 2010).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و سال برای تعداد غلاف در بوته

Table 7. Mean comparisons water deficit stress and year interaction on number of pods per plant

	شرایط آبیاری Irrigation condition	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant
سال اول First year	آبیاری نرمال Normal irrigation	19.95[a]
	تنش کمبود آب Water deficit stress	15.96[b]
سال دوم Second year	آبیاری نرمال Normal irrigation	23.44[a]
	تنش کمبود آب Water deficit stress	16.77[b]

حروف غیر مشابه در هر ستون نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets in each column are significantly different at 1% probability level

جدول ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، رقم و محلول‌پاشی برای تعداد غلاف در بوته

Table 8. Mean comparisons of application of Zinc and Iron elements in nanoform, cultivar and year on pods per plant

			محلول‌پاشی Foliar application			
		ارقام Cultivars	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	محلول‌پاشی آهن + روی Foliar application of nano Zn+Fe
سال اول First year		صدری Sadri	7.58^{r}	10^{pq}	10.58^{op}	12.83^{mn}
		کوشا Koosha	11.66^{no}	13.33^{m}	17.16^{ijk}	16.83^{ijk}
		Cos16	22.66^{h}	25^{efg}	25.16^{efg}	25.33^{efg}
		غفار Ghafar	15.16^{kl}	21.33^{efg}	25.83^{ef}	28.83^{d}
سال دوم Second year		صدری Sadri	8.75^{qr}	9.66^{pq}	10.66^{jkl}	16.37^{jkl}
		کوشا Koosha	13.16^{m}	15^{l}	16.16^{jkl}	17.5^{ij}
		Cos16	21^{h}	26.5^{e}	30.66^{c}	37.33^{a}
		غفار Ghafar	18.33^{i}	24.16^{gh}	27^{d}	33.16^{b}

حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets are significantly different at 1% probability level

جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، رقم و تنش کم‌آبی برای تعداد غلاف در بوته

Table 9. Mean comparisons of application of year, cultivar and water deficit stress on pods per plant

			Cultivars ارقام			
		شرایط آبیاری Irrigation condition	صدری Sadri	کوشا Koosha	Cos16	غفار Ghafar
سال اول First year		آبیاری نرمال Normal irrigation	11.12^{gh}	16.75^{e}	27^{b}	24.91^{c}
		تنش کمبود آب Water deficit stress	9.33^{h}	12.75^{fg}	23.66^{cd}	18.08^{e}
سال دوم Second year		آبیاری نرمال Normal irrigation	11.41^{gh}	17.25^{e}	33.08^{a}	32^{a}
		تنش کمبود آب Water deficit stress	9.41^{h}	13.66^{f}	22.33^{d}	21.66^{d}

حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets are significantly different at 1% probability level

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در ارقام مورد استفاده باعث کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی در هر دو سال آزمایش گردید. از طرفی محلول‌پاشی نانوریزمغذی‌های آهن و روی توانست اثر سوء تنش کم‌آبی را تعدیل کند بطوریکه که کاربرد این عناصر نقش مثبتی در عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا به ویژه در شرایط تنش کمبود آب داشت. صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام مورد مطالعه در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت که نشان دهنده حساسیت ارقام مورد بررسی نسبت به کمبود آب می‌باشد، ولی رقم Cos 16 در هر دو سال آزمایش نسبت به سایر ارقام حساسیت کمتری داشت. همچنین محلول‌پاشی توام روی و آهن سبب بهبود رشد و عملکرد دانه تحت تنش کم‌آبی در ارقام مورد بررسی بود که این بهبود در رقم Cos 16 در هر دو سال آزمایش نسبت به ارقام دیگر بیشتر بود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی توام نانوریزمغذی‌های آهن و روی می‌تواند گام موثری در جهت تخفیف اثرات سوء نشای از تنش کمبود آب تلقی گردد و در نهایت افزایش رشد و عملکرد گیاه لوبیا را به همراه داشته باشد.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین تاثیرات متقابل تنش کم‌آبی، رقم و محلول‌پاشی در میانگین دو سال برای تعداد غلاف در بوته

Table 10. Mean comparisons of water deficit stress, application of Zinc and Iron elements in nano form and cultivar interaction in average two year on number of pod per plant

شرایط آبیاری Irrigation condition	محلول‌پاشی Foliar application	صدری Sadri	کوشا Koosha	Cos16	غفار Ghafar
آبیاری نرمال Normal irrigation	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	8.75^{gh}	14.5^{fgh}	19.17^{defg}	24.17^{bcdef}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	11.17^{gh}	16.33^{efgh}	27.5^{bcd}	28.17^{abcd}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	11.5^{gh}	17.83^{defg}	33.67^{ab}	30.5^{abc}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	13.67^{fgh}	19.33^{defg}	37.83^{a}	33^{abc}
تنش کم‌آبی Water deficit stress	عدم محلول‌پاشی Without foliar application	6.63^{h}	10.33^{gh}	14.5^{fgh}	19.33^{defg}
	محلول‌پاشی روی Foliar application of nano Zn	8.5^{gh}	12^{gh}	18^{defg}	23.33^{cdef}
	محلول‌پاشی آهن Foliar application of nano Fe	9.67^{gh}	15.5^{efgh}	19.17^{defg}	23.33^{cdef}
	محلول‌پاشی روی + آهن Foliar application of nano Zn+Fe	12.5^{gh}	15^{fgh}	27.83^{bcd}	26^{bcde}

حروف غیر مشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

Non-similar alphabets are significantly different at 1% probability level

منابع

Bayat.A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., Dorri, H.R., 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12, 42- 54. [In Persian with English summary].

Behrouznejhad S., Zehtab-Salmasi, S., Gassemi-Golezani, K., 2011. Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of pesullium at different stages of maturity. International Journal of Environmental Sciences. 3, 63-65.

Boyer, J.S., 1982. Plant productivity and environment. Science. 218(4571), 443-448.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72(1-2), 248-254.

Darkwa, K., Ambachew, D., Mohammed, H., Asfaw, A., Blair, M.W., 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar s for drought stress adaptation in Ethiopia. The Crop Journal. 4, 367-376.

Demelash, B.B., 2018. Common Bean Improvement Status (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ethiopia. Advances in Crop Science and Technology. 6, 1-6.

Eisa, A.I., Taha, M.B., Abdalla, A.M., 2011. Amendment of soil fertility and augmentation of the quantity and quality of soybean crop by using phosphorus and micronutrients. International Journal of Academic Research. 3, 800-808.

Gonçalves, J.G.R., Chiorato, A.F., Silva, D.A.D., Esteves, J.A.D.F., Bosetti, F. Carbonell, S.A.M., 2015. Combining ability in common bean cultivars under drought stress. Bragantia. 74, 149-155.

Heidarian, A., Kord, R., Mostafavi, K., Parviz Lak, A., Amini Mashhadi, F., 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development. 3, 189 -197.

Jalilian, J., Khade, A., Pirzad, A., 2014. Effect of Fe and Zn spraying on some characteristics of mungbean using chemical and organic

fertilization. Journal of Crops Improvement. 16, 725-732. [In Persian with English summary].

Jokar, L., Ronaghi, A., Karimian, N. and Ghasemi-Fasaei, R., 2015. Effects of different Fe levels from Fe-Nano-chelate and Fe-EDDHA sources on growth and some nutrients concentrations in cowpea in a calcareous soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 6, 9-19. [In Persian with English summary].

Khanna-Chopra, R., Singh, K., 2015. Drought resistance in crops: physiological and genetic basis of traits for crop productivity. In: Tripathi, B., Müller, M. (eds), Stress Responses in Plants. pp. 267-292. Springer, Cham.

Kobraee, S., Noormohamadi, G., Heidari Sharifabad, H., DarvishKajori, F., Delkhosh, B., 2011. Influence of micronutrient fertilizer on soybean nutrient composition. Indian Journal of Science and Technology. 4, 763-769.

Majlesy A., Gholinezhad E. 2013. Phenotype and quality variation of forage maize (*Zea mays* L.) with potassium and micronutrient application under drought stress conditions. Research in Field Crops. 1(2), 44-55. [In Persian with English summary].

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition, Academic Press Inc., London. 891p.

Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2017. Agricultural statistics. www.agri-jahad.ir [In Persian].

Mukankusi, C., Raatz, B., Nkalubo, S., Berhanu, F., Binagwa, P., Kilango, M., Williams, M., Enid, K., Chirwa, R., Beebe, S., 2018. Genomics, genetics and breeding of common bean in Africa: A review of tropical legume project. Plant Breeding. 138(4), 1-14.

Munoz- Perea, C.G., Terán, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T. Singh, S.P., 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science. 46, 2111-2120.

Nair R., Hanna Varghese S., Nair B.G., Maekawa T., Yoshida Y., Sakthi kumar D., 2010. Nano-particulate material delivery to plants. Plant Science. 179, 154-163.

Nasri, M., Khalatbari, M., Aliabadi Farahani, H., 2011. Zn-foliar application influence on quality and quantity features in *phaseolous vulgaris* under different levels of N and K fertilizers. Advances in Environmental Biology. 5, 839-846.

Padilla-Ramírez, J.S., Acosta-Gallegos, J.A., Acosta-Díaz, E., Mayek-Pérez, N., Kelly, J.D., 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non-stressed dry bean cultivars. Annual Reports of Bean Improvement Cooperative and National Dry Bean Council Research Conference. pp. 48, 152-175.

Pirzad A., Shokrani F., 2012. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. World Applied Sciences Journal. 18, 1203-1208.

Pirzad, A., Darvishzadeh, R., Bernousi, I., Hassani, A., Sivritepe, N., 2012. Influence of water deficit on iron and zinc uptake by *Matricaria chamomilla* L. Chilean Journal of Agricultural Research. 72, 232-236.

Ribeiro, T., Silva, D.A.D., Esteves, J.A.D.F., Azevedo, C.V.G., Gonçalves, J.G.R., Carbonell, S.A.M., Chiorato, A.F., 2019. Evaluation of common bean genotypes for drought tolerance. Bragantia. 78 (1), 125-140.

Sadeghipour, O., Aghaei, P., 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions. Advances in Environmental Biology. 6, 1160-1168.

Saeedi-Aboueshaqi, Z., Yadavi. Z., 2015. Study effect of zinc and iron on cowpea yield under water deficit conditions. Journal of Agricultural Science 4, 133-143. [In Persian with English summary].

Saini, H.S., Westgate, M.E., 2000. Reproductive development in grain crops during drought. Advances in Agronomy. 68, 59-95.

Shenkut, A.A., Brick, M.A., 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica. 133, 339-347.

Singh, S.P., 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agronomy Journal. 99, 1219-1225.

Tohidi, M., 2015. Effect of foliar application time of complete fertilizer micronutrients on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate* L.) under drought stress. Plant Eco-

Physiology. 7, 50-57. [In Persian with English summary].

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Journal of Plant Science. 168, 223-231.

Varnaseri, G.V., Nasiri Dehsorkhi, A., 2017. Investigation of foliar application of Zinc and Iron elements in nano form on growth and yield of cowpea under water deficit stress. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology. 4, 109-136. [In Persian with English summary].

Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., Serraj, R., 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture ecosystems & environment. 106, 275-287.

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., Badakhshan, H., 2014. Effects of zinc application on growth, absorption and distribution of mineral nutrients under salinity stress in soybean (*Glycine max* L.). Journal of Plant Nutrition. 37, 2255-2269.

Wiersma, J.V., 2005. High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. Agronomy Journal. 97, 924-934.

Yousefi M., 2012. Impact of Zn and Mn foliar application on yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under two irrigation regimes. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2, 102-107[In Persian with English summary].