



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره اول، فروردین واردیبهشت ۹۶
<http://arpe.gonbad.ac.ir>

بررسی تغذیه برگی عناصر روی و آهن به فرم نانو بر رشد و عملکرد لوبيا چشم بلبلی در شرایط تنفس کم آبی

ویدا ورناصری قندعلی^۱، عباس نصیری دهسرخی^{۲*}

^{۱,۲}دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱۷

چکیده

مقدمه: کمبود آب عامل مهمی در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد؛ و یکی از آثار سوء تنفس رطوبتی بر رشد و تولید گیاهان زراعی کاهش جذب عناصر کم‌صرف توسط ریشه گیاهان می‌باشد. از طرفی دیگر با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا و تامین امنیت غذایی، لگومها مهم‌ترین منبع پروتئین در تغذیه انسان می‌باشند. در همین راستا، پژوهش حاضر بهمنظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف (آهن و روی) بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد لوبيا چشم بلبلی در شرایط تنفس کم آبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان شوشتر طی سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنفس کم آبی به عنوان کرت اصلی در سه سطح (شاهد (آباری معمول)، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی) و محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (شاهد (محلول‌پاشی با آب معمولی)، محلول‌پاشی روی (با غلظت ۱/۵ در هزار)، آهن (با غلظت ۲ در هزار) و ترکیب آن‌ها) بودند. محلول‌پاشی عناصر، در دو مرحله ۶۰ و ۷۵ روز بعد از کاشت صورت گرفت. صفات مورد بررسی عبارتند از: شاخص سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد گره بر روی ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی فرعی، قطر ساقه و عملکرد دانه بودند.

*نویسنده مسئول: abasnasiri110@yahoo.com

نتایج: نتایج نشان داد که اعمال تنفس خشکی در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی دار صفات مورد بررسی می شود. البته تأثیر تنفس خشکی در مرحله غلافدهی در مقایسه با مرحله گلدهی بیشتر بود. اعمال تنفس خشکی در مرحله غلافدهی باعث کاهش معنی دار تعداد برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد گره بر روی ساقه اصلی و قطر ساقه به ترتیب بهمیزان ۵۰، ۳۶، ۲۹، ۴۴ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تنفس) گردید. همچنین نتایج نشان داد محلول پاشی عناصر کم مصرف باعث افزایش معنی دار صفات مورد بررسی گردید؛ که در بین سطوح محلول پاشی، تأثیر کاربرد ترکیبی عناصر آهن و روی در مقایسه با کاربرد این عناصر به تنهایی، بیشتر بود. مطابق نتایج بر همکنش تیمارها، کمترین میزان شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه، تعداد شاخه فرعی فرعی و عملکرد دانه در شرایط تنفس در مراحل گلدهی و غلافدهی کم مصرف مشاهده گردید. کاربرد توأم آهن و روی در شرایط عدم تنفس، تنفس در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه به ترتیب بهمیزان ۱۹، ۱۵ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) گردید.

نتیجه گیری: در مجموع نتایج نشان داد گرچه محلول پاشی عناصر آهن و روی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردید، اما در شرایط تنفس کاربرد ترکیبی این عناصر در کاهش اثرات سوء ناشی از تنفس موثرتر واقع گردید. بنابراین، با توجه به محدودیت عناصر آهن و روی در مناطق خشک و نیمه خشک، محلول پاشی یک روش کاربردی به منظور افزایش سطح عناصر کم مصرف در گیاهان می باشد که می تواند اثرات تنفس کم آبی بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی را کاهش دهد.

واژه های کلیدی: خشکی، عناصر کم مصرف، محلول پاشی، خصوصیات، لوبیا

مقدمه

لوبیا چشم بلبلی محصول زراعی مهمی است که به طور وسیعی در مناطق گرم آفریقا، آسیا و آمریکا رشد می کند و اغلب به عنوان گیاهی با سازگاری زیاد به دمای های بالا و خشکی در مقایسه با گونه های دیگر حبوبات، مورد توجه است (Ehlers and Hall, 1997). لوبیا چشم بلبلی با دارا بودن پروتئین بالا می تواند جایگزین مناسبی برای گوشت برای اقشار کم درآمد باشد و به عنوان یکی از منابع مهم تغذیه ای به شمار می آید. تنفس خشکی یکی از مهم ترین عامل محدود کننده تولید لوبیا در سراسر جهان می باشد (Szilagyi, 2002; Teran and Singh, 2003). نتایج پژوهشی نشان داد که اعمال تنفس کم آبی در دو زمان شروع گلدهی و تشکیل نیام، باعث کاهش بیوماس در گیاه لوبیا چشم بلبلی گردید (Pak Mehr et al., 2011).

عناصر کم مصرف برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند و ضمن شرکت در ساختار بعضی از اندامکها، در بسیاری از واکنش های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (Ravi et al., 2008). مصرف

برگی عناصر کم مصرف به دفعات متعدد، ضمن رفع کمبود آنها سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه نیز می‌شوند (Whitty and Chambliss, 2005). عناصر کم مصرف آهن و روی تأثیر زیادی در کاهش اثرات سوء تنفس خشکی در گیاهان زراعی دارند. با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عناصر روی و آهن در خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012). در پژوهشی محققان گزارش کردند که، محلول‌پاشی عناصر کم مصرف مانند آهن و روی در شرایط تنفس خشکی عملکرد آفت‌آگردان را با بهبود بازده فتوشیمیایی و غلظت سبزینه، افزایش داد (Babaeian *et al.*, 2008). آهن برای تشکیل کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز ضروری است و کمبود آن به شدت میزان تولید آسیمیلات‌ها را کاهش می‌دهد (Pirzad and Shokrani, 2012). علاوه‌بر آن گزارش شده‌است که، روی میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012).

در سال‌های اخیر چگونگی تأثیر محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز گیاه به‌فرم نانو ذرات بر رشد و عملکرد گیاهان مورد توجه قرار گرفته و در این راستا گزارش‌هایی نیز ارائه شده‌است. در پژوهشی گزارش شد که، کاربرد اکسید روی به شکل نانو ذرات تاثیر بیشتری در افزایش رشد ریشه نخود نسبت به شکل معمول آن داشت (Pandey, 2010). مصرف یک کیلوگرم در هکتار کلات آهن به‌شكل نانو در مقایسه با شکل معمول آن به نسبت بیشتری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و برگ و طول ریشه گیاه ریحان (*Ocimum Basilicum*) را افزایش داد (Peyvandi *et al.*, 2011). مظاهری‌نیا و همکاران (Mazaherinia *et al.*, 2010) دریافتند که، کاربرد پودر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی افزایش معنی‌داری در کل وزن خشک کاه و کلش گندم داشته است. ممکن است این افزایش به‌دلیل خاصیت نانو ذرات و حلالت بیشتر آن‌ها و سبک و کوچک بودن آن‌ها و شانس برخورد بیشتر ریشه‌ها به ذرات نانو نسبت به ذرات اکسید آهن معمولی باشد (Salehi and Tamaskoni, 2008). نانو کودها آسان جذب گیاهان می‌شوند و از کودهای شیمیایی کارآمدتر هستند، با محیط زیست سازگار هستند، آلدگی ندارند، شوری خاک را افزایش نمی‌دهند و کیفیت خاک را افزایش می‌دهند (Mazaherinia *et al.*, 2010).

با توجه به نقش مهم عناصر آهن و روی در گیاه، فراهم ساختن مقدار کافی از این عناصر در شرایط تنفس خشکی، می‌تواند در افزایش مقاومت گیاه به این نوع تنفس مؤثر واقع گردد. از طرف دیگر، اخیراً کاربرد نانو کودها به عنوان راهکاری در جهت کاهش آلدگی‌های زیستمحیطی ناشی از مصرف مواد شیمیایی در اراضی زراعی مطرح گردیده است. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی محلول‌پاشی

عناصر آهن و روی به فرم نانو بر رشد و عملکرد لوبيا چشم بلبلی در شرایط اعمال تنفس خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان شوستر به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنفس کم‌آبی در سه سطح (قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلافدهی و شاهد (آبیاری معمول)), به عنوان کرت اصلی و محلول پاشی عناصر کم‌صرف به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (شاهد (محلول پاشی با آب معمولی)، محلول پاشی روی (با غلظت ۱/۵ در هزار)، آهن (با غلظت ۲ در هزار) و ترکیب آن‌ها (با غلظت ۲ در هزار برای آهن و ۱/۵ برای روی)) بودند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از قبیل نیتروژن کل به روش کجداں، فسفر قابل استخراج بهوسیله بیکربنات سدیم (روش اولسن) و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم اندازه‌گیری گردید؛ که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. بدز مورد استفاده توده محلی لوبيا چشم بلبلی بود که از شهرستان شوستر تهیه شد. کود مورد استفاده از شرکت نانو کود خضراء تهیه گردید.

پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و آماده شدن کرت‌ها، کشت در اوخر اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. فاصله بین و روی ردیف به ترتیب ۶۰ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی از چهار خط کاشت شش متری تشکیل شده بود. محلول پاشی یکبار در زمان ۶۰ روز بعد از کاشت و یکبار هم در زمان ۷۵ روز بعد از کاشت انجام شد. در طول فصل رشد علف‌های هرز چندین بار با دست و چین گردید. برای نمونه‌برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس پنج بوته لوبيا چشم بلبلی بهنحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. جهت تعیین عملکرد دانه نیز تعداد پنج بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد، دانه‌های موجود در غلاف جداسازی و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقیق ۰/۰۱ گرم وزن شدند، در نهایت عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil (0-30 cm)

بافت Texture	نیتروژن کل T.N (%)	کربن آلی O.C (%)	اسیدیت pH	پتانسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)
شنی لوهمی Sandy loam	0.1	1.2	7.7	320	11	4.81

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سطوح تنش خشکی و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بودند (جدول ۲). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کمترین شاخص سطح برگ گیاه در شرایط تنش در مرحله غلافدهی و عدم محلول پاشی عناصر کم‌صرف مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). مطابق نتایج، بالاترین شاخص سطح برگ گیاه از محلول پاشی توأم آهن و روی در شرایط آبیاری کامل به دست آمد که افزایش ۲۸ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) را به همراه داشت. بررسی اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی نشان داد که، تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گیاه نسبت به شاهد گردید؛ این کاهش شاخص سطح برگ در مرحله غلافدهی بیشتر از مرحله گلدهی بود؛ اما محلول پاشی با عناصر کم‌صرف توانست این کاهش سطح برگ را جبران و در این میان محلول پاشی توأم آهن و روی نسبت به سایر سطوح محلول پاشی تأثیر بیشتری در افزایش سطح برگ گیاه به همراه داشت (جدول ۴).

در گیاهان با کمبود روی، ریزپرگی به سبب عدم سنتز اکسین کافی و متناوباً تجمع تریپتوفان و کاهش سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه اتفاق می‌افتد که این امر در ارتباط با کاهش مقدار RNA و فعالیت بالای RNA آز در اثر کمبود روی است (Marschner, 1993). گزارش شده است که، محلول پاشی روی در مرحله هشت برگی با افزایش سطح برگ، وزن خشک برگ و طول دوره گلدهی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف می‌شود (Banks, 2004). کاربرد سطوح مختلف نانو کلات آهن سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ در دو رقم اسفناج گردید (Ladan Moghadam *et al.*, 2012). مجلسی و قلی‌نژاد (Majlesy and Gholinezhad, 2013) گزارش نمودند که، در شرایط تنش خشکی محلول پاشی عناصر کم‌صرف به دلیل جذب و اثربخشی سریع عناصر غذایی بیشترین تأثیر را در افزایش سطح برگ پرچم داشت و این صفت را نسبت به مصرف خاکی عناصر کم‌صرف در شرایط تنش خشکی ۱۲ درصد افزایش داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات رشدی لوپیا تحت تأثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف و تنش خشکی

Table 2- Analyses of variance (ANOVA) of some growth characteristics of cowpea under foliar application of micronutrient and drought stress

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد برگ Number of leaf	وزن خشک برگ Dry weight of leaf
بلوک	2	0.67*	348.4ns	1398.7*
Replication				
تنش خشکی Water stress	2	10.86**	3202.7*	14497.3**
خطای a Error a	4	0.07	298.4	167.8
محلول پاشی Foliar application	3	1.78**	363.4**	1675.7**
تنش × محلول پاشی Stress × Foliar	6	0.08*	12.8ns	117.6ns
خطای b Error b	18	0.02	19.9	191.1
ضریب تغییرات CV (%)		4.69	8.76	8.64

ns, * و **: بهترتب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس سلول و کاهش سطح تعرق کنندگی گیاه می‌باشد؛ در این شرایط جذب مواد غذایی کند شده و رشد و توسعه سلول‌ها در اندام هوایی برگ و ساقه کم شده و ارتفاع و نیز حجم اندام هوایی گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین، با افزایش تنش خشکی طول برگ، عرض برگ و نیز سطح برگ کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ یعنی کاهش سطح اندام فتوسنترکننده و زمانی که سطح برگ کاهش یابد؛ به‌طور مسلم سایر اندام‌ها نیز تحت تأثیر کاهش فتوسنتر، کاهش خواهد یافت (Lotfi *et al.*, 2014). محققان گزارش نمودند؛ سطح برگ ترخون در اثر تنش خشکی به‌شدت کاهش یافته و از ۴۳۵۷ سانتی‌متر مربع در تیمار شاهد (FC ۱۰۰ درصد) به ۳۰۴۰ سانتی‌متر مربع در تنش شدید (FC ۴۰ درصد) رسید (Lotfi *et al.*, 2014). محققان دیگری نظریه صابرعی و همکاران (Saberali *et al.*, 2007) و پاندی و همکاران (Pandey *et al.*, 2000) نیز کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ را در اثر تنش خشکی تأیید نمودند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات محلولپاشی عناصر کمصرف و تنش خشکی بر خصوصیات رشدی لوبیا
Table 3- Effects of foliar application and drought stress on growth characteristics of cowpea

تیمارها Treatments	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد برگ Number of leaf	وزن خشک برگ Dry weight of leaf (g/m ²)
تنش خشکی Water stress			
عدم تنش Control	4.11a	66.3a	193a
تنش در مرحله گلدهی Flowering stage	3.21b	53b	163.5b
تنش در مرحله غلافدهی Podding stage	2.21c	33.8c	123.7c
محلولپاشی Foliar application			
عدم محلولپاشی Control	2.6d	43.7c	143.5c
محلولپاشی روی Zn	3.14c	49.4b	158.7b
محلولپاشی آهن Fe	3.31b	51.8b	161.2b
محلولپاشی آهن+روی Zn+Fe	3.67a	59.1a	176.8a

میانگینهایی که در هر ستون دارای حرف مشترک میباشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

تعداد برگ: نتایج نشان داد که، تأثیر تنش خشکی بر تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد (عدم تنش) و تنش در مرحله غلافدهی مشاهده گردید (جدول ۳). تعداد برگ تحت تأثیر عناصر کمصرف قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ در تیمار ترکیبی آهن و روی مشاهده گردید که با سایر تیمارهای محلولپاشی دارای اختلاف معنی داری بود و در مقایسه با شاهد، افزایش ۳۵ درصدی را به همراه داشت (جدول ۳).

جدول ۴- اثر متقابل تنفس خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی بر شاخص سطح برگ لوبیا
Table 4- Interaction effects of water stress and foliar application of Fe and Zn on leaf area index of cowpea

سطوح تنفس Levels of water stress	محلول پاشی Foliar application	شاخص سطح برگ Leaf area index	
		شاهد Control	شاهد Leaf area index
عدم تنفس Control	روی Zn		4.04b
	آهن Fe		4.18b
	آهن+روی Fe+Zn		4.64a
	شاهد Control	3.6c	
	روی Zn		
	آهن Fe		
گلدهی Flowering	آهن+روی Fe+Zn		3.57c
	شاهد Control	2.82e	
	روی Zn		3.16d
	آهن Fe		3.28d
	آهن+روی Fe+Zn		
	شاهد Control		
غالفدهی Podding	شاهد Control	1.37g	
	روی Zn		2.22f
	آهن Fe		2.47f
	آهن+روی Fe+Zn		2.8e
	شاهد Control		

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2015) گزارش دادند آبیاری کامل ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (بدون تنش) با میانگین ۸۰/۹۳ بیشترین تعداد برگ گلرنگ و آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه در زمان گلدهی کمترین صفت مذکور (۶۵/۱۳) را به خود اختصاص دادند. در راستای نتایج پژوهش حاضر، غیرتی آرانی و همکاران (Gheyrati Arani *et al.*, 2014) نیز گزارش دادند در صورت کاربرد روی و آهن، تعداد برگ‌های لوبيا ۴۴ عدد به دست آمد که نسبت به کاربرد آهن و روی به تنها یکی به ترتیب به میزان ۱۶/۷ و ۱۰/۲ درصد بیشتر بود. مقدم و همکاران (Moghadam *et al.*, 2016) گزارش کردند بیشترین تعداد برگ ریحان مقدس (۲۹۰/۷۵) در تیمار یک گرم در لیتر نانوکلات آهن و کمترین تعداد برگ (۱۱۴/۱۶) در تیمار شاهد مشاهده شد. هاسیسالیه‌گلو و همکاران (Hacisalihoglu *et al.*, 2004) اظهار داشتند که کمبود روی منجر به زرد شدن و پیری برگ‌های لوبيا گردید؛ و در نتیجه پیری برگ‌ها از تعداد برگ‌های لوبيا کاسته شد. سعادتی و معلمی (Saadati and Moallemi, 2011) گزارش دادند که تعداد برگ و سطح برگ در شرایط شوری کاهش و با محلول پاشی روی، به طور معنی‌داری افزایش یافت.

دو پاسخ مهم گیاه به تنش خشکی، کاهش سطح برگ و افزایش نسبت ریشه به ساقه است. در تنش خشکی پاسخ برگ نسبت به ریشه و ساقه بیشتر است. قابلیت دسترسی به آب نقش مهمی در ساختار برگ دارد. کاهش تعداد و سطح برگ در شرایط تنش خشکی، سبب کاهش ناحیه سطحی تعرق، افزایش جذب آب از خاک و در نهایت مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود. کاهش سطح برگ می‌تواند ناشی از کاهش تقسیم سلولی و همچنین ریزش و پیری برگ باشد (Lobato *et al.*, 2008; Osuagwu *et al.*, 2010) و افزایش نسبت ریشه به ساقه عمدها مربوط به کاهش بیشتر بیومسن اندام هوایی نسبت به ریشه در شرایط تنش خشکی است. شواهد موجود حاکی از آن است که، افزایش ABA در پتانسیلهای پایین آب، اثرات متفاوتی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی دارد؛ به طوری که رشد اندام‌های هوایی را متوقف ساخته؛ اما رشد ریشه تداوم می‌یابد (Creelman *et al.*, 1990). کابوسلى و همکاران (Cabuslay *et al.*, 2002) اظهار داشتند که کاهش سطح برگ در گیاه برنج، راهبردی برای بهبود تحمل به خشکی است. احتمالاً کاهش سطح برگ به دلیل کاهش محتوای نسبی آب و متعاقباً کوچک شدن اندازه سلول‌ها، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در نتیجه کند شدن رشد برگ، توقف تولید برگ، تسریع پیری و متعاقب آن ریزش برگ‌ها می‌باشد (Lobato *et al.*, 2008; Osuagwu *et al.*, 2010).

وزن خشک برگ: بر اساس نتایج به دست آمده، تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) وزن خشک برگ گیاه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد؛ بیشترین وزن خشک برگ گیاه به میزان ۱۹۳ گرم در مترمربع در تیمار عدم تنش مشاهد گردید. قطع آبیاری در

مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی دار وزن خشک برگ به ترتیب به میزان ۱۶ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد (آبیاری نرمال) گردید (جدول ۳). براساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر محلولپاشی عناصر کم مصرف بر وزن خشک برگ لوبيا چشم بلبلی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که کلیه تیمارهای محلولپاشی عناصر کم مصرف باعث افزایش معنی دار وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد گردید و کمترین وزن خشک برگ (۱۴۳/۵ گرم در مترمربع) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاربرد ترکیبی آهن و روی در مقایسه با کاربرد این کودها به تنها یی مؤثرتر واقع شد. نتایج نشان داد کاربرد ترکیبی آهن و روی در مقایسه با کاربرد کودهای آهن و روی به تنها یی باعث افزایش وزن خشک برگ به ترتیب به میزان ۹ و ۱۱ درصد گردید (جدول ۳).

یکی از واکنشهای گیاه در شرایط تنفس خشکی، کوتاه کردن دوره رشدی و تسريع رسیدگی می باشد. در برخورد با تنفس خشکی، گیاه میزان سطح و تعداد برگهای خود را کاهش می دهد و متعاقباً مواد فتوسنترزی نیز کاهش می بایند که در چنین شرایطی کاهش وزن خشک برگ گیاه به دور از انتظار نمی باشد. در همین راستا، محمدي البرزی و همکاران (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012) گزارش دادند تیمار ۱۰ درصد تخلیه رطوبت، بیشترین وزن خشک برگ به میزان ۲۷۲/۷۲ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت، کمترین وزن خشک برگ (۱۱۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در گیاه آنیsson را ایجاد نمود. محمدي البرزی و همکاران (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012) گزارش کردند که، در زمانی که گیاه با خشکی مواجه می شود، از شاخ و برگ خود که منابع اصلی تبخیر و تعرق در گیاه هستند، می کاهد و همچنین روزندهایش نیمه بسته یا بسته می گردد و این موضوع موجب کاهش جذب CO_2 شده و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می نماید. همچنین گیاه در هنگام تنفس، سطح برگ خود را کاهش داده و این امر سبب کاهش تولید مولد فتوسنترزی می گردد. بهدلیل آن، با کاهش مواد فتوسنترزی وزن خشک برگ و ساقه کاهش می یابد (Taheri Asghari, 2010).

گزارش های متعددی مبنی بر افزایش وزن خشک برگ گیاه در اثر محلولپاشی دو عنصر آهن و روی ارائه شده است. به طور مثال مقدم و همکاران (Moghadam *et al.*, 2016) گزارش دادند؛ بیشترین وزن خشک برگ ریحان مقدس (Moghadam *et al.*, 2016) مربوط به محلولپاشی یک گرم در لیتر نانو کلات آهن بود و کمترین وزن خشک برگ به میزان ۱/۲۱ گرم در تیمار شاهد مشاهده گردید. مقیمی پور و همکاران (Moghimi pour *et al.*, 2015) بیان نمودند که، بالاترین وزن خشک برگ در گیاه ریحان مقدس (به میزان ۳/۴۲ گرم) در تیمار محلولپاشی ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات روی به دست آمد و کمترین وزن خشک برگ (۰/۵۷ گرم) نیز متعلق به تیمار شاهد بود. غیرتی آرانی و همکاران

(Gheyrati Arani *et al.*, 2014) گزارش دادند، کاربرد کودهای آهن و روی به صورت تؤام نسبت به کاربرد کودهای آهن و روی به تنها بی وزن خشک برگ‌های هر بوته لوبیا را به ترتیب به میزان ۴۹ و ۳۲ درصد افزایش داد. ابراهیمیان و بایبوردی (Ebrahimian and Bybordi, 2013) نیز اظهار داشتند که، با کاربرد آهن و روی وزن خشک برگ و ساقه آفتابگردان بهبود یافت که این بهبود در اندام‌های رویشی با بهبود در عملکرد دانه همراه بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی صفات رشدی لوبیا تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف و تنش خشکی
Table 5- Analyses of variance (ANOVA) of some growth characteristics of cowpea under foliar application of micronutrient and drought stress

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	وزن خشک ساقه Dry weight of stem	ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک Height of first pod insertion	تعداد گره بر روی ساقه اصلی Number of nodules on main stem
بلوک Replication	2	11003**	585.3*	27.5**
تنش خشکی Water stress	2	21839.1**	888.7*	126.5**
a خطای Error a	4	34.12	63.61	0.16
محلول‌پاشی Foliar application	3	2932.2**	818.7**	5.07**
تنش × محلول‌پاشی Stress × Foliar	6	278.1*	30.7 ^{ns}	0.102 ^{ns}
b خطای Error b	18	104.3	50.6	0.45
ضریب تغییرات CV (%)		4.55	14.03	7.09

ns و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

وزن خشک ساقه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که، تنش باعث کاهش وزن خشک ساقه گردید؛ به طوری که در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلافدهی این کاهش نسبت به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی محسوس‌تر بود؛ اما محلول‌پاشی توانست کاهش وزن خشک ساقه توسط تنش را تعدیل کند و در این بین محلول‌پاشی تؤام آهن و روی اثر بیشتری نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی نشان داد (جدول ۷). نتایج پژوهش

حاضر نشان داد؛ کاربرد ترکیبی آهن و روی در شرایط تنش مرحله گلدهی توانست به اندازه تیمار عدم تنش و عدم محلول پاشی وزن خشک ساقه گیاه را افزایش دهد و از نظر صفت مذکور در یک گروه آماری قرار گرفتند. کاربرد تأثیر آهن و روی در شرایط عدم تنش، تنش در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث افزایش وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۱۸، ۱۵ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) شد. کمترین وزن خشک ساقه به میزان ۱۴۷ گرم در متربربع در تیمار عدم محلول پاشی عناصر کم مصرف و تنش در مرحله غلافدهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات محلول پاشی عناصر کم مصرف و تنش خشکی بر خصوصیات رشدی لوبیا

Table 6- Effects of foliar application and drought stress on growth characteristics of cowpea

تیمارها Treatments	وزن خشک ساقه Dry weight of stem (g/m ²)	ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک Height of first pod insertion (cm)	تعداد گره بر روی ساقه اصلی Number of nodules on main stem
تنش خشکی Water stress			
عدم تنش Control			
تنش در مرحله گلدهی Flowering stage	221.7b	49.1b	7.6b
تنش در مرحله غلافدهی Podding stage	183.3c	43c	7.5b
محلول پاشی Foliar application			
عدم محلول پاشی Control			
محلول پاشی روی Zn	200.6c	39.7c	8.6c
محلول پاشی آهن Fe	225b	47.5b	9.2bc
محلول پاشی آهن+روی Zn+Fe	228.3b	53.1b	9.6b
	244.3a	62.4a	10.4a

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

جدول ۷- اثر متقابل تنفس خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی بر وزن خشک ساقه لوبیا

Table 7- Iteraction effects of water stress and foliar application of Fe and Zn on dry weight of stem of cowpea

سطوح تنفس Levels of water stress	محلول پاشی Foliar application	وزن خشک ساقه Dry weight of stem (g/m ²)
	شاهد Control	246.3c
عدم تنفس Control	روی Zn	266.7b
	آهن Fe	268.4b
	آهن+روی Fe+Zn	292.7a
	شاهد Control	208.4def
	روی Zn	220.9d
گلدهی Flowering	آهن Fe	217.1de
	آهن+روی Fe+Zn	240.5c
	شاهد Control	147h
	روی Zn	187.4g
	آهن Fe	199.3fg
غلافدهی Podding	آهن+روی Fe+Zn	199.6efg

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

در پژوهشی نتایج نشان داد کاربرد تؤام آهن و روی وزن خشک ساقه بیشتری را نسبت به کاربرد هریک به تنها یی موجب شد؛ به طوری که در صورت کاربرد تؤام کودها، وزن خشک ساقه ۲۱/۳ گرم به دست آمد که نسبت به کاربرد آهن و روی به تنها یی وزن خشک ساقه را به ترتیب ۲۶/۵ و ۲۰/۳ درصد افزایش داد (Gheyrati Arani *et al.*, 2014). حیدریان و همکاران (Heidarian *et al.*, 2011) گزارش دادند که، روی و آهن نقش مهمی را در فتوسنتز و تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش‌های مختلف گیاهان بر عهده دارند. بروسکی و میچالک (Borowski and Michałek, 2011) اظهار داشتند که، کاربرد آهن، میزان کلروفیل را در برگ‌های لوپیا افزایش می‌دهد؛ لذا با کاربرد آهن میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش یافته و وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه از جمله ساقه می‌تواند افزایش یابد. از علل کاهش وزن خشک ساقه‌چه در بذور تحت تنش خشکی، می‌توان به کاهش انتقال مواد غذایی به‌علت محدودیت منابع از لپه‌ها به جنبین و کاهش رشد طول ساقه‌چه اشاره نمود (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012) ساخت هورمون‌ها از جمله اکسین افزایش می‌یابد (Cakmak, 2008). بنابراین به‌نظر می‌رسد، افزایش اکسین بذر همراه با میزان روی بالا باعث افزایش رشد ساقه‌چه شده و در نهایت میزان وزن خشک ساقه‌چه افزایش یافت (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012).

براساس گزارش سعید الهل و محمود (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010) محلول پاشی کلات روی در شرایط تنش شوری موجب تعدیل اثر شوری و افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه گیاه گردید. محمدی البرزی و همکاران (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012) گزارش دادند؛ تیمار ۱۰ درصد تخلیه رطوبت، بیشترین وزن خشک ساقه به میزان ۵۷۷/۷۲ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت، کمترین وزن خشک ساقه ۲۰۰/۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) در گیاه آنیsson را ایجاد نمود. یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki *et al.*, 2010) بیان کردند وزن خشک ساقه‌چه ماریتیغال با افزایش تنش خشکی از سطح پتانسیل ۳- بار به پایین، به‌طور معنی‌داری کم شد، به‌گونه‌ای که این میزان در همین سطح در مقایسه با تیمار شاهد ۵۰ درصد کاهش نشان داد. کاهش وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی در گیاهان آویشن (Zireh Zadeh *et al.*, 2010) و کاسنی (Taheri Asghari, 2010) نیز گزارش شده است.

ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک: ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین ویژگی مؤثر در برداشت مکانیزه لوپیا است که در این آزمایش به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال پنج درصد) تحت تأثیر اعمال تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد؛ بیشترین فاصله اولین غلاف از سطح خاک (۶۰ سانتی‌متر) در تیمار عدم تنش مشاهده گردید (جدول ۶). نتایج آزمایش نشان داد که، اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع اولین غلاف از سطح

خاک به ترتیب بهمیزان ۱۹ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. ساجدی و همکاران (*Sajedi et al.*, 2008) گزارش کردند؛ اثر تنفس کمبود آب بر صفات ارتفاع گیاه و ارتفاع بلال از سطح زمین معنی دار بود. در شرایط تنفس، تخصیص مواد کربوهیدراتی بین قسمت های مختلف گیاه تغییر می کند؛ لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می دهد در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش های هوایی از جمله ساقه رسیده که این امر ضمن توسعه بخش جاذب رطوبت و عناصر غذایی (ریشه ها)، سبب کاهش سهم شاخساره و ارتفاع بوته می گردد (*Silva et al.*, 2012).

محلول پاشی عناصر کم مصرف نیز به طور معنی داری ($p \leq 0.01$) ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کلیه سطوح محلول پاشی عناصر کم مصرف باعث افزایش ارتفاع اولین غلاف نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) گردیدند (جدول ۶). در بین تیمارهای محلول پاشی، کاربرد توأم آهن و روی تأثیر بیشتری داشت و توانست صفت مذکور را نسبت به شاهد، ۵۶ درصد افزایش دهد. نتایج تحقیقات نشان داد که، مصرف برگی عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز با افزودن بر ارتفاع بوته، موجب افزایش عملکرد ماده خشک می گردد؛ اما کمبود روی به علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می تواند؛ باعث کاهش ارتفاع بوته و عملکرد آن شود (*Omidian et al.*, 2012). مطابق گزارش تدین و رئیسی (Tadayon and Raeisi, 2008) مصرف توأم آهن و روی باعث افزایش ارتفاع بوته شد که با توجه به اهمیت عنصر روی در فعالیت های آنزیمی و شرکت آهن در تشکیل کلروفیل، عکس العمل مثبت گیاه به عناصر آهن و روی دور از انتظار نیست.

تعداد گره روی ساقه اصلی: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۵)، اثرات اصلی تنفس خشکی و محلول پاشی بر تعداد گره ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود؛ این در حالی بود که اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت مذکور معنی دار نبود. نتایج نشان داد با اعمال تنفس خشکی از تعداد گره ساقه اصلی کاسته شد و بیشترین تعداد گره روی ساقه (۱۳/۲) در تیمار عدم تنفس مشاهده گردید (جدول ۶). کمترین تعداد گره بر روی ساقه گیاه نیز در تیمارهای نشان گله و غلاف دهی مشاهده گردید که اختلاف معنی داری از نظر صفت مذکور با یکدیگر نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

در همین راستا، کرمی و همکاران (Karamy *et al.*, 2013) گزارش دادند؛ تنفس باعث کاهش تعداد گره ساقه اصلی در گیاه سویا گردید. ضابط و همکاران (Zabet *et al.*, 2003) اظهار داشتند کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه به دلیل این است که تنفس خشکی باعث کاهش تقسیمات سلولی گردیده و رشد رویشی گیاه را کاهش داده است؛ لذا عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش پیدا نموده است. رزمی و همکاران (Razmi *et al.*, 2013) بیان کردند تعداد گره در ساقه نشان دهنده میزان رشد

طولی گیاه می‌باشد. در شرایط کمیود آب، مواد فتوستنتزی کمتری بهوسیله گیاه سویا تولید شده و موجب کاهش رشد رویشی می‌گردد. با افزایش تنش کم‌آبی، تعداد گره در ساقه بهطور معنی‌داری کاهش یافت و در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به کمترین میزان (۱۳/۱۷ عدد) رسید.

نتایج نشان داد محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف باعث افزایش تعداد گره روی ساقه گیاه گردید (جدول ۶). بیشترین تعداد گره در تیمار ترکیبی آهن و روی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد و در مقایسه با شاهد، ۲۰ درصد افزایش تعداد گره را بهمراه داشت. کمترین تعداد گره ساقه اصلی (۸/۶) نیز در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) مشاهده گردید، گرچه اختلاف معنی‌داری با کاربرد عنصر روی به تنها یی نداشت و از نظر صفت مذکور در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). در راستای نتایج پژوهش حاضر، کرمی و همکاران (Karamy *et al.*, 2013) گزارش دادند که، محلول‌پاشی سولفات روی تعداد گره را در شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی به ترتیب حدود ۹، ۷ و ۱۷ درصد افزایش داد.

تعداد شاخه فرعی فرعی: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد شاخه فرعی فرعی لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار گردید (جدول ۸). بررسی اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی نشان داد که، تعداد شاخه فرعی فرعی در پاسخ به کم‌آبیاری کاهش یافت؛ بهطوری که تنش در مرحله غلاف‌دهی تاثیر بیشتری نسبت به تنش در گلدهی بر تعداد شاخه فرعی فرعی داشت. در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی توأم آهن و روی بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی (۱۵/۳) را تولید کرد. کمترین تعداد شاخه فرعی فرعی نیز در شرایط تنش در مرحله غلاف‌دهی و عدم محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف مشاهده گردید (جدول ۱۰). نتایج پژوهش حاضر نشان داد محلول‌پاشی توأم آهن و روی در شرایط عدم تنش، تنش در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی فرعی به ترتیب به میزان ۳۵ و ۲۷ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) گردید (جدول ۱۰) کاهش شاخه‌های جانبی در شرایط تنش خشکی را می‌توان به عنوان یک مکانیسم سازگاری در نظر گرفت. زیرا در موقع تنش، گیاه رشد رویشی خود را سریعتر به پایان می‌رساند و وارد فاز زایشی می‌شود تا بتواند بقای نسل خود را حفظ نماید. آرشی و همکاران (Arshi *et al.*, 2005) در تحقیقات خود روی کاسنی به این نتیجه دست یافته‌ند که تنش خشکی سبب کاهش تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ گردید. در پژوهش دیگری نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در گیاه مرزه گردید (Eskandari, 2013).

با مصرف عناصر کم مصرف آهن و روی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و باعث توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می‌شود (Koocheki and Banayan, 1994). در گیاهان دیگر نیز اثرات مثبت محلول پاشی با عناصر آهن و روی گزارش شده است. بهطور مثال، یادگاری و قربانی (Yadegari and Ghorbani, 2012) اظهار داشتند که، بیشترین تعداد شاخه فرعی آویشن باعی (۱۰/۲) مربوط به محلول پاشی آهن و روی ۲ در هزار و کمترین میزان (۴/۸) مربوط به تیمار شاهد بود. مقدم و همکاران (Moghadam *et al.*, 2016) گزارش کردند در تیمار یک گرم در لیتر نانوکلات آهن تعداد شاخه‌های جانبی ریحان مقدس نسبت به گیاهان شاهد، دو برابر افزایش یافت. در بررسی دیگری با کاربرد کلات روى تعداد شاخه‌های فرعی گیاه ریحان نسبت به شاهد افزایش یافت (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010). طارف و همکاران (Tarraf *et al.*, 1994) گزارش نمودند که محلول پاشی روی بر روی گیاه دارویی رزماری تاثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی این گیاه داشت. مصرف عنصر روى میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه، برگ و عملکرد گیاه می‌شود (Pirzad *et al.*, 2013).

جدول ۸- تجزیه واریانس برخی صفات رشدی و عملکرد لوپیا تحت تأثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف و تنش خشکی

Table 8- Analyses of variance (ANOVA) of some growth characteristics and yield of cowpea under foliar application of micronutrient and drought stress

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of secondary lateral branches	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Replication	2	14.08*	3.2 ^{ns}	1087474.1**
تنش خشکی Water stress	2	80.5**	13.1**	2240228.7**
خطای a	4	1.04	0.53	3844.27
Error a				
محلول پاشی Foliar application	3	17.3**	2.55**	310448.8**
تنش × محلول پاشی Stress × foliar	6	0.806*	0.11 ^{ns}	29900.3*
خطای b	18	0.24	0.08	10564.54
Error b				
ضریب تغییرات CV (%)		4.64	2.58	4.58

* و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

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

بررسی تغذیه برگی عناصر روی و آهن به فرم نانو بر رشد...

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات محلولپاشی عناصر کم مصرف و تنش خشکی بر خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیا
Table 9- Effects of foliar application and drought stress on growth characteristics and yield of cowpea

تیمارها Treatments	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of secondary lateral branches	قطر ساقه Stem diameter (mm)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
تنش خشکی Water stress			
عدم تنش Control			
تنش در مرحله گلدهی Flowering stage	13.4a	12.2a	2693.8a
تنش در مرحله غلافدهی Podding stage	10b	11b	2212.1b
8.3c	10.1c	1831.6c	
محلولپاشی Foliar			
عدم محلولپاشی Control			
محلولپاشی روی Zn	8.6d	10.5c	2001.7c
محلولپاشی آهن Fe	10.5c	11.5a	2234.7b
محلولپاشی آهن+روی Zn+Fe	11.2b	11b	2298.6b
	11.8a	11.6a	2448.3a

میانگین هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

جدول ۱۰- اثر متقابل تنفس خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی بر تعداد شاخه فرعی لوبیا
Table 10- Interaction effects of water stress and foliar application of Fe and Zn on number of secondary-lateral branches of cowpea

سطوح تنفس Levels of water stress	محلول پاشی Foliar application	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of secondary-lateral branches
	شاهد Control	11.3d
عدم تنفس Control	روی Zn	13c
	آهن Fe	14b
	آهن+روی Fe+Zn	15.3a
	شاهد Control	8.6h
گلدهی Flowering	روی Zn	10fg
	آهن Fe	10.3ef
	آهن+روی Fe+Zn	11de
	شاهد Control	6i
غلافدهی Podding	روی Zn	8.6h
	آهن Fe	9.3gh
	آهن+روی Fe+Zn	9.3gh

میانگین هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

قطر ساقه: بررسی نتایج تجربه واریانس داده ها نشان داد، اعمال تنفس کم آبی به طور معنی داری (سطح احتمال یک درصد) قطر ساقه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۸). بیشترین و کمترین میزان قطر ساقه به ترتیب در تیمار عدم تنفس و تنفس در مرحله غلافدهی مشاهده گردید (جدول ۹). نتایج نشان داد

اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی دار قطر ساقه به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد گردید. امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2015) گزارش کردند که تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش $28/23$ و ۳۵ درصدی به ترتیب در قطر طبق و قطر ساقه گلنگ گردید. لطفی و همکاران (Lotfi *et al.*, 2014) گزارش دادند؛ قطر ساقه اصلی از محل گره سوم در تیمار شاهد (FC ۱۰۰ درصد) ۱۰۷ میلی متر بود، اما در تیمار تنش شدید (FC ۴۰ درصد) ۷۶ میلی متر بود. سنگ تراش و همکاران (Sangtarash *et al.*, 2009) نیز گزارش نمودند، تنش خشکی در کلزا منجر به کاهش قطر ساقه گیاه گردید. در برخی از تحقیقات علت کاهش قطر ساقه را به دلیل کاهش توربسانس سلول در اثر افزایش تنش و کاهش رشد و توسعه سلول بهویژه در ساقه گزارش نموده اند (Alkire and Simon, 1993).

تأثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف نیز بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). کمترین قطر ساقه (۱۰/۵ میلی متر) در تیمار عدم محلول پاشی مشاهده گردید که دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارها بود. بیشترین قطر ساقه نیز در تیمار ترکیبی آهن و روی مشاهده گردید، گرچه همانطور که در جدول ۹ مشهود است با کاربرد عنصر روی به تنهایی، در یک گروه آماری قرار گرفتند. خلیلی محله و رشدی (Khalili Mahale and Roshdi, 2008) بیشترین قطر ساقه ذرت را از محلول پاشی با کود آهن و روی (هر کدام به غلظت پنج در هزار) گزارش کردند. بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت روی می‌تواند؛ در فتوسنتر و عملکرد فتوسیستم‌های سوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد (Kasrayi, 1993). پیروزد و همکاران (Pirzad *et al.*, 2013) گزارش دادند که، بیشترین قطر ساقه گیاه آنیسون (۵/۶ سانتی متر) با کاربرد محلول پاشی روی با غلظت شش در هزار به دست آمد. هم‌چنین کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی قطر ساقه گیاه دارویی مریم گلی آبی را افزایش داد (Nahed and Balbaa, 2007).

عملکرد دانه: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات تنش خشکی و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش در محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه لوپیا چشم بلبلی معنی دار بود (جدول ۸). بررسی اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی (جدول ۱۱) نشان داد که، تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه گیاه نسبت به شاهد گردید که این کاهش عملکرد در مرحله غلافدهی بیشتر از مرحله گلدهی بود؛ اما محلول پاشی با عناصر کم مصرف توانست؛ کاهش عملکرد را جبران و در این میان محلول پاشی توأم آهن و روی نسبت به سایر سطوح محلول پاشی تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد گیاه به همراه داشت (جدول ۱۱). آهن برای تشکیل کلروفیل و در نتیجه فتوسنتر ضروری است و کمبود آن به شدت میزان تولید آسیمیلات‌ها را کاهش می‌دهد (Pirzad and Shokrani, 2012). علاوه بر آن گزارش شده‌است که،

روی میزان فتوسنتر و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان تولید آسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012). پیرزاد و همکاران (Pirzad *et al.*, 2013) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه گیاه آنیsson به میزان ۱۳۷۲ کیلوگرم در هکتار از ترکیب‌های تیماری آهن شش و روی چهار در هزار به‌دست آمد. در پژوهشی، عملکرد بذر در گیاه اسفرزه به‌شدت تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی قرار گرفت و به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. دلیل این افزایش، بهبود رشد گیاه، بهبود پدیده فتوسنتر، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در اثر محلول‌پاشی با عناصر مذکور ذکر گردید (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2012).

کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۴۶۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش در مرحله غلافدهی و عدم محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف به‌دست آمد که با سایر تیمارها، اختلاف معنی‌داری را داشت (جدول ۱۱). شکاری (Shekari, 2001) در بررسی صفات تحمل به خشکی در لوبيا اظهار داشت که، بیشترین کاهش عملکرد دانه‌ای در مرحله گلدهی و پس از آن در مرحله غلاف‌بندی مشاهده گردید. کاهش عملکرد در مرحله گلدهی می‌تواند به‌دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده باشد که باعث کاهش در تعداد غلاف شده و در مرحله غلاف‌بندی به‌دلیل کاهش در وزن ۱۰۰ دانه باشد. هم‌چنین در مرحله گلدهی به‌دلیل اینکه تنش آبی باعث می‌شود؛ طول دوره تشکیل اندام‌های زایشی برای غلاف‌های ایجاد شده در پایین ساقه، طولانی و برای غلاف‌های تشکیل شده در بالای ساقه، کوتاه‌تر باشد؛ روی وزن نهایی دانه‌ها تأثیر گذاشته و باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه گردیده است (Shekari, 2006).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که، کاربرد توأم آهن و روی در شرایط عدم تنش، تنش در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به‌ترتیب به میزان ۱۵، ۱۹ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد گردید. بایانی و همکاران (Babaeian *et al.*, 2008) اظهار داشتند محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف مانند آهن و روی در شرایط تنش خشکی، عملکرد آفتابگردان را با بهبود راندمان فتوشیمیایی و غلظت سبزینه، افزایش داد. حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2016) نیز اظهار داشتند در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی نانواکسید آهن به میزان یک کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب می‌تواند تا حدی مانع تأثیر سوء خشکی بر عملکرد کنجد گردد. کرمی و همکاران (Karamy *et al.*, 2013) گزارش دادند که، محلول‌پاشی با سولفات‌روی عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی به‌ترتیب حدود ۱۷، ۴۰ و ۵۳ افزایش داد. گیاه در مواجه با تنش خشکی سعی در حفظ فشار اسمزی خود دارد و محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف مانند روی، آهن و منگنز که نقش مهمی در کاتالیزوری فرایندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه

دارند موجب شده تا سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه داده و در نهایت تعداد دانه در غلاف و عملکرد قابل قبول‌تری در شرایط تنفس تولید کند (Tohidi, 2015).

جدول ۱۱- اثر متقابل تنفس خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی بر بخش خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیا
Table 11- Interaction effects of water stress and foliar application of Fe and Zn on grain yield of cowpea

سطح تنفس	محلول پاشی	عملکرد دانه
Levels of water stress	Foliar application	Grain yield (kg/ha)
عدم تنفس	شاهد	
	Control	2462.6cd
	روی	
	Zn	2621bc
	آهن	
	Fe	2747.6b
گلدهی	آهن+روی	
	Fe+Zn	2944a
	شاهد	
	Control	2079efg
	روی	
	Zn	2202.3e
غالفدهی	آهن	
	Fe	2162.6ef
	آهن+روی	
	Fe+Zn	2404.6d
	شاهد	
	Control	1464i
پودینگ	روی	
	Zn	1881h
	آهن	
	Fe	1985.6gh
	آهن+روی	
	Fe+Zn	1996.3fgh

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که، قطع آبیاری در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و غلافدهی باعث کاهش معنی‌دار صفات موردنیازی در این آزمایش گردید. از آنجائی که در شرایط تنفس خشکی تعادل عناصر غذایی بر هم می‌خورد؛ محلول‌پاشی عناصر کم‌صرف آهن و روی به‌خصوص کاربرد ترکیبی این دو عنصر توانست ضمن کاهش اثرات سوء ناشی از تنفس، افزایش رشد و عملکرد گیاه را به‌همراه داشته باشد. با توجه به‌اینکه عناصر به‌کار برده شده در این پژوهش به‌فرم نانو ذرات بوده و از سطح ویژه بالایی برخوردارند (یعنی نسبت سطح به حجم بالاتری دارند)، این امر واکنش‌پذیری و تحرک بالاتری در گیاه ایجاد می‌کند و باعث می‌شود محلول کودی با سرعت و همگنی بالاتر در گیاه توزیع شود؛ مجموعه این دلایل افزایش پارامترهای موثر در اجزای عملکرد را به‌دبال دارد و به‌طور ویژه در شرایط وقوع تنفس از گیاه در برابر آسیب‌های جدی محافظت می‌کند (Nair *et al.*, 2010). در نتیجه این امر، بازده فرآیند فتوسنتر افزایش و انتقال مواد به سمت دانه‌ها بهبود می‌یابد. در مجموع می‌توان اظهار داشت که تغذیه برگی گیاه با عناصر کم‌صرف می‌تواند گامی مؤثر در جهت تخفیف اثرات سوء ناشی از تنفس تلقی گردد و در نهایت افزایش رشد و عملکرد گیاه را به‌همراه داشته باشد.

منابع

- Alkire B.H., Simon J.E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soil. *Acta Horticulture*, 344: 544-556.
- Aminpoor R., Musavi S.F. 1995. The effect of irrigation times on developmental stages, yield and its components of cumin. *Agriculture Science Natural Resource Journal*, 1: 1-7. (In Persian).
- Amiri A., Yadollahi P., Siroosmehr A., Esmaeilzade S. 2015. Effect of drought stress and chitosan and salicylic spray on morphological parameters of *Carthamus tinctorius* L. in Sistan. *Journal of Oil Plants Production*, 2 (1): 43-56. (In Persian).
- Amirinejad M., Akbari G., Baghizadeh A., allahdadi I., Shahbazi M., Naimi M. 2016. Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of cumin. *Journal of Crop Improvement*, 17 (4): 855-866. (In Persian).
- Arshi A., Zainul Abdin M., Iqbal M. 2005. Effect of CaCl₂ on growth performance, photosynthetic efficiency and nitrogen assimilation of *Cichorium intybus* L grown under NaCl stress. *Acta Physiology Plant*, 28 (2): 137-147.
- Babaeian M., Heidari M., Ghanbari A. 2008. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (*Alster cultivar*) under water stress at three stages. *Journal of Science*

- and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40 (12): 119-129. (In Persian).
- Banks L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 22 (116): 226-231.
- Baybordy A., Mamedov G. 2010. Evaluation of Application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2 (1): 94-103.
- Borowski E., Michałek S. 2011. The effect of foliar fertilization of French bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 10 (2): 183-193.
- Cabuslay G.S., Ito O., Alejar A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to coater deficit. Plant Science, 163: 815-827.
- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic bio fortification?. Plant Soil, 302: 1-17.
- Creelman R.A., Mason H.S., Bensen R.J., Boyer J.S., Mullet J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Plant Physiology, 92: 205-214.
- Ebrahimian E., Bybordi A. 2013. Effect of iron foliar fertilization on growth seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. Middle East Journal of Scientific Research, 9 (5): 621-627.
- Ehlers J.D., Hall A.E. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Field Crops Research, 53: 187-204.
- EradatmandAsli D., Mehrpanah H. 2009. Agricultural Crops and Nitrogen Fixation. Islamic Azad University Publications, Saveh Branch. Pp: 243-262. (In Persian).
- Eskandari M. 2013. Changes in growth parameters and essential oil content of satureja bachtiarica bunge under the effects of 28-Homobrassinolid and drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29 (1): 176-186.
- Gheyrati Arani L., Sheykhi M., Sharifi T. 2014. Effect of micronutrient application at different growth stages on growth and yield of common bean (cv. Sanrey). Agroecology Journal, 9 (3): 35-47. (In Persian).
- Hacisalihoglu G., Ozturk L., Cakmak I., Welch R.M., Kochian L. 2004. Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil. Plant and Soil, 259: 71-83.
- Heidari M., Goleg M., Ghorbani H., Baradarn Firozabad M. 2016. Effect of drought stress and foliar application of iron oxide nanoparticles on grain yield, ion content and photosynthetic pigments in sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Filed Crop Science, 46 (4): 619-628. (In Persian).
- Heidian A.R., Kord H., Mostafavi K., ParvizLak A., Mashhadi F.A. 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 (9): 189 -197.
- Jalil Shesh Bahre M., Movahedi Dehnavi M. 2012. Effect of zinc and iron foliar application on soybean seed vigor grown under drought stress. Electronic Journal Crop Production, 5 (1): 19-35. (In Persian).
- Karamy S., Mohammad Modares-Sanavy S.A., Ghanati F., Pourdehghan M. 2013. Effect of foliar zinc application on yield and yield components of soybean cultivars under water deficit. Sustainable Agriculture and Production Science, Pp: 117-130. (In Persian).
- Kasrayi R. 1993. Brief About the Science of Plant Nutrition. Tabriz University Press, 372 p. (In Persian).
- Khalili Mahale J., Roshdi M. 2008. Effect of micronutrient sprayed on quantitative and qualitative characteristics of corn silage 704 in the Khoy. Seed Plant Production Journal, 24 (2): 281-293. (In Persian).
- Koocheki A., Banayan M. 1994. Physiology of Crop Yield. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, 380 p. (In Persian).
- Ladan Moghadam A., Vattani H., Baghaei N., Keshavarz N. 2012. Effect of different levels of fertilizer nano iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.): varamin 88 and viroflay. Research Applied Sciences, Engineering and Technology, 4 (12): 4813-4818.
- Lobato A.K.S., Oliveira Neto C.F., Santos Filho B.G., Costa R.C.L., Cruz F.J.R., Neves H.K.B., Lopes M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science, 2: 25-32.
- Lotfi M., Abbaszadeh B., Mirza M. 2014. The effect of drought stress on morphology, proline content and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (1): 19-29. (In Persian).
- 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).
- Marschner H. 1993. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition, Academic Press, 889 p.
- Mazaherinia S., Astaraei A.R., Fotovat A., Monshi A. 2010. Nano-iron-oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Applied Sciences, 7: 36-40.
- Moghadam E., Mahmoodi Sourestani M., Farrokhan Firozi A., Ramazani Z., Eskandari F. 2016. The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil (*Ocimum sanctum*). Journal of Crop Improvement, 17 (3): 595-606. (In Persian).

- Moghimi pour Z., Mahmoodi Sourestani M., Alemzadeh Ansari N., Ramezani Z. 2015. The influence of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on morphological traits of holy basil (*Ocimum sanctum*). The Plant Production, 38 (3): 41-53. (In Persian).
- Mohammadi Alborzi M., Safikhani F., Masoud Sinaki J., Abbaszadeh B. 2012. The effect of drought on morphological characteristics of anisum (*Pimpinella anisum* L.). Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch), 4: 14-25. (In Persian).
- Nahed G., Balbaa L.K. 2007. Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. Journal Application Science, 3 (11): 1479-1489.
- 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.
- Naseri Karimvand P., Saki Nejad T., Shokohfar A.R. 2013. The effects of basin, ridge and furrow planting methods on yield components of cowpeas at different irrigation levels. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6 (20): 1407-1412.
- Omidian A., Siadat S.A., Naseri R., Moradi M. 2012. Effect of foliar application of zinc sulphate on grain yield, oil and protein content in four rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 14 (1): 16-28. (In Persian).
- Osuagwu G.G.E., Edeoga H.O., Osuagwu A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology, 2: 27-33.
- Pak Mehr A., Rastgoor M., Shekari F., Saba J., Vazayefi M., Zangani A. 2011. Effect of salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. Iranian Journal of Pulses Research 2 (1): 53-64. (In Persian).
- Pandey R.K., Maranville J.W., Chetima M.M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. Agriculture Water Management, 46: 15-27.
- Pandey A.C., Sanjay S.S., Yadav R.S. 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. Journal of Experience Nanoscience, 5: 488-497.
- Peyvandi M., Parande H., Mirza M. 2011. Comparison of nano Fe-chelate with Fe-chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum Basilicum*. New Cell Mol Biotechnology, 4: 89-99. (In Persian).
- 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 (9): 1203-1208.
- Pirzad A.R., Tousi P., Darvishzadeh R. 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 15 (1): 12 -23. (In Persian).

- Ravi S., Channal H.T., Hebsur N.S., Patil B.N., Dharmatti P.R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal Agriculture Science, 32: 382-385.
- Razmi N., Iran Nejad J., Khanzadeh H., Soheili Moghaddam B. 2013. The effects of different irrigation regimes on the morphological and physiological characteristics of three soybean cultivars (*Glycine max*). Journal of Crop Ecophysiology, 7 (1): 57-69. (In Persian).
- Saadati S., Moallemi N. 2011. A study of the effect of zinc foliar application on growth and yield of strawberry plant under saline conditions. Iranian Journal of Horticulture Sciences, 42 (3): 257-267. (In Persian).
- SaberAli S.F., Sadatnouri S.A., Hejazi A., Zand E. 2007. Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (*Chenopodium album*). Journal Research Production, 74: 143-152.
- Saeidi Aboueshaghi R., Yadavi A., Movahhedi Dehnavi M., Baluchi H. 2014. Effect of irrigation intervals and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological characteristics of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Plant Process and Function, 3 (7): 27-41. (in Persian).
- Said Al-Ahl H., Mahmoud A. 2010. Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress. Ozean Journal of Applied Sciences, 3 (1): 97-111.
- Sajedi N., Ardashani M., Naderi A., Madani H., Mashhadi M. 2008. Effect of nutrition elements application on agronomical characters of maize hybrid (KSC.704) under water deficit stress at different growth stages. Agronomy and plant breeding, 4 (1): 85-98. (In Persian).
- Salehi M., Tamaskoni F. 2008. Effect Nanocid at Seed treatment on germination and seedling growth of wheat under salinity. Abstract of the First National Conference of Seed Science and Technology Iran, 358 p. (In Persian).
- Sangtarash M.H., Qaderi M.M., Chinnappa C.C., Reid D.M. 2009. Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environmental and Experimental, 2: 212-219.
- Shabanzadeh Sh., Galavi M. 2011. Effect of micronutrients foliar application and irrigation regimes on agronomic traits and yield of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 4 (1): 1-9. (In Persian).
- Shekari F. 2001. Evaluation of common bean characters to drought stress tolerance. Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University.
- Shekari F. 2006. Response of common bean to water shortage. Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University. (In Persian).

- Silva D.D., Kane M.E., Beeson R.C. 2012. Changes in root and shoot growth and biomass partition resulting from different irrigation intervals for *Ligustrum japonicum* Thunb. Horticulture Science, 47 (11): 1634-1640.
- Szilagyi L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean, Blug. Journal Plant Physiology Special Issue, Pp: 320-330.
- Tadayon A., Raeisi F. 2008. Reactions of sainfoin accessions to foliar application of nitrogen, iron and zinc in cold climates of Chaharmahal-va-Bakhtiari. Iranian Journal of Field Crop Research, 6 (1): 41-48. (In Persian).
- Taheri Asghari M. 2010. Effects of water deficit stress on some characteristics of chicory (*Cichorium intybus* L.) under different plant densities. Journal of Crop Ecophysiology, 2 (3): 147-155. (In Persian).
- Tarraf Sh., El-Sayed A.A., Ibrahim M.E. 1994. Effect of some micronutrients on Rosmarinus officinalis. Journal Physiological Science, 18 (1): 201-208.
- Teran H., Singh S.P. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Science, 17: 493-496.
- Tohidi M. 2015. Effect of foliar application time of complete fertilizer micronutrients on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) under drought stress. Plant Eco-physiology, 7 (22): 50-57. (In Persian).
- Whitty E.N., Chambliss C. 2005. Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication, 21 p.
- Yadegari M., Ghorbani F. 2012. Effect of Fe and Zn micronutrients on secondary metabolits content and yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Crop Production Research, 4 (3): 265-277. (In Persian).
- Yazdani Biuki R., Rezvani Moghaddam P., Khazaie H. R., Ghorbani R., Astaraei A.R. 2010. Effects of salinity and drought stresses on germination characteristics of milk thistle (*silybum marianum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 8 (1): 12-19. (In Persian).
- 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 (3): 102-107.
- Zabet M., Hosein Zade A.H., Ahmadi A., Khialparast F. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). Iranian Journal Agriculture Science, 34 (4): 889-898. (In Persian).
- Zehtab-Salmasi S., Behrouznejhad S., Gassemi-Golezani K. 2012. Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of psullium at different stages of maturity. International Journal of Environmental Sciences, 3 (2): 63-65.
- Zireh Zadeh M., Shahin M., Touhidi M. 2010. The effect of salt and drought stresses on germination of thyme. Crop Physiology, 1 (4): 61-70. (In Persian).