دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره اول، فروردین و اردیبهشت ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

بررسی تغذیه برگی عناصر روی و آهن به فرم نانو بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم‌آبی

ویدا ورناصری قندعلی[۱]، عباس نصیری دهسرخی[۲*]
[۲،۱]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 تنش رطوبتی بر رشد و تولید گیاهان زراعی کاهش جذب عناصر کم‌مصرف 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 کم‌مصرف (آهن و روی) بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم‌آبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان شوشتر طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح (شاهد (آبیاری معمول)، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی) و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌عنوان 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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

نتایج: نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی می‌شود. البته تأثیر تنش خشکی در مرحله غلاف‌دهی در مقایسه با مرحله گلدهی بیشتر بود. اعمال تنش خشکی در مرحله غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار تعداد برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد گره بر روی ساقه اصلی و قطر ساقه به‌ترتیب به‌میزان ۵۰، ۳۶، ۲۹، ۴۴ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش) گردید. هم‌چنین نتایج نشان داد محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی گردید؛ که در بین سطوح محلول‌پاشی، 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 تنش در مرحله غلاف‌دهی و عدم محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف مشاهده گردید. کاربرد توأم آهن و روی در شرایط عدم تنش، تنش در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به‌ترتیب به‌میزان ۱۹، ۱۵ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) گردید.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج نشان داد گرچه محلول‌پاشی عناصر آهن و روی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردید؛ اما در شرایط تنش کاربرد ترکیبی این عناصر در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش موثرتر واقع گردید. بنابراین، با توجه به محدودیت عناصر آهن و روی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، محلول‌پاشی یک روش کاربردی به‌منظور افزایش سطح عناصر کم‌مصرف در گیاهان می‌باشد که می‌تواند اثرات تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، عناصر کم‌مصرف، محلول‌پاشی، خصوصیات، لوبیا

مقدمه

لوبیا چشم بلبلی محصول زراعی مهمی است که بـه‌طـور وسیعی در مناطق گرم آفریقا، آسیا و آمریکـا رشـد مـی‌کنـد و اغلب به‌عنوان گیاهی با سازگاری زیاد به دماهای بالا و خشـکی در مقایسه با گونه‌های دیگر حبوبات، مورد توجه است (Ehlers and Hall, 1997). لوبیا چشم بلبلی با دارا بودن پروتئین بالا می‌توانـد جـایگزین مناسـبی برای گوشت برای اقشار کم‌درآمد باشد و به‌عنوان یکی از منابع مهم تغذیه‌ای به شمار می‌آید. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان می‌باشد (Szilagyi, 2003; Teran and Singh, 2002). نتایج پژوهشی نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی در دو زمان شروع گل‌دهی و تشکیل نیام، باعث کاهش بیوماس در گیاه لوبیا چشم بلبلی گردید (Pak Mehr *et al.*, 2011).

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

برگی عناصر کم‌مصرف بـه‌دفعـات متعـدد، ضـمن رفـع کمبود آنها سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیـاه نیـز مـی‌شـوند (Whitty and Chambliss, 2005). عناصر کم‌مصرف آهن و روی تأثیر زیادی در کاهش اثرات سوء تنش 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 به‌طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012). در پژوهشی محققان گزارش کردند که، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی در شرایط تنش خشکی عملکرد آفتابگردان 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 به‌شدت 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 به‌شکل 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 حلالیت 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، آلودگی 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 تنش خشکی، می‌تواند در افزایش مقاومت گیاه به این نوع تنش مؤثر واقع گردد. از طرف دیگر، اخیراً کاربرد نانو کودها به‌عنوان راهکاری در جهت کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف مواد شیمیایی در اراضی زراعی مطـرح گردیده‌است. بنابراین، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی محلول‌پاشی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان شوشتر به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در سه سطح (قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و شاهد (آبیاری معمول))، به‌عنوان کرت اصلی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌عنوان 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 (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 کجلدال، 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. بذر مورد استفاده توده محلی لوبیا چشم بلبلی بود که از شهرستان شوشتر تهیه شد. کود مورد استفاده از شرکت نانو کود خضراء تهیه گردید.

پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و آماده شدن کرت‌ها، کشت در اواخر اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. فاصله بین و روی ردیف به‌ترتیب ۶۰ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی از چهار خط کاشت شش متری تشکیل شده بود. محلول‌پاشی 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 وجین گردید. برای نمونه‌برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف شدند. سپس پنج بوته لوبیا 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 دقت 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.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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 (%)	اسیدیته pH	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	هدایت‌الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)
شنی لومی 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 محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). مطابق نتایج، بالاترین شاخص سطح برگ گیاه از محلول‌پاشی توأم آهن و روی در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد که افزایش ۲۸ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) را به‌همراه داشت. بررسی اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف توانست این کاهش سطح برگ را جبران و در این میان محلول‌پاشی توأم آهن و روی نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی تأثیر بیشتری در افزایش سطح برگ گیاه به‌همراه داشت (جدول ۴).

در گیاهان با کمبود روی، ریزبرگی به سبب عدم سنتز اکسین کافی و متناوباً تجمع تریپتوفان و کاهش سنتز پروتئین ها 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، محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌دلیل جذب و اثربخشی سریع عناصر غذایی بیشترین تأثیر را در افزایش سطح برگ پرچم داشت و این صفت را نسبت به مصرف خاکی عناصر کم‌مصرف در شرایط تنش خشکی ۱۲ درصد افزایش داد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات رشدی لوبیا تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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 Replication	2	0.67^{*}	348.4ns	1398.7^{*}
تنش خشکی Water stress	2	10.86^{**}	3202.7^{*}	14497.3^{**}
خطای a Error a	4	0.07	298.4	167.8
محلول‌پاشی Foliar application	3	1.78^{**}	363.4^{**}	1675.7^{**}
تنش × محلول‌پاشی Stress × Foliar	6	0.08^{*}	12.8^{ns}	117.6^{ns}
خطای b Error b	18	0.02	19.9	191.1
ضریب تغییرات CV (%)		4.69	8.76	8.64

ns، * و **: به‌ترتیب 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 تعرق‌کنندگی 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 فتوسنتزکننده و زمانی‌که سطح برگ کاهش یابد؛ به‌طور مسلم سایر اندام‌ها نیز تحت تأثیر کاهش فتوسنتز، کاهش خواهند 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 نظیر صابرعلی 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.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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 معنی‌داری ندارند.

Means in each column fallowed 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 معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین و کمترین تعداد برگ به‌ترتیب در تیمارهای شاهد (عدم تنش) و تنش در مرحله غلاف‌دهی مشاهده گردید (جدول ۳). تعداد برگ تحت تأثیر عناصر کم‌مصرف قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ در تیمار ترکیبی آهن و روی مشاهده گردید که با سایر تیمارهای محلول‌پاشی دارای اختلاف معنی‌داری بود و در مقایسه با شاهد، افزایش ۳۵ درصدی را به‌همراه داشت (جدول ۳).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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

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

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

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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 به‌خود 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 لوبیا ۴۴ عدد به‌دست آمد که نسبت به کاربرد آهن و روی به‌تنهایی به‌ترتیب 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. هاسیسالیهوگلو و همکاران (Hacisalihoglu *et al.*, 2004) اظهار داشتند که کمبود روی منجر به زرد شدن و پیری برگ‌های لوبیا گردید؛ و در نتیجه پیری برگ‌ها از تعداد برگ‌های لوبیا کاسته شد. سعادتی و معلمی (Saadati and Moallemi, 2011) گزارش دادند که تعداد برگ و سطح برگ در شرایط شوری کاهش و با محلول‌پاشی روی، به‌طور 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 عمدتا مربوط به کاهش بیشتر بیومس 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؛ به‌طوری که رشد اندام‌های هوایی را متوقف ساخته؛ اما رشد ریشه تداوم می‌یابد (Creelman *et al.*, 1990). کابوسلی 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 به‌دلیل کاهش محتوای نسبی آب و متعاقبا 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 به‌دست آمده، تنش خشکی به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) وزن خشک برگ گیاه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد؛ بیشترین وزن خشک برگ گیاه به‌میزان ۱۹۳ گرم در مترمربع در تیمار عدم تنش مشاهده گردید. قطع آبیاری در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ به‌ترتیب به میـزان ۱۶ و ۳۶ درصـد نسبت به شاهد (آبیاری نرمال) گردید (جدول ۳). براساس نتایج تجزیـه واریـانس، تـأثیر محلـول‌پاشـی عناصر کم‌مصرف بر وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که کلیه تیمارهای محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف باعث افزایش معنی‌دار 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 مقایسـه با کاربرد این کودها به‌تنهایی مؤثرتر واقع شد. نتایج نشان داد کاربرد ترکیبی آهن و روی در مقایسه بـا کاربرد کودهای آهن و روی به‌تنهایی باعث افزایش وزن خشک برگ به‌ترتیب بـه‌میـزان ۹ و ۱۱ درصـد گردید (جدول ۳)

یکی از واکنش‌های گیاه در شرایط تـنش خشـکی، کوتـاه کـردن دوره رشـدی و تسـریع رسـیدگی می‌باشد. در برخورد با تنش خشکی، گیاه میزان سطح و تعـداد بـرگ‌هـای خـود را کـاهش مـی‌دهـد و متعاقباً مواد فتوسنتزی نیز کاهش می‌یابند که در چنین شرایطی کاهش وزن خشک برگ گیاه به‌دور از انتظار نمـی‌باشـد. در همـین راسـتا، محمـدی البـرزی و همکـاران (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012) گزارش دادند تیمار ۱۰ درصد تخلیه رطوبت، بیشـترین وزن خشـک بـرگ بـه میـزان ۲۷۲/۷۲ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت، کمترین وزن خشـک بـرگ (۱۱۱/۳۳ کیلـوگرم در هکتار) در گیاه انیسون را ایجاد نمود. محمدی البـرزی و همکـاران (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012) گزارش کردند که، در زمانی‌که گیاه با خشکی مواجه می‌شود، از شـاخ و بـرگ خـود کـه منـابع اصلی تبخیر و تعرق در گیاه هستند، می‌کاهد و هم‌چنین روزنه‌هایش نیمه بسته یا بسته می‌گردد و این موضوع موجب کاهش جذب CO_2 شده و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌نمایـد. هم‌چنین گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کـاهش داده و ایـن امـر سـبب کـاهش تولیـد مولـد فتوسنتزی می‌گردد. به‌دنبال آن، با کاهش مواد فتوسنتزی وزن خشک بـرگ و سـاقه کـاهش مـی‌یابـد (Taheri Asghari, 2010).

گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش وزن خشک برگ گیاه در اثر محلـول‌پاشـی دو عنصـر آهـن و روی ارائه شده‌اسـت. بـه‌طـور مثـال مقـدم و همکـاران (Moghadam *et al.*, 2016) گـزارش دادنـد؛ بیشترین وزن خشک برگ ریحان مقدس (۳/۰۶ گرم) مربوط به محلـول‌پاشـی یـک گـرم در لیتـر نـانو کلات آهن بود و کمترین وزن خشک برگ به‌میزان ۱/۲۱ گرم در تیمار شاهد مشاهده گردیـد. مقیمـی پور و همکاران (Moghimi pour *et al.*, 2015) بیان نمودند که، بالاترین وزن خشک بـرگ در گیـاه ریحان مقدس (به‌میزان ۳/۴۲ گرم) در تیمار محلول‌پاشی ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات روی به‌دست آمـد و کمترین وزن خشک برگ (۰/۵۷ گرم) نیـز متعلـق بـه تیمـار شـاهد بـود. غیرتـی آرانـی و همکـاران

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

(Gheyrati Arani *et al.*, 2014) گزارش دادند، کاربرد کودهای آهن و روی به‌صورت توأم نسبت به کاربرد کودهای آهن و روی به‌تنهایی وزن خشک برگ‌های هر بوته لوبیا را به‌ترتیب به‌میزان 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 کم‌مصرف 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^{**}
خطای a 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}
خطای b Error b	18	104.3	50.6	0.45
ضریب تغییرات CV (%)		4.55	14.03	7.09

ns، * و **: به‌ترتیب 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 کم‌مصرف 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؛ به‌طوری 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 توأم آهن و روی اثر بیشتری نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی نشان داد (جدول ۷). نتایج پژوهش

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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	268.5a	60a	13.2a
تنش در مرحله گلدهی Flowering stage	221.7b	49.1b	7.6b
تنش در مرحله غلاف‌دهی Podding stage	183.3c	43c	7.5b
محلول‌پاشی **Foliar application**			
عدم محلول‌پاشی Control	200.6c	39.7c	8.6c
محلول‌پاشی روی Zn	225b	47.5b	9.2bc
محلول‌پاشی آهن Fe	228.3b	53.1b	9.6b
محلول‌پاشی آهن+روی Zn+Fe	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 fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۷- اثر متقابل تنش 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 تنش Levels of water stress	محلول‌پاشی Foliar application	وزن خشک ساقه Dry weight of stem (g/m^2)
عدم تنش Control	شاهد Control	246.3c
	روی Zn	266.7b
	آهن Fe	268.4b
	آهن+روی Fe+Zn	292.7a
گلدهی Flowering	شاهد Control	208.4def
	روی Zn	220.9d
	آهن Fe	217.1de
	آهن+روی Fe+Zn	240.5c
غلاف‌دهی Podding	شاهد Control	147h
	روی Zn	187.4g
	آهن Fe	199.3fg
	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 fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

در پژوهشی نتایج نشان داد کاربرد توأم آهن و روی وزن خشک ساقه بیشتری را نسبت به کاربرد هریک به‌تنهایی موجب شد؛ به‌طوری‌که در صورت کاربرد توأم کودها، وزن خشک ساقه ۲۱/۳ گرم به‌دست آمد که نسبت به کاربرد آهن و روی به‌تنهایی وزن خشک ساقه را به‌ترتیب 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 لوبیا 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 جنین و کاهش رشد طول ساقه‌چه اشاره نمود (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012). گزارش شده است که در حضور عنصر روی 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 الاهل و محمود (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010)، محلول‌پاشی 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 به‌میزان ۵۷۷/۷۲ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت، کمترین وزن خشک ساقه (۲۰۰/۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) در گیاه انیسون 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 شده‌است.

ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک: ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین ویژگی مؤثر در برداشت مکانیزه لوبیا 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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

خاک به‌ترتیب به‌میزان ۱۹ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. ساجدی و همکاران (Sajedi *et al.*, 2008) گزارش کردند؛ اثر تنش کمبود آب بر صفات ارتفاع گیاه و ارتفاع بلال از سطح زمین معنی‌دار بود. در شرایط تنش، تخصیص مواد کربوهیدراتی بین قسمت‌های مختلف گیاه تغییر می‌کند؛ لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش‌های هوایی از جمله ساقه رسیده که این امر ضمن توسعه بخش جاذب رطوبت و عناصر غذایی (ریشه‌ها)، سبب کاهش سهم شاخساره و ارتفاع بوته می‌گردد (Silva *et al.*, 2012).

محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف نیز به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کلیه سطوح محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف باعث افزایش ارتفاع اولین غلاف نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) گردیدند (جدول ۶). در بین تیمارهای محلول‌پاشی، 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 کم‌مصرف آهن، روی و منگنز با افزودن بر ارتفاع بوته، موجب افزایش عملکرد ماده خشک می‌گردد؛ اما کمبود روی به‌علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می‌تواند؛ 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 فعالیت‌های آنزیمی و شرکت آهن در تشکیل کلروفیل، عکس‌العمل مثبت گیاه به عناصر آهن و روی دور از انتظار نیست.

تعداد گره روی ساقه اصلی: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، اثرات اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی بر تعداد گره ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ این در حالی بود که اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت مذکور معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد با اعمال تنش خشکی از تعداد گره ساقه اصلی کاسته شد و بیشترین تعداد گره روی ساقه (۱۳/۲) در تیمار عدم تنش مشاهده گردید (جدول ۶). کمترین تعداد گره بر روی ساقه گیاه نیز در تیمارهای تنش گلدهی و غلاف‌دهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری 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؛ تنش 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 به‌دلیل این است که تنش خشکی باعث کاهش تقسیمات سلولی گردیده و رشد رویشی گیاه را کاهش داده‌است؛ لذا عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش پیدا نموده‌است. رزمی و همکاران (Razmi *et al.*, 2013) بیان کردند تعداد گره در ساقه نشان‌دهنده میزان رشد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

طولی گیاه می‌باشد. در شرایط کمبود آب، مواد فتوسنتزی 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 کم‌مصرف 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 به‌همراه داشت. کمترین تعداد گره ساقه اصلی (۸/۶) نیز در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) مشاهده گردید، گرچه اختلاف معنی‌داری با کاربرد عنصر روی به‌تنهایی 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 به‌ترتیب حدود ۷، ۹ 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 کم‌مصرف 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 به‌ترتیب به‌میزان ۳۵، ۲۷ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) گردید (جدول ۱۰)

کاهش شاخه‌های جانبی در شرایط تنش خشکی را می‌توان به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری در نظر گرفت. زیرا در مواقع 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 یافتند 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).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

با مصـرف عناصر کم‌مصرف آهـن و روی فعالیـت فتوسـنتزی گیـاه افزایش یافته و باعث توسـعه پوشـش گیـاهی و افـزایش 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 باغی (۱۰/۲) مربوط به محلول‌پاشی 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 روی 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 محلول‌پاشی روی بر روی گیاه دارویی رزماری تاثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی این گیاه داشت. مصرف عنصر روی 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 لوبیا تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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 Error a	4	1.04	0.53	3844.27
محلول‌پاشی Foliar application	3	17.3^{**}	2.55^{**}	310448.8^{**}
تنش × محلول‌پاشی Stress × foliar	6	0.806^{*}	0.11^{ns}	29900.3^{*}
خطای b Error b	18	0.24	0.08	10564.54
ضریب تغییرات CV (%)		4.64	2.58	4.58

ns، * و **: به‌ترتیب 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.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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	13.4a	12.2a	2693.8a
تنش در مرحله گلدهی Flowering stage	10b	11b	2212.1b
تنش در مرحله غلاف‌دهی Podding stage	8.3c	10.1c	1831.6c
محلول‌پاشی Foliar			
عدم محلول‌پاشی Control	8.6d	10.5c	2001.7c
محلول‌پاشی روی Zn	10.5c	11.5a	2234.7b
محلول‌پاشی آهن Fe	11.2b	11b	2298.6b
محلول‌پاشی آهن+روی Zn+Fe	11.8a	11.6a	2448.3a

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

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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۱۰- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی بر تعداد شاخه فرعی 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 تنش Levels of water stress	محلول‌پاشی Foliar application	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of secondary-lateral branches
عدم تنش Control	شاهد Control	11.3d
	روی Zn	13c
	آهن Fe	14b
	آهن+روی Fe+Zn	15.3a
گلدهی Flowering	شاهد Control	8.6h
	روی Zn	10fg
	آهن Fe	10.3ef
	آهن+روی Fe+Zn	11de
غلاف‌دهی Podding	شاهد Control	6i
	روی Zn	8.6h
	آهن Fe	9.3gh
	آهن+روی Fe+Zn	9.3gh

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

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

قطر ساقه: بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اعمال تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال یک درصد) قطر ساقه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۸). بیشترین و کمترین میزان قطر ساقه به‌ترتیب در تیمار عدم تنش و تنش در مرحله غلاف‌دهی مشاهده گردید (جدول ۹). نتایج نشان داد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه به‌ترتیب بـه میـزان ۱۰ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد گردید. امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2015) گـزارش کردنـد کـه تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش ۲۸/۲۳ و ۳۵ درصدی به‌ترتیـب در قطـر طبق و قطر ساقه گلرنگ گردید. لطفی و همکـاران (Lotfi *et al.*, 2014) گـزارش دادنـد؛ قطـر سـاقه اصلی از محل گره سوم در تیمار شاهد (FC ۱۰۰ درصد) ۱/۰۷ میلی‌متر بود؛ اما در تیمار تـنش شـدید (FC ۴۰ درصد) ۰/۷۶ میلی‌متـر بـود. سـنگ تـراش و همکـاران (Sangtarash *et al.*, 2009) نیـز گزارش نمودند، تنش خشکی در کلزا منجر به کاهش قطر سـاقه گیـاه گردیـد. در برخـی از تحقیقـات علت کاهش قطر ساقه را به‌دلیل کاهش تورژسانس سلول در اثر افزایش تنش و کـاهش رشـد و توسـعه سلول به‌ویژه در ساقه گزارش نموده‌اند (Alkire and Simon, 1993).

تاثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف نیز بر قطر ساقه در سـطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۲). کمترین قطر ساقه (۱۰/۵ میلی‌متر) در تیمار عدم محلول‌پاشی مشـاهده گردیـد کـه دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. بیشترین قطر ساقه نیز در تیمار ترکیبـی آهـن و روی مشـاهده گردید، گرچه همانطور که در جدول ۹ مشهود است با کاربرد عنصر روی به‌تنهایی، در یک گروه آمـاری قرار گرفتند. خلیلی محلـه و رشـدی (Khalili Mahale and Roshdi, 2008) بیشـترین قطـر سـاقه ذرت را از محلول‌پاشی با کود آهن و روی (هر کدام به غلظت پنج در هزار) گزارش کردند. بهبود شرایط تغذیـه‌ای و نقـش مثبـت روی مـی‌توانـد؛ در فتوسـنتز و عملکـرد فتوسیسـتم‌هـای نـوری در افـزایش شـاخص‌هـای رشـد از قبیل قطر ساقه مـؤثر باشـد (Kasrayi, 1993). پیـرزاد و همکـاران (Pirzad *et al.*, 2013) گزارش دادند که، بیشترین قطر ساقه گیاه آنیسون (۵/۶ سانتی‌متر) با کـاربرد محلول‌پاشی روی با غلظت شش در هزار به‌دست 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، اثـرات تـنش خشـکی و محلـول‌پاشـی در سـطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه لوبیـا چشم بلبلی معنی‌دار بود (جدول ۸). بررسی اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی (جدول ۱۱) نشان داد که، تنش خشکی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گیاه نسبت بـه شاهد گردید که این کاهش عملکرد در مرحله غلاف‌دهی بیشتر از مرحله گل‌دهی بود؛ اما محلول‌پاشـی با عناصر کم‌مصرف توانست؛ کاهش عملکرد را جبران و در این میـان محلـول‌پاشـی تـوأم آهـن و روی نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد گیاه به‌همراه داشت (جدول ۱۱).

آهن برای تشکیل کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز ضروری است و کمبود آن بـه‌شـدت میـزان تولیـد آسیمیلات‌ها را کاهش می‌دهد (Pirzad and Shokrani, 2012). علاوه بر آن گزارش شده‌اسـت کـه،

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

روی میزان فتوسنتز 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 آنیسون به‌میزان 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 فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در اثر محلول‌پاشی با عناصر مذکور ذکر گردید (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2012).

کمترین عملکرد دانه به‌میزان ۱۴۶۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش در مرحله غلاف‌دهی و عدم محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌دست آمد که با سایر تیمارها، اختلاف معنی‌داری را داشت (جدول ۱۱). شکاری (Shekari, 2001) در بررسی صفات تحمل به خشکی در لوبیا 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 ۱۹، ۱۵ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد گردید. بابائیان و همکاران (Babaeian *et al.*, 2008) اظهار داشتند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف 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 به‌میزان 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 سولفات روی 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 کم‌مصرف مانند روی، آهن و منگنز که نقش مهمی در کاتالیزوری فرایندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

دارند موجب شده تا سلول به فعالیت‌های حیاتی خـود ادامـه داده و در نهایـت تعـداد دانـه در غـلاف و عملکرد قابل قبول‌تری در شرایط تنش تولید کند (Tohidi, 2015).

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

سطوح تنش Levels of water stress	محلول‌پاشی Foliar application	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
عدم تنش Control	شاهد Control	2462.6cd
	روی Zn	2621bc
	آهن Fe	2747.6b
	آهن+روی Fe+Zn	2944a
گلدهی Flowering	شاهد Control	2079efg
	روی Zn	2202.3e
	آهن Fe	2162.6ef
	آهن+روی Fe+Zn	2404.6d
غلاف‌دهی Podding	شاهد Control	1464i
	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 fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج پژوهش نشان داد که، قطع آبیاری در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و غلاف‌دهی باعث کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی در این آزمایش گردید. از آنجائی‌که در شرایط تنش خشکی تعادل عناصر غذایی بر هم می‌خورد؛ محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی به‌خصوص کاربرد ترکیبی این دو عنصر توانست ضمن کاهش اثرات سوء ناشی از تنش، 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 به‌دنبال دارد و به‌طور ویژه در شرایط وقوع تنش از گیاه در برابر آسیب‌های جدی محافظت می‌کند (Nair *et al.*, 2010). در نتیجه این امر، بازده فرآیند فتوسنتز افزایش و انتقال مواد به سمت دانه‌ها بهبود می‌یابد. در مجموع می‌توان اظهار داشت که تغذیه برگی گیاه با عناصر کم‌مصرف می‌تواند گامی مؤثر در جهت تخفیف اثرات سوء ناشی از تنش 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., Yadolahi 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

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40 (12): 119-129. (In Persian).
Banks L.W. 2004. Effect of timing of foliarzinc 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).
Heidarian A.R., Kord H., Mostafavi K., ParvizLak A., Mashhadi F.A. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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., Farrokhian 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).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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., Rastgoo 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 nanoparticlesin 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).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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., Ardakani 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).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]

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 Phsiology 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 afficinalis. 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).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-27]