اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا قرمز (*Phaseolous vulgaris* L.)

روح‌الله سعیدی ابواسحقی، علیرضا یدوی*، محسن موحدی دهنوی و حمید رضا بلوچی
گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶)

چکیده:
یکی از آثار سوء تنش رطوبتی بر رشد و تولید گیاهان زراعی کاهش جذب عناصر ریز مغذی توسط ریشه گیاهان می‌باشد. لذا به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا قرمز (رقم اختر) تحت شرایط تنش رطوبتی این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آبیاری به عنوان کرت اصلی در سه سطح (آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به عنوان کرت فرعی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات آهن، سولفات روی و ترکیب سولفات آهن و سولفات روی (هر کدام با غلظت سه در هزار)) به کار برده شدند. نتایج نشان داد تاخیر در آبیاری محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و عملکرد دانه را کاهش و نشت الکترولیت‌ها، میزان پرولین و قندهای محلول برگ را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر تمامی صفات مورد مطالعه به جز قندهای محلول برگ و ارتفاع بوته معنی دار شد. محلول‌پاشی آهن و روی به‌طور معنی‌داری محتوای آب نسبی برگ، میزان کلروفیل، تعداد شاخه جانبی و عملکرد دانه را افزایش و نشت الکترولیت‌ها و میزان پرولین در برگ را کاهش داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده محلول‌پاشی با آهن و روی با بهبود خصوصیات فیزیولوژیک و ایجاد تحمل در گیاه باعث شد که گیاه دیرتر با شرایط تنش رطوبتی مواجه شده و در نتیجه عملکرد بهتری تولید کند.

کلمات کلیدی: پرولین، تنش رطوبتی، تنظیم اسمزی، نشت الکترولیت.

مقدمه:

در ارزیابی‌های انجام شده در طی زمان، گیاهان در محیط های طبیعی دستخوش انواع تنش‌ها می‌شوند که اثرات منفی بر رشد آن‌ها دارند (Shamsi, 2010). از میان این عوامل، خشکی مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد، بنا به تعریف، تنش خشکی به منزله کمبود آب در گیاه بوده و این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق از میزان جذب آب بیشتر باشد که اثرات منفی بر بسیاری از فرآیندهای گیاهی داشته و کاهش اساسی در تولیدات گیاهی را موجب می شود (Zadehbagheri *et al*., 2012). لذا اتخاذ روش‌هایی برای بهره‌برداری صحیح از آب موجود با استفاده از شیوه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Yadavi@yu.ac.ir :

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

های صحیح زراعی شامل: کشت گیاهان متحمل، شناخت ارتباط کمبود آب خاک و رشد محصولات، بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و روابط مفید داخلی گیاه در مقابله با تنش کمبود آب و انتقال صفات مطلوب فیزیولوژیکی در این رابطه مثمر ثمر خواهد بود (عباس زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

واکنش گیاه به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه‌مدت (تغییرات محتوای آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل) و یا بلند مدت باشد (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۴). محتوای آب نسبی برگ به عنوان یک شاخص مهم داخلی گیاه می‌باشد که بیانگر وضعیت آب درون گیاه تحت شرایط تنش خشکی است (Ghanbari *et al*, 2013). محتوای آب نسبی بالاتر نتیجه تنظیم اسمزی بیشتر و یا کشش کمتر بافت دیواره سلولی است (Shamsi, 2010). مطالعات Ghanbari و همکاران (۲۰۱۳) روی لوبیا و Khan و همکاران (۲۰۰۷) روی باقلا نشان داد که در شرایط تنش خشکی محتوای آب نسبی برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. Shamsi (۲۰۱۰) اظهار داشت با کاهش محتوای آب نسبی برگ روزنه‌ها بسته می‌شوند و با بسته شدن روزنه‌ها سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک کاهش می‌یابد. غلظت کلروفیل برگ نیز به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی منبع شناخته شده است. بر اساس گزارش Mafakheri و همکاران (۲۰۱۱) تنش خشکی در نخود سبب کاهش میزان کلروفیل برگ گردید، کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی عمدتاً نتیجه خسارت گونه‌های اکسیژن فعال به کلروپلاست می باشد. همچنین آنها بیان داشتند از آنجا که تولید گونه‌های اکسیژن فعال عمدتاً به وسیله جذب انرژی اضافی در دستگاه فتوسنتزی صورت می‌گیرد، ممکن است به‌طور قابل توجهی از جذب نور توسط کلروفیل جلوگیری کند، بنابراین کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند به عنوان یک فاکتور غیر روزنه‌ای و یک عامل محدود کننده در شرایط تنش خشکی مطرح باشد (Shamsi, 2010). پایداری غشاء نیز به عنوان ابزاری در جهت اندازه‌گیری میزان مقاومت در برابر تنش‌های محیطی از جمله خشکی مطرح است که درجه آسیب‌پذیری غشای سلولی ناشی از تنش آب از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها برآورد می‌شود (Ahmadizadeh *et al*, 2011). تنش آب باعث افزایش سنتز گونه‌های اکسیژن فعال، افزایش پروتئین‌ها، چربی های غشاء، تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی و خسارت به غشای سلولی می‌شود (Ahmadizadeh *et al*, 2011).

تجمع محافظت کننده‌های اسمزی یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ گیاهان در مقابل تنش‌های غیر زنده است. در این میان می‌توان به تجمع پرولین، قندهای محلول و برخی از یون‌ها اشاره کرد (Mohsenzadeh *et al*, 2006). مشخص شده است که کاهش تورژسانس، عامل اولیه تجمع پرولین در تنش‌های شوری و خشکی است، به‌طوری‌که کاهش تورژسانس باعث فعال شدن یک توالی پیچیده از فرآیندهای تطابقی مرتبط با سطح تحمل گیاه به تنش می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). طبق گزارش Zadehbagheri و همکاران (۲۰۱۲) تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین در برگ لوبیا گردید، آنها نشان دادند افزایش میزان پرولین برگ در شرایط تنش خشکی می‌تواند در نتیجه تجزیه و تخریب پروتئین‌ها و همچنین تجزیه کربنی که در ساختار برگ گیاه است باشد. قندهای محلول از دیگر اسمولیت‌های سازگاری هستند که در شرایط تنش خشکی تجمع یافته و ممکن است به عنوان عامل تنظیم اسمزی عمل نمایند (Mohsenzadeh *et al*, 2006). افزایش قندهای محلول در واکنش به تنش خشکی، به انتقال آهسته‌تر آن از برگ به ساقه و مصرف کندتر آن به سبب کاهش در رشد و سایر تغییرات مانند هیدرولیز نشاسته نسبت داده شده است (Ehdaei *et al*, 2006). مطالعات Zadehbagheri و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد بر اثر تنش خشکی عملکرد دانه لوبیا کاهش می‌یابد، ایشان گزارش دادند کمبود آب در مرحله گل‌دهی باعث افزایش سقط جنین در دانه گرده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

می‌شود و در مرحله تلقیح دانه گرده باعث کاهش شدت فتوسنتز، افزایش ABA و کاهش بارگیری آسیمیلات‌ها شده که در نهایت با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها عملکرد را کاهش می‌دهد.

عناصر غذایی کم‌مصرف مانند روی، برای رشد گیاهان ضروری می‌باشد و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارد و کمبود آن می‌تواند باعث عدم توازن عناصر غذایی در گیاه شده و کاهش راندمان مصرف آب و در نهایت، کاهش کیفیت و کمیت محصول را در پی داشته باشد (گوهری و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج آزمایش Odeley و Animashaun (۲۰۰۷) نیز نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (با غلظت سه میلی‌گرم در لیتر) در سویا باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌خشکی گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی در شروع گل‌دهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد شد. ایشان گزارش دادند نقش اساسی عناصر ریزمغذی به خصوص آهن، مس، بر، روی و منگنز در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات، امراض و تنش‌های محیطی در خور اهمیت است. عابدی باباعربی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایش خود روی گلرنگ توانستند با محلول‌پاشی عناصر روی و پتاسیم (با غلظت سه در هزار) عملکرد را در تمامی تیمارهای تنش رطوبتی (بجز تنش در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی) به طور معنی‌داری افزایش دهند. رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند در شرایط تنش شدید خشکی تیمار کودی آهن + روی توانست عملکرد آفتابگردان را ۳۲٪ نسبت به شاهد (بدون مصرف کود) افزایش دهد. ایشان گزارش دادند کودهای ریزمغذی با اثر مثبت در افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نقش موثری در کاهش خسارت تنش خشکی دارد. با توجه به وقوع دوره های کم آبی در فصل کشت لوبیا و اهمیت عناصر ریز مغذی بر ایجاد تحمل به خشکی در گیاهان مختلف هدف از این آزمایش بررسی اثرات محلول‌پاشی دو عنصر آهن و روی بصورت منفرد و ترکیبی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه لوبیا قرمز در دورهای آبیاری مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در مزارع کشاورزی شهر مال‌خلیفه از توابع شهرستان لردگان با اقلیم نیمه مرطوب کمی سرد، با ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا و میانگین بارش سالیانه ۵۵۰ میلی‌متر، در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش سطوح آبیاری (در سه سطح) به عنوان کرت اصلی به کار برده شد که شامل آبیاری کرت‌ها پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود و در این تحقیق آبیاری پس از تبخیر ۵۰ میلیمتر را به عنوان تیمار شاهد (بدون تنش) و آبیاری پس از ۷۵ و ۱۰۰ میلیمتر تبخیر را به عنوان تیمارهای دارای تنش ملایم و تنش شدید رطوبتی در نظر گرفته شدند. سطوح محلول‌پاشی نیز به عنوان کرت فرعی در چهار سطح شامل: محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات آهن($FeO_4S * 7H_2O$) (سه در هزار)، سولفات روی ($FeO_4S * 7H_2O$) (سه در هزار) و ترکیب سولفات آهن و روی (هر کدام سه در هزار) در نظر گرفته شد. درصد خلوص کودهای سولفات آهن و سولفات روی تهیه شده ۹۹/۵٪ بود. محلول‌پاشی ها در دو مرحله نموی چهار برگی و شروع گل‌دهی انجام شد.

هر کرت آزمایشی شامل ۱۲ خط کاشت به طول هفت متر بود. فاصله خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (۴۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر، فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و فواصل بین بلوک‌ها سه متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه مورد مطالعه (جدول ۱) کودهای فسفره (به میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک محل اجرای طرح

عمق (سانتی-متر)	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر مربع)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک
۰-۳۰	۸/۰۱	۵/۲۱	۰/۶۸۳	۱۴/۱	۲۲۷	۰/۰۵۲	۰/۶۱	۳/۹۸	لومی سیلتی رسی

۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل $Ca(H_2Po_4)_2$، پتاسه (به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم(K_2SO_4)) قبل از کاشت همزمان با عملیات تهیه بستر و کود نیتروژنه (به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) در سه مرحله؛ قبل از کاشت، هشت برگی و شروع گل‌دهی مورد استفاده قرار گرفتند.

رقم لوبیا قرمز مورد استفاده اختر بود. این رقم حساس به خشکی است که فرم بوته‌ای دارد. در این آزمایش صفات محتوای آب نسبی برگ، نشت الکترولیت‌ها، میزان کلروفیل برگ، میزان پرولین و قندهای محلول برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. به منظور اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیک، در مرحله گل‌دهی کامل از هر کدام از تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها از دو برگ جوان کاملاً توسعه یافته و قبل از آبیاری برداشت شد. میزان پرولین با روش Paquin و Lechasser (۱۹۷۹)، میزان قندهای محلول با روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) و میزان کلروفیل با روش Arnon (۱۹۴۹) اندازه گیری شد.

جهت اندازه گیری محتوای آب نسبی برگ نمونه‌های برگ انتخاب و در کیسه‌های نایلونی و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از تعیین وزن تر برگ‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت وزن آماس برگ‌ها ثبت شد. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول زیر محتوای آب نسبی محاسبه شد:

$$RWC(\%)= ((FW-DW)/(TW-DW))*100$$

FW وزن تازه برگ، DW وزن خشک برگ، و TW وزن آماس یافته برگ است (Ghanbari *et al*., 2013).

برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از برگ‌های هر تیمار دیسکت دایره‌ای به میزان یکسان تهیه شد. سپس نمونه‌ها در آب مقطر و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از EC متر (مدل Jenway) اندازه گیری شد (EC1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول‌ها، لوله‌های آزمایش در دستگاه بن ماری در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند و پس از سرد شدن لوله ها، مجددا هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند (EC2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول (EC1/EC2*100) محاسبه شد (Karlidag *et al.*, 2009). در زمان رسیدگی ده بوته به صورت متوالی از خط وسط هر کرت برداشت شد و ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی آنها ثبت شد. برداشت و تعیین عملکرد دانه با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از طرفین، از ده خط به طول پنج متر از سطحی معادل ده متر مربع انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS صورت گرفت. سپس مقایسه میانگین‌ها برای صفاتی که تنها اثرات اصلی فاکتورهای آزمایشی بر آن‌ها معنی‌دار شدند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

گرفت. برای صفاتی که برهم‌کنش بین دو عامل آبیاری و محلول‌پاشی برای آن‌ها معنی‌دار گردید، برش‌دهی اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری صورت گرفت.

نتایج و بحث:

محتوای آب نسبی برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری ($P\leq0.01$) و محلول پاشی ($P\leq0.05$) بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر محتوای آب نسبی برگ نشان داد که با تاخیر در آبیاری محتوای آب نسبی برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری‌که در تیمار تنش ملایم رطوبتی ۱۷/۲۵ درصد و در تیمار تنش شدید ۲۸/۰۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافتند (جدول ۲). طبق گزارش Khan و همکاران (۲۰۰۷) گیاهانی که تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آنها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد. به نظر می‌رسد بین میزان محتوای آب نسبی برگ و میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم وجود دارد که با کاهش رطوبت خاک و ایجاد تنش، محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد.

در بین تیمارهای محلول‌پاشی نیز محلول‌پاشی با سولفات آهن توانست محتوای آب نسبی برگ را ۴/۱۳ درصد، سولفات روی ۵/۲۱ درصد و ترکیب سولفات آهن و روی ۱۲/۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد (جدول ۲). به عقیده Weisany و همکاران (۲۰۱۱) عنصر روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها دارد، به این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد و از طریق کاهش تلفات آب برگ باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ می‌شود. ایشان کاهش محتوای پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه را در گیاهانی که با روی تیمار نشده بودند مشاهده نمودند، که ممکن است به افزایش خروج پتاسیم نسبت به جریان آن به داخل سلول‌های محافظ از طریق نشت از غشای سلولی، مرتبط باشد که در صورت عدم مصرف روی یکپارچگی غشا کاهش یافته و محتوای آب برگ کاهش می‌یابد. در آزمایش Baniabbass و همکاران (۲۰۱۲) روی آفتابگردان نیز تیمارهایی که سولفات روی بیشتری دریافت کرده بودند از محتوای آب نسبی برگ بالاتری برخوردار بودند.

نشت الکترولیت‌ها: اثر سطوح آبیاری ($P\leq0.01$) و محلول‌پاشی ($P\leq0.05$) بر درصد نشت الکترولیت‌ها معنی‌دار، اما برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر درصد نشت الکترولیت‌ها نشان داد درصد نشت الکترولیت‌ها در تیمار تنش ملایم رطوبتی ۹/۲۳ درصد و در تیمار تنش شدید ۲۳/۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن خواهد شد، در حالی‌که واکنش‌های نوری و انتقال الکترون در مقادیر طبیعی صورت خواهد گرفت. تحت چنین شرایطی مقدار محدودی NADP برای پذیرش الکترون وجود خواهد داشت، بنابراین اکسیژن می‌تواند به عنوان یک گیرنده الکترون جایگزین عمل نماید و این امر منجر به تجمع گونه های سمی نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروژن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

جدول۲ –مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا قرمز تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی

	تیمارهای آزمایشی	محتوای آب نسبی (درصد)	نشت الکترولیت (درصد)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه جانبی
آبیاری	پس از ۵۰ میلی متر تبخیر	۶۹/۰۵ a	۵۷/۴۱ c	۰/۳۷ a	۰/۲۵ a	۰/۶۲ a	۴۰/۶۰ a	۵/۹۹ a
	پس از ۷۵ میلی متر تبخیر	۵۹/۸۹ b	۶۲/۷۱ b	۰/۲۵ b	۰/۱۸ b	۰/۴۳ b	۳۸/۰۲ b	۵/۲۱ b
	پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر	۵۳/۹۲ b	۷۰/۷۷ a	۰/۲۲ c	۰/۱۶ b	۰/۳۸ c	۳۶/۲۵ b	۴/۷۵ c
محلول‌پاشی	شاهد (آب)	۵۷/۵۰ b	۶۸/۱۳ a	۰/۲۷ b	۰/۱۸ c	۰/۴۶ b	۳۷/۳۵	۵/۰۵ b
	آهن	۵۹/۸۸ b	۶۲/۴۹ b	۰/۲۹ a	۰/۲۰ ab	۰/۴۹ a	۳۸/۵۵	۵/۳۶ ab
	روی	۶۰/۵۰ b	۶۲/۰۶ b	۰/۲۷ b	۰/۱۹ bc	۰/۴۶ b	۳۹/۳۸	۵/۱۲ b
	آهن + روی	۶۴/۶۱ a	۶۱/۸۳ b	۰/۳۰ a	۰/۲۱ a	۰/۵۱ a	۳۷/۸۸	۵/۷۴ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت آماری معنی دار در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۳– مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری بر صفات پرولین، قند محلول و عملکرد دانه

آبیاری		محلول‌پاشی	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر		شاهد	۱۰۷/۸۲	۴۰/۶۶	۲۸۰۹/۵۶
		آهن	۹۷/۸۱	۴۰/۷۶	۲۷۷۶/۶۶
		روی	۹۶/۲۷	۳۸/۳۶	۲۷۳۶/۶۰
		آهن + روی	۱۰۴/۹۶	۳۶/۳۳	۲۸۷۸/۵۶
آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر		شاهد	۱۲۴/۳۸	۴۸/۸۶	۲۰۰۵/۴۶ c
		آهن	۱۱۸/۴۲	۴۷/۸۶	۲۲۸۹/۳۳ ab
		روی	۱۱۹/۴۷	۵۰/۳۶	۲۱۳۸/۳۰ bc
		آهن + روی	۱۱۸/۱۲	۵۱/۲۳	۲۵۱۳/۱۳ a
آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر		شاهد	۲۶۱/۹۹a	۷۲/۵۰ b	۱۰۶۲/۴۰ c
		آهن	۲۰۶/۱۱b	۸۰/۳۶ a	۱۴۶۷/۰۳ b
		روی	۲۱۸/۵۱b	۷۳/۳۰ b	۱۳۰۵/۳۳ b
		آهن + روی	۲۱۵/۶۸b	۷۸/۲۳ ab	۱۷۴۷/۱۰ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌گردد، تجمع گونه‌های فعال اکسیژنی که در طی تنش تولید می‌شوند به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و در نتیجه پراکسید چربی‌ها به غشای سلولی آسیب می‌زند (Jiang and Huang, 2001). نتایج آزمایش موسوی‌فر و همکاران (۱۳۹۰) بر روی گلرنگ نیز حاکی از افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها در شرایط تنش خشکی می‌باشد، آنان گزارش دادند تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش‌دهنده فعالیت اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشاء و در نتیجه خسارت به غشای سلولی می‌شود و میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگی اثر محلولپاشی نیز نشان داد که تیمارهای محلولپاشی با سولفات آهن، سولفات روی و ترکیب سولفات آهن و روی نسبت به تیمار محلولپاشی شاهد با آب مقطر مقدار نشت الکترولیت‌های برگ را به ترتیب ۹/۰۲ درصد، ۹/۷۸ و ۱۰/۱۸ درصد کاهش دادند (جدول ۲). همان‌طوری که قبلا ذکر گردید نشت الکترولیت‌های برگ نشان دهنده صدمات غشایی می‌باشد که از اکسیداسیون لیپیدهای غشائ در حضور رادیکال‌های آزاد حاصل می شود (Jiang and Huang, 2001). بر این اساس تعادل بین رادیکالهای آزاد تولیدی و دفاع در برابر این رادیکالهای آزاد تعیین کننده بقای سیستم گیاهی می‌باشد.Zago و Oteiza (2001) اظهار داشته اند عناصر روی و آهن از طریق افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی اکسیدانی گیاهان در تعدیل رادیکال های آزاد و اثرات تخریبی آنها در سیستمهای غشایی نقش مهمی را ایفا می کنند. لذا بر این اساس به نظر می‌رسد محلول پاشی آهن و روی با افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش رطوبتی (از طریق افزایش تولید آنزیمهای حذف کننده رادیکالهای آزاد) باعث گردید گیاه دیرتر با شرایط تنش مواجه شود و در نتیجه درصد نشت کمتری داشته باشد

همبستگی بین صفات (جدول ۴) نیز نشان‌دهنده همبستگی منفی و معنی‌دار بین نشت الکترولیت های برگ و محتوای آب نسبی برگ می‌باشد ($r = -۰/۷۱$) که این نتیجه بیانگر تاثیر متفاوت تنش رطوبتی بر این دو صفت می باشد به طوری که با افزایش تنش رطوبتی و کاهش محتوای آب نسبی برگ نشت الکترولیت‌های برگ در اثر تخریب غشاء سلولی افزایش می یابد.

کلروفیل a : اثر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار($P\leq 0.01$)، اما برهمکنش آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر محتوای کلروفیل a نشان داد میزان کلروفیل a در تیمار تنش ملایم ۴۸٪ و در تیمار تنش شدید ۶۸/۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۲). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود که در این آزمایش باتاخیر در آبیاری و به تبع آن بروز تنش‌خشکی، از میزان کلروفیل a در برگ گیاه کاسته شد. کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش‌خشکی، مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌باشد. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می شوند که با کاهش میزان کلروفیل تغییرات زیادی در مقدار تولید در گیاهان به‌وجود می‌آید (Sadeghipour and Aghaei, 2012). گزارش Mafakheri و همکاران (۲۰۱۱) نیز حاکی از کاهش میزان کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنش خشکی می‌باشد، ایشان علت کاهش کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنش خشکی را صدمه گونه‌های اکسیژن فعال به کلروپلاست بیان کردند.

در بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با آهن و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

جدول ۴- همبستگی بین صفات مختلف لوبیا قرمز

صفات مورد ارزیابی	محتوای آب نسبی برگ (۱)	نشت الکترولیت ها (۲)	کلروفیل a (۳)	کلروفیل b (۴)	کلروفیل کل (۵)	پرولین (۶)	قندهای محلول (۷)	ارتفاع (۸)	تعداد شاخه جانبی (۹)	عملکرد (۱۰)
۲	-۰/۷۱**	۱								
۳	۰/۸۴**	-۰/۷۰**	۱							
۴	۰/۸۴**	-۰/۷۱**	۰/۹۷**	۱						
۵	۰/۸۴**	-۰/۷۱**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱					
۶	-۰/۶۷**	۰/۷۶**	-۰/۷۰**	-۰/۶۸**	-۰/۷۰**	۱				
۷	-۰/۷۰**	۰/۷۵**	-۰/۷۹**	-۰/۷۴**	-۰/۷۸**	۰/۹۰**	۱			
۸	۰/۵۴**	-۰/۴۴**	۰/۵۳**	۰/۵۹**	۰/۵۳**	-۰/۵۷**	-۰/۵۷**	۱		
۹	۰/۷۱**	-۰/۵۶**	۰/۷۸**	۰/۷۷**	۰/۷۸**	-۰/۶۶**	-۰/۶۸**	۰/۴۸**	۱	
۱۰	۰/۸۶**	-۰/۷۹**	۰/۸۵**	۰/۸۳**	۰/۸۵**	-۰/۸۸**	-۰/۸۶**	۰/۵۶**	۰/۷۳**	۱

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

روی توانست ۱۱/۱۱ درصد و محلول‌پاشی با آهن ۷/۴ درصد میزان کلروفیل a را نسبت به تیمار شاهد و تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی در برگ گیاه افزایش دهد. (جدول ۲). ماده مشترک برای ساخت کلروفیل و هیم(Hem) ، اسید دلتا-آمینولوولینیک است که میزان تشکیل آن به وسیله آهن کنترل می‌شود. به کار رفتن آهن و یا منیزیم، به عنوان اتم مرکزی در درون تتراپیرول، به ترتیب به تشکیل کوآنزیم‌های هیم و منیزیم پروتوپورفیرین منجر می‌شود. ثابت شده است که وجود آهن برای تشکیل پروتوکلروفیلید از منیزیم پروتوپورفیرین لازم است. همچنین آنزیم کپروپورفیرینوژن اکسیداز که یک پروتئین آهن‌دار است اکسید شدن منیزیم- پروتوپورفیرین را به پروتوکلروفیلید (Protochlorophyllide) کاتالیز می‌کند (Hirai *et al*, 2007). عنصر روی هم در راه‌اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن نقش اساسی دارد (ملکوتی، ۱۳۷۹). عابدی باباعربی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی سولفات روی محتوای کلروفیل a در برگ گلرنگ را افزایش داد.

همبستگی بین کلروفیل a با محتوای آب نسبی برگ و نشت الکترولیت‌های برگ نیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد که البته این همبستگی با صفت اول از نوع مثبت و با دیگری از نوع منفی بود (جدول ۴).

کلروفیل b : آنالیز داده‌ها نشان داد اثر آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل b معنی‌دار ($P\leq0.01$) گردید. نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر محتوای کلروفیل b نشان داد میزان کلروفیل b در تیمار تنش ملایم ۳۸/۱۸ درصد و در تیمار تنش شدید ۵۶/۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد(جدول ۲). مطالعات عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) بر بادرنجبویه نشان داد علت کاهش غلظت کلروفیل b تحت شرایط تنش رطوبتی به واسطه اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و تولید ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌باشد که با افزایش تنفس و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

تولید اتیلن سبب فعال‌سازی آنزیم‌های مسیر کاتابولیسم کلروفیل (کلروفیلاز، پراکسیداز و لیپوکسیژناز) و متعاقب آن تجزیه کلروفیل می‌شود.

در بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با آهن و روی توانست میزان کلروفیل b را در برگ ۱۶/۶۶ درصد، محلول‌پاشی با آهن ۱۱/۱۱ درصد و محلول‌پاشی با روی ۵/۵۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که این افزایش می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (Zayed *et al.*, 2011). در مطالعه عابدی باباعربی و همکاران (۱۳۹۰) روی گلرنگ، محلول‌پاشی روی موجب افزایش کلروفیل b دربرگ شد. موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۳) گزارش دادند عنصر روی به طور مستقیم در تشکیل کلروفیل موثر نیست، اما می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل و یا عناصری که قسمتی از ملکول کلروفیل هستند مانند آهن و منیزیم موثر باشد.

همبستگی کلروفیل b با صفات کلروفیل a و محتوای آب نسبی برگ از نوع مثبت و معنی‌دار و با صفت نشت الکترولیت‌های برگ از نوع منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴).

کلروفیل کل: اثر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر محتوای کلروفیل **کل** معنی‌دار ($P\leq0.01$) اما برهمکنش آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر محتوای کلروفیل کل در برگ نشان داد میزان کلروفیل **کل** در تیمار تنش ملایم ۴۴/۱۸ درصد و در تیمار تنش شدید ۶۳/۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۲). بارزترین اثر تنش اکسیداتیو در شرایط تنش خشکی کاهش محتوای کلروفیل a+b می‌باشد. در نتیجه اکسیداسیون نوری رنگدانه‌ها و کلروفیل تخریب می‌شود، بنابراین علت اصلی کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی کاهش محتوای کلروفیل در برگ می‌باشد (Sadeghipour and Aghaei, 2012). طبق گزارش Singh (۲۰۰۷) در تنش‌های طولانی مدت، دهیدراسیون بافت‌ها منجر به افزایش فرآیند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود. به‌نظر می‌رسد کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش رطوبتی به‌واسطه اثر کلروفیلاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد.

همچنین محلول پاشی با آهن و روی میزان کلروفیل **کل** در برگ را ۱۰/۸۶ درصد و محلول پاشی با آهن ۶/۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۲). مطالعه بابائیان و همکاران (۱۳۸۹) بر روی آفتابگردان نیز نشان داد با محلول‌پاشی آهن و روی میزان کلروفیل **کل** در برگ به طور قابل توجهی افزایش یافت. گزارش ملکوتی (۱۳۷۹) حاکی از آن است که کمبود آهن به سازوکار تولید کلروفیل آسیب می‌رساند، زیرا معلوم شده است که مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مداوم آهن بستگی دارد و می‌تواند به عنوان یک عامل کمکی برای فعال کردن آنزیم نیترات ردوکتاز به کار رود. آهن، بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). روی نیز به‌طور مستقیم در تشکیل کلروفیل موثر نیست، اما می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل یا عناصری که قسمتی از ملکول کلروفیل هستند مانند آهن و منیزیم موثر باشد (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳).

با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۴) مشاهده می‌شود که کلروفیل کل بالاترین همبستگی را با دو صفت کلروفیل a و b دارا می‌باشد. همچنین همبستگی منفی بین این صفت و نشت الکترولیت‌های برگ نیز بیانگر این مطلب است که در شرایط تنش رطوبتی در اثر حضور رادیکالهای آزاد تخریب کلروفیلی همراه با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

تخریب غشاء صورت می‌گیرد که به دنبال آن کاهش کلروفیل و افزایش نشت الکترولیت‌های برگ پیش می‌آید.

پرولین: نتایج آزمایش نشان داد اثر تیمارهای آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آنها بر غلظت پرولین برگ معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود. با توجه به برش‌دهی اثر محلول-پاشی در سطوح مختلف آبیاری مشخص شد که محلول-پاشی تنها در تیمار تنش شدید رطوبتی، تاثیر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ داشت، به طوری که افزایش میزان پرولین در تیمار شاهد نسبت به تیمار محلول‌پاشی با آهن ۲۷/۱۱ درصد، محلول‌پاشی با روی ۱۹/۸۹ درصد و نسبت به محلول‌پاشی با ترکیب آهن و روی ۲۱/۴۷ درصد بود (جدول ۳). مطالعه Zadehbagheri و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد علت تجمع پرولین در برگ لوبیای تنش دیده، افزایش میزان سنتز پرولین بوسیله پیرولین-۵-کربوکسیلاز سنتتاز، کاهش میزان تجزیه آن بوسیله آنزیم پرولین اکسیداز، اثر تنظیمی اسید آبسیزیک بر فرآیندهای نوری در متابولیسم پرولین و همچنین وجود ترکیبات پرانرژی حاصل از فتوسنتز می‌باشد که سبب تحریک سنتز پرولین می‌گردد.

در آزمایش عابدی باباعربی و همکاران (۱۳۹۰) محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی توانست میزان پرولین در برگ گلرنگ را به طور معنی‌داری افزایش دهد. ایشان گزارش دادند عنصر روی در سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم سلول، محافظت غشاء از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند، لذا محلول‌پاشی روی توانست با افزایش غلظت پرولین برگ مقاومت به خشکی را در گیاه افزایش دهد. اما در این آزمایش اثر محلول‌پاشی با سولفات آهن و سولفات روی در کاهش غلظت پرولین و تجمع بیشتر قندهای محلول برگ بوده است. بر اساس این نتیجه می‌توان اظهار داشت که در واقع افزایش پرولین در اثر تاخیر در آبیاری در گیاه لوبیا تنها بیانگر آثار سوئ تنش خشکی بر این گیاه بوده و افزایش پرولین تنها نشانه‌ای بر افزایش شدت تنش در اثر تاخیر در آبیاری است. به طوری که با محلول‌پاشی آهن و روی از طریق کاهش اثرات سوئ تنش خشکی بر لوبیا و بهبود تحمل گیاه میزان پرولین نیز کاهش یافته است.

بررسی همبستگی صفات مورد ارزیابی نیز نشان می دهد که بین پرولین برگ و تمامی صفات مورد بررسی به استثناء نشت الکترولیت‌های برگ و قندهای محلول برگ همبستگی منفی وجود دارد. مثبت بودن همبستگی بین پرولین برگ و نشت الکترولیت‌های برگ به دلیل افزایش معنی‌دار هر دوی آنها با افزایش شدت تنش رطوبتی می باشد (جدول ۴)

قندهای محلول: آنالیز داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر آبیاری ($P\leq0.01$) و برهمکنش آبیاری و محلول‌پاشی ($P\leq0.05$) بر غلظت قندهای محلول در برگ می‌باشد. با توجه به برش‌دهی اثر محلول‌پاشی در سطوح مختلف آبیاری مشخص شد که در تیمار بدون تنش و تنش ملایم تفاوت معنی‌داری بین سطوح محلول‌پاشی از لحاظ میزان قندهای محلول برگ وجود نداشت، اما در تیمار تنش شدید، سطوح محلول‌پاشی توانست تاثیر معنی‌دار در غلظت قندهای محلول برگ داشته باشد. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری نشان داد که با تاخیر در آبیاری میزان قندهای محلول برگ در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی روند افزایشی داشته است (جدول ۳). همچنین در تیمار تنش شدید خشکی محلول‌پاشی با سولفات آهن میزان قندهای محلول برگ را ۱۰/۸۴ درصد و محلول‌پاشی با ترکیب سولفات آهن و روی ۷/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. مواد فتوسنتزی پس از تولید در برگ به طرف مقصدهای مواد فتوسنتزی (دانه) انتقال می‌یابند، بنابراین تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ در مرحله دوم معرف عدم انتقال آنها به این مقصدها به واسطه پایین بودن ظرفیت مقصد (دانه) و عدم نیاز دانه به کربوهیدرات‌های محلول یا بالا بودن قدرت برگ در تولید این ترکیبات و یا نیاز به کربوهیدرات‌های محلول در تنظیم اسمزی برگ است. افزایش محتوای قند ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

رشد، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول می‌شود بیان کرد (Ehdaei *et al*, 2006). این افزایش در غلظت قندهای محلول می‌تواند یک پاسخ نسبت به تغییرات میزان محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ‌ها ارزیابی شود، زیرا افزایش در غلظت ساکاروز و سطح قندهای محلول تحت شرایط تنش خشکی به سبب بهبود وضعیت آب برگ در القای تحمل به خشکی نقشی مهم بازی می‌کند (Mohsenzadeh *et al*, 2006). بنابراین می‌توان استدلال کرد که انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی که از نظر تامین انرژی و جلوگیری از مرگ حتمی ایفا می‌کنند، می توانند باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول شده و به این ترتیب در ساز و کار تحمل به خشکی نقش مهمی داشته باشند (Zadehbagheri *et al*,2012).

در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی عناصر آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار غلظت قندهای محلول در برگ شد، بنابراین عناصر آهن و روی در شرایط تنش نقش افزایش‌دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی (به‌واسطه افزایش قندهای محلول و پرولین) دارند. روی عنصری ضروری و کم‌مصرف است که در سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم سلول، محافظت غشا از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. آهن نیز در فرآیند فتوسنتز و تولید کربوهیدراتها دخالت دارد، بنابراین نقش این عناصر را می‌توان در کمک به تنظیم اسمزی در شرایط تنش رطوبتی دانست، که با دخالت در سنتز اسمولیت‌ها برای سازگاری با تنش و حفظ فشار تورژسانس نقش خود را اجرا می‌کنند (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹). در این آزمایش نیز مشخص شد که تیمارهای محلول‌پاشی با آهن و ترکیب آهن و روی بیشترین تاثیر را بر تولید قندهای محلول در لوبیا داشتند.

با توجه به روند افزایش قندهای محلول برگ در اثر افزایش شدت تنش رطوبتی مشاهده می‌شود که در بین صفات مورد بررسی تنها با میزان پرولین برگ (r=۰/۹۰) و نشت الکترولیت‌های برگ (r=۰/۷۵) همبستگی مثبتی را دارا می‌باشد ولی با سایر صفات همبستگی منفی و معنی داری را نشان می دهد (جدول۴).

ارتفاع بوته: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تنها اثر آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار ($P\leq0.05$) شد. نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که با تاخیر در آبیاری ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد، به طوری‌که در تیمار تنش ملایم ارتفاع بوته نسبت به شاهد ۶/۷۸ درصد و در تیمار تنش شدید ۱۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش آب قابل دسترس باعث کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های ساقه می‌شود و کاهش جذب آب مانعی برای طویل شدن ساقه است. مطالعه Sadeghipour و Aghaei (۲۰۱۲) حاکی از آن است که تحت شرایط تنش خشکی جریان آب در اطراف سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد، که در نتیجه طویل شدن این سلول‌ها متوقف می‌گردد، همچنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه کاهش یافته و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Lalinia *et al*, 2012).

جدول همبستگی صفات (جدول ۴) نشان می‌دهد که همبستگی ارتفاع بوته با سایر صفات مورد بررسی علی‌رغم معنی دار شدن، نسبت به همبستگی سایر صفات با یکدیگر از ضرایب همبستگی پایین‌تری برخوردار می باشد.

تعداد شاخه جانبی: تاخیر در آبیاری سبب کاهش معنی دار ($P\leq0.01$) تعداد شاخه جانبی در بوته گردید، به طوری‌که در تیمار تنش ملایم تعداد شاخه جانبی ۱۴/۹۷ درصد و در تیمار تنش شدید ۲۶/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۲). تعداد کمتر شاخه جانبی در گیاه در شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به اختلال در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته نسبت داد. در آزمایشی، بهتری و همکاران (۱۳۸۹) کاهش تعداد شاخه جانبی سویا را بر اثر تنش خشکی گزارش کردند. ایشان گزارش دادند با تاخیر در آبیاری تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش یافت که در نتیجه به کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در بوته انجامید.

اثر محلول‌پاشی نیز بر تعداد شاخه جانبی در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با ترکیب سولفات آهن و روی توانست تعداد شاخه جانبی را ۱۳/۶۶ درصد، سولفات آهن ۶/۱۳ درصد و سولفات روی ۱/۳۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهند (جدول ۲). تعداد شاخه فرعی در گیاهان، صفتی ژنتیکی است که تا حدودی نیز تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در حقیقت ترکیب عناصر آهن و روی توانست از این نظر اختلاف معنی‌داری با شاهد ایجاد کند که به نظر می‌رسد این دو عنصر با تشدید اثرات یکدیگر در نهایت باعث افزایش سطح برگ و مواد فتوسنتزی بیشتری شده که با ارسال این مواد به بخش های در حال رشد از جمله ساقه باعث افزایش تعداد گره و به تبع آن تعداد شاخه جانبی بیشتری در بوته شد. کمرکی و گلوی (۱۳۹۱) اثرات مثبت عنصر روی را در تولید هورمون‌های رشد (اکسین)، و عنصر آهن را در افزایش کلروفیل و فتوسنتز دانستند.

عملکرد دانه: نتایج آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن اثر آبیاری ($P\leq0.01$)، محلول‌پاشی ($P\leq0.01$) و برهمکنش عوامل آزمایشی ($P\leq0.05$) بر عملکرد دانه می‌باشد. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی در سطوح مختلف آبیاری نشان داد سطوح محلول‌پاشی در تیمار بدون تنش اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت، اما در تیمارهای آبیاری دیگر، اثر معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که در تیمار تنش ملایم و شدید خشکی بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۵۱۳ و ۱۷۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی با آهن و روی و کمترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۰۰۵ و ۱۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بود (جدول ۳). با توجه به این نتایج، در شرایط بدون تنش محلول‌پاشی عناصر آهن و روی تاثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه لوبیا قرمز ندارد، اما با افزایش شدت تنش خشکی تاثیر محلول‌پاشی این دو عنصر بر افزایش میزان عملکرد دانه لوبیا قرمز بیشتر می‌شود، طبق گزارش Zadehbagheri و همکاران (۲۰۱۲) بر اثر تنش خشکی رشد گیاه و توسعه آن کاهش می‌یابد که منجر به اختلال در گل‌دهی، پر شدن دانه‌ها و در نتیجه عملکرد کمتر گیاه می‌شود، کمبود آب در مرحله گل‌دهی باعث افزایش سقط جنین در دانه گرده می‌شود و در مرحله تلقیح دانه گرده باعث کاهش شدت فتوسنتز، افزایش ABA و کاهش بارگیری آسیمیلات‌ها شده که در نهایت با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها عملکرد را کاهش می‌دهد.

آزمایش Baniabbass و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد با توجه به نقش اساسی عنصر روی در گیاه که به طور مستقیم در بیوسنتز مواد رشد همانند اکسین دخالت دارد، بنابراین می‌تواند سلول‌های گیاهی بیشتر و در نتیجه مواد خشک بیشتری را تولید و در دانه به عنوان مخزن ذخیره نماید که موجب افزایش عملکرد بیش از حد انتظار می گردد. ایشان گزارش دادند عنصر روی در افزایش غلظت کلروفیل، کاهش غلظت سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش جذب نیتروژن و فسفر نقش داشته و از این طریق هم باعث افزایش عملکرد می‌شود. از طرف دیگر این عنصر در ساختمان فسفو اینول پیرووات کربوکسیلاز نیز نقش اساسی دارد و به این ترتیب در حضور عنصر روی توان فتوسنتزی و در نتیجه میزان کربوهیدرات‌های گیاه افزایش می‌یابد. Kobraee و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند کاربرد ترکیب آهن و روی منجر به تولید ماده خشک و عملکرد بیشتر دانه سویا در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها گردید. علت افزایش عملکرد دانه لوبیا در شرایط تنش خشکی و مصرف سولفات آهن و روی می

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

تواند تاثیر این عناصر بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان باشد که با افزایش فعالیت این آنزیم به خصوص در شرایط تنش خشکی، می‌تواند موجب حفظ و پایداری غشاهای سلولی و افزایش توان ظرفیت سیستم فتوسنتزی گیاه شود، زیرا از این طریق می‌توانند صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو را کاهش داده و در نتیجه عملکرد دانه افزایش پیدا کند. در مجموع تاثیر عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه به این صورت توجیه می‌گردد که این عناصر با افزایش ظرفیت فتوسنتزی و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردند.

بررسی جدول همبستگی صفات نیز نشان می دهد که در بین صفات مورد ارزیابی، پرولین برگ (r=-۰/۸۸)، محتوای آب نسبی برگ (r=۰/۸۶)، قندهای محلول (r= -۰/۸۶) و کلروفیل کل (r=۰/۸۵) بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارند (جدول ۴). این نتایج بیانگر آن است که بیشتر بودن محتوای آب نسبی برگ و میزان کلروفیل کل باعث حفظ بیشتر فعالیت فتوسنتزی برگ شده که به عملکرد دانه بیشتری نیز ختم می گردد. لذا حفظ پتانسیل آب برگ و کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند نقصان عملکرد کمتری را به دنبال داشته باشد. منفی بودن همبستگی بین عملکرد دانه با میزان قندهای محلول و پرولین برگ نیز مربوط به افزایش این ترکیبات در شرایط تنش رطوبتی جهت تنظیم اسمزی سلول می باشد. که البته تولید چنین ترکیباتی جهت حفظ بقاء، برای گیاه هزینه بر بوده که مهمترین آن، افت عملکرد دانه است.

نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی عناصر آهن و روی موجب بهبود صفات مورد اندازه‌گیری، تحت شرایط تنش رطوبتی گردید. از این رو، افزایش متابولیت‌ها به ویژه قندهای محلول برگ و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها (کاهش نشت الکترولیت ها) در اثر محلول‌پاشی این دو عنصر، می‌توانند تاثیر مثبتی بر سازوکارهای تحمل به خشکی و افزایش عملکرد داشته باشند. به طوری‌که در شرایط تنش ملایم رطوبتی محلول‌پاشی با ترکیب این دو عنصر توانست عملکرد را ۲۵/۳ درصد، و در شرایط تنش شدید رطوبتی ۶۴/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. بنابراین، محلول‌پاشی این عناصر تحت شرایط تنش رطوبتی در مزرعه، بر روی این رقم لوبیا قرمز توصیه می‌شود.

منابع:

احمدی، ا.، و ع. سی و سی مرده. (۱۳۸۴) تأثیر تنش خشکی بر قندهای محلول، کلرفیل و پرولین در چهار رقم گندم در چهار منطقه آب و هوایی ایران. مجله ایرانی دانش کشاورزی ۳۵: ۷۵۳-۷۶۳.

بابائیان، م.، م. حیدری و ا. قنبری. (۱۳۸۹) اثر تنش‌خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان. مجله علوم زراعی ایران ۱۲: ۳۷۷-۳۹۱.

بهتری، ب.، ک. قاسمی‌گلعذانی.، ع. دباغ محمدی‌نسب.، س. زهتاب و م. تورچی.(۱۳۸۹) اثر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و کارایی مصرف آب دو رقم سویا. مجله دانش کشاورزی و توسعه پایدار ۲۰/۲: ۱۱-۲۱.

رحیمی‌زاده، م.، ع. کاشانی.، ا. زارع فیض‌آبادی.، ح. مدنی.، و ا. سلطانی. (۱۳۸۹) تاثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش‌خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲ :۷۲-۵۷.

عابدی باباعربی، س.، م. موحدی‌دهنوی.، ع. یدوی و ا. ادهمی. (۱۳۹۰) تاثیر محلول‌پاشی روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۴: ۷۵-۹۵.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

عباس‌زاده، ب.، ا. شریفی‌عاشورآبادی.، م. لباسچی.، م. نادری.، و ف. مقدمی. (۱۳۸۶) اثر تنش‌خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی بادرنجبویه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۳: ۵۰۴-۵۱۳.

کمرکی، ح.، و م. گلوی. (۱۳۹۱) ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی۴: ۲۰۱-۲۰۶.

گوهری، ف.، ع. بحرانی.، و ع. باقری. (۱۳۸۹). تاثیر کودهای ماکرو و میکرو بر راندمان مصرف آب در کلزا. همایش ملی مدیریت کمبود آب و تنش خشکی در زراعت. دانشگاه آزاد واحد ارسنجان، ارسنجان، ایران.

ملکوتی، م. (۱۳۷۹) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش تولیدات کشاورزی در ایران. نشریه فنی شماره ۷۰، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات ۱۲۳-۱۴۴.

موحدی دهنوی، م.، س. ع. م. مدرس ثانوی.، ع. سروش-زاده.، و م. جلالی. (۱۳۸۳) تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش‌خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. مجله بیابان ۹: ۹۳-۱۰۹.

موسوی‌فر، ا.، م. بهدانی.، م. جامی‌الاحمدی.، و م. س. حسینی بجد. (۱۳۹۰) اثر آبیاری محدود بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد بیولوژیکی ارقام گلرنگ بهاره. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۳: ۱۰۵-۱۱۴.

Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Zaefizadeh, M. and Shahbazi, H. (2011) Antioxidative protection and electrolyte leakage in durum wheat under drought stress condition. Journal of Applied Science Research 7: 236-246.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1- 15.

Baniabbass, Z., Zamani, G. and Sayyari, M. (2012) Effect of drought stress and zinc sulfate on the yield and some physiological characteristics of sunflower (Helianthus. Annuus L.). Environmental Biology 6: 518-525.

Ehdaei, B., Alloush, G. A., Madore M. A. and Waines, J. G. (2006). Genotype variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Postanthesis changes in internode water soluble carbohydrates. Crop Science 46: 2093-2103

Ghanbari, A. A., Shakiba, M. R., Toorchi, M. and Choukan, R. (2013) Morpho-Physiological response of common bean leaf to water deficit stress. European Journal of Experimental Biology 3: 487-492.

Hirai, M., Higuchi, K., Sasaki, K., Suzuki, H., Maruyama, T., Yoshiba, T. and Tadano, T. (2007) Contribution of iron associated with high molecular weight substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron deficient conditions. Plant and Soil Science 53: 612-620.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiologia Plantarum 84: 55-60.

Jiang, Y. and Huang, N. (2001) Drought and heat stress injury to two cool season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. (2009) Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Agricultural Science (Piracicaba, Braz.) 66:180-187

Khan, H., Link, U., Hocking, W. and Stoddard, F. (2007) Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*vicia faba* L.). Plant and Soil Science 292: 205-217.

Kobraee, S. Shamsi, k. and Rasekhi, B. (2011) Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. Annals of Biological Research 2: 476-482.

Lalinia, A. A., Majnon Hoseini, N., Galostian, N., Esmaeilzadeh Bahabadi, M. and Marefatzadeh Khameneh. M. (2012) Echophysiological impact of water stress on growth and development of Mungbean. International Journal of Agronomy and Plant Production 3: 599-607.

Mafakheri. A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, Y. (2011) Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Australian Journal of Crop Science 5: 1255-1260.

Mohsenzade, S., Malboobi, M. A., Razavi, K. and Farrahi Aschtiani, S. (2006) Physiological and molecular responses of (*Aeluropus lagopoides*) to water deficit. Environmental and Experimental Botany 56: 374-322.

Odeley, F. and Animashaun, M. O. (2007) Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* L.) in south west Nigeria. Australian Journal of Crop Science 41: 1842-1850.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]

salinity stress. Australian Journal of Crop Science 5: 1441-1447.

Zadehbagheri, M., Kamelmanesh, M. M., Javanmardi, S. and Sharafzadeh, S. (2012) Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean genotype. African Journal of Agriculture Research 7: 5661-5670.

Zago, M. P. and Oteiza, P. I. (2001) The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. Free Radical Biology and Medicin 31:266-274.

Zayed, B. A., Salem, A. K. M. and El-Sharkawy, H. M. (2011) Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. World Journal of Agricultural Sciences 7: 179-184.

Paquine, R. and Lechasseur, P. (1979) Observation sur une methode dosage la libre dans les de plantes. Canadian Journal of Botany 57: 1851- 1854.

Sadeghipour, O. and Aghaei, P. (2012) Response of common bean to exogenous application of salicylic asid under water stress conditions. Environmental Biology 6: 1160-1168.

Shamsi, K. (2010) The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences 8: 1051- 1060.

Singh, S. H. (2007) Drought resistance in the race durango dry bean landraces and cultivars. Agricultural Journal 99: 1919-1225.

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and Ghasemi-Golezani, K. (2011) Physiological response of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.5.8]