نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دوازدهم، شماره ۴۸، زمستان ۱۳۹۶ / صفحات: ۳۴-۲۵

اثر پتاسیم بر عملکرد دانه و غلظت برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در شرایط تنش خشکی

سیدمرتضی زاهدی*، فرزاد رسولی، غلامرضا گوهری

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد پتاسیم بر عملکرد دانه، برخی صفات بیوشیمایی و غلظت عناصر غذایی مس، روی و منگنز در گیاه لوبیا چشم بلبلی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه، در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. در این آزمایش تیمارها شامل دو سطح آبیاری (نرمال یا ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و پتاسیم در پنج سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم) بود. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش شاخص‌های رشد و غلظت عناصر در گیاهان گردید اما در مقابل کاربرد سطوح مختلف پتاسیم با تعدیل اثرهای تنش خشکی منجر به افزایش وزن خشک بخش هوایی، عملکرد دانه و کربوهیدرات گشت. علاوه بر این کاربرد پتاسیم با غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر غذایی همچون روی، مس و منگنز در گیاهان تحت تنش خشکی شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، به نظر می‌رسد پتاسیم با کاهش اثرات سو تنش موجب بهبود شاخص‌های رشد گیاهان گردید. لذا با توجه به معضل کم آبی در کشور می‌توان کود سولفات پتاسیم را به‌عنوان راهکاری جهت کاهش اثرهای تنش خشکی در کشت لوبیا چشم بلبلی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بیوشیمایی، سطوح آبیاری، سولفات پتاسیم، شاخص رشدی، گیاه

مقدمه

لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) جزو تیره بقولات و زیر تیره پروانه‌آساها بوده و علاوه بر مصرف تغذیه‌ای برای انسان به عنوان علوفه برای دام نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Diouf, 2011). تحقیقات نشان داده است شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی، شوری و گرما اثرهای نامطلوبی را بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گذارند. در اکثر نقاط ایران بروز تنش خشکی در نتیجه کمبود بارندگی به‌ویژه در مراحلی که نیاز آبی گیاهان افزایش و پتانسیل تبخیر و تعرق بالا باشد باعث خسارت می‌شود. این تنش حتی در مناطق خشکی که آبیاری صورت می‌گیرد از طریق محدودیت در رشد، دستیابی به عملکرد مطلوب را دشوار می‌سازد (Souza et al., 2004).

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده ایجاد کننده خسارت بالا در گیاهان و به عنوان مهم‌ترین فاکتور محدود کننده رشد و تولید شناخته شده است (Farooq et al., 2008). دوره‌های طولانی مدت تنش

*نویسنده مسئول: s.m.zahedi@maragheh.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

خشکی منجر به کاهش شدید عملکرد لوبیا در نواحی خشک و نیمه خشک می‌شود. محققین معتقدند تنش خشکی با کاهش سطح برگ، انسداد روزنه‌ها، کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گاز کربنیک، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (Souza et al., 2004). رعایت تعادل بین عناصر غذایی یکی از عوامل مؤثر در افزایش تولید در شرایط تنش می‌باشد و عدم تعادل این عناصر رشد گیاه و در نهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پتاسیم باعث افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول می‌گردد و علاوه بر آن سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری و کم آبی می‌شود و کارایی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Amanullah et al., 2016). پتاسیم با وجود اینکه در ساختمان بافت‌ها شرکت ندارد اما نقش مهمی را در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک از قبیل فتوسنتز، انتقال مواد پرورده به مخازن، حفظ آماس، هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی و خنثی‌سازی یون‌های دارای بار منفی غیر قابل انتشار و قطبی نمودن غشا ایفا می‌کند (Wang et al., 2013). گیاهان پتاسیم را از محلول خاک جذب می‌کنند و این جذب به اندازه‌ای نیست که بتواند نیاز گیاه را در فصل رشد تامین کند لذا این کمبود باید با اضافه کردن کود تامین شود (Umar, 2006).

کاربرد کود سولفات پتاسیم در لوبیا سبز تاثیر مثبتی بر عملکرد نیام سبز و عملکرد دانه خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته دارد (Sharifi et al., 2013). همچنین تاثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است (Hussein et al., 2008). غلظت یون پتاسیم در داخل گیاه، عاملی برای کنترل عملکرد بوده و در عین حال خود نیز از شرایط فراهمی پتاسیم در خاک تأثیر می‌گیرد. این فراهمی تحت تأثیر میزان یون پتاسیم تبادلی و غلظت آن در محلول خاک و رطوبت خاک است (Wang et al., 2013). پتاسیم می‌تواند شیب اسمزی مناسبی بین گیاه، خاک و قسمت‌های مختلف بافت‌های آوندی به وجود آورد که پیامد آن جذب و هدایت بهتر آب برگ است. پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقای گیاهان تحت تنش محیطی بازی می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد؛ به‌طوری که در شرایط تنش، تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان به شدت تحریک می‌شود (Cakmak, 2002). بررسی‌ها نشان می‌دهد نیاز به پتاسیم بالا در شرایط تنش به نقش بازدارنگی پتاسیم در تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسید شدن NADPH مرتبط می‌باشد (Cakmak, 2005). این عنصر فعال کننده بسیاری از آنزیم‌های دخیل در تنفس و فتوسنتز می‌باشد و نقش مهمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها دارا می‌باشد (Fischer, 1971). پتاسیم تعادل آبی در گیاه را حفظ نموده و باعث استفاده بهینه از آب موجود می‌شود. کمبود این عنصر در گیاه باعث تجمع سرب، افزایش تنش آبی، کاهش میزان فتوسنتز و کیفیت محصول می‌شود (Ashley et al., 2006). حد بحرانی پتاسیم در خاک ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش گردیده است و در اراضی پایین‌تر از حد بحرانی این عنصر هم در شرایط تنش خشکی و هم عدم تنش قابل توصیه می‌باشد (Grant and Bailey, 1993).

منگنز به‌عنوان یک عامل، سبب فعال شدن آنزیم‌های متفاوتی می‌شود که بیشتر این آنزیم‌ها کاتالیزور واکنش‌های اکسید و احیاء، دکربوکسیلاسیون و هیدرولیز می‌باشد. منگنز در واکنش‌های اکسیداتیو و غیر اکسیداتیو کربوکسیلاسیون چرخه تری کربو کسیلیک اکسید نقش مهمی بر عهده دارد. منگنز به‌عنوان کوفاکتور، تعدادی از آنزیم‌های موجود در

Archive of SID

www.SID.ir

سلول‌های گیاهی را فعال می‌کند. این ویژگی به خصوص برای آنزیم‌های کربوکسیلازی و دهیدروژنازی موجود در چرخه اسید تری‌کربوکسیلیک، که به وسیله این کاتیون دو ظرفیتی فعال می‌شوند صادق است (Wang et al., 2005). مس نیز از جمله عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاهان بوده و در فرآیندهای ساخت پروتئین و کربوهیدرات نقش دارد. نقش عمده آن در گیاه، فعال نمودن آنزیم‌های دهیدروژنازی، اکسیدازی و آسکوربیک اسید اکسیداز می‌باشد. مس به مقدار کمی به وسیله گیاه جذب می‌شود (Yruela, 2005). از طرفی عنصر روی یکی از اصلی‌ترین عناصر ریزمغذی مورد نیاز اکثر گیاهان می‌باشد که برای رشد طبیعی و تولید مثل آنها ضروری بوده و در حال حاضر کمبود آن به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در رشد در خاک‌های آهکی، شور و خاک‌های سدیمی با pH بالا شناخته شده است (Alloway, 2004). همچنین کمبود روی باعث ایجاد سطوح بالایی از ROS در گیاهان و خسارت به آن‌ها می‌شود (Cakmak, 2002). عنصر روی نقش اساسی در وظایف چندین ترکیب حیاتی سلول مثل متابولیسم پروتئین و اکسین ایفا می‌کند. روی یک عنصر ضروری برای چندین واکنش بیوشیمیایی از جمله متابولیسم اکسین، تولید کلروفیل، فعال‌سازی آنزیم و یکپارچگی غشاء می‌باشد (Cakmak, 2008).

با توجه به وقوع خشکسالی‌ها و کمبود منابع آب در ایران و به ویژه در منطقه آذربایجان و اهمیت میزان مصرف عناصر شیمیایی و تاثیر آن بر عملکرد محصولات کشاورزی، این پژوهش با هدف بررسی سطوح مختلف پتاسیم بر غلظت برخی عناصر غذایی کم‌مصرف برگ و عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی برای به دست آوردن بهترین تیمار کودی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۵ به منظور بررسی اثر سطوح مختلف پتاسیم بر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف (منگنز، روی و مس) و برخی صفات بیوشیمیایی و مورفولوژی گیاه لوبیای چشم بلبلی تحت شرایط تنش خشکی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اول شامل دو سطح آبیاری (نرمال یا ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و عامل دوم پتاسیم در پنج سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. سطوح مختلف پتاسیم با افزودن مقادیر متفاوت کود سولفات پتاسیم به صورت محلول به خاک، تهیه شدند. برای اعمال تنش خشکی، رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین گردید که برابر با ۱۵ درصد بود از این رو جهت رساندن رطوبت خاک گلدان‌های پنج کیلوگرمی به رطوبت ظرفیت مزرعه، ۶۵۰ میلی‌لیتر آب به‌کار برده شد. این مقدار آب برای آبیاری شاهد مصرف شد و به منظور اعمال تنش ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه ۳۲۵ میلی‌لیتر آب مصرف شد. گلدان‌ها در هر مرحله آبیاری وزن گردید و با مصرف آب مقطر به وزن مورد نظر رسانده شدند. قبل از انجام آزمایش یک نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک مزرعه دانشکده کشاورزی تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ردیف	عمق (cm)	بافت	pH	EC (dS/m)	آهک	مواد آلی (٪)	N (٪)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
۱	۳۰-۰	لوم	۷/٤	۰/۹۵۳	٤٦/۱۸	۱/۲	۰/۰٦	۸/۰٤	۱٤٦	۹/۰۲	۰/۸۷	۰/۵۲	۱۲/۵

گلدان‌های پلاستکی با ۵ کیلوگرم از خاک مزرعه با مشخصات مذکور پر و برای جلوگیری از کمبود احتمالی، با توجه به نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی ضروری شامل نیتروژن، فسفر، روی، منگنز و مس به ترتیب به مقدار ۱۵۰ (از منبع اوره)، ٤۰ (از منبع منوکلسیم فسفات)، ۵، ۵ و ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، از نمک‌های سولفاتی روی، منگنز و مس به خاک تمامی گلدان‌ها اضافه شد. در هر گلدان ٦ عدد بذر لوبیا رقم مشهد کاشته شد و تیمارها اعمال گردید. پس از سبز شدن بذرها، بوته‌ها تنک شد. گیاهان در مرحله رسیدن دانه‌ها کف بر شدند و برای اندازه‌گیری‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری غلظت عناصر در بخش هوایی: به منظور اندازه گیری میزان عناصر موجود در بخش هوایی، پس از شستشو گیاه با آب مقطر و جداسازی دمبرگ‌ها نمونه‌های یک گرمی آسیاب شده از آن‌ها درون بوته‌های چینی قرار داده شدند. نمونه‌های گیاهی به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس کوره‌ی الکتریکی به خاکستر تبدیل و با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره گیری انجام شد (Rengel and Romheld, 2000). سپس غلظت مس، روی و منگنز در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer 3030) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ: جهت اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات از روش Paquin و Lechasseur (۱۹۷۹) استفاده گردید. به‌طوری که نمونه‌ها پس از ساییده شدن در اتانول ۹۵ و سانتریفوژ در دمای ٤ درجه سلسیوس نگه داری شد. سپس محلول آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون+ ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار گرفتند تا ماده رنگی حاصل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب آنها در طول موج ٦۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Cary, 100 Conc, United States) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های وزن خشک بخش هوایی و ریشه، عملکرد دانه در بوته توسط توزین با ترازو با دقت ۰/۱ گرم انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

تاثیر تنش خشکی، پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر غلظت برخی عناصر غذایی کم‌مصرف: اثر سطوح مختلف آبیاری (نرمال و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و سطوح مختلف پتاسیم بر غلظت عناصر مس، منگنز و روی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). از طرفی اثر متقابل پتاسیم و تنش خشکی بر عناصر منگنز و روی در سطح یک درصد و مس در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد کاربرد کود پتاسیم هم در شرایط نرمال و هم تنش

Archive of SID

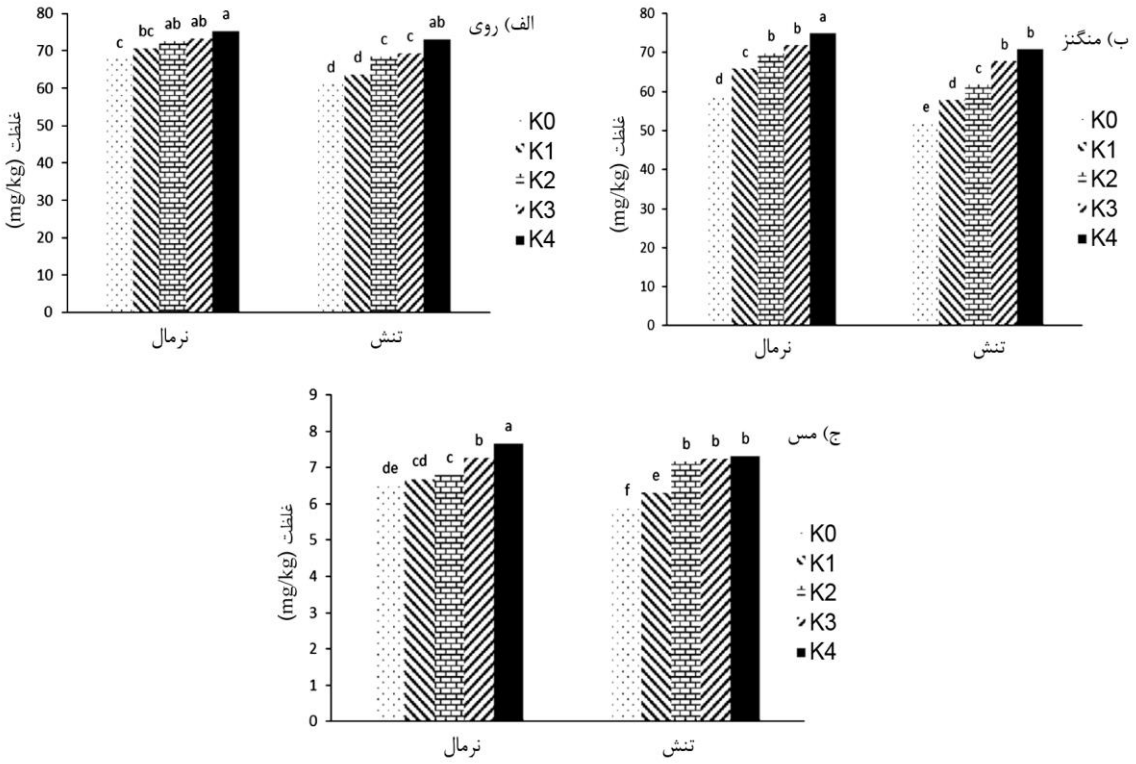
www.SID.ir

خشکی باعث بهبود غلظت عناصر مس، روی و منگنز در برگ گیاه لوبیا چشم بلبلی گردید. بالاترین غلظت عناصر روی، مس و منگنز در هر دو شرایط نرمال و تنش با استفاده از ۱۲۰ میلی‌گرم برکیلوگرم پتاسیم بدست آمد (شکل ۱).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر غلظت برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در برگ لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		مس	منگنز	روی
تنش خشکی	۱	۰/۳**	۲۹۷/۰٤**	۱۷۱/٤٥**
پتاسیم	٤	۱/٦۹**	۲۸۳/۲۰**	۸٦/۲٦**
پتاسیم × تنش خشکی	٤	۰/۲۱**	٦/۳۰**	٦/۰۲*
اشتباه آزمایشی	۲۰	۰/۰۲	۰/٤۰	۲/٦۱
ضریب تغییرات (%)	–	۸/۹۸	٦/۹۷	٥/۳۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل پتاسیم و تنش خشکی بر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف (الف-روی، ب-منگنز و ج- مس) در برگ لوبیا چشم بلبلی. K0- k4 به‌ترتیب مقادیر پتاسیم (صفر، ۳۰، ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم برکیلوگرم) می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

تاثیر تنش خشکی، پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر برخی صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی در لوبیا چشم بلبلی

وزن خشک بخش هوایی و ریشه: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح مختلف پتاسیم و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن خشک بخش هوایی داشت، اما بر وزن خشک ریشه معنی‌دار نبود. همچنین اثرهای متقابل پتاسیم و تنش خشکی بر وزن خشک بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما در وزن خشک ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان داد کاربرد کود پتاسیم هم در شرایط نرمال و هم تنش خشکی باعث بهبود وزن خشک بخش هوایی گردید و بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد و ۱۲۰ میلی‌گرم پتاسیم به دست آمد (جدول ٤).

جدول ۳: تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی، پتاسیم و برهمکنش آنها بر برخی صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی در لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	عملکرد دانه	کربوهیدرات
تنش خشکی	۱	٦/۷۹**	۰/۲۵ns	۵۰/۹٦**	۵۱۲/۵۳**
پتاسیم	٤	۱/٤٤**	۰/۰۲۷ns	۷۳/۰۵ **	۹۱/۷۰ **
پتاسیم×تنش خشکی	٤	۰/٦۷*	۰/۰۱۸ns	۱/۹۵ *	۱۹/۰۳ **
اشتباه آزمایشی	۲۰	۰/۰۸۵	۰/۰٤۱	۱/۰۷	۲/٦۷
ضریب تغییرات (%)	–	۵/۳۳	۱۷/۸٦	۸/۹۹	۳/۳۵

sn، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ٤: برهمکنش تنش خشکی و پتاسیم بر برخی صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی در لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	عملکرد دانه	کربوهیدرات
تنش خشکی	پتاسیم (mg/kg)	g	g	g/pot	mg/g(DW)
۱۰۰ درصد FC	۰	٤/۸۳ d	۱/۰۲a	۳۱/۱٦ d	٤۷/۳۳ de
	۳۰	٤/۸٦ d	۱/۲۱a	۳٤/۱٦ c	۵۰/۰۰ cd
	٦۰	٤/۹۹ cd	۱/۲۳a	۳٦/۱۵ b	۵۵/۳۳ ab
	۹۰	۵/۱٦ cd	۱/۳۲a	۳۸/۱٦ a	۵۸/۰۰ a
	۱۲۰	۷/۱۱ a	۱/۳۲a	۳۹/۱٦ a	۵٤/۰۰ b
۵۰ درصد FC	۰	٤/۹۳ cd	۱/۰۲a	۲۸/۹۵ e	٤۰/۳۳ g
	۳۰	۵/٤۷ c	۱/۰٤a	۲۹/۹۵ ed	٤۱/٦۷ fg
	٦۰	۵/۱۹ cd	۱/۰۳a	۳۲/۹۵ b	٤۳/۳۳ f
	۹۰	٦/۰۳ b	۱/۰۵a	۳۵/۹۵ c	٤۷/۰۰ e
	۱۲۰	٦/۲۵ b	۱/۰٤a	۳۷/۹۵ a	۵۱/۰۰ c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد دانه: بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد سطوح مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال

Archive of SID
www.SID.ir

یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تنش باعث کاهش عملکرد دانه نسبت به شرایط نرمال در گیاه لوبیا چشم بلبلی می‌شود (جدول ٤). برهمکنش پتاسیم و تنش خشکی بر عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین عملکرد دانه در تیمار شاهد و در بالاترین میزان پتاسیم مصرفی (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد (جدول ٤).

کربوهیدارت ها: سطوح مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت کربوهیدرات برگ داشت. استفاده از پتاسیم در مقایسه با شاهد منجر به افزایش میزان کربوهیدرات گردید. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر غلظت کربوهیدرات برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). برهمکنش پتاسیم و تنش خشکی بر غلظت کربوهیدرات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ به طوری که استفاده از میزان بالای پتاسیم در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش میزان کربوهیدرات گردید (جدول ٤).

بحث

در پژوهش حاضر کاربرد پتاسیم در شرایط تنش خشکی باعث بهبود غلظت عناصر مس، روی و منگنز گردید. بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف پتاسیم در گیاه گلرنگ تحت شرایط خشکی (Azizabadi et al., 2014) و در برگ گیاه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف شوری باعث افزایش میزان غلظت عناصر میکرو (روی، مس و منگنز) می‌شود (Hussein et al., 2008). عوامل زیادی در قابلیت جذب عناصر از جمله روی و مس توسط گیاهان دخالت دارند که شامل عوامل خاکی مختلف از جمله واکنش خاک و درصد رطوبت خاک و عوامل گیاهی از جمله ویژگی‌های ریشه گیاه مانند سرعت جذب عنصر توسط ریشه، طول کل ریشه و سطح جذب ریشه می‌باشد (Cakmak, 2008). شواهد موجود نشان می‌دهد جذب منگنز عمدتاً فعال و از طریق فعالیت‌های متابولیکی گیاه کنترل می‌گردد و در ارتباط با میزان رطوبت خاک و غلظت سایر عناصر موجود در خاک می‌باشد، ولی با این حال در غلظت‌های زیاد این عناصر در خاک ممکن است به صورت غیرفعال هم توسط گیاه جذب گردد (Kabata-Pendias, 2010).

نتایج نشان داد کاربرد پتاسیم باعث افزایش میزان وزن خشک می‌گردد. پتاسیم با تاثیر مثبت در افزایش ارتفاع و سطح برگ باعث افزایش رشد و وزن گیاه می‌شود (Motesharezadeh et al., 2015). پتاسیم با اینکه در ساختمان هیچکدام از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندها شرکت ندارد، اما به عنوان مهمترین فعال کننده آنزیم‌های احیا کننده گازکربنیک نقش ایفا می‌کند به همین دلیل کمبود آن باعث کاهش سوخت وساز گیاه شده و در نتیجه منجر به کاهش رشد می‌شود. یون پتاسیم در تجمع ماده خشک در گونه‌های حساس به خشکی اهمیت دارد این افزایش تجمع ماده خشک باعث بهبود تحمل گیاه به شرایط تنش می‌شود (Sangakkara et al., 2001). مطالعات نشان می‌دهد وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند در گیاه سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آبی و افزایش ساخت ترکیبات آلی شود که در نتیجه وزن تر و خشک بیشتر می‌شود (Hussein et al., 2008). تنش کم آبی، مقدار آب موجود در سلول یا بافت گیاه را کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد از آنجا که با کاهش غلظت رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم همراه با کاهش آماس سلولی اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهش شدیدی پیدا خواهد کرد که باعث

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش رشد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (Blum, 2005).

نتایج نشان داد عملکرد دانه تحت تنش خشکی کاهش یافت و استفاده از کود پتاسیم منجر به افزایش عملکرد گشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در لوبیا باعث افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف و تعداد غلاف‌ها و عملکرد دانه می‌شود (Mansourian and Shokoohfar, 2015). بررسی اثر دور آبیاری در مراحل رویشی، اوایل گلدهی و اوایل پر شدن غلاف در لوبیا نشان می‌دهد تنش خشکی موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۵ درصد در مرحله رویشی، ۳۹ درصد در مرحله اوایل گلدهی و ۵۹ درصد در مرحله پر شدن غلاف نسبت به شاهد می‌شود (Thomas et al., 2003). افزایش بذرها در شرایط تنش با کاربرد سولفات پتاسیم می‌تواند بخاطر نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال سریع آن به غلاف‌های تشکیل شده باشد (Marschner, 1995).

تنش خشکی احتمالاً با ریزش زودرس برگ‌ها و کاهش فتوسنتز باعث کاهش انتقال مواد به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. همچنین افزایش سقط گل‌ها و دانه‌های تازه تشکیل شده در غلاف تحت شرایط تنش نیز می‌تواند عاملی برای کاهش عملکرد باشد. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیر بر فرآیندهای رشدی در طی دوره‌ی رشد و نمو مقدار عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد و شدت تأثیر آن، بسته به زمان وقوع تنش خشکی و شدت تنش متفاوت می‌باشد (Soltani et al., 2006). تعدیل اثرهای منفی خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از طریق حفظ فشار آماس، کاهش تعریق و افزایش کارایی مصرف آب به‌واسطه مصرف پتاسیم صورت می‌گیرد (Umar, 2006).

کربوهیدرات: افزایش میزان کربوهیدرات با کاربرد کود سولفات پتاسیم در تحقیقات مختلف گزارش شده است (Heidari and Jamshidi, 2011). از طرفی مصرف پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی (Ghasemyan Ardestani et al., 2011) و شوری (Heidari and Jamshidi, 2011) منجر به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ می‌شود که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی بیشتر و تولید نشاسته و کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین در نقل و انتقال قندها، مواد فتوسنتزی، بیوسنتز سلولز و سنتز نشاسته در گیاه نقش دارد و باعث افزایش میزان کربوهیدرات از این طریق در گیاه می‌شود. وجود پتاسیم کافی با توجه به نقشی که در حفظ پتانسیل آبی گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب دارد، در شرایط تنش آبی، سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی می‌گردد (Sharifi et al., 2013). همچنین کاربرد سطوح مختلف آب در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه نخود نشان داد با کاهش رطوبت خاک مقدار کربوهیدرات‌های محلول افزایش می‌یابد (Saman et al., 2011). تنش خشکی باعث افزایش میزان قندهای محلول در گیاه لوبیای قرمز نسبت به شرایط نرمال می‌گردد (Zadeh Bagheri et al., 2014). تجمع قندهای محلول نظیر ساکارز، گلوکز و فرکتوز با مقاومت به خشکی در گیاهان ارتباط بسیار نزدیکی دارد. افزایش غلظت این ترکیبات در شرایط تنش، با کاهش پتانسیل اسمزی سلول امکان جذب آب و ادامه فرایندهای فیزیولوژیک گیاه را فراهم می‌کند. از سوی دیگر قندهای محلول از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی با دنباله‌های قطبی پلی پپتیدها و گروه‌های فسفات فسفولیپید از پروتئین‌ها و غشاهای سلولی محافظت می‌کند (Kabata-Pendias, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری نهایی

براساس نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد اگرچه تنش خشکی منجر به کاهش غلظت عناصر میکرو (روی، مس و منگنز)، عملکرد دانه و وزن خشک گیاه لوبیا چشم بلبلی می‌شود اما کاربرد سولفات پتاسیم علاوه بر افزایش جذب مقادیر عناصر میکرو، باعث افزایش عملکرد و وزن خشک گیاه گردید که نشان می‌دهد کاربرد این کود می‌تواند تحمل گیاه را در برابر تنش خشکی افزایش دهد. با توجه به خشکسالی و فقر غذایی خاک‌های استان به ویژه از نظر عناصر کم مصرف، اجرای این آزمایش در چندین سال و با غلظت‌های مختلف عناصر کم مصرف در شرایط مختلف تنش و در شرایط مزرعه نیز توصیه می‌شود.

References

Alloway, B.J. (2004). Zinc in Soils and Crop Nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium.

Amanullah, S., Iqbal, A., Irfanullah, M., Irfanullah, M. and Hidayat, Z. (2016). Potassium management for improving growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) under moisture stress condition. Scientific Reports. 6: 34627.

Ashley, M.K., Grant, M. and Grabov, A. (2006). Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. Journal of Experimental Botany. 57 (2): 425-436.

Azizabadi, E., Golchin, A. and Delavar, M.A. (2014). Effect of potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 5(3): 65-80. (In Persian).

Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. Australian Journal of Agriculture. 56: 1159-1168.

Cakmak, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant Soil. 247(1): 3-24.

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition. 168: 521-530.

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil. 302(1): 1-17.

Diouf, D. (2011). Recent advances in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] omics research for genetic improvement. African Journal of Biotechnology. 10(15): 2803-2810.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2008). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development. 10:1051-1059.

Fischer, R.A. (1971). Role of potassium in stomatal opening in the leaf of vicia faba. Plant Physiology. 47(4): 555–558.

Ghasemyan Ardestani, H., Shirani Rad, A.H. and Zandi, P. (2011). Effect of drought stress on some agronomic traits of two rapeseed varieties grown under different potassium rates. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 5(12): 2875-2882.

Grant, C.A. and Bailey, L.D. (1993). Fertility management Canada production. Canadian of plant Science. 81:543-547.

Heidari, M. and Jamshidi, P. (2011). Effects of salinity and potassium application on antioxidant enzyme activities and physiological parameters in pearl millet. Agricultural Sciences in China. 10(2): 228-237.

Hussein, M.M., Shaaban, M.M. and El-Saady, A.K.M. (2008). Response of cowpea plants grown under salinity stress to pk foliar applications. American Journal of Plant Physiology. 3(2): 81- 88.

Jianwei, L., Zou, J. and Chen, F. (2007). Effect of phosphorus and potassium application on rapeseed yield and nutrients use efficiency. Proceedings of the 12th

Archive of SID

www.SID.ir

International Rapeseed Congress. Wuhan, China. pp: 202-205.

Kabata-Pendias, A. (2010). Trace elements in soils and plants.CRC press, New York. P.548.

Mansourian, S. and Shokoohfar, A. (2015). Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Ahvaz condition. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. 5 (1): 26-32.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. In: Marschner H: Function of mineral nutrients: Microelements. 2nd Ed, Academic Press Inc. London.

Motesharezadeh, B., Vatanara, F. and Savaghebi, G.R. (2015). Effect of potassium and zinc on some responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Iranian Journal of Soil Research. 29(3): 243-258. (In Persian).

Paquin, R. and Lechasseur, P. (1979). Observations sur une methode de dosage de la praline libre dansles extraits de plants. Canadian Journal of Botany. 57: 1851-1854.

Rengel, Z. and Romheld, V. (2000). Root exudation and Fe uptake and transport in wheat genotypes differing in tolerance to Zn deficiency. Plant and Soil. 222: 25-34.

Saman, M., Sepehri, A. and Ahmadvand, G. (2011). Dry matter accumulation and compatile metabolites prouduction of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under different soil moisture. Iranian Journal of Biology. 24 (3):373-389. (In Persian).

Sangakkara, U.R., Frehner, M. and Nosberger, J. (2001). Influence of soil moisture and fertilizer potassium on the vegetative growth of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Journal of Agronomy and Crop Science. 186: 73- 81.

Sharifi, P., Karbalavi, N. and Aminpanah, H. (2013). Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. Electronic Jornal of Crop Production. (4): 137-149.

Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J. and Zeinali, E. (2006). Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Research. 99(1): 1-13.

Souza, R.P., Machado, E.C., Silva, J.A.B., Lagôa, A.M.A. and Silveira, J.A.G. (2004). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany. 51 (1):45–56.

Thomas, M.J., Fukai, S. and Peoples, M.B. (2003). The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. Field Crops Research. 86: 67- 80.

Umar, S. (2006). Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Pakistan Journal of Botany. 38: 1373-1380.

Wang, F.Z., Wang, Q.B., Kwon, S.Y., Kwak, S.S. and Su, W.A. (2005). Enhanced drought tolerance of transgenic rice plants expressing a pea manganese superoxide dismutase. Journal of Plant Physiology. 162(4): 465–472.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. (2013). The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. International Journal of Molecular Sciences. 14(4): 7370–7390.

Yruela, I. (2005). Copper in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. 17(1): 145-156.

Zadeh Bagheri, M., Javanmardi, Sh., Alozadeh, O. and Kamelmanesh, M.M. (2014). Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Plant ecophysiology. 6(18): 1-11. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir