بررسی تاثیر پرایمینگ اکسین و جیبرلیک اسید بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری

Priming effect of auxin and gibberellic acid on some quantitative and qualitative characteristics bean plant *(Phaseolus vulgaris L.)* under salt stress

مجتبی عاقبت‌بخیر گلفرانی*[۱]، فرشاد قوشچی[۲]، میثم اویسی[۲]

۱- دانش آموخته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین – پیشوا، ورامین – ایران.
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین – پیشوا، ورامین – ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: mojtaba_mja69@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر پرایمینگ اکسین و جیبرلیک اسید بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری طرحی در آزمایشگاه خاک شناسی- فیزیولوژی و گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. طرح مورد نظر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و ۴۸ تیمار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل اعمال هورمون (عدم کاربرد هورمون، ۵۰ ppm اکسین، ۵۰ ppm جیبرلیک اسید، ۲۵ ppm اکسین به‌همراه ۲۵ ppm جیبرلیک اسید) و تنش شوری با غلظت‌های (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار NaCl) بود. در گلخانه بهترین تیمار مربوط به اثر متقابل محلول-پاشی ۲۵ ppm اکسین به‌همراه ۲۵ ppm جیبرلیک اسید در شرایط عدم تنش شوری بود، به‌طوری‌که در این شرایط حداکثر عملکرد دانه با ۳۲۵ گرم در مترمربع به‌دست آمد و از طرفی حداقل عملکرد دانه مربوط به‌تیمار عدم کاربرد هورمون با تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl بود، که به‌میزان ۱۱۳ گرم در مترمربع حاصل شد. بیش‌ترین پرولین برگ به‌میزان ۶۰/۷ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ در تیمار ۹۰ میلی‌مولار NaCl به‌همراه عدم محلول‌پاشی و کم-ترین میزان پرولین برگ ۲۵/۵ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ مربوط به کاربرد ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین در شرایط عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌دست آمد. بیش‌ترین محتوای آب نسبی به‌میزان ۶۲/۷ درصد در تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌همراه ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین و کم‌ترین محتوای آب ۳۷/۹ درصد مربوط به‌عدم کاربرد محلول‌پاشی هورمون در شرایط حداکثر شوری یعنی ۹۰ میلی‌مولار حاصل شد. همچنین اثرات ساده و متقابل تنش شوری و هورمون‌های مورد پرایمینگ در سطح یک و پنج درصد بر صفات عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی، پرولین و هدایت الکتریکی معنی‌دار گردید. در این آزمایش مشخص گردید که با افزایش تنش شوری صفاتی مانند عملکرد دانه، کلروفیل کل و محتوای آب نسبی کاهش پیدا کرد از طرفی اعمال محلول‌پاشی هورمون تا حدی سبب متحمل شدن گیاه لوبیا قرمز تحت شرایط تنش شوری گردید.

واژگان کلیدی: لوبیا قرمز، پرایمینگ، اکسین، جیبرلیک اسید، تنش شوری

مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه که دو سوم کل جمعیت دنیا در آن نقاط زندگی می‌کنند با مشکل سوء تغذیه مواجه‌اند. در این کشورها غذای اصلی اغلب حاوی نشاسته است و فاقد پروتئین کافی می‌باشد. کمبود پروتئین در تغذیه میلیون‌ها نفر انسان در کشورهای رشد نیافته یکی از مشکلات حاد است. پروتئین یکی از مواد غدایی عمده در تغذیه انسان محسوب می‌شود و از دو منبع گیاهی و حیوانی قابل تأمین است. میزان پروتئین در منابع گیاهی بیش‌تر از منابع حیوانی است اما ارزش کمتری نسبت به آن دارا است (باقری، ۱۳۸۰).

حبوبات دانه‌های خشک خوراکی هستند که به خانواده بقولات تعلق دارند. بذور رسیده و خشک حبوبات دارای ارزش غدایی زیاد و قابلیت نگهداری خوبی هستند و یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین (۸ تا ۳۲ درصد) می‌باشند. طبق مطالعات انجام شده ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می‌تواند سوء تغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف سازد. از طرف دیگر با توجه به توانایی تثبیت ازت در این گیاهان، قراردادن آنها در تناوب به پایداری سیستم های زراعی کمک می‌کند (ترابی جفرودی و همکاران، ۱۳۸۴). حبوبات پس از غلات، مهم‌ترین منبع غذایی بشر هستند و لوبیا، مهم‌ترین حبوبات جهان محسوب می‌شود (Dorri, 2008). در بین حبوبات، سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیر کشت به ترتیب مقام اول تا سوم را دارا می‌باشند. به‌طور کلی کشورهای هند، روسیه، چین، برزیل، ترکیه، مکزیک، آمریکا، کانادا، استرالیا، فرانسه، نیجریه، اتیوپی و ایران جزو کشورهای اصلی و پنج کشور کانادا، استرالیا، آمریکا، چین و میانمار جزو عمده‌ترین کشورهای صادرکننده حبوبات در جهان به‌شمار می‌روند. سطح زیرکشت حبوبات بر اساس اطلاعات فائو (Fao, 2004) بالغ بر۷۱/۵ میلیون هکتار است. لوبیا مهم‌ترین عضو خانواده حبوبات به شمار می‌آید و به دلیل درصد بالای پروتئین و سایر خصوصیات مطلوب زراعی بیش‌ترین سطح زیر کشت را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است. با شناخت خصوصیات مورفولوژیک گیاه می‌توان الگوی رشد، توزیع برگ‌ها، شاخه‌ها، جذب نور و میزان فتوسنتز را کنترل کرده و در نتیجه مدل‌سازی خصوصیات گیاهی و پیش بینی عملکرد میسر می‌شود (ترابی جفرودی و همکاران، ۱۳۸۴). لوبیا گیاهی است حساس به شوری و واکنش‌های اولیهٔ این گیاه در مواجهه با شوری، کاهش رشد به‌ویژه سطح برگ و سوختگی حاشیه‌های برگ است (Dorri, 2008). شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی از مهم ترین عوامل تاثیر در شرایط تنش شوری می‌باشند (Rajabi & postini, 2005). این مرحله از رشد به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (Soltani *et al*., 2006). پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذور پیش از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه زنی را به‌دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر تیمارشده و گیاه حاصل از آن گردد به‌طوری‌که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد. پرایمینگ بذر یکی از روش‌های فیزیولوژیکی به حساب می‌آید که سبب تسریع فرآیند جوانه‌زنی بذرها می‌شود. بنا به تعریف، پرایمینگ به تیمار بذر قبل از کشت اطلاق می‌شود که به‌وسیله آن بذر مراحل جوانه‌زنی را طی می‌کند ولی به دلیل پایین بودن میزان آب جذب شده خروج ریشه چه صورت نمی‌گیرد (Nascimento and Aragao, 2004). پرایمینگ می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیک متعددی در بذر پرایم شده و گیاهان حاصل از آن گردد. این اثرات مثبت شامل افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، بهبود شرایط رشد گیاه، تسریع در تاریخ رسیدگی، استقرار اولیه گیاهچه و افزایش کمی- کیفی محصول است (Ashraf and foolad, 2005). هورمون‌های گیاهی از عوامل موثر بر فعالیت‌های مختلف رشد، نمو و خواب بذر هستند. آبسزیک اسید و جیبرلین در بیولوژی جوانه‌زنی بذر تاثیر آنتاگونیستی دارند و اثر تنظیمی مختلفی را در فرایندهای مختلف نشان می‌دهند. تعداد زیادی از مطالعات اخیر نقش اسید آبسزیک و جیبرلین‌ها را در کنترل جوانه‌زنی گزارش کرده‌اند (Kermode, 2005., Finkelstein, 2008).

۱۲۵ نوع جیبرلین مختلف در گیاهان عالی و یا قارچ‌های تولید کننده شناخته شده است که تنها تعداد

کمی از آنها دارای فعالیت زیستی می‌باشند. نتایج تحقیقات نشان داد که فعالیت آنزیم سیتوپلاسمی ساکارز فسفات سنتاز (SPS) که یک آنزیم کلیدی تنظیم کننده ساکارز در برگ است، توسط کاربرد برگی GA_3, GA_4,GA_7 در سویا تحریک شده است (پازکی و همکاران، ۱۳۹۱).

غنی‌ترین محل از نظر جیبرلین در گیاهان، میوه‌ها، دانه‌ها، جوانه‌ها، برگ‌های جوان و نوک ریشه‌هاست. هر چند که ریشه‌ها یکی از منابع غنی جیبرلین در گیاه هستند ولی این هورمون‌ها از نظر تشدید رشد ریشه اثری ندارند و از ریشه به سایر اندام‌های گیاه منتقل می‌شوند. در گیاهانی که از نظر ژنتیکی پا کوتاه هستند و بیوسنتز جیبرلین در آن‌ها کمتر از معمول است می‌توان با افزودن جیبرلین خارجی رشد آن‌ها را افزایش داد (زارع و همکاران، ۱۳۸۵).

اکسین‌ها اولین گروه هورمون گیاهی هستند که کشف شدند و مورد استفاده قرار گرفت. ماهیت هورمونی آنها به طور روشن در آزمایشی که برای اولین بار توسط وانت در سال ۱۹۲۸ انجام گرفت در کولئوپتیل یولاف از گیاهان تیره غلات نشان داده شد و در غلظت کمتر از ۱۰×۱مولار می‌توان به‌کار . طبیعی‌ترین ترکیبی که در گیاهان شاخته شده است، اسید ایندول -۳- استیک (IAA) می‌باشد که احتمالاً در گیاهان از اسید آمینه تریپتوفان ساخته می‌شود. مراکز عمده ساخته‌شدن آکسین بافت‌های مریستمی انتهایی از قبیل جوانه‌های در حال بازشدن، برگ‌های جوان، نوک ریشه، گل‌ها یا گل آذین روی ساقه گل‌دار می‌باشد و نحوه انتقال آکسین در اندام‌های جوان از بالا به پایین و در اندام‌های پارانشیمی در داخل آوندهای آبکشی انجام می‌گیرد و در ریشه هم از نوک ریشه به سمت بالای ریشه صورت می‌گیرد. قابل ذکر است به‌کار بردن غلظت‌های نسبتاً زیاد آکسین‌ها همچنین منجر به نقایصی در گیاهان از قبیل تغییر شکل برگ، ساقه و ریشه، رنگ پریدگی برگ‌ها جلوگیری از طویل شدن ریشه-ها یا بازشدن گل‌ها و ایجاد ورم و آماس می‌شود (لسانی و مجتهدی، ۱۳۸۴). حدود ۹۳۰ میلیون هکتار (۷٪) از زمین‌های دنیا تحت تاثیر شوری می‌باشد و حدود ۵۰ درصد از اراضی کشاورزی ایران به نوعی تحت شوری قرار دارند. پاسخ گیاهان به شوری متفاوت است. برخی در بوته، کاهش وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، کاهش ارتفاع بوته(نسبت ریشه به ساقه)، کاهش سطح فعال ریشه در حجم خاک می‌باشد. گیاهان راه‌کارهای مختلف بیوشیمیایی که منجر به بهبود تحمل به شوری می‌شود به صورت افزایش و هم‌زمان عمل می‌کنند. تجمع و خروج انتخابی یون‌ها، کنترل جذب یون‌ها از ریشه و انتقال آن به برگ‌ها، جایگزینی ویژه یون‌ها در سلول و کل گیاه، سنتز مواد سازگار، تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشایی، تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدان و تولید هورمون‌های گیاهی از جمله راه‌کارهای سازگاری به شوری می‌باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه این عوامل ایجاد می شود (Khan *et al*., 2009).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر پرایمینگ اکسین و جیبرلیک اسید در غلظت‌های مختلف بر روی برخی صفات کمی و کیفی لوبیا قرمز در شرایط تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا اجرا شد. این طرح به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی، در سه تکرار اعمال شد. گلدان‌های مورد استفاده در این طرح دارای گنجایش هفت کیلوگرم خاک می‌باشد. در هر گلدان شش بذر کاشته شد. بعد از جوانه‌زنی بذور، آبیاری گیاه با توجه به غلظت‌های شوری، آغاز شد. بعد از رسیدن گیاه به مرحله شش برگی محلول‌پاشی هورمون‌ها انجام شد. سطوح تنش شوری:S_1: شاهد، S_2: ۳۰ میلی‌مولار NaCl، S_3: ۶۰ میلی‌مولار NaCl، S_4: ۹۰ میلی‌مولار NaCl. سطوح محلول‌پاشی: P_1: عدم کاربرد محلول‌پاشی، P_2: ۵۰ ppm اکسین، P_3: ۵۰ ppm جیبرلیک اسید، P4: ۲۵ ppm اکسین به همراه ۲۵ ppm جیبرلیک اسید. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، کلیه گیاه‌های روئیده شده در یک گلدان در زمان رسیدگی کامل برداشت شد. سپس دانه‌های گیاه های برداشت شده استخراج و توزین گردید و با تبدیل مترمربع به هکتار، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. جهت محاسبه محتوی آب نسبی (RWC)، سه برگ

انتهایی در مرحله هشت برگی از هر گلدان انتخاب و داخل کیسه پلاستیکی قرار می‌گیرد. ابتدا وزن اولیه برگ‌ها اندازه‌گیری و بعد در داخل ظرف حاوی آب مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار می‌گیرد. سپس برگ‌ها را بیرون آورده و با کاغذ صافی خشک کرده و وزن آماس یافته تعیین و سپس وزن خشک اندازه‌گیری می‌شود (Gupta and Varshney, 2000).

وزن خشک برگ- وزن اشباع / وزن خشک برگ- وزن تازه برگ = محتوای رطوبت نسبی

جهت اندازه‌گیری میزان پرولین برگ ۰/۵ گرم از برگ را در داخل ۵ میلی‌لیتر اتانول ۰/۹۵ له شده قرار داده قسمت بالای محلول جدا می‌شود و رسوبات آن دوباره با اتانول ۷۰٪ شستشو می‌شود و سمت رویی آن‌ها به قسمت رویی قبلی اضافه می‌گردد. محلول به دست آمده در ۳۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ می‌شود. قسمت بالای محلول جمع‌آوری و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا تعیین پرولین آزاد نگهداری می‌شود. یک میلی‌لیتر از عصاره را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کردهو پس از برهم زدن ۵۰ میلی‌لیتر، معرف نین هیدرین (۱۲۵ میلی‌گرم نین هیدرین + ۲ میلی‌گرم اسید فسفریک ۶ مولار + ۳ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسال) و ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسال به آن اضافه می‌شود. مخلوط حاصل را پس از برهم زدن به مدت ۴۵ دقیقه روی حمام جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) گرم شده و پس از خنک شدن، روی آن ۱۵-۵ میلی‌لیتر بنزن اضافه کرده و به‌شدت تکان داده و بعد از ۲۵ تا ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به حالت ساکن نگهداری می‌شوند. شدت جذب با اسپکتوفتومتر با طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت می‌شود. منحنی استاندارد با غلظت‌های ۰/۴-۰ میکروگرم پرولین بر گرم تهیه می‌شود (Irigoyen *et al.*, 1993). به‌منظور محاسبه هدایت الکتریکی، در مدت جذب آب، مواد محلول سیتوپلاسمی بذوری که ساختمان غشای آن‌ها ناپایدار است به محیط بیرون تراوش می‌کند. میزان این انتقال را می‌توان به‌وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر در مرحله هشت برگی صورت گرفت.کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شد و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول زیر نشان داده شده است.

براساس جدول تجزیه واریانس اثرات ساده تنش شوری و محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها بر صفات مختلف در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول یک).

جدول ۱- تجزیه واریانس سطوح تنش شوری و محلول‌پاشی هورمون‌ها

Table 1. Analysis of variance of salinity and foliar application hormones

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی d.f	کلروفیل کل SPAD(value)	محتوای آب نسبی RWC	عملکرد دانه GP	پرولین برگ PL	هدایت الکتریکی EC
P	محلول پاشی	3	15.31*	22.32*	1356591.4*	781.05**	41811.4*
S	تنش شوری	3	38.25**	112.41**	1431567.1**	1653.77**	55001.7**
S*P	هورمون * شوری	9	25.31*	381.41*	125171.5*	39.85**	91191.5**
E	خطای آزمایش	48	8.58	65.30	3281.5	8.15	18551.9
CV	ضریب تغییرات(٪)	--	5.52	13.21	7.25	3.81	10.51

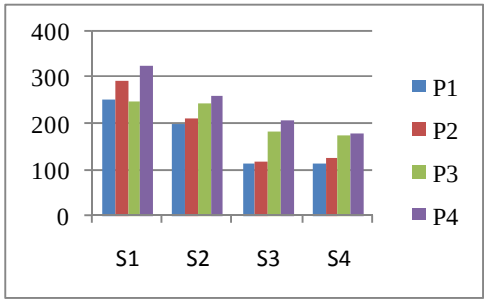
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

عملکرد دانه

بیش‌ترین عملکرد دانه به‌میزان ۳۲۵ گرم در متر مربع در تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌همراه ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین و کم‌ترین میزان عملکرد دانه ۱۱۳ گرم در مترمربع مربوط به عدم کاربرد محلول‌پاشی هورمون

به‌همراه حداکثر شوری یعنی ۹۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل یک). در شرایط محلول‌پاشی توأم اکسین و جیبرلین به‌همراه عدم تنش شوری، عملکرد دانه ۶۵/۲ درصد نسبت به عدم کاربرد محلول‌پاشی هورمون به‌همراه اعمال تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl افزایش یافت. تنش شوری در هر مرحله از رشد و نمو گیاه می‌تواند عملکرد بذر را کاهش دهد اما میزان کاهش عملکرد، به‌واسطه تنش در مرحله نمو گیاه تفاوت می‌کند (Bilderium and Gowuns, 2006). تنش شوری در زمان پر شدن دانه‌ها باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد. بنابراین نیاز مقصد برای پر کردن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می‌گردد. در نتیجه این امر، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به‌منظور پر کردن دانه‌ها اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. افزایش توان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه از ساقه به منظور پر شدن دانه یک صفت اصلاحی مهم در شرایط تنش شوری و خشکی است. همچنین در شرایط تنش سهم انتقال مجدد افزایش می‌یابد (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰).



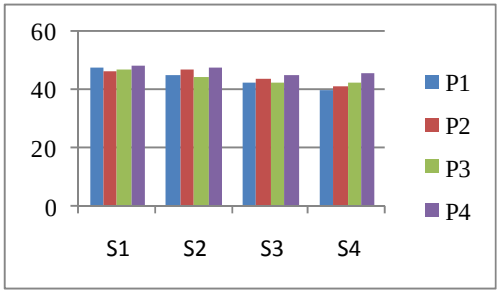
شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی هورمون‌ها بر عملکرد دانه

Fig. 1. The interaction stress and hormones foliar application on grain yield

کلروفیل کل

بیش‌ترین کلروفیل کل به‌میزان ۴۸/۲ واحد دستگاه SPAD در تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌همراه ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین و کم‌ترین میزان کلروفیل کل ۴۰/۱ واحد دستگاه SPAD مربوط به عدم کاربرد محلول‌پاشی هورمون به‌همراه حداکثر شوری یعنی ۹۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل دو).

در تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl، اعمال ۲۵ ppm اکسین با ۲۵ ppm جیبرلین نسبت به‌عدم محلول‌پاشی هورمون موجب افزایش کلروفیل کل به میزان ۱۲/۴ درصد می‌گردد. هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ کاهش می‌یابد (Viera Santos, 2004).

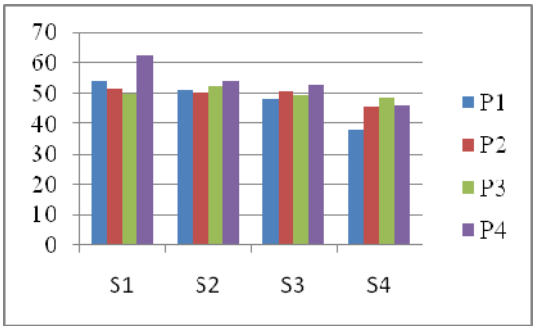


شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی هورمون‌ها بر کلروفیل کل

Fig 2. The interaction salinity and Total chlorophyll hormone foliar application

محتوی آب نسبی برگ (RWC)

بیش‌ترین محتوای آب نسبی به میزان ۶۲/۷ درصد در تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌همراه ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین و کم‌ترین محتوای آب ۳۷/۹ درصد مربوط به‌عدم کاربرد محلول‌پاشی هورمون به‌همراه حداکثر شوری یعنی ۹۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل سه). در شرایط کاربرد محلول‌پاشی هورمون‌ها و عدم تنش شوری محتوای آب نسبی ۳۹/۵ درصد نسبت به عدم کاربرد محلول پاشی هورمون و اعمال تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl افزایش یافت. توران و همکاران (Turan *et al.*, 2009) در مطالعه‌ای بر اثر سطوح مختلف تنش بر محتوای رطوبت نسبی برگ برخی ارقام جو و گندم گزارش کردند که اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف تنش شوری به لحاظ محتوای رطوبت نسبی آب برگ در ارقام جو و گندم مشاهده شد و در برخی از ارقام جو، با اعمال تنش متوسط آبیاری (محتوای رطوبت نسبی خاک معادل ۳۰٪) کاهش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ، مشاهده شد در حالی که در برخی دیگر از ارقام این کاهش تنها تحت تیمار تنش شدید (رطوبت نسبی خاک معادل ۱۲٪) معنی‌دار بود.

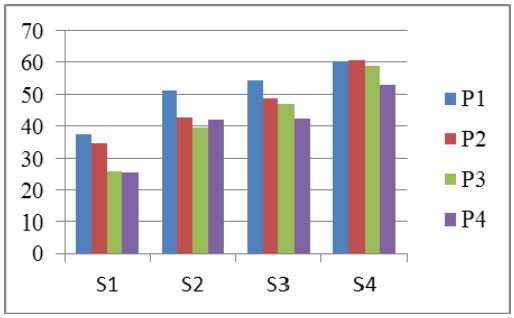


شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری و محلول پاشی هورمون‌ها بر محتوای آب نسبی

Fig 3. interaction stress and hormones foliar application on RWC

پرولین برگ

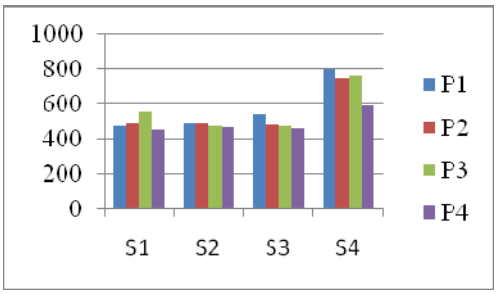
بیش‌ترین میزان پرولین برگ به‌میزان ۶۰/۷ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ در تیمار ۹۰ میلی‌مولار NaCl به‌همراه عدم محلول‌پاشی و کم‌ترین میزان پرولین برگ ۲۵/۵ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ مربوط به‌کاربرد ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین به‌همراه تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌دست آمد (شکل چهار). محلول‌پاشی ۲۵ ppm اکسین به‌همراه ۲۵ ppm جیبرلین، تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شوری عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) موجب افزایش پرولین به‌میزان ۵۲ درصد می‌گردد. در گیاهان متحمل به شوری تا ۳۰۰ برابر ظرفیت سلول، پرولین تجمع می‌یابد. تجمع پرولین سبب می‌شود که آسیب به غشاها کم شود، زیرا به طور مستقیم رادیکال‌های هیدروکسیل را از سلول جمع‌آوری می‌کند. همچنین در مسیر تولید پرولین نسبت $NADP^+$ به NADPH تعدیل می‌شود. تعدیل این نسبت سبب می‌شود که زنجیره‌ی انتقال الکترون فعال مانده به جای انتقال الکترون‌ها بر روی اکسیژن و تولید انواع رادیکال‌های آزاد، آن‌ها را به روی NADP+ ذخیره کند (Salmeron- Maranda, 2008؛ Vendruscolo *et al.*, 2007).



شکل ۴- اثر متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی هورمون‌ها بر پرولین برگ
Fig 4. The interaction stress and hormones foliar application on leaf proline

هدایت الکتریکی (EC)

بیش‌ترین هدایت الکتریکی به‌میزان ۷۹۵/۲ دسی زیمنس بر متر در تیمار ۹۰ میلی‌مولار NaCl به همراه عدم محلول‌پاشی هورمون و کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی ۴۵۱/۲ دسی زیمنس بر متر مربوط به کاربرد ۲۵ ppm اکسین و ۲۵ ppm جیبرلین به همراه تیمار عدم تنش شوری (صفر میلی‌مولار NaCl) به‌دست آمد (شکل پنج). تیمار عدم کاربرد هورمون به‌همراه تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl موجب افزایش ۴۳/۲ درصدی هدایت الکتریکی نسبت به تیمار محلول‌پاشی توأم اکسین و جیبرلین به‌همراه عدم تنش شوری شد. در شرایط تنش، میزان تخریب غشای سلولی بیش‌تر گردید و در نتیجه میزان تراوش مواد بیش‌تر و هدایت الکتریکی عصاره محلول برگ بیش‌تر و پایداری غشای کم‌تر شده است (Lin and Kao, 2005).



شکل ۵- اثر متقابل تنش شوری و محلول پاشی هورمون‌ها بر هدایت الکتریکی
Fig 5. The interaction salinity and foliar application hormones on electrical conductivity

نتیجه‌گیری نهایی

در شرایط گلخانه بهترین تیمار مربوط به اثر متقابل محلول‌پاشی ۲۵ ppm اکسین به‌همراه ۲۵ ppm جیبرلین به‌همراه عدم تنش شوری بود، به طوری که در این شرایط حداکثر عملکرد دانه با ۳۲۵ گرم در مترمربع به‌دست آمد و از طرفی حداقل عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم کاربرد هورمون با تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار NaCl بود، که به میزان ۱۱۳ گرم در مترمربع به‌دست آمد. از طرفی بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد و تنش شوری حاکی از این مساله است که در یک تنش شوری معین کاربرد تنظیم کننده‌های رشد موجب افزایش میزان عملکرد دانه، محتوای آب نسبی و کلروفیل کل می‌شود.

منابع

باقری، ع. ۱۳۸۰. زراعت و اصلاح لوبیا (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۵۵۶.

برناردسندلر مایر.، لسانی، ح.، مجتهدی، م. ۱۳۸۴. مبانی فیزیولوژی گیاهی، انتشارات تهران- دانشگاه تهران.

خلد برین،ب.، اسلام زاده، ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. شیراز: انتشارات دانشگاه شیراز.

پازکی،ع.، رضایی، ح.، حبیبی. د.، پاک‌نژاد. ف. ۱۳۹۱ اثر تنش خشکی، محلول پاشی آسکوربات و جیبـرلین بـر روی برخی صفـات مورفـولوژیکـی، محتـوی نسـبی آب بـرگ و پایـداری غشـای سیتـوپلاسمی گیـاه آویشـن (*Thymus vulgaris* L.)، مجله زارعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره ۱، بهار، صفحات۱-۱۳.

ترابی جفرودی، آ.، فیاض‌مقدم، آ.، حسن‌زاده، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثرات آرایش کاشت و تراکم بوتـه بـر عملکـرد اجزای عملکرد و برخی خصوصیات رویشی در ارقام لوبیا قرمز، مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۶. شـماره ۳. صـفحه ۶۳۹.

زارع، م.، اولادی، ع.، شرف زاده، ش. ۱۳۸۵. بررسی اثرات اسید جیبرلیک و کینیتین بر جوانه زنی و رشد گیاهچه‌های گندم تحت تنش شوری. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال دوازدهم. شماره: (۴) ۸۵۵-۸۶۴.

کافی، م.، برزوئی، م.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع.، نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2005. Pre- sowing seed treatment- A shot–gum approach to improve germination, plant growth and cropy yield under saline and non- salinc condition . Advances in Agronomy 88: 223-271.

Bilderium, Y.S., and Gowuns F.H. 2006. Effects of gibberellic acid and dormancy-breaking chemicals on fower development of Rhododendron. pulchrum' Sweet' and R.

Dorri, H.R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein. 46 PP.

FAO, technical parers. 2004. *Technical hand book on symbiotic nitrogen fixation*. Legum/ Rhizobiom.

Finkelstein, R., Reeves, W., Arizumi, T., Steber, C. 2008. Molecular aspects of seed dormancy.

Gupta, P.K., and Varshney, R.K. 2000. The development and use of icrosatellite markers for genetic analysis and plant breeding with emphasis on bread wheat. Euphytica 113: 163–185.

Irigoyen, J., Emerrich, W., and Sanchez-Diaz, M. 1993. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Physiol. Plant. 84: 55-60.

Kermode, A. R. 2005. Role of abscisic acid in seed dormancy. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24, 319-344.

Khan, H.A., Ayub, C.M., Pervez, M.A., Bilal, R.M., Shahid, M.A., and Ziaf, K. 2009. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper. Journal of soil and Environment, 8: 265- 280.

Lin, C.C., Kao, C.H. 2005. NaCl stress in rice seedlings: starch mobilization and the influence of gibberellicacid on seedling growth. Bot Bull Acad Sin 36:169–173.

Nascimento ,W.M., and Aragao, **F.A.S. 2004**. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor.Sci. Agricola. 61(1):114-117.

Rajabi,R. and Postini, **K. 2005**. Effects of NaCl on thirty cultivars of bread wheat seed germination.Agric Sci. J. 27:29-45.

Salmerón-Miranda, F. 2008. Nitrogen Use in a Maize- Bean rotation in Nicaragua. Effects of organic and mineral fertilizers. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Nicaragua.

Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling of wheat as affected by drought and salinity. Env. Exp. Bot. 55: 195-200.

Turan M. A., Elkiram, A.H.A., Taban, N., and Tban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentration in maize plant. Afr. J. Agric. Res. 4(9): 893-897.

Vendruscolo, A.C.G., Schuster, I., Pileggi, M., C.A. Scapim, Molinari, H.B.C., Marur, C.J., and Vieira, L.G.C. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat, J. Plant. Physiol., 164(10): 1367-1370.