Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۷۳۴-۷۲۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 723-734

اثر محلول‌پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم‌آبی

زینب زارعی[1*]- جهانفر دانشیان[2]- علی خورگامی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تنش آب، محلول‌پاشی روی و مقادیر مختلف اسیدسالیسیلیک بر درصد روغن و پروتئین دانه هم‌چنین ارتباط آن‌ها با عملکرد روغن و پروتئین سویا، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در باغ کشاورزی استان لرستان در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل تیمارهای آبیاری در دو سطح (۶۰ و۱۲۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی و عامل فرعی حاصل از ترکیب محلول‌پاشی عنصر روی (عدم مصرف، مصرف) و هورمون اسیدسالیسیلیک در سه غلظت صفر، ۰/۵، یک میلی‌مولار در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که صفات موردبررسی، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند به‌طوری‌که تغییرات به‌وجود آمده در کیفیت و عملکرد دانه در کرت‌های تنش دیده مشهودتر بود. عملکرد دانه با عملکرد روغن و پروتئین همبستگی معنی‌دار و قوی داشت. اثرات متقابل سه گانه، تأثیر معنی‌داری بر میزان روغن و پروتئین دانه داشته است. با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک میزان روغن و پروتئین دانه کاهش یافت. افزایش اسیدسالیسیلیک و مصرف روی با افزایش میزان تبخیر سبب افزایش عملکرد دانه، روغن و پروتئین شد. محلول‌پاشی روی و ۰/۵میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه گردید. در مجموع، با کاربرد روی و اسیدسالیسیلیک کاهش عملکرد در اثر تنش جبران شده و کیفیت دانه را افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش آب، کیفیت دانه، غلظت

مقدمه

سویا با نام علمی (*Glycine max* L.) گیاهی یک‌ساله است که به‌دلیل دارابودن ۲۰ تا ۲۸درصد روغن دانه و بالابودن درصد پروتئین، مورد استفاده قرار گرفته و از مهم‌ترین دانه‌های روغنی مورد توجه در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (Soja, 2011). با توجه به‌این‌که حدود ۹۵درصد مصرف سرانه‌ی روغن داخل کشور از طریق واردات تأمین می‌شود برنامه‌ریزی و تحقیق جهت توسعه کشت دانه‌های روغنی به‌خصوص سویا در هر منطقه ضروری است (Asadi and Faraji, 2009). کشت سویا به‌عنوان یک گیاه روغنی ارزشمند در تناوب زراعی ایران در سال‌های اخیر مطرح شده، لذا توجه به ارتقاء کیفیت این محصول حائز اهمیت است. سویا همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش کم‌آبی، متأثر می‌شود و بسته به وضعیت آبی در مراحل ویژه‌ای از فنولوژی خود به‌ویژه دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علت این امر به احتمال زیاد، تغییر در تظاهر ژن‌های کنترل‌کننده صفات کیفی دانه است. خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش محیطی اغلب با تابش و درجه‌حرارت بالا، شوری بالای خاک، دسترسی کم مواد مغذی خاک و آسیب به ریشه در خاک گرم و سخت در ارتباط است (Wilkinson and Davies, 2010).

استفاده از عناصر کم‌مصرف در تغذیه گیاه، به‌عنوان یکی از روش‌های بهبود تولید، عملکرد و دست‌یابی به حداکثر پتانسیل بهره‌وری در گیاهان زراعی مطرح است. محلول‌پاشی این عناصر یک روش مناسب جهت ارتقاء عملکرد کمی و کیفی بذر محسوب می‌شود به گونه‌ای که در بالا بردن مقاومت سویا در برابر تنش‌های محیطی مانند کمبود آب مفید هستند (Ghasemian *et al.*, 2010). روی، یکی از عناصر کم‌مصرف بوده که در سنتز پروتئین و فعال کردن آنزیم نقش اصلی را دارد و برای چندین آنزیم مانند

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران
۲- عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران
۳- استادیار، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: zareiz98@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v14i4.46637

www.SID.ir

Archive of SID

آنهیدرات‌دهیدروژناز، اکسیداز و پراکسیداز به‌عنوان کوفاکتور عمل می‌کند علاوه بر این، از کلروپلاست‌ها نیز محافظت می‌نماید (Ayad *et al.*, 2010). با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عنصر روی در خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعفی با کمبود روی مواجه می‌شود (Bagci *et al.*, 2007). نتایج مطالعات حاکی از آن است که کمبود روی در بسیاری از نقاط جهان و در طیف گسترده‌ای از انواع خاک‌ها، در مناطق نیمه‌خشک با خاک‌های آهکی، مناطق گرمسیری با خاک‌هایی که بسیار در معرض هوا هستند و خاک‌های با بافت شنی بیش‌تر مشاهده می‌شود (Akay, 2011). با توجه به یافته‌های Yasari *et al*, 2012 کاربرد روی در خاک و محلول‌پاشی، اثرات مفیدی بر درصد و مقدار روغن دانه و پروتئین محصول سویا دارد. نتایج آزمایش‌های مختلف نیز مبین تأثیر مثبت محلول‌پاشی روی بر عملکرد می‌باشد (Bybordi *et al.*, 2010 ; Chandra *et al.*, 2009).

استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به‌صورت برون‌زا، در بسیاری از موارد در کاهش آثار تنش‌ها مؤثر بوده است. نقش اسیدسالیسیلیک (SA) و ترکیبات وابسته به آن در کاهش آثار بسیاری از تنش‌های محیطی ثابت شده است (Hayat *et al.*, 2007). هم‌چنین اسید سالیسیلیک بر رشد گیاه، جوانه‌زنی بذر، جذب و انتقال یون، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه تأثیر می‌گذارد (Belkhadi *et al.*, 2010). افزایش رشد در اثر کاربرد SA در گندم (Azimi *et al.*, 2013)، سویا (Drazic *et al.*, 2005) و ذرت (Farahbakhsh *et al.*, 2011) مشاهده گردیده است. اثر مثبت اسید سالیسیلیک در گیاهان مختلف تحت شرایط تنش غیر زیستی نیز توسط Popova *et al.*, 2009 گزارش شده است. با توجه به مزایای دسترسی آسان و کم‌هزینه بودن آن، در شرایط تنش توجیه اقتصادی دارد و می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار ارزشمند به‌ویژه در عرصه فعالیت‌های نوین کشاورزی در خصوص گیاهان روغنی مطرح گردد. جستجوی راه‌کارها جهت گسترش کشت با کاهش مصرف و حفظ منابع آب به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده عملکرد محصولات، تقریباً بر تمام فرآیندهای رشد گیاه تأثیرگذار است. لذا پژوهش حاضر جهت تعیین اثرات روی و مقادیر مختلف اسیدسالیسیلیک بر عملکرد دانه و ارتباط آن با عملکرد روغن و پروتئین دانه سویا در شرایط کم‌آبی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۲ در باغ کشاورزی استان لرستان واقع در شهر خرم‌آباد اجرا شد. طول‌جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۴۸درجه و۲۰دقیقه شرقی، عرض‌جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۰دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۱متر بود. متوسط بارندگی سالیانه و درجه‌حرارت منطقه بر اساس آمار هواشناسی، ۵۲۰میلی‌متر و ۱۷/۵درجه سانتی‌گراد می‌باشد. طرح آماری به‌کار رفته، فاکتوریل اسپلیت‌پلات بود که در چهار تکرار اجرا شد. زمین محل انجام آزمایش که سال قبل به‌صورت آیش بوده در ابتدا شخم زده، سپس در دو نوبت به‌صورت عمود بر هم دیسک زده شد و تسطیح با استفاده از لولر انجام گرفت. جهت تعیین خصوصیات خاک محل اجرای طرح، از نقاط مختلف مزرعه در عمق صفر تا ۶۰سانتی‌متری نمونه برداری به‌عمل آمد. پس از دریافت نتایج آزمون خاک، میزان کود مصرفی اوره و سوپرفسفات، ۵۰ و ۱۰۰کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد و در بین عناصر ریزمغذی، از روی به‌دلیل نزدیک بودن مقدار آن به حد بحرانی گیاه سویا (یک پی‌پی‌ام) در مرحله رویشی استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۱ درج گردیده است.

هر تکرار شامل ۱۲کرت و هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر در نظر گرفته شد و فاصله ردیف‌ها در هر کرت ۵۰ سانتی‌متر بود. بین تکرارها به‌منظور عدم نفوذ آب به کرت‌های دیگر حدود پنج متر فاصله تعبیه گردید. بذور در عمق سه-پنج سانتی‌متری با دست بر روی پشته‌ها کشت شدند. کشت در اواخر خردادماه به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. به‌منظور تشکیل گره‌های تثبیت نیتروژن در ریشه، بذور قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم تلقیح شدند. اولین آبیاری پس از اتمام عملیات کاشت انجام شد. سپس با توجه به وضعیت جوی مزرعه و میزان تبخیر، آبیاری‌های بعدی تا مرحله تشکیل گره چهار-شش مطابق شاهد انجام شد، سپس تیمار کم‌آبی با ۱۲۰میلی‌متر تبخیر بر اساس تشتک تبخیر از کلاس A اعمال شد. بنابراین هر روز میزان تبخیر بر اساس آب اضافه به تشتک محاسبه و زمانی‌که به ۶۰ میلی‌متر رسید آبیاری تیمار شاهد انجام گرفت. بدین‌صورت با دو بار آبیاری کرت‌های شاهد، در کرت‌های تنش یک نوبت آبیاری انجام شد. با توجه به کشت محصول در فصل تابستان، در طول زمان انجام آزمایش بارشی وجود نداشت. اطلاعات آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

در طول دوره رشد گیاه، مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین از مراحل ۴-۲ برگی تا گلدهی در سه نوبت انجام شد. به‌منظور تعیین تراکم مناسب (پنج سانتی‌متر) در مرحله سه تا پنج برگی اقدام به تنک گیاهان گردید. قبل از گلدهی، عنصر روی (عدم مصرف و مصرف) به‌صورت محلول‌پاشی و با مقدار یک لیتر در هکتار به‌کار رفت. تیماردهی گیاهان از طریق پاشش اسیدسالیسیلیک به برگ‌هایی که در کرت‌های فرعی قرار داشتند با دو غلظت ۰/۵ و یک میلی‌مولار (mM) اسیدسالیسیلیک و صفر به‌عنوان شاهد آغاز شد که با شروع گلدهی و در و در زمان اعمال تنش، محلول‌پاشی صورت گرفت. عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ضمن حذف دو خط کناری از مساحت حدود چهار متر مربع انجام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جهت ارزیابی صفات در زمان رسیدن از هر کرت آزمایشی ۱۰بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات کمی (تعداد دانه در در متر مربع و عملکرد دانه) و کیفی (میزان روغن و پروتئین) دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه‌گیری میزان روغن و پروتئین دانه به‌ترتیب با دستگاه‌های سوکسله و کجدال انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil experimental site

بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک PH	Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	آهک Lime (%)	هدایت الکتریکی EC(mmos cm^{-1})	کربن آلی O.C (%)
		(ppm)								
لوم رسی Clay loam	7.9	1.3	1.1	7.5	11	295	4.8	28.2	0.59	1.19

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی سال ۹۲ خرم‌آباد

Table 2- Meteorological data of the agricultre Khorramabad station in 2013

Month	ماه	حداقل دما	حداکثر دما	میزان بارش	حداقل رطوبت نسبی	حداکثر رطوبت نسبی	میزان تبخیر
		Min temp (ºC)	Max temp (ºC)	Precipitation (mm)	Min.RH (%)	Max.RH (%)	Evaporation (mm)
Jun.	خرداد	14.07	34.27	0	8.87	46.483	8.9
Jul.	تیر	18.522	40.483	0	6.645	36.58	11.767
Aug.	مرداد	17.638	39.309	0	7.255	40.387	11.612
Sep.	شهریور	14.07	36.47	0	7.161	42.419	7.854
Oct.	مهر	8.006	29.853	0	9.066	47.3	8.9

پس از تعیین درصد روغن دانه از حاصل‌ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. عملکرد پروتئین نیز به‌همین ترتیب محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. برای محاسبه ضریب همبستگی از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر آبیاری برای تمام صفات، جز عملکرد پروتئین معنی‌دار شد. اثر روی و اسیدسالسیلیک بر تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود که این معنی‌دار شدن، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در بین سطوح است (جدول۳). تعداد دانه در مترمربع تحت تأثیر معنی‌دار برهم‌کنش روی و SA قرار گرفت. بیش‌ترین تعداد دانه به تیمار روی در یک میلی‌مولار SA با ۲۸۷۵/۵دانه، در مترمربع تعلق داشت و با تیمار روی در ۰/۵میلی‌مولار SA در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول۶). در شرایط آبیاری مطلوب، محلول‌پاشی روی و ۰/۵میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک با ۳۱۱۲/۴دانه بالاترین میزان را داشت که با بقیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشته است در صورتی‌که در شرایط تنش، با مصرف روی و یک میلی‌مولار SA بیش‌ترین افزایش تعداد دانه (۳۴/۶درصد نسبت به تیمار شاهد) مشاهده گردید که این افزایش را می‌توان به تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر در اثر کاهش عوارض تنش خشکی به‌وسیله‌ی SA نسبت داد. در شرایط آبیاری کامل، گیاه با بهره‌گیری از کلیه شرایط محیطی، توسعه اندام‌های رویشی و تولید مناسب مواد فتوسنتزی بیش‌ترین تعداد غلاف را تولید می‌کند و در نتیجه بیش‌ترین تعداد دانه نیز از این سطح حاصل می‌شود و هر گونه تنشی باعث کاهش تعداد غلاف و دانه می‌شود (Imam and Zavareh, 2005). در تنش کم‌آبی، برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی برای توسعه و پرنمودن دانه نخواهند شد و ناچاراً تعداد دانه کمتر می‌شود که با گزارشات حاصل از آزمایش Mastrodomenico *et al.*, 2013 مطابقت دارد. کاربرد روی، تعداد دانه سویا را در مترمربع حدود ۱۵/۸درصد افزایش داد. از آن‌جایی‌که عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرده شرکت کرده، منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل دانه می‌شود (Morshedi and Naghibi, 2004). محلول‌پاشی اسیدسالسیلیک بر تعداد دانه اثر گذاشته و با اعمال تنش، بیش‌ترین مقدار با ۲۳۱۴/۰۸دانه در غلظت یک میلی‌مولار حاصل شد. در آبیاری مطلوب، غلظت ۰/۵میلی‌مولار

www.SID.ir

Archive of SID

با اختلاف ۱۵درصدی و با وقوع کم‌آبی، غلظت یک میلی‌مولار SA با اختلاف ۲۱درصدی نسبت به شاهد حداکثر تعداد دانه را داراست. بنابراین، با افزایش اسیدسالسیلیک در شرایط تنش، تعداد دانه بیش‌تری نسبت به شرایط بهینه در مقایسه با تیمار شاهد تولید می‌شود (جدول۵). کاربرد روی کاهش عملکرد را که در طول فصل رشد از آبیاری تأثیر می‌پذیرد، بهبود می‌بخشد و در شرایط بهینه به‌مراتب، عملکرد دانه بیش‌تری (۲۰۴۵/۹کیلوگرم در هکتار) از شرایط تنش را باعث شد. کمبود روی موجب کاهش فتوسنتز، کاهش کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین شده که متعاقب آن عملکرد و کیفیت دانه نیز کاهش می‌یابد (Efe and Yarpuz, 2011). نتایج این پژوهش با یافته‌های Pable and Patil, 2011 که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه سویا می‌گردد، مطابقت دارد. تنش موجب کاهش ۱۹درصدی عملکرد دانه نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول۳). این کاهش عملکرد دانه را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه نسبت داد که احتمالاً به‌دلیل کاهش جذب عناصر غذایی از خاک و مواد غذایی انتقال یافته از برگ به دانه که از پیامدهای تنش کمبود آب بوده، باشد. کاهش سرعت متابولیسم کربن، میزان هدایت روزنه‌ای و جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه، از عوامل دخیل در کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی می‌باشند (Liu *et al.*, 2004).Kobraee and Shamsi, 2012 نیز کاهش ۲۴/۲ تا ۵۳/۴درصدی عملکرد دانه سویا در شرایط تنش خشکی را در پژوهش خود بیان داشتند. هم‌چنین، در تحقیقی که توسط Mak *et al.*, 2014 صورت گرفت کاهش رشد و عملکرد دانه گیاهان سویا در شرایط خشکی مشاهده شد. در آبیاری کامل، گیاه با برخورداری بیش‌تر تعداد دانه در مترمربع توانسته است عملکرد دانه (۱/۲برابر بیش‌تر از شرایط تنش) بیش‌تری را تولید نماید که احتمالاً به‌علت دوره رشد طولانی‌تر، قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی و جذب بیش‌تر و در نهایت افزایش عملکرد شده است باشد. مصرف اسیدسالیسیلیک به‌خصوص در شرایط تنش نیز موجب بهبود عملکرد شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در هر دو شرایط، مربوط به سطح یک میلی‌مولار SA بود. اثر تحریک‌کننده و مثبتSA توسط محققان دیگری از جمله El-Tayeb, 2005؛ Singh and Usha, 2003 گزارش شده است. با مصرف روی و افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک، افزایش ۳۰درصدی عملکرد دانه سویا نسبت به تیمار شاهد ملاحظه شد (جدول۶). با مصرف توام روی و یک میلی‌مولارSA در شرایط تنش، عملکرد دانه ۱/۴برابر بیش‌تر از تیمار شاهد شده است. می‌توان گفت، قدرت تحمل به خشکی در این تیمار بیش‌تر بوده است شاید به‌دلیل تأثیر بیش‌تر بر رشد و فتوسنتز گیاه باعث افزایش انتقال مواد غذایی به دانه‌ها شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد شده است. وجود همبستگی بالا بین عملکرد دانه و تعداد دانه در مترمربع ($r=۰/۹۵۸^{**}$) نشان می‌دهد که تغییرات آن هم‌جهت با تغییرات عملکرد دانه است، به همین‌دلیل کاهش یا افزایش این صفت بر عملکرد دانه نیز مؤثر خواهند بود (جدول۴).

در اثرات متقابل روی و SA، بیش‌ترین مقدار روغن در کاربرد روی و ۰/۵میلی‌مولار SA به‌میزان ۲۶/۲۳درصد به‌دست آمد. در غلظت یک میلی‌مولارSA، سطوح روی از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). در برهم‌کنش سه‌گانه، ۰/۵میلی‌مولار SA و روی در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی حداکثر مقدار روغن در دانه تولید شده است. SA، باعث افزایش روغن دانه که مهم‌ترین ویژگی کیفی هر گیاه روغنی از جمله سویاست، شده و بیش‌ترین مقدار در غلظت ۰/۵میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به میزان ۲۵/۳۳درصد ثبت شد، ولی با غلظت بیش‌تر SA در یک گروه آماری قرار داشت. کاربرد ۰/۵میلی‌مولار SA در شرایط عدم تنش رطوبتی ۲/۱۷درصد و در شرایط تنش پنج درصد میزان روغن را افزایش داد. محلول‌پاشی روی با مقدار ۲۵/۳۳درصد موجب افزایش مختصری در میزان روغن دانه شده است (جدول۳). که این نتایج با گزارشات Banks, 2004 مطابقت دارد. کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شده و منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می‌شود از این رو کمبود عنصر روی می‌تواند باعث کاهش میزان روغن دانه شود (Yilmaz *et al.*, 1997). گزارش شده است که محلول‌پاشی روی در مقایسه با شاهد ۳۸درصد عملکرد دانه، ۹درصد میزان روغن و شش درصد پروتئین دانه را افزایش می‌دهد (Morshedi and Naghibi, 2004). در تیمارهای آبیاری، کمترین میزان روغن دانه (۲۴/۳درصد) به تیمار تنش تعلق داشت (جدول۳). در واقع تنش خشکی درصد روغن را کاهش و درصد پروتئین را با توجه به همبستگی منفی با درصد روغن (جدول۸)، افزایش می‌دهد که این حالت به‌دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد. Bouchereau *et al.*, 1996 اظهار داشتند که این امر ممکن است به‌علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد. Zahedi *et al.*, 2009 نیز گزارش دادند که کاهش درصد روغن در تنش خشکی به احتمال زیاد به‌دلیل کاهش فتوسنتز و انتقال مجدد بوده است. در صورتی که در آزمایش Eslam *et al.*, 2010 درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. با کاربرد روی در آبیاری کامل، درصد روغن دانه روند افزایشی را دنبال کرد ولی این افزایش غیر معنی‌دار بود. ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی‌های مورد بررسی نشان دادند که درصد روغن با تعداد دانه در مترمربع ($r=۰/۷۵۱^{**}$) و عملکرد دانه ($r=۰/۷۰۶^{**}$) همبستگی بالایی دارد (جدول۸). ضمن این‌که با افزایش SA و کاربرد روی در شرایط تنش، عملکرد روغن روند صعودی را در پی داشت، اما تنها اثرات ساده و برهم‌کنش آبیاری در روی معنی‌دار شد. همان‌گونه که اشاره شد با افزایش SA، درصد روغن کاهش یافت، ولی این کاهش منجر به کاهش عملکرد روغن نشد. بنابراین، با مصرف کمتر اسیدسالیسیلیک

www.SID.ir

Archive of SID

ضمن افزایش درصد روغن، کاهش عملکرد روغن را نمی‌توان جبران کرد. هم‌چنین، محلول‌پاشی روی دارای عملکرد روغن بیش‌تری بود (جدول۳). طبق نتایج El-Habbasha, and Abd El-Salam, 2010 ، با افزایش تعداد دفعات محلول‌پاشی روی شاخ و برگ، عملکرد دانه و روغن افزایش یافت. پژوهشگران دیگری هم‌چون Kidman and Paul, 2001 نشان دادند که عملکرد روغن و پروتئین تحت تأثیر افزایش مقدار روی مصرفی قرار گرفت. در شرایط تنش، عملکرد روغن ۲۳درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت (جدول۳). عملکرد روغن سویا تحت تأثیر برهم‌کنش آبیاری و روی قرار گرفت. بیش‌ترین مقدار در آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی روی با ۵۹۵/۵۱کیلوگرم در هکتار تعلق گرفت (جدول۴). در این پژوهش رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد روغن ($r=۰/۹۹^{**}$) وجود دارد (جدول۸). به نظر می‌رسد کاهش درصد روغن و عملکرد دانه از عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد روغن دانه به‌خصوص در شرایط کم‌آبی باشد. لذا تغییرات عملکرد روغن اساساً مربوط به تغییرات عملکرد دانه است که با نتایج Jackson, 2000 هم‌خوانی دارد. درصد پروتئین در تمام تیمارهای آزمایشی ساده، برهم‌کنش دو و سه‌جانبه غیر از تیمار SA در آبیاری معنی‌دار شد (جدول۳). مصرف روی و ۰/۵میلی‌مولار SA باعث حداکثر میزان پروتئین دانه (۴۲/۷۲درصد) در شرایط کم‌آبی شد. در شرایط تنش رطوبتی و ۰/۵میلی‌مولار SA، سطوح روی در یک گروه آماری قرار گرفتند. غلظت زیاد اسیدسالیسیلیک بیش‌تر شبیه یک عامل تنش‌زا عمل نموده که باعث کاهش مقدار پروتئین دانه می‌شود و غلظت کمتر موجب افزایش (۳۹/۶۳درصد) آن شده است. کمترین میزان پروتئین دانه در شرایط تنش کم‌آبی ثبت شد. تنش موجب کوتاه‌شدن دوره رشد زایشی و کاهش زمان ذخیره نشاسته در دانه می‌شود که در نتیجه آن درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد (Sajedi and Rajali, 2011). طبق نتایج Roustaie *et al.*, 2012 با افزایش میزان تنش رطوبتی، درصد پروتئین دانه سویا افزایش می‌یابد که این افزایش در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد (Pour Mousavi, 2005). استفاده از روی باعث افزایش پروتئین به مقدار ۳۸/۷درصد شده است. تأثیرگذاری روی در شرایط کم‌آبی بیش‌تر بوده به‌طوری‌که با محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش و تنش، درصد پروتئین به‌ترتیب حدود یک و پنج درصد افزایش یافت. علت افزایش احتمالاً به فعالیت برخی آنزیم‌هایی که کاتالیزور ساخت پروتئین هستند مرتبط می‌شود و یا نتیجه فعالیت‌های متابولیکی و افزایش پروتئین‌های ذخیره‌ای باشد که با نتایج Banks, 2004 مبنی بر افزایش میزان پروتئین دانه سویا با مصرف عنصر روی مطابقت دارد. درصد پروتئین همبستگی منفی با درصد روغن و عملکرد دانه داشته است (جدول۸). طبق گزارشات Naseri *et al.*, 2010 همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان پروتئین و روغن دانه ($r=۰/۷۹^{**}$) آفتابگردان وجود دارد. با توجه به نتایج حاصله، عملکرد پروتئین تنها در اثرات ساده روی، SA و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار شد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار را می‌توان بر اثر عملکرد دانه و از طرفی درصد پروتئین دانست. بیش‌ترین عملکرد پروتئین در غلظت ۰/۵میلی‌مولار SA با اختلاف ۱۸/۷درصدی نسبت به شاهد دیده شد که تفاوت معنی‌داری با غلظت یک میلی‌مولار نداشت. بنابراین، با افزایش مقادیر اسیدسالیسیلیک عملکرد پروتئین کاهش یافت. با مصرف روی توأم با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولارSA به‌ترتیب ۶/۸ و ۱۳/۹درصد عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. مشخص گردید که افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک به‌همراه محلول‌پاشی روی در گیاه سویا سبب حصول بیش‌ترین میزان عملکرد پروتئین می‌شود (جدول۶). مطالعات نشان داده‌اند که شرایط نامطلوب، به‌خصوص خشکی ممکن است ترکیب دانه و کیفیت مرتبط را تغییر دهد (Anwar *et al.*, 2006). با توجه به‌این‌که در شرایط کمبود آب بیش‌ترین افت عملکرد دانه و روغن سویا رخ می‌دهد، روی و اسیدسالیسیلیک نقش غیرقابل انکاری بر این صفات دارند و جهت به‌دست آوردن عملکرد مطلوب مقرون به‌صرفه خواهند بود.

نتیجه‌گیری

استفاده از عنصر روی در تغذیه گیاه سویا تحت شرایط تنش رطوبتی، نقش قابل ملاحظه‌ای را در کاهش اثرات سوء تنش آبی و بهبود عملکرد گیاه دارد. کاربرد روی و اسیدسالیسیلیک به‌ویژه غلظت یک میلی‌مولار به‌عنوان بهترین تیمار برای حصول حداکثر عملکرد دانه در شرایط تنش شناخته شد. اسیدسالیسیلیک تأثیرات تخریبی تنش بر دانه را نیز تعدیل می‌کند و غلظت یک میلی‌مولار به‌دلیل دارا بودن تعداد دانه بیش‌تر در مترمربع، عملکرد دانه بیش‌تری را تولید می‌نماید. در شرایط کم‌آبی، از درصد روغن و عملکرد دانه کاسته و به‌میزان پروتئین افزوده شد. با اعمال تنش کمترین میزان عملکرد دانه به دست آمد. علت این کاهش را می‌توان به کاهش زیاد تعداد دانه در متر مربع به‌عنوان یکی از اجزای مؤثر در عملکرد دانه گیاه دانست. در شرایط بهینه و تنش، حداکثر کیفیت دانه (درصد روغن و پروتئین) با کاربرد روی و ۰/۵میلی‌مولار SA به‌دست آمد. محلول‌پاشی گیاه سویا با غلظت پایین‌تر اسیدسالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار مقدار روغن در مقایسه با عدم مصرف SA شد. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در متر مربع و عملکرد روغن دانه داشت. کاهش عملکرد روغن و پروتئین دانه در شرایط تنش به‌دلیل کاهش عملکرد دانه است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی بین سطوح مختلف تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و روی

Table 3- Main comparison of traits between the different levels of water stress and foliar application

آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc ($l.ha^{-1}$)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع Grain m^{-2}	عملکرد دانه grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield ($kg\ ha^{-1}$)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield ($kg\ ha^{-1}$)
60			2816.808 a	2110.9 a	25.5 a	540.382 a	36.4 b	771.483 a
120			2114.393 b	1705.1 b	24.3 b	46 b 416.0	40.06 a	685.65 a
	0		2253.743 b	1770.2 b	24.55 b	436.337 b	37.8 b	670.551 b
	1		2677.458 a	2045.9 a	25.33 a	520.091 a	38.7 a	786.551 a
		0	2224.06 b	1725.3 b	24.44 b	424.661 b	36.72 c	632.37 b
		0.5	2642.205 a	1972.8 a	25.33 a	501.062 a	39.63 a	778.029 a
		1	2530.068 a	2025.9 a	25.06 a	508.92 a	38.42 b	775.254 a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each coulumn and factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ٤- برهم‌کنش تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی روی بر صفات اندازه‌گیری شده سویا

Table 4- Interaction effect of water deficit stress and zinc foliar application on measured traits of soybean

آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc ($l.ha^{-1}$)	تعداد دانه در متر مربع grain m^{-2}	عملکرد دانه grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield ($kg\ ha^{-1}$)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield ($kg\ ha^{-1}$)
60	0	2626.59 b	1931.9 b	a 25.02	485.248 b	36.35 c	709.90 b
	1	3007.02 a	2290.4 a	a 25.99	595.517 a	36.57 c	833 a
120	0	1880.89 d	1608.5 d	c 24.09	387.426 d	39.06 b	631.20c
	1	2347.89 c	1801.7 c	b 24.68	447.666 c	41.06 a	740.10b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each coulumn followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده سویا

Table 5- Interaction effect of irrigation and salicylic acid foliar application on measured traits of soybean

آبیاری irrigation (mm evaporation)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain. m^{-2}	عملکرد دانه grain yield (kg. ha^{-1})	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg. ha^{-1})	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg. ha^{-1})
60	0	2619.81 b	1920.2 b	abc 25.17	483.315 b	34.74 f	669.07 c
	0.5	3083.318 a	2193.6 a	a 25.73	564.43 a	37.83 d	829.83 a
	1	2747.288 b	2219.1 a	25.6 ab	569.04 a	36.8 e	819.07 a
120	0	1828.319 d	d 1530.5	d 23.71	362.22 d	38.7 c	592.32 d
	0.5	2200.78 c	1752.1 c	bc 24.93	c 437.10	41.44 a	726.08 bc
	1	2314.08 c	1832.7 bc	c 24.51	448.716 c	40.04 b	733.84bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each coulumn followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ٦- برهم‌کنش محلول‌پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر صفات کمی و کیفی دانه سویا

Table 6- Interaction effect of zinc and salicylic acid foliar application on quantitative and quality characteristics of soybean grain

روی zinc(l.ha^{-1})	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain m^{-2}	عملکرد دانه grain yield (kg ha^{-1})	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha^{-1})
0	0	2071.36 d	1530.8 d	24.11 c	370.006 c	35.64 c	543.589 d
	0.5	2504.03 b	1913.5 bc	24.43 bc	468.626 b	a 39.28	22 bc 750.6
	1	2185.824 cd	1866.3 c	25.11 b	469.379 b	b 38.52	717.442 c
1	0	2376.77 bc	1919.9 bc	24.77 bc	478.316 b	b 37.8	721.15 c
	0.5	2780.06 a	2032.2 b	26.23 a	533.479 a	a 39.99	805.437 ab
	1	2875.54 a	2185.4 a	25 b	548.461 a	b 38.33	833.067 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each coulumn followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- برهم‌کنش سه گانه بر صفات کمی و کیفی دانه سویا

Table 7- Triple interaction effect on quantitative and quality characteristics of soybean grain

آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc(l.ha^{-1})	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain m^{-2}	عملکرد دانه grain yield (kg ha^{-1})	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha^{-1})
60	0	0	2369.103 c	1684.1d	24.48 cde	416.005 ef	33.93 f	571.50 e
		0.5	3054.204 ab	2079.6 c	25.13 bcd	522.437 bc	38.41c	798.69 ab
		1	2456.476 c	2032 c	25.44 abc	517.302 bc	37.37 cd	759.73 bcd
	1	0	2870.532 ab	2156.2 bc	25.87 ab	558.086 b	35.55 e	767.99 bcd
		0.5	3112.434 a	2307.5 ab	26.32 a	607.608 a	37.25 cd	859.62 a
		1	3038.101 ab	2406.2 a	25.77 ab	620.856 a	36.23 de	871.63 a
120	0	0	1773.63 d	1377.4 e	23.75 e	326.007 g	37.35 cd	515.76 e
		0.5	1953.876 d	1747.3 d	23.74 e	414.816 ef	40.15 b	702.7 cd
		1	1915.173 d	1700.7 d	24.78 cd	421.457 ef	39.67 b	675.25 d
	1	0	1883.009 d	1683.6 d	23.67 e	398.547 f	40.05 b	674.40 d
		0.5	2447.688 c	1757 d	26.13 ab	459.386 de	42.72 a	751.30 bcd
		1	2712.989 bc	1964.7 c	24.24 de	476.066 cd	40.42 b	794.60 ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each coulumn followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده بین صفات گیاهی سویا در تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی روی و اسیدسالیسیلیک

Table 8- Simple correlation coeffients between soybean plant characteristics in irrigation, zinc and salicylic acid foliar application treatments

Plant characteristics	صفات گیاهی	تعداد دانه در متر مربع grain m^{-2}	عملکرد دانه grain yield	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein content
Grain yield	عملکرد دانه	0.901**				
Oil content	درصد روغن دانه	0.751**	0.706**			
Oil yield	عملکرد روغن	0.911**	0.99**	0.796**		
Protein content	درصد پروتئین دانه	-0.306	-0.281	-0.211	-0.285	
Protein yield	عملکرد پروتئین	0.814**	0.918**	0.639*	0.905**	0.121

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively * و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

www.SID.ir

Archive of SID

با وجود این‌که تنش کم‌آبی توانست در برخی از صفات بررسی شده تغییرات بیش‌تری اعمال کند، اما در مجموع، تأثیر روی به‌مراتب بیش‌تر بود که این نشان‌دهنده اثر مستقیم روی در بالا بردن عملکرد می‌باشد. بر این اساس از روی و یک میلی‌مولار SA جهت بازدهی بالا و مصرف روی با ۰/۵میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک برای حداکثر کیفیت می‌توان در شرایط تنش استفاده نمود.

References

1. Akay, A. 2011. Effect of zinc fertilizer applications on yield and element contents of some registered chickpeas varieties. African Journal of Biotechnology 10(61): 13090-13096.
2. Anwar, F., Zafar, S. N., and Rashid, U. 2006. Characterization of Moringa oleifera seed oil from drought and irrigated regions of Punjab, Pakistan. Grasas Y Aceites 57(2):160-168.
3. Asadi, M. A., and Faraji, A. 2009. Applied principles of agriculture oilseeds (soybean, cotton, canola and sunflower). Agricultural Extension and Education Publications.
4. Ayad, H. S., Reda, F., and Abdalla, M. S. A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences 6(5): 601-608.
5. Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., Zare, S. 2013. Evaluation of Amino Acid and Salicylic Acid application on yield and growth of wheat under water deficit. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(8): 816-819.
6. Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A., and Cakmak, I. 2007. Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in central Anatolia. Journal of Agronomy and Crop Sciences 193(3): 189–206.
7. Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 22(17): 226-231.
8. Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W., and Djebali, W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. Ecotoxicology and Environmental Safety 73(5): 1004–1011.
9. Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of Application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2(1): 94-103.
10. Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensaoud, A., Beport, L., and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy 5(1-2): 19-30.
11. Chandra, D., and Khandelwal, R. B. 2009. Effect of zinc and phosphorus on yield, nutrient uptake and oil content of mustard grown on the gypsum-treated sodic soil. Journal of the Indian Society of Soil Science 57(1): 66-70.
12. Drazic, G., and Mihailovic, N. 2005. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. Plant Science 168(2): 511–517.
13. Efe, L., and Yarpuz, E. 2011. The effect of zinc application methods on seed cotton yield, lint and seed quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in east Mediterranean region of Turkey. African Journal of Biotechnology 10(44): 8782-8789.
14. El-Habbasha, S. F., and Abd El-Salam, M. S. 2010. Response of two canola varieties (*Brassica napus L.*) to nitrogen fertilizer levels and zinc foliar application. International Journal of Academic Research 2(2): 60-66.
15. El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul 45(3): 215-225.
16. Eslam, B. P., Monirifar, H., and aher Ghassemi, M. T. 2010. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34: 373-380.
17. Farahbakhsh, H., and Shamsaddin Saiid, M. 2011. Effects of foliar application of salicylic acid on vegetative growth of maize under saline conditions. African Journal of Plant Science 5(10): 575-578.
18. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh zadeh, A., and Pirzad, A. 2010. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. Journal of Phytology 2(11): 73-79.
19. Hayat, S., Ali, A., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants. Salicylic Acid: a Plant Hormone 1-14.
20. Imam, Y., and Zavareh, H. 2005. Drought tolerance in higher plants (analysis of the physiological and molecular biology) (translation). Center for Academic Publication.
21. Jackson, G. D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal 92(4): 644-649.
22. Kidman, F., and Paul, K. B. 2001. Effect of zinc fertilization on yield, protein and oil of canola. Plant Soil 112:

www.SID.ir

Archive of SID

327-329.
23. Kobraee, S., and Shamsi, K. 2012. Effects of drought stress on dry matter accumulation and morphological traits in soybean. International Journal of Biosciences 10(2): 73-79.
24. Liu, F., Andersen, M. N., and Jensen, C. R. 2004. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. Field Crops Research 85: 159-166.
25. Mak, M., Babla, M., Xu S-C., O'Carrigan, A., Liu, X-H., Gong, Y-M., Holford, P., and Chen, Z-H. 2014. Leaf mesophyll K+, H+ and Ca2+ fluxes are involved in drought-induced decrease in photosynthesis and stomatal closure in soybean. Environmental and Experimental Botany 98: 1-12.
26. Mastrodomenico, A. T., Purcellb, L. C., and King, C. A. 2013. The response and recovery of nitrogen fixation activity in soybean to water deficit at different reproductive developmental stages. Environmental and Experimental Botany 85: 16– 21.
27. Morshedi, A., and Naghibi, H. 2004. Effects of foliar application of Cu and Zn on yield and quality of canola grain (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(3): 15-22. (In Persian with English Abstract).
28. Naseri, R., Fasihi, K., Hatami, A., and Poursiahbidi, M. M. 2010. Effect of planting pattern on yield, yield components, oil and protein contents in winter safflower cv. Sina under rainfed conditions. Iranian Journal Crop Sciences 12(3): 227-238. (In Persian with English Abstract).
29. Pable, D., and Patil, D. B. 2011. Effect of sulphur and zinc on nutrient uptake and yield of soybean. International Journal of Agricultural Sciences 7(1): 129-132.
30. Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry 47(3): 224-231.
31. Pour Mousavi, S. M. 2005. The impact of manure on indicators of growth, agronomic and physiological characteristics of soybean in conditions of water stress. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Zabol. (In Persian).
32. Roustaie, K. h., Movahhedi Dehnavi, M., Khadem, S. A., and Owliaie, H. R. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. Journal of Crops Improvement 14(1): 33-41. (In Persian with English Abstract).
33. Sajedi, N. A., and Rajali F. 2011. Effects of drought stress, zinc application and mycorrhizal inoculation on uptake of micronutrients in Maize. Iranian Journal of Soil Research 25(2):83-92. (In Persian with English Abstract).
34. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39(2): 137-141.
35. Soja, E. 2011. Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja 261 p.
36. Wilkinson, S., and Davies, W. J. 2010. Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. Plant, Cell & and Environment 33(4): 510–525.
37. Yasari, E., and Vahedi, A. 2012. Micronutrients Impact on Soybean (*Glycine max* (Merrill)) Qualitative and Quantitative Traits. International Journal of Biology 4(2): 112-118.
38. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., and Bagci, S. A. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 20(4): 461-471.
39. Zahedi, H., Noor-mohammadi, G. H., Shirani-Rad, A. H., Habibi, D., and Mashhadi- Akbar-Boojar, M. A. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Applied Sciences Journal 7(2): 255-262.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 723-734

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۷۳۴-۷۲۳

Effect of Zinc and Salicylic acid Foliar Application on Quantitative and Qualititative Characteristics of Soybean under Deficit Irrigation Conditions

Z. Zarei[1*] - J. Daneshian[2]- A. Khorgamy[3]

Received: 10-05-2015
Accepted: 06-01-2016

Introduction

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a leguminous annual crop belonging to the Fabaceae family, that because an important source of food containing 20 to 28 grain oil percent and high protein is the most important oilseed of worldwide interest. Recently, cultivation of this plant is considered as a valuable oil plant in crop rotation. Drought, salinity, heat and freezing are environmental conditions that cause adverse effects on the growth of plants. Water deficit more than other stresses limits the growth of crops. Yield of soybean decreased due to drought stress. The consumption of fertilizers increases the quality of crops. According to the findings of Yasari and Vahedi (2012) use of Zn in soil and foliar application has an increasing effect on the percentage and the amount of oil and protein in soybean product. The role of salicylic acid (SA) is reducing the effects of environmental stresses. It appears that water stress impairs plants and zinc alleviates water stress injuries. Thus, the purpose of this study was to evaluate the effect of water stress, zinc and salicylic acid foliar application on oil and grain protein percentage and their relation with oil and protein yield of soybean.

Materials and Methods

This study was carried out in the agricultural garden of Lorestan-Iran, in 2013. The meteorological data of the region are representing in Table 2. The soil was clay-loam texture (Table 1). The experiment was performed using Split factorial in a randomized complete block design with four replications. In this study, main factor was two levels of irrigation regimes: after 60 (optimum irrigation) and 120 mm (stress) evaporation from evaporation pan class A and subplot were considered combination of zinc foliar application (Zero and 1 L/ha, in two levels) and salicylic acid (0, 0.5 and 1 mM). All statistical analyses were carried out using SAS software and the correlation was done using MSTAT-C program.

Results and Discussions

In the experiment, the traits were affected by the treatments. Water stress significantly decreased grain yield, the number of grains per m^2 and oil percent and grain yield. Higher number of grain per m^2 was at 0.5 mM (2642.2), while stress reduced the number of grains. Other studies reported similar results in agreement with this character (Banks, 2004). There were significant changes between the irrigation treatments in grain yield. Although the application of Zn and SA in all irrigation levels had desirable effects on grain yield, significant changes not observed in their interactions. However, these effects were significant at simple affects, the interaction irrigation in Zn and salicylic acid maximum amounts of grain yield were produced under stress conditions in plots that containing of Zn and 1 mM SA. Increased concentration of salicylic acid and stress has decreased the oil content (2/4 and 4.7%, respectively), while the protein (9.1%) was increased. Foliar application of zinc and 0.5 mM salicylic acid increased grain oil (26.23 percent) and protein (39.99 percent) content. Triple interactions had a significant effect on grain protein and oil content. In the present study, water stress had significant effect on grain oil content and decreased it by 4%. Zahedi *et al* (2009) reported that oil percent was decreased by drought stress, most likely because of a reduction by photosynthesis and assimilate remobilization. Trials have shown that unfavorable conditions, especially drought, might alter the grain composition and related qualities (Ayad *et al.,* 2010). Plants in complete irrigation gave a significantly higher oil yield (540/3 kg/ha). According to the correlation coefficients, oil yield is directly link with grain yield (r= 0.7^{**}) and oil content (r=

1- Graduate student, Department of Agriculture, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
2- Professor, Agricultural Research, Education, Extension Organization, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
3- Assistant Professor of Crop Physiology, Department of Agriculture, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
(*- Corresponding Author Email: zareiz98@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

0.75**). Zn and SA spraying had significant increase and positive effects on protein yield trait, as compared to non-application (Table 6). There were no significant interaction effects between irrigation with Zn and SA application. Irrigation did not significantly affect grain protein yield (Table3).

Conclusions

The results showed that water stress significantly decreased yield and grain quality. Grain yield, oil and protein yield were increased by using salicylic acid and zinc under stress conditions. The increase of salicylic acid concentration decreased oil and protein content. There was a strong correlation between grain yield and oil and protein yield. In general, the use of zinc and salicylic acid compensated yield reduction due to water stress and it increased grain quality in plant.

Keywords: Concentration, Drought stress, Grain quality

www.SID.ir