اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا در شرایط کمبود آب

سمیه کرمی[1]، سید علی محمد مدرس ثانوی[2*]، فائزه قناتی[3]، مونا پوردهقان[4]

تاریخ دریافت: 90/11/16 تاریخ پذیرش: 92/04/23

1-دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تربیت مدرس

2-استاد گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس

3-دانشیاردانشکده علوم گیاهی دانشگاه تربیت مدرس

4- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تربیت مدرس

*. مسئول مکاتبه: E-mail: Modaresa@modares.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش کمبود آب و محلول‌پاشی عنصر روی بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی شامل سطوح مختلف تنش کم آبی در سه سطح (بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی تا 10 درصد گل‌دهی، تنش در مرحله گل‌دهی تا 10 درصد غلاف‌بندی) و عامل فرعی حاصل از ترکیب دو عامل رقم با دو سطح (L17 و کلارک 63) و عامل محلول‌پاشی در سه سطح (بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی آب خالص و محلول‌پاشی سولفات روی (5 در هزار)) بود. نتایج نشان داد که اکثر صفات تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. تنش در هر دو مرحله باعث کاهش چشمگیری در عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و صفات مورفولوژیکی هر دو رقم سویا شد. به‌طوری‌که تغییرات به‌وجود آمده در صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه در کرت‌های تنش دیده در مرحله‌ی رشد زایشی مشهودتر بود. محلول‌پاشی با سولفات روی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در هر دو رقم گردید. ارقام مورد بررسی پاسخ متفاوتی به تیمارهای آزمایشی داشتند. کلارک 63 از لحاظ تحمل شرایط کم آبی نسبت به رقم L17 برتری داشت ولی محلول‌پاشی روی، عملکرد دانه رقم L17 را بیشتر افزایش داد. به‌طور کلی محلول‌پاشی روی توانست اثرات مضر ناشی از تنش آب را کاهش دهد و شرایط رشد را برای گیاه بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش کم آبی، سویا، صفات مورفولوژیکی و محلول‌پاشی سولفات روی.

Effect of Foliar Zinc Application on Yield and Yield Components of Soybean Cultivars Under Water Deficit

S Karamy[1], SA Mohammad Modares-Sanavy[2*], F Ghanati[3] and M Pourdehghan[4]

Received: February 5, 2012 Accepted: July 14, 2013
1.MSc student of Agronomy Dept, Faculty of agriculture, Tarbiat modares University, Iran
2.Prof Agronomy Dept, Faculty of agriculture, Tarbiat modares University, Iran
3.Assoc Prof of plant science Dept, Faculty of biology, Tarbiat modares University, Iran
4.MSc student of Agronomy Dept, Faculty of agriculture, Tarbiat modares University, Iran
Corresponding author E-mail: Modaresa@modares.ac.ir

Abstract

In order to study the effect of water deficit stress and zinc foliar application on morphological traits, yield and yield components of soybean cultivars, an experiment was conducted in randomized complete block design arrangement in split plat factorial. Main factor was three levels of drought stress (non stress, water stress in vegetative growth stage to %10 flowering and water stress in flowering stage to %10 pod stage) and sub factor was combination of foliar zinc application and cultivar. Foliar zinc application levels (non foliar application, water foliar application and Zinc Sulfate (5000 ppm)) foliar application and cultivars (L17 and Clarck 63) were in three and two levels, respectively. Results showed that traits were affected by treatments. Water deficit stress obviously decreased the yield, yield components, biomass and morphological traits of seed in both cultivars. Variation in morphological traits and yield were more prominent in plots stressed in reproductive stage. Zinc sulfate foliar application increased yield and yield components. Soybean cultivars were different in response to treatments. Clark 63 was more desirable than L17 under water deficit stress. But zinc foliar application in L17 was more effective than clark 63 and increased its yield. In general, foliar application of zinc decreased harmful effects of oxidative stress due to water deficit stress and improved growth conditions for plants.

Key words: Foliar Zinc sulfate Application, Morphological Traits, Soybean,Water Deficit, Yield, Yield components.

مقدمه

تنش خشکی هنگامی ایجاد می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه به‌حدی کاهش یابد که گیاه قادر به جذب آب کافی نباشد یا به عبارت دیگر زمانی که تعرق بیشتری از جذب آب صورت گیرد (بنجامین 2007). تحت شرایط تنش، قابلیت دسترسی به مواد

غذایی، جذب و انتقال مواد دچار اختلال می‌گردد (لایر 2003). در پژوهشی مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، محتوی کلروفیل a و b در برگ گیاه سویا کاهش یافت (الخیر و همکاران 1994).

در یک آزمایش گلدانی، دو رقم سویا را در معرض تنش آبی قرار دادند و مشاهده شد که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها و شاخه‌ها، سطح برگ، وزن خشک شاخه و عملکرد دانه شد (الخیر و همکاران 1994). گزارش شده است که شاخص سطح برگ و سرعت آسیمیلاسیون خالص سویا در شرایط کمبود رطوبت کاهش پیدا می‌کند (کاکس و جولیف 1986).

محلول‌پاشی عناصر غذایی مختلف هنگام بروز تنش‌ها می‌تواند مقاومت گیاه را تا حدی افزایش دهد. در مورد بادام زمینی اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم در مقاومت گیاه به تنش خشکی به اثبات رسیده است (موهان و رائو 1989). در هیبریدهای آفتابگردان اثر محلول‌پاشی پتاسیم در جبران خسارت حاصل از تنش خشکی بر روی عملکرد دانه، روغن دانه، وزن بذر در طبق، وزن صد دانه و قطر طبق گزارش شده است (مکی و همکاران 1999). در مورد عنصر روی نیز گزارش‌هایی چند موجود می‌باشد. به‌طور مثال در مورد یونجه گزارش شده که تغذیه‌ی کافی روی هم در تحمل به تنش و هم رطوبت بیش از حد نقش اساسی دارد (گروال و ویلیامز 2000). جادالله (2000) نیز اثر کاربرد خاکی روی (سولفات روی) را در افزایش رشد سویا مثبت نشان داد. روی عنصر کم مصرف ضروری برای گیاهان، حیوانات و انسان می‌باشد. بیش از 300 آنزیم درگیر در فرآیندهای کلیدی متابولیکی انسان شامل روی هستند. این عنصر نقش اساسی را در سنتز RNA، DNA و پروتئین‌ها ایفا می‌کند (ویلچ 2001). کمامک و همکاران (1999) اعلام نمودند کمبود ناشی از روی سبب اختلال در متابولیسم بافت سلولی می‌گردد و مسئول خسارت به پروتئین‌های غشا، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها، ایندول استیک اسید می‌باشد، بنابراین سبب ممانعت از رشد گیاه می‌شود. شاو و لینگ (1966) گزارش نمودند که در تمام محصولات با افزایش کاربرد روی، غلظت آن در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. همچنین اعلام نمودند که تأثیر کاهش روی بر عملکرد دانه بیشتر از کاه و کلش است. اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد (بایبوردی 2006). از بین عناصر کم مصرف، کمبود روی بیشترین مشکل را برای تولید محصول ایجاد می‌کند (کاکماک و همکاران 1999). سویا حساسیت زیادی نسبت به کمبود روی دارد (هالوین و همکاران 1999). عنصر روی نقش مهمی را در حفاظت سلول‌های گیاه از گونه‌های واکنش دهنده با اکسیژن ایفا می‌کند (مارشنر 1993) با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد. با انجام محلول‌پاشی کمبود این عنصر در گیاه جبران می‌شود (هامان‌ترانجان 1996).

سویا یکی از مهمترین دانه‌های روغنی می‌باشد که مورد استفاده زیادی در کشاورزی و صنعت دارد. جایگاه ارزشمند این محصول به دلیل روغن زیاد و پروتئین فراوان دانه آن است که به ترتیب 20 و 40 درصد از وزن دانه را شامل می‌گردد (لطیفی، 1372).

سویا به دلیل تنوع ژنتیکی و سازگاری وسیع، در دامنه وسیعی از عرض‌های جغرافیایی کشت می‌گردد. روغن سویا حاوی اسیدهای چرب غیراشباع نظیر؛ اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک می‌باشد که این اسیدهای چرب اشباع نشده، از لحاظ تأمین ویتامین و حفظ سلامتی انسان، فوق‌العاده مهم می‌باشند (برگلند 2002). علاوه بر مصارف مختلف روغن سویا در تغذیه، در صنعت هم از آن مواد گوناگونی تهیه می‌شود. علاوه

بر این سویا در سیستم‌های تناوب زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر این دانه روغنی از نظر مجموع تولید و تجارت بین‌المللی، مهم‌ترین دانه بقولات می‌باشد.

به‌علت قرار گرفتن ایران در منطقه جغرافیایی خشک و نیمه خشک، گیاهان موجود در این مناطق، در مراحل مختلف رشد خود در معرض تنش خشکی هستند. با توجه به‌نقش عناصر غذایی در مقاومت گیاهان به تنش‌های مختلف محیطی، این تحقیق جهت تعیین اثرات عنصر روی بر عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی مهم سویا در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در روز دوم خرداد ماه سال 1389 در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول یک آمده است. عملیات آماده‌سازی زمین به‌وسیله‌ی شخم، دیسک و ایجاد کرت انجام شد. فاصله‌ی ردیف‌ها در هر کرت 40 سانتی‌متر، فاصله‌ی بوته‌ها روی ردیف‌های کشت، 8 سانتی‌متر و تراکم نهایی برای تمام ارقام برابر و مساوی 312500 بوته در هکتار بود. به‌منظور تشکیل گره‌های تثبیت نیتروژن در ریشه، بذور با باکتری سویه‌ی Rhizobium japonicum تلقیح شدند. کود نیتروژنه به میزان 30 کیلوگرم در هکتار به فرم اوره (استارتر) هنگام کاشت داده شد. با توجه به آزمایش خاک و غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی زمین در زمان تهیه بستر نبود (جدول1). در این مطالعه عامل کمبود آب خاک به عنوان عامل اصلی و ترکیب غلظت محلول‌پاشی و رقم به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. عوامل مورد بررسی شامل تنش خشکی در 3 سطح (بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی تا 10 درصد گل‌دهی (V5-R1) و تنش در مرحله گل‌دهی تا 10 درصد غلاف‌بندی (R1-R3)) و عامل رقم با دو سطح (L17 و کلارک63) و عامل محلول‌پاشی در سه سطح (بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی آب خالص و محلول‌پاشی سولفات روی آبدار ($ZnSO_4,7H_2O$) بودند. محلول‌پاشی سولفات‌روی قبل از اعمال تنش در مرحله چهار برگی به میزان 5 در هزار (جاداللهی، 2000) و به‌دلیل اجتناب از اثر سمیت احتمالی غلظت بالای عنصر روی در دو نوبت به فاصله‌ی دو هفته از هم انجام گرفت. همچنین تیمار محلول‌پاشی آب خالص جهت تشخیص و جدا کردن اثر آب محلول‌پاشی شده (1000 لیتر در هکتار) همراه سولفات روی بر گیاه بود.

مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی در طول دوره رشد انجام گرفت. ارقام مورد استفاده هر دو رشد نامحدود بودند. جهت ثبت میزان آب مصرفی و کنترل میزان آب در هر بار آبیاری، مزرعه به سیستم آبیاری شامل لوله‌های پلی‌اتیلن و کنتور آب مجهز شد. تیمار تنش کم آبی در دو مرحله ذکر شده، به‌وسیله قطع آبیاری تا تخلیه 60 درصد ظرفیت زراعی خاک و ثبت رطوبت خاک به‌وسیله دستگاه TDR[1]، برای اعمال تنش یکسان در مراحل مختلف صورت گرفت. اساس کار دستگاه TDR براین اصل استوار است که دستگاه گیرنده علایمی را به داخل سنسور میله‌ای ارسال کرده که از میله‌ای اصلی (که معمولا میله وسطی است) این علایم خارج شده و توسط میله‌های کناری دریافت می‌شوند. هنگامی که سنسور در داخل خاک قرار دارد و بین میله-ها را خاک فرا می‌گیرد بسته به میزان رطوبت خاک، زمان عبور موج الکترومغناطیس تغییر می‌کند و دستگاه برحسب واحدهای مختلف (بسته به تنظیم دستگاه بر روی کدام واحد) که معمولا میلی ولت، درصد رطوبت و یا مجموع هر دو است میزان رطوبت را مستقیماً قرائت می‌کند. در مجموع آبیاری در کرتهای بدون تنش 12 بار و در کرتهای دارای تنش 8 بار صورت گرفت. در پایان

1- Time Domain Reflectometry

دوره‌ی رشد (سوم مهرماه 1389) از هر کرت تعداد 10 بوته به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه برداشت شد و صفاتی از قبیل سطح برگ، وزن خشک برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع گیاه و تعداد گره ساقه مورد ارزیابی قرار گرفت. برداشت نهائی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه، که با قهوه‌ای شدن غلاف‌ها مشخص شد از دو ردیف میانی کرت آزمایشی (یک متر مربع) و با در نظر گرفتن اثر حاشیه انجام گرفت و عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد اندازه‌گیری و ثبت گردید. تجزیه واریانس داده‌ها به وسیله نرم افزار SAS انجام شد و میانگین صفات با آزمون LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی و اثرات متقابل رقم در کم آبی، کم آبی در غلظت، و رقم در غلظت قرار گرفت (جدول2). سطوح مختلف تنش تأثیر متفاوتی بر عملکرد دانه ارقام مختلف داشت (جدول3). تنش در مرحله رشد رویشی عملکرد ارقام L17 و کلارک 63 را به ترتیب حدود 24 و 15 درصد و تنش در مرحله رشد زایشی عملکرد ارقام L17 و کلارک 63 را به ترتیب حدود 29 و 25 درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش داد (جدول4). محلول‌پاشی با روی موجب افزایش عملکرد دانه شد اما تیمارهای مختلف محلول-پاشی عکس‌العمل متفاوتی در سطوح مختلف تنش داشتند. به‌طوری‌که محلول‌پاشی با سولفات روی عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی به ترتیب حدود 17، 40 و 53 افزایش داد (جدول5). تالوث و همکاران (2006) گزارش نمودند که محلول‌پاشی روی در شرایط تنش آب تأثیر مثبتی بر رشد، عملکرد و اجزا عملکرد گیاه آفتابگردان دارد. در این خصوص دولین و ویتان (1983) نیز چنین اظهار داشتند که با توجه به نقش اساسی این عنصر در گیاه که در بیوسنتز مواد رشد همانند اکسین دخالت دارد، می‌تواند سلول‌های گیاهی بیشتر و در نتیجه مواد خشک بیشتری را تولید و در دانه‌ها به عنوان مخزن ذخیره نماید. بنابراین موجب افزایش عملکرد می‌گردد که این وضعیت در پژوهش حاضر با استفاده از سولفات روی قابل مشاهده بود.

جدول 1- ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی (60-0 سانتی‌متری عمق خاک).

بافت	نیتروژن کل %	فسفر قابل جذب ppm	پتاسیم قابل جذب ppm	کربن آلی%	روی ppm	هدایت الکتریکی dS/m	اسیدیته
لومی رسی شنی	0/1	80	848	1/03	0/45	1/12	7/73

جدول 2- جدول تجزیه‌ی واریانس صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	ارتفاع ساقه اصلی	تعداد گره ساقه	تعداد دانه در غلاف
تکرار	2	882	0/268	0/23	0/01	0/0002
کم آبی	2	3658406**	833/99**	1054/05**	77/89**	0/07463**
تکرار* کم آبی	4	4059	2/93	0/75	0/36	0/0013
رقم	1	3666537**	6421/19**	1281/88**	31/94**	0/0091
غلظت	2	4385612**	591/54**	866/69**	30/71**	0/0224*
رقم *کم آبی	2	57885**	9/80**	8/28*	5/84**	0/0335**
کم آبی* غلظت	4	121523**	2/23	28/63**	2/12*	0/0027
رقم *غلظت	2	45562*	2/43	1/135	1/70	0/0068
رقم *کم آبی* غلظت	4	12497	0/92	1/00	0/63	0/0038
خطای آزمایشی	30	9922	1/51	2/25	0/65	0/0049
ضریب تغییرات		3/63	5/95	2/67	4/17	2/45

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی	سطح برگ	وزن خشک برگ	شاخص برداشت
تکرار	2	0.327	11094	6058	0/0007	0/050
کم آبی	2	2705/78**	9286336**	2537871**	48/0058**	81/62**
تکرار* کم آبی	4	1/07	21224	9834	0/01135	0/303
رقم	1	146/22**	9502094**	212942**	4/6698**	83/75**
غلظت	2	1693/24**	12278522**	2860281**	26/7689**	70/96**
رقم *کم آبی	2	34/80**	556678**	148080**	1/9407**	1/14*
کم آبی* غلظت	4	15/11**	629899**	164386**	1/15385**	1/48**
رقم *غلظت	2	2/03*	290022**	16716	0/4420**	0/65
رقم *کم آبی* غلظت	4	1/59	112381	95934**	0/5251**	0/72*
خطای آزمایشی	30	2/07	52563	540503	7/2064	0/25
ضریب تغییرلت		2/88	3/79	7/1	2/27	1/12

بدون علامت و علامت‌های ** و * به ترتیب به مفهوم عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد می‌باشند.

تأثیر اثراث اصلی و اثر متقابل رقم در کم آبی بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول2). سطوح مختلف تنش تأثیر متفاوتی بر وزن هزار دانه ارقام مختلف داشتند (جدول3). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش و در رقم L17 و کمترین وزن هزار دانه در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی و در رقم کلارک 63 مشاهده گردید (جدول4). گروهی از محققان گزارش کردند در شرایط کم آبیاری اندازه‌ی دانه تا 25 درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل کاهش می‌یابد (فرود و همکاران 1993). به‌کارگیری عنصر روی، سبب

شد وزن هزار دانه 8 درصد افزایش یابد (جدول3). افزایش وزن دانه را می‌توان به بهبود سیستم فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه در اثر کاهش عوارض تنش خشکی به‌وسیله‌ی عنصر روی نسبت داد. محلول‌پاشی در زمان رشد رویشی با افزایش سطح برگ باعث افزایش تشعشع دریافتی و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر گردیده و گیاه با پتانسیل بالقوه بیشتری وارد فاز زایشی می‌شود، بنابراین گیاه پتانسیل بالاتری جهت تولید دانه از خود بروز می‌دهد (کومودینی و همکاران 2001).

دو صفت ارتفاع ساقه اصلی و تعداد گره ساقه اصلی به‌طور مشابهی تحت تأثیر اثرات اصلی، اثر متقابل رقم در کم آبی و کم آبی در غلظت قرار گرفتند (جدول2). تنش در دوره رشد رویشی و دوره زایشی باعث کاهش ارتفاع ساقه و تعداد گره ساقه اصلی گردید، به‌طوری‌که در هر دو رقم تنش در دوره رشد زایشی بیشتر از تنش در دوره رشد رویشی باعث کاهش این دو صفت گردید (جدول 3). این نتایج با نتایج دانشیان (2000) مبنی بر کاهش ارتفاع ساقه و تعداد گره ساقه تحت شرایط تنش همخوانی داشت. در واقع تنش خشکی باعث کاهش طول دوره‌ی رویشی می‌گردد. با کاهش طول این دوره و عبور سریع‌تر گیاه از این مرحله تعداد گره و طول میان‌گره در گیاه کاهش یافته و به دنبال آن ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (دانشیان 2000). دلیل کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش کمبود آب را می‌توان به‌علت کاهش فشار تورژسانس و کاهش رشد طولی سلول‌ها دانست (آپادهیایا و پاندا 2004). محلول‌پاشی سولفات روی موجب افزایش تعداد گره و ارتفاع ساقه شد (جدول3). افزایش ارتفاع گیاه می‌تواند ناشی از افزایش حجم و طول ریشه و یا افزایش هورمون اکسین به‌دلیل کاربرد روی باشد. اکسین در نوک ساقه سنتز شده و با رشد طولی سلول‌ها باعث افزایش رشد طولی ساقه می‌شود. غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی عکس‌العمل متفاوتی در سطوح مختلف کم آبی داشتند. به‌طوری‌که محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی ارتفاع بوته را به‌ترتیب حدود 7، 14 و 16 درصد افزایش داد (جدول5). همچنین محلول‌پاشی سولفات روی تعداد گره را در شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی به ترتیب حدود 7، 9 و 17 درصد افزایش داد (جدول5).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر اثر کم آبی، غلظت و اثر متقابل رقم در کم آبی قرار گرفت (جدول2). تعداد دانه در غلاف به عنوان یک فاکتور متأثر از تنش در اثر تنش کمبود آب به خصوص تنش در دوره رشد زایشی کاهش یافت (جدول3). ارقام مختلف عکس‌العمل متفاوتی در سطوح مختلف تنش داشتند. تعداد دانه در غلاف، در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی در ارقام L17 و کلارک 63 به ترتیب حدود 3 و 2 درصد و در مرحله رشد زایشی حدود 8 و 4 درصد کاهش یافت (جدول4). کاربرد سولفات روی تعداد دانه در غلاف را به‌طور میانگین 2/5 درصد افزایش داد (جدول3). گزارش شده است که محلول‌پاشی روی، در مرحله هشت برگی با افزایش سطح برگ، وزن خشک برگ و طول دوره گلدهی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف می‌شود (بنک 2004). تغذیه گیاه با روی، به‌دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده، باعث افزایش طول عمر گرده شده و در نتیجه منجربه افزایش گرده‌افشانی و تشکیل تعداد دانه بیشتری در غلاف می‌گردد (شارما و همکاران 1990).

تعداد غلاف در بوته نیز تحت تأثیر اثرات اصلی و اثر متقابل رقم در کم آبی، کم آبی در غلظت و رقم در غلظت قرار گرفت (جدول2). تنش باعث کاهش تعداد غلاف در بوته گردید. ریزش غلاف از واکنش‌های مشخص سویا به تنش رطوبتی در طی دوره‌ی زایشی می‌باشد (شاو و لینگ 1966). ارقام مختلف عکس‌العمل متفاوتی در سطوح مختلف تنش داشتند، تنش در مرحله رشد رویشی تعداد غلاف در بوته را در هر دو رقم به

یک میزان و به مقدار 22 درصد کاهش داد. ولی تنش در مرحله زایشی تعداد غلاف ارقام L17 و کلارک 63 را به ترتیب حدود 36 و 41 درصد کاهش داد (جدول4).

محلول‌پاشی سولفات روی تعداد غلاف بوته را در تیمار بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی به ترتیب حدود 26، 36 و60 درصد افزایش داد (جدول5). عنصر روی علاوه بر محلول‌پاشی با روی موجب افزایش تعداد غلاف هر دو رقم شد ولی این افزایش در ارقام L17 و کلارک 63 به ترتیب حدود 41 و 37 درصد بود (جدول6). همچنین افزایش ذخیره هیدروکربن دانه‌های گرده در سنتز پروتئین سهیم بوده و سبب ذخیره در این عضو می‌شود، که این امر منجر به افزایش گرده افشانی، تشکیل میوه و دانه بیشتر می‌گردد (مارشنر 1993).

جدول 3- مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیکی و عملکرد سویا تحت اثرات اصلی عوامل مورد بررسی.

اثرات اصلی	سطوح تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی‌متر)	تعداد گره ساقه	تعداد دانه در غلاف
سطوح مختلف تنش	بدون تنش	3246 a	135/43 a	21/39 a	98/02 a	2/93 a
	تنش رشد رویشی	2611 b	129/10 b	18/90 b	88/42 b	2/85 b
	تنش رشد زایشی	2374 c	121/18 c	17/26 c	82/90 c	2/80 c
رقم	L17	2483 b	139/69 a	19/95 a	94/65 a	2/85 b
	کلارک 63	3004 a	117/88 b	18/15 b	84/91 b	2/88 a
غلظت‌های مختلف محلول-پاشی	بدون محلول‌پاشی	2470 b	125/17 b	18/44 b	86/02 b	2/84 b
	محلول‌پاشی با آب	2448 b	125/81 b	18/42 b	85/53 b	2/84 b
	محلول‌پاشی با روی	3314 a	135/40 a	20/69 a	97/79 a	2/91 a

اثرات اصلی	سطوح تیمار	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	سطح برگ (سانتیمتر مربع در بوته)	شاخص برداشت
سطوح مختلف تنش	بدون تنش	62/88 a	6829 a	8/ 74 a	1879 a	47/39 a
	تنش رشد رویشی	48/74 b	5870 b	7/38 b	1478 b	44/18 b
	تنش رشد زایشی	38/46 c	5424 c	5/49 c	1128 c	43/37 c
رقم	L17	48/38 b	5622 b	6/91 b	1432 b	43/74 b
	کلارک 63	51/67 a	6461 a	7/50 a	1578 a	46/23 a
غلظت‌های مختلف محلول-پاشی	بدون محلول‌پاشی	44/62 b	5593 b	6/5 b	1265 b	43/82 b
	محلول‌پاشی با آب	44/23 b	5536 b	6/5 b	1265 b	43/85 b
	محلول‌پاشی با روی	61/22 a	6994 a	8/61 a	1955 a	47/27 a

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر اثرات اصلی و اثرات متقابل رقم در کم آبی، کم آبی در غلظت و رقم در غلظت قرار گرفت (جدول2). تنش در هر دو دوره رشدی باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی شد (جدول3). ارقام مختلف عکس‌العمل متفاوتی به تیمار کم آبی نشان دادند. تنش در مرحله رشد رویشی عملکرد بیولوژیکی ارقام L17 و کلارک 63 را به ترتیب حدود 20 و 12 درصد و تنش در مرحله‌ی رشد زایشی عملکرد بیولوژیکی ارقام L17 و کلارک 63 را به ترتیب حدود 18 و 19 درصد کاهش داد (جدول4). کاهش ماده خشک گیاه سویا در پاسخ به کمبود فراهمی آب در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (ایمان‌الله و آیسودا 2005). کاهش عملکرد ماده خشک سویا در شرایط کمبود آب، احتمالاً مرتبط با آبسزیک اسید تولید شده در سلول‌های گیاهی می‌باشد که فعالیت این هورمون سبب کاهش تقسیم سلولی و سنتز DNA می‌شود (لوباتو و همکاران 2008). محلول‌پاشی با سولفات روی توانست عملکرد بیولوژیکی را افزایش دهد (جدول3). محلول‌پاشی روی، سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی در تمام سطوح تنش شد ولی میزان افزایش در کرت‌های بدون تنش، تنش در فاز رویشی و تنش در فاز زایشی به ترتیب حدود 14، 30 و 41 درصد بود (جدول5). همچنین محلول‌پاشی روی، عملکرد بیولوژیکی را در ارقام L17 و کلارک 63 به ترتیب حدود 31 و20 درصد افزایش داد (جدول 6). بر اساس اظهارات ود و همکاران (2002) محلول‌پاشی روی، میزان فتوسنتز در مراحل ابتدایی رشد گیاه، بهبود تثبیت نیتروژن، میزان پروتئین دانه و عملکرد گیاه ماش را به‌شکل مثبتی تحت تأثیر قرار داد.

جدول4- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزا عملکرد تحت اثر متقابل رقم و کم آبی .

سطوح تنش	رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی-متر)	تعداد گره در ساقه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	L17	3018 b	145/49 a	102/52 a	22/76 a	2/95 a	60/24 b	6546 b
	کلارک63	3474 a	125/37 d	93/51 b	20/03 b	2/91 ab	65/52 a	7113 a
تنش در مرحله رشد رویشی	L17	2285 d	140/36 b	92/87 b	19/62 b	2/85 b	46/98 d	5252 d
	کلارک63	2937 b	117/85 e	83/96 d	18/18 c	2/85 b	50/98 c	6289 b
تنش در مرحله رشد زایشی	L17	2146 d	133/23 c	88/55 c	17/49 cd	2/7 c	38/41 e	5367 d
	کلارک63	2602 c	110/43 f	77/25 e	17/03 d	2/8 b	38/52 e	5780 c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

سطح برگ و وزن خشک برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل دوجانبه و سه جانبه آنها قرار گرفتند ولی اثر متقابل رقم در غلظت بر سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول2). تنش باعث کاهش سطح و وزن خشک برگ شد. گزارش شده است که تنش آب در طی مرحله رویشی، رشد ساقه و سلول‌های برگ را کاهش می‌دهد و در نتیجه ارتفاع گیاه کاهش یافته و سطح برگ کمتر می‌گردد (لایر 2003).

محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش سطح و وزن برگ گردید (جدول3). بنک (2004) نشان داد که محلول‌پاشی روی، باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک می‌شود. در گیاهان با کمبود روی، ریز برگی به

سبب عدم سنتز اکسین کافی و متناوباً تجمع تریپتوفان و کاهش سنتز پروتئین‌ها و اسید آمینه‌ها اتفاق می‌افتد که این امر در ارتباط با کاهش مقدار RNA و فعالیت بالای RNA آز در اثر کمبود روی است (مارشنر 1993). وجود اثر متقابل معنی‌دار رقم در کم آبی در غلظت نشان داد که محلول‌پاشی با روی در تیمار بدون تنش، سطح برگ را در ارقام کلارک 63 و L17 به ترتیب حدود 13و 35 درصد، در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی در ارقام کلارک 63 و L17 به ترتیب حدود 90 و 29 درصد و در تیمار تنش در مرحله رشد زایشی در ارقام کلارک 63 و L17 به ترتیب حدود 111 و 134 درصد افزایش داد. بیشترین سطح برگ متعلق به رقم کلارک 63 در تیمار بدون تنش و با کاربرد عنصر روی و کمترین سطح برگ متعلق به رقم L17 در تیمار تنش در مرحله رشد زایشی و بدون محلول‌پاشی بود (جدول7). همچنین وجود اثر متقابل معنی‌دار رقم در کم آبی در غلظت نشان داد که محلول‌پاشی با روی در هر دو رقم و در تمام سطوح کم آبی منجر به افزایش وزن خشک برگ شد ولی بیشترین تأثیر را بر رقم L17 در مرحله رشد زایشی با افزایش 85 درصدی وزن خشک برگ داشت. بیشترین وزن خشک برگ در رقم کلارک 63 در شرایط بدون تنش و با محلول‌پاشی روی و کمترین وزن خشک متعلق در رقم L17 در شرایط تنش در مرحله زایشی و بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول7). به‌نظر می‌رسد که علت مقاومت بیشتر L17 به تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی وجود برگ‌های ریزتر و با تعداد بیشتر نسبت به کلارک63 می‌باشد. زیرا در هنگام تنش کم آبی گیاهان و ارقامی که تعداد برگ بیشتر و کوچک‌تری دارند، به تنش حساسیت کمتری نشان می‌دهند. کاربرد روی با سنتز اکسین منجربه افزایش رشد برگ و بالتبع وزن خشک برگ شده است. محلول‌پاشی در زمان رشد رویشی با افزایش سطح برگ باعث افزایش تشعشع دریافتی گردیده است. چون رابطه بین تشعشع دریافتی با تولید ماده خشک خطی است وزن خشک برگ نیز افزایش می‌یابد (کومودینی و همکاران 2001).

جدول 5- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزا عملکرد سویا تحت اثر متقابل کم آبی و غلظت.

سطوح تنش	سطوح محلول‌پاشی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد گره ساقه	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	بدون محلول‌پاشی	3106 bc	94/82 b	20/77 bc	57/94 b	6699 bc
	محلول‌پاشی با آب مقطر	2988 c	94/88 b	21/06 ab	57/86 b	6396 c
	محلول‌پاشی با روی	3645 a	104/37 a	22/36 a	72/84 a	7394 a
تنش در مرحله رشد رویشی	بدون محلول‌پاشی	2295 d	84/92 c	18/39 d	43/55 d	5339 d
	محلول‌پاشی با آب مقطر	2325 d	85/07 c	18/11 d	43/56 d	5358 d
	محلول‌پاشی با روی	3215 b	95/28 b	20/21 bc	59/12 b	6916 b
تنش در مرحله رشد زایشی	بدون محلول‌پاشی	2011 e	78/34 d	16/17 e	32/39 e	4741 e
	محلول‌پاشی با آب مقطر	2030 e	76/65 d	16/11 e	31/28 e	4857 e
	محلول‌پاشی با روی	3082 bc	93/72 b	19/52 cd	51/72 c	6674 bc

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل دوجانبه و سه جانبه آن‌ها به‌غیر از اثر متقابل رقم در غلظت قرار گرفت (جدول2). تنش در مرحله زایشی بیش از تنش در مرحله رویشی باعث کاهش این شاخص گردید (جدول3). دلیل پائین بودن شاخص برداشت در تیمارهای کم آبی علاوه بر کمبود فراهمی رطوبت، به مرحله‌ی اعمال تنش رطوبتی نیز مربوط می‌باشد. به‌طوری که تنش در مرحله زایشی با این‌که باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی گردیده است اما تأثیر عمده‌ای بر عملکرد دانه داشته و در نتیجه باعث کاهش شاخص برداشت شد. محلول‌پاشی روی سبب افزایش شاخص برداشت گردید (جدول3). محلول‌پاشی روی گرچه باعث افزایش شاخص برداشت در هر دو رقم و در تمام سطوح تنش شد ولی این تغییر در کرت‌های تنش دیده محسوس‌تر بود به‌طوری‌که محلول‌پاشی روی در شرایط بدون تنش، شاخص برداشت را در ارقام L17 و کلارک 63، به ترتیب حدود 7 و 5/7 درصد، در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی در ارقام L17 و کلارک 63، به ترتیب حدود 9 و 9 درصد و در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی در ارقام L17 و کلارک63 به ترتیب حدود 8/7 و 9/4 درصد افزایش داد (جدول7).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش کم آبی سبب ایجاد کاهش عملکرد دانه شد اما محلول‌پاشی سولفات روی در تمام سطوح رطوبتی (به‌ویژه تنش در مرحله رشد زایشی)، عملکرد دانه را نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب خالص، افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاربرد عنصر روی در مراحل اولیه رشد، باعث بهبود رشد ریشه، اندام هوایی و در نتیجه جذب بیشتر عناصر مورد نیاز گیاه از خاک گردید و در نتیجه گیاه با ذخایر فتوسنتزی، حجم و طول ریشه بیشتری وارد شرایط تنش شده است. بنابراین گیاهان محلول‌پاشی شده با روی، آب بیشتری از عمق‌های پایین‌تر خاک دریافت کرده و تا حدودی خسارت ناشی از تنش کم آبی را کاهش داده‌اند. از این رو می‌توان گفت که در شراط تنش، کاربرد روی به‌صورت محلول‌پاشی در گیاهان توصیه می‌شود.

جدول6- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد تحت اثر متقابل رقم و غلظت.

سطوح تنش	رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)
بدون محلول‌پاشی	L17	2198 d	42/62 b	5123 d
	کلارک63	2743 c	45/83 a	6063 c
محلول‌پاشی با آب	L17	2144 d	42/63 b	5023 d
	کلارک63	2752 c	46/63 a	6050 c
محلول‌پاشی با روی	L17	3109 b	59/89 b	6720 b
	کلارک63	3519 a	62/56 a	7270 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول 7- مقایسه میانگین‌های برخی خصوصیات مورفولوژیکی تحت اثر متقابل رقم در کم آبی در غلظت .

سطوح تنش	رقم	سطوح محلول‌پاشی	سطح برگ (سانتی-متر مربع در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	شاخص برداشت
بدون تنش	L17	بدون محلول‌پاشی	1559 de	7/55 d	44/88 cde
		محلول‌پاشی با آب	1574 de	7/48 d	45/13 cd
		محلول‌پاشی با روی	2108 ab	9/44 ab	48/05 b
	کلارک 63	بدون محلول‌پاشی	1921 abc	9/10 bc	47/73 b
		محلول‌پاشی با آب	1936 abc	9/08 bc	48/15 b
		محلول‌پاشی با روی	2173 a	9/81 a	50/46 a
تنش در مرحله رشد رویشی	L17	بدون محلول‌پاشی	1400 ef	6/80 e	41/74 g
		محلول‌پاشی با آب	1348 ef	6/85 e	42/46 fg
		محلول‌پاشی با روی	1805 bcd	8/69 c	45/48 c
	کلارک 63	بدون محلول‌پاشی	1106 fg	6/47 e	43/95 cdef
		محلول‌پاشی با آب	1102 fg	6/51 e	44/07 cde
		محلول‌پاشی با روی	2105 ab	8/99 bc	47/4 b
تنش در مرحله رشد زایشی	L17	بدون محلول‌پاشی	709 h	3/98 g	41/21 g
		محلول‌پاشی با آب	725 h	4/05 g	39/63 h
		محلول‌پاشی با روی	1660 cde	7/37 d	45/08 cd
	کلارک 63	بدون محلول‌پاشی	891 gh	5/10 f	43/42 ef
		محلول‌پاشی با آب	904 gh	5/06 f	43/20 def
		محلول‌پاشی با روی	1881 abcd	7/39 d	47/20 b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

منابع مورد استفاده

لطیفی، ن. 1372. زراعت سویا، زراعت، فیزیولوژی، مصارف (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 282 ص.

Banks LW, 2004. Effect of timing of foliarzinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 22: 116. 226-231.

Baybordi A, 2006. Zinc in soils and crop nutrition. Parivar Press. First Edition. P179.

Benjamin J. 2007. Effects of water stress on corn production. USDA Agricultural Research Service, Akron. Pp: 3-5.

Berglund DR, 2002. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Northwestern Minnesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota Soybean Council, pp. 136.

Cakmak I, Kalayci M, Ekiz H, Braun HJ, and Yilmaz A, 1999. Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO – Science for Stability Project. Field Crops Res, 60: 175–188.

Cordeiro FC, 2008. Morphological changes in soybean under progressive water stress. Int. J. Bot. 4: 231-235.

Cox WJ and Jolliff GP, 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal, 78: 226-230.

Cumudini S, Hume DJ and Chu G, 2001. Genetic improvement in short season soybean: I. Dry matter accumulation, Partitoning, and Leaf area duration. Crop Sci. 41: 391-398.

Daneshian J, 2000. Ecophysiological study of water deficit on soybean. Ph. D. Thesis, Azad Uni, Science and Research branch. 250pp. (In Farsi).

Devlin RM and Withan FH, 1983. plant physiology. 4th Ed. Wadsworth publishing company A division of wadsworth. Inc. Belmont, California.

Foroud N, Mundel HH, Saindon G and Entz T, 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. Field Crops Research, 31: 195-209.

El-Kheir MSA, Kandil SA and Mekki BB, 1994. Physiological response of two soybean cultivars grown under water stress conditions as affected by CCC treatments. Egyptian J. Physio. Sci., Egypt. 18 (1): 179-200.

Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL, 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Sixth Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. 499 pp.

Hemantaranjan A, 1996. Physiology an biochemical significance of zinc in plants. (In) Advancement in Micronutrient Research, pp 151-178. Hemanteranjan, A. (Ed). Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India.

Imanullah and Isoda A, 2005. Adaptive responses of soybean and cotton to water stress II. Co_2 assimilation rate, chlorophyll fluorescence and photochemical reflectance index. Plant prod. Sci., 8: 131 – 138.

Gadallah NAA, 2000. Effects of indol -3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. Journal of Arid Environments, 44: 451-567.

Grewal HS and Williams R, 2000. Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. Journal of Plant Nutrition, 23: 942-962.

Lauer J, 2003. What happens within the corn plant when Drought occurs? Corn Agronomist. 10(22): 153-155.

Lobato AKS, Costa RCL, Oliveira Neto CF, Santos Filho BG, Cruz FJR, Freitas JMN, Cordeiro, FC, 2008. Morphological changes in soybean under progressive water stress. Int. J. Bot. 4: 231-235.

Marschner H, 1993. Mineral Nutrition Of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. 889 pp.

Mekki BB, EL-Kholy MA and Mohamed EM, 1999. Yield, oil and fatty acids contents as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars. Egyptian Journal of Agronomy, 21: 67-85.

Mohan CVK. and Rao GR, 1989. Influence of foliar application of calcium on growth performance, chlorophyll and protein contents in groundnut under water stress. Narendra Deva Journal of Agricultural Research, 4: 7-11.

Shaw RH and Laing DR, 1966. Moisture stress and plant response. In: W. H. Pierre, D. Kirkham, J. Pesek and R. Shaw (Editors), Plant Environment and Efficient Water Use. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison. Wis., pp. 73-94.

Sharma PN, Chatterjee C, Agarwala SC and Sharma CP, 1990. Zinc defficiency and pollen fertility in maize (*zea mays*). Plant and Soil, 124: 221-225.

Thalooth AT, Tawfik MM and Magda Mohamed H, 2006. A comparatre study on the effect of Foliar Application of Zinc, Potassium and Magnesium on Growth, yield and some chemical constituents of Mungbean plants Grown under water stress condition. World Journal of Agriculture Sciences. 2(1): 37-46.

Upadhyaya H, and Panda SK, 2004. Responses of Camellia sinensis to drought and rehydration. Biologiae Plantarum. 48: 597-600.

Ved R, SK Misra and Upadhayay RM, 2002. Effect of sulphur, Zinc and biofertilizer, on the quality characteristics of mungbeam. Ind. J. Pulses Res. 2: 139-141.

Welch RM, 2001. Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. Plant Nutrition-Food Security and Dordrecht, Netherlands, PP: 284-258.