

تأثیر محلول پاشی با اسید سالیسیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد و صفات زراعی در ذرت (*Zea mays* L.)

محسن طریق الاسلامی^۱، محمد کافی^{۲*}، احمد نظامی^۲، رضا ضرغامی^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. اعضاء هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳. هیئت علمی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد سینگل کراس ۴۰۰ ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. عامل اصلی تنش سرما در دو سطح (عدم تنش سرمازدگی و تنش سرمازدگی به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله چهار برگی)، عامل فرعی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی محلول پاشی با اسید سالیسیک (عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی ۲۰۰ میکرو مولار و محلول پاشی ۴۰۰ میکرو مولار) در نظر گرفته شدند. اولین زمان محلول پاشی قبل از اعمال تنش سرمازدگی در شرایط کنترل شده بود و پس از کشت گیاهان در مزرعه هر ۱۵ روز یک‌بار تکرار شد. نتایج نشان داد تنش سرمازدگی اول فصل تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی نداشت. اثرات تنش خشکی و اسید سالیسیک بر صفات مورد آزمایش معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیک بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب معنی‌دار بود. اثر اسید سالیسیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیر تنش معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیکی به ترتیب با میزان ۸۵۴۳ و ۱۸۲۲۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری مطلوب با محلول پاشی ۴۰۰ میکرو مولار بود. در مجموع اسید سالیسیک با غلظت ۴۰۰ میکرو مولار سبب بهبود عملکرد ذرت شد و اثرات منفی تنش‌های سرما و خشکی را بر عملکرد گیاه ذرت کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی، کارایی مصرف آب، نیاز آبی.

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته به وسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و در نتیجه آن رشد و نمو آن‌ها محدود می‌شود (Azizinia et al., 2005). تنش سرمازدگی همه‌ساله خسارت قابل توجهی را به اقتصاد و چرخه تولید محصولات کشاورزی کشور تحمیل می‌کند. گزارش شده است که وقتی گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری از جمله ذرت در معرض دماهای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد دچار خسارت می‌شوند

(Seppanen, 2000). با توجه به نیاز آبی ذرت، کمبود آب برای تولید مناسب آن یکی از معضلات مهم تولید آن شمار می‌آید. در کشور ما به دلیل نزولات جوی کم و منابع آب محدود می‌باید از حداقل آب حداکثر بهره‌برداری لازم صورت پذیرد تا بهره‌وری مطلوب از آب مصرف شده در بخش کشاورزی انجام شود.

اسید سالیسیک از جمله ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان وجود دارد، این ترکیب به‌عنوان ماده‌ای شبه

زمان استقرار کامل گیاه، آبیاری به صورتی که سطح خاک گلدان‌ها رطوبت موردنیاز را حفظ کند صورت پذیرفت. تابش نور در کلیه سطح گلخانه یکسان، حداقل و حداکثر درجه حرارت ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. گیاهچه‌ها تا مرحله چهار برگی در شرایط گلخانه قرار داشتند. محلول پاشی بیست و چهار ساعت قبل از اعمال تنش سرمازدگی انجام و در این مرحله کلیه تیمارها (از تاریخ ۱۳۹۴/۳/۲۷) برای اعمال تنش سرمازدگی به داخل اتاقک سرد (در شرایط تاریکی، دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت محیطی ثابت) انتقال داده شدند. دمای اتاقک در شروع آزمایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و پس از قرار دادن نمونه‌ها با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت (در مدت زمان ۱۰ ساعت) کاهش یافت و در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت باقی ماند افزایش دما نیز با همین روند انجام شد. پس از اعمال تنش سرمازدگی گیاهچه‌ها در تاریخ ۱۳۹۴/۴/۱ به مزرعه انتقال داده و کشت شدند. جهت آماده‌سازی زمین شخم و دیسک زده شد و پس از تسطیح آن کرت‌هایی به طول چهار متر و عرض سه متر با فواصل ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شد. هیبرید مورد کاشت سینگل کراس ۴۰۰ بود که با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار کشت شد. علت انتخاب این هیبرید پاسخ مناسب‌تر آن در مقایسه با سینگل کراس‌های ۷۰۴ و ۲۶۰ در پاسخ به تنش‌های خشکی و سرما بود. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از خاک از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری جهت آزمون خاک و کوددهی بر اساس توصیه موسسه خاک و آب کشور انجام گرفت. علف‌های هرز به‌صورت دستی و از هفته بعد از نشاء کاری کنترل شدند.

از زمان استقرار گیاه (دو هفته پس از کاشت)، آبیاری مزرعه به‌طور یکنواخت انجام شد و پس از آن اعمال تیمارهای سالیسیلیک اسید هر ۱۵ روز یک‌بار و تنش آبیاری مطابق با توضیحات زیر انجام شد:

میزان آبیاری به‌وسیله کنتور با دقت (یک‌دهم لیتر) اندازه‌گیری و با کنترل شیرهای ورودی برای هر تیمار، آبیاری جداگانه اعمال گردید. برای تعیین میزان آب آبیاری، ابتدا نیاز آبی گیاه در فاصله هر دو آبیاری مطابق معادله یک برآورد گردید (Allen et al, 1998; Villalobos et al., 2002).

$$WR = (Etc + Ro - Pe - CR) / (Ei / 100) \quad [1]$$

هورمونی محسوب می‌گردد که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Kang, 2003). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (Raskin, 1992). اسید سالیسیلیک در گیاهان تحت تنش‌های محیطی نقش حفاظتی داشته و تحمل گیاه نسبت به کمبود آب را بهبود می‌بخشد (Bezrukova et al., 2001). عمل حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ‌های ضد اکسیدانی، کاهش تعرق و افزایش فتوسنتز همراه بوده و به افزایش کارایی مصرف آب منجر شده است (Shakirova et al., 2003). هرچند پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نمی‌تواند به‌طور کامل از آسیب ناشی از تنش جلوگیری کند، اما تا حدی سبب تخفیف آسیب‌های وارد به گیاهان می‌شود (Sakhabutidnova et al., 2003). اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش عملکرد در گیاه سویا (Kumar, 1999) منتشر شده است. اسید سالیسیلیک در گوجه‌فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت‌های پایین و بالا شده است (Senaratna et al., 2000). طبق گزارش فهد و بانو (Fahad and Bano, 2012) اسید سالیسیلیک در ذرت سبب کاهش اثرات تنش بر روی اغلب صفات گیاه شد و بیشترین اثر تنش بر روی عملکرد دانه بود. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر محلول پاشی با سطوح اسید سالیسیلیک بر تخفیف اثر تنش سرمازدگی و خشکی روی عملکرد و صفات زراعی ذرت سینگل کراس ۴۰۰ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت آزمایش کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. عامل اصلی تنش سرمازدگی (عدم تنش (شاهد) و تنش سرمازدگی در مرحله چهار برگی)، عامل فرعی تنش خشکی [آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (عدم تنش، شاهد)، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه] و عامل فرعی فرعی محلول پاشی اسید سالیسیلیک (عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی ۲۰۰ میکرومولار و محلول پاشی ۴۰۰ میکرومولار) در نظر گرفته شد. در اول اردیبهشت ۱۳۹۴ دو عدد بذر در گلدان‌های کاغذی (قطر دهانه ۱۲ سانتیمتر) حاوی مخلوطی از ماسه، پرلیت، خاک مزرعه و خاک برگ به نسبت مساوی و در عمق پنج سانتیمتری کشت گردید و تا

جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار MSTATC و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD مقایسه شد.

نتایج و بحث

تعداد دانه بلال

تنش سرما در مرحله چهار برگی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال نداشت ولی اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۱)، به طوری که آبیاری گیاه با ۱۰۰ درصد نیاز آبی باعث بهبود ۳۴/۲ درصدی تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی شد. محلول پاشی گیاه با غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید نیز بهبود صفت مذکور را به میزان ۱۳/۶ درصد نسبت به تیمار عدم محلول پاشی (شاهد) به دنبال داشت (جدول ۲). محلول پاشی اسید سالیسیلیک در هنگام تنش با ایجاد لایه‌ای باعث جلوگیری از تعرق سطح برگ می‌شود (Aminizade, 2015). سپهری و بیات (۲۰۱۳) اعلام کردند که محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد دانه در بلال و افزایش عملکرد را در پی آن داشت (Sepehri and Biat, 2013). به عقیده اکثر محققان، مهم‌ترین جزء عملکرد که طی تنش کمبود آب در مرحله رویشی تحت تأثیر قرار گیرد، تعداد دانه در بلال است (Dornescu et al., 1992; Nesmith and Ritchie, 1992). نسیمیت و ریچی (Nesmith and Ritchie, 1992) نیز بر کاهش تعداد و وزن دانه در تنش کمبود آب قبل از گرده‌افشانی تأکید کرده و اظهار داشتند که در برخی هیبریدها تعداد دانه می‌تواند تحت تأثیر تنش کمبود آب در ۳۰ روز قبل از گرده‌افشانی قرار گیرد.

وزن صد دانه

تنش سرما در مرحله چهار برگی وزن دانه را تغییر نداد ولی اثر تنش خشکی بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). به طوری که آبیاری گیاه با ۱۰۰ درصد نیاز آبی باعث بهبود ۷/۶ درصدی وزن دانه نسبت به تیمار آبی ۵۰ درصد شد (جدول ۲). دورنسکو و همکاران (Dornescu et al., 1992) نیز گزارش دادند که کاهش فواصل آبیاری سبب افزایش وزن هزار دانه گردید. در شرایط خشکی، دانه‌ها کوچک‌تر شده و وزن آن‌ها کاهش می‌یابد. البته برخی معتقدند که خشکی بر تجمع ماده خشک در دانه به طور مستقیم اثرگذار نیست، بلکه

در این معادله WR: نیاز آبی گیاه (میلی‌متر)، Etc: تبخیر و تعرق گیاه زراعی (میلی‌متر)، Ro: رواناب (میلی‌متر)، Pe: بارندگی مؤثر (میلی‌متر)، CR: صعود کاپیلاری (میلی‌متر) و Ei: راندمان آبیاری (درصد) می‌باشند. با توجه به پایین بودن سطح ایستابی در منطقه آزمایش مقدار صعود کاپیلاری و بسته بودن کرت‌های آزمایشی مقدار رواناب صفر در نظر گرفته شد. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) بر پایه مدل پنمن مونتیث فائو (بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی مربوط به فاصله زمانی تاریخ آبیاری قبلی تا تاریخ آبیاری مورد نظر و با استفاده از داده‌های دستگاه هواشناسی خودکار) و میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت بر اساس معادله دو محاسبه گردید (Allen et al, 1998).

$$E_{to} \times K_c = E_{tc} \quad [۲]$$

با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی و انتقال آب تا ابتدای کلیه خطوط کشت به وسیله لوله، میزان راندمان آبیاری (Ei) نیز ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. آبیاری هر ۷ روز یک‌بار برای کلی تیمارها صورت پذیرفت، کل حجم آب آبیاری برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب برابر با (۱۰۱۳۳/۳۳، ۸۰۶۶/۶۶ و ۵۸۶۶/۶۶ مترمکعب در هکتار) بود.

در پایان فصل رشد (۱۲۱ روز پس از کاشت) جهت تعیین اجزا عملکرد از یک مترمربع بوته‌ها (۵ بوته به صورت تصادفی) برداشت شد و سپس تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه تعیین شد. جهت تعیین وزن صد دانه، پنج نمونه صدتایی به صورت تصادفی توزین شدند. به منظور تعیین عملکرد ابتدا از سطحی معادل یک مترمربع، بوته‌ها از سطح خاک بریده شده و سپس ابتدا زیست‌توده آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس بلال‌ها از بوته جدا شده و پس از جدا کردن دانه‌ها، عملکرد ثبت شد. بر اساس عملکرد دانه، زیست‌توده و میزان آب مصرفی برای هر تیمار، شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای دانه از طریق معادله سه و کارایی مصرف آب با استفاده از معادله چهار محاسبه گردید (Farre et al., 2006).

$$[۳] \quad \text{بهره‌وری آب} = \text{عملکرد دانه} / \text{میزان آب مصرفی}$$

$$[۴] \quad \text{کارایی مصرف آب} = \text{عملکرد ماده خشک} / \text{میزان آب مصرفی}$$

به آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه شد (جدول ۱). باصفا و طاهریان (Basafa and Taherian, 2009) بیان کردند، تنش خشکی به‌خصوص در مرحله ظهور گل و دانه‌بندی امکان پر شدن دانه را در انتهای بلال نمی‌دهد و دانه‌بندی در انتهای بلال صورت نمی‌گیرد و از تعداد دانه‌ها در یک ردیف کاسته می‌شود. این فرایند به دلیل تخصیص کمتر مواد فتوسنتز به دانه و کاهش فتوسنتز با بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد.

کمبود آب از طریق کوتاه کردن دوره رشد مؤثر دانه باعث تجمع کمتر مواد در این اندام می‌شود (Nesmith and Ritchie, 1992). وزن صد دانه با تعداد دانه در بلال همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۴).

تعداد دانه در ردیف بلال

آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب سبب بهبود ۱۳/۲ و ۹/۵ درصدی تعداد دانه در ردیف بلال نسبت

جدول ۱. منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری آب، کارایی مصرف آب تحت تأثیر اسید سالیسیک در شرایط تنش سرمازدگی و خشکی بر روی ذرت سینگل کراس ۴۰۰.

Table 1. Source of variation, degree of freedom and mean squares for No. grains per ear, 100 grain weight, No. of kernels per row, No. of rows per ear, grain yield, biological yield, harvest index, water productivity, water use efficiency, of SC400 maize hybrid under chilling, drought stress and salicylic acid spraying.

تغییرات منابع Source of variation	درجه آزادی df	تعداد دانه در بلال No. grains per ear	وزن صد دانه 100 Grain weight	ردیف در بلال No. rows per ear	تعداد دانه در ردیف No. kernels per row
تکرار Replication	2	2732.3 ^{ns}	5.461 ^{ns}	0.389 ^{ns}	44.338 ^{ns}
تنش سرما Cold Stress (C)	1	22509.4 ^{ns}	27.592 ^{ns}	0.167 ^{ns}	7.782 ^{ns}
خطای آزمایش Error	2	8387.8	15.754	1.256	13.421
تنش خشکی Drought Stress (D)	2	95619.9*	6.068*	2.056 ^{ns}	103.088**
سرما* خشکی C*D	2	9390.5 ^{ns}	8.005 ^{ns}	3.167 ^{ns}	8.477 ^{ns}
خطای آزمایش Error	8	5364.1	14.452	1.167	12.275
سالیسیک اسید Salicylic acid (H)	2	14845.0**	5.747 ^{ns}	1.722 ^{ns}	13.782 ^{ns}
سرما* سالیسیک C*H	2	2050.9 ^{ns}	7.161 ^{ns}	0.389 ^{ns}	15.282 ^{ns}
خشکی* سالیسیک D*H	4	1162.1 ^{ns}	9.289 ^{ns}	0.278 ^{ns}	6.942 ^{ns}
سرما* خشکی* سالیسیک C*D*H	4	3193.8 ^{ns}	2.425 ^{ns}	2.389 ^{ns}	10.623 ^{ns}
خطای آزمایش Error	24	2627.6	6.843	0.963	9.019
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.42	13.88	6.72	8.14

Table 1. Continued

تغییرات منابع Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	بهره‌وری آب Water productivity	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	3850424.1 ^{ns}	5051028.9 ^{ns}	54.05 ^{ns}	0.046 ^{ns}	0.056 ^{ns}
تنش سرما Cold Stress (C)	1	9316757.4 ^{ns}	28414208.2 ^{ns}	48.16 ^{ns}	0.104 ^{ns}	0.334 ^{ns}
خطای آزمایش Error	2	313035.2	799807.1	2.16	0.009	0.021
تنش خشکی Drought Stress (D)	2	32626412.9 ^{**}	197006911.1 ^{**}	87.38 ^{**}	0.006 [*]	0.261 ^{**}
سرما* خشکی C*D	2	526568.5 ^{ns}	4029217.2 ^{ns}	7.72 ^{ns}	0.005	0.031
خطای آزمایش Error	8	335174.1	973119.4	2.08	0.004	0.015
سالسیلیک اسید Salicylic acid (H)	2	2380718.5 [*]	29915312.2 ^{**}	16.88 [*]	0.052 [*]	0.510 ^{**}
سرما* سالسیلیک C*H	2	142096.3 ^{ns}	268855.4 ^{ns}	6.88 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}
خشکی* سالسیلیک D*H	4	1217737.9 [*]	3792031.7 ^{**}	51.94 [*]	0.027 [*]	0.058 [*]
سرما* خشکی* سالسیلیک C*D*H	4	729065.7 ^{ns}	729337.6 ^{ns}	32.61 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.014 ^{ns}
خطای آزمایش Error	24	603481.5	857952.5	18.09	0.012	0.016
ضریب تغییرات CV (%)	-	12.96	6.42	10.25	14.21	6.88

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

عملکرد دانه

بیشترین میزان عملکرد دانه را نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با عدم محلول‌پاشی دارا بود (جدول ۳). در مطالعه‌ای دیگر نیز محلول‌پاشی برگی ذرت با اسید سالسیلیک در مرحله گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه شد (Bayat et al., 2010). در شرایط تنش کمبود آب، کاهش عملکرد در مرحله زایشی به‌واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها است. وستیج و بویر (Westage and Boyer, 1998) نیز دریافته‌اند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به علت کاهش در وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف می‌باشد. به نظر می‌رسد اسید سالسیلیک سبب ایجاد تعادل هورمونی در گیاه شده و تحت شرایط تنش‌های محیطی، باعث افزایش اکسین، اسید آبسازیک و مانع از کاهش سیتوکینین می‌گردد (Shakirova

اثر تنش خشکی و اسید سالسیلیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبی ۱۰۰ درصد با میزان ۷۳۵۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان با مقدار ۴۶۶۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار با عملکرد دانه ۶۲۹۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالسیلیک معنی‌دار بود (جدول ۱). محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار باعث بهبود عملکرد دانه در تیمار آبی ۱۰۰ درصد به میزان ۲۴/۹ و ۳۵/۹ درصد نسبت به تنش‌های ملایم و شدید (تیمارهای آبی ۷۵ و ۵۰ درصد) شد. همچنین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار با اختلاف ۵۴/۳ درصدی

افت عملکرد دانه می‌باشد. قلی نژاد و همکاران (Gholinejad et al., 2009) نشان دادند با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد ولی در تنش خشکی ملایم و شدید افزایش عملکرد زیاد نبود. عملکرد دانه با تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۴).

et al., 2003; El-Tayeb, 2005; Singh and Usha, 2003). العمران و همکاران (Al-Omran et al., 2000) گزارش دادند که با افزایش آبیاری عملکرد ذرت افزایش یافت. بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط عدم تنش می‌تواند به علت کاهش فاصله بین گرده‌افشانی و کاکل دهی و افزایش در صد باروری باشد. در شرایط تنش خشکی آسیب دیدن دانه گرده و کافی نبودن دانه گرده در خلال خروج کاکل یکی از علل

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش سرمازدگی، خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری آب، کارایی مصرف آب ذرت.

Table 2. Mean comparison simple effects of salicylic acid, drought stress and chilling stress on No. grains per ear, 100 grain weight, No. of kernels per row, No. of rows per ear, grain yield, biological yield, harvest index, water productivity, water use efficiency of corn.

Treatment	تیمار	تعداد دانه در بلال No. grains per ear	تعداد دانه در ردیف بلال No. kernels per row	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	کارایی مصرف	آب
							بهره‌وری آب Water productivity (kg.m ⁻³)	Water use efficiency (kg.m ⁻³)
(Cold Stress) تنش سرما								
	عدم تنش سرما (شاهد) Control	469.4 a	37.26 a	6409 a	15150 a	42.44 a	0.803 a	1.91 a
	تنش سرما Cold Stress	428.6 a	36.50 a	5578 a	13700 a	40.56 a	0.715 a	1.76 a
(Drought Stress) تنش خشکی								
	۱۰۰ درصد نیاز آبی 100%	532.2 a	39.56 a	7353 a	17090 a	43.03 a	0.761 ab	1.87 a
	۷۵ درصد نیاز آبی 75%	418.6 b	36.14 b	5966 b	14550 b	41.00 b	0.739 b	1.71 b
	۵۰ درصد نیاز آبی 50%	396.3 b	34.94 b	4661 c	11650 c	39.67 c	0.777 a	1.94 a
(Salicylic acid) سالیسیلیک اسید								
	عدم محلول پاشی (شاهد) Control	419.9 b	36.33 a	5588 b	13140 c	41.94 b	0.706 b	1.68 c
	۲۰۰ محلول پاشی میکرو مولار 200 μM	477.3 a	36.42 a	6101 ab	14430 b	42.17 ab	0.758 ab	1.83 b
	۴۰۰ محلول پاشی میکرو مولار 400 μM	449.9 a	37.89 a	6292 a	14720 a	42.74 a	0.814 a	2.01 a

میانگین‌های که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم تفاوت معنی‌داری ندارند. Means followed by the same letters are not significantly different by the LSD test at 5% probability level.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری آب، کارایی مصرف آب روی ذرت.

Table 3. Mean comparison of interaction of Salicylic acid and drought stress treatments on grain yield, biologic yield, harvest index, water productivity and water use efficiency on SC400 corn hybrid.

Treatment	تیمار	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	بهره‌وری آب Water productivity (kg.m ⁻³)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m ⁻³)
100% water requirement.						
۱۰۰ درصد نیاز آبی						
Control	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	7035 ab	16360 c	43.00 a-c	0.794 b	1.69 de
200 μM spraying	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرو مولار	7282 ab	16690 b	43.63 a.c	0.753 bc	1.83 cd
400μM spraying	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار	8543 a	18220 a	46.88 a	0.780 b	2.09 ab
75% water requirement.						
۷۵ درصد نیاز آبی						
Control	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	5623 cd	13940 d	40.33 cd	0.718 c	1.65 e
200 μM spraing	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرو مولار	5863 cd	13790 d	42.51 a-d	0.750 bc	1.69 de
400μM spraying	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار	6412 bc	13910 d	46.09 a	0.749 bc	1.77 de
50% water requirement.						
۵۰ درصد نیاز آبی						
Control	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	3907 f	10120 f	38.17 d	0.651 c	1.69 de
200 μM spraing	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرو مولار	4608 ef	11800 e	39.17 cd	0.768 b	1.97 bc
400μM spraing	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار	5468 de	13030 d	41.67 a-b	0.911 a	2.17 a

میانگین‌های که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم تفاوت معنی‌داری ندارند. Means followed by the same letters are not significantly different by the LSD test at 5% probability level.

عملکرد بیولوژیک

سالیسیلیک به دست آمد. همچنین تیمار شاهد و ۲۰۰ میکرو مولار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با اختلافات ۶۱/۶ و ۴۹/۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد و ۲۰۰ میکرو مولار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط مصرف ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه قرار دارد (جدول ۳). چکیر (Cakir, 2004) نیز گزارش داد که تنش خشکی سبب کاهش ماده خشک گیاهی ذرت گردید. (Abd El-Wahed et al., 2006) در بررسی اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید بر ذرت بیان داشتند، با افزایش غلظت این تنظیم‌کننده زیستی ویژگی‌های رویشی مانند وزن خشک افزایش می‌یابد. افزایش مشاهده‌شده در بررسی فوق می‌تواند به دلیل تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیکی تحت تأثیر تیمار با اسید سالیسیلیک مربوط می‌باشد که به دنبال انتقال

اثرات تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبی ۱۰۰ درصد با میزان ۱۷۰۹۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار آبی ۵۰ درصد با ۱۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در شرایط محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بالاترین عملکرد بیولوژیک با عملکرد بیولوژیک ۱۴۷۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار آبی ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک با اختلافی ۵۵/۲ درصدی نسبت به تیمار ۵۰ درصد آبی با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید

۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بهره‌وری آب و عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی مشاهده شد (جدول ۴). طبق گزارش‌های صورت گرفته با توجه به تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیک بر بهبود تنش خشکی بر میزان بهره‌وری آب، عملکرد دانه و بیولوژیک بین صفات مذکور همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید (Afzon, 2014). تحقیقات کریمی و همکاران (Karimi et al., 2009) نیز نشان داد که اگرچه کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل، بلال و اجزای عملکرد ذرت نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب در این حالت به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

کارایی مصرف آب

اثرات تنش خشکی، اسید سالیسیک و اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیک بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۱). برهمکنش تنش خشکی و اسید سالیسیک (جدول ۳) بیانگر افزایش ۲۲/۱ درصدی این صفت در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با عدم محلول‌پاشی می‌باشد. کارایی مصرف آب با عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴) و لذا افزایش کارایی مصرف آب در تیمارهای محلول‌پاشی اسید سالیسیک می‌تواند به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک باشد. جانسون و فاولر (Johnston and Fowler, 1992) گزارش کردند که کارایی مصرف آب بالا، توأم با سرعت کم رشد برگ‌هاست و سرعت رشد برگ‌ها مؤثرترین عامل در حصول این کارایی دانستند. لی‌لی و بوردوسکی (Lyle and Bordvosky, 1995) گزارش کردند، در صورتی که مقدار آب آبیاری ثابت و فاصله آبیاری‌ها از شش روز به ۹ تا ۱۲ روز برسد عملکرد به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌یابد که این خود دارای اثر مستقیم بر کارایی مصرف آب است. فاره و فسی (Farre and Faci, 2006) گزارش نمودند کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری مطلوب ۱/۸۸ گرم دانه بر لیتر و در شرایط کمبود آب به ۰/۵۰ گرم دانه بر لیتر رسید. به نظر می‌رسد پائین بودن شاخص سطح برگ در تنش خشکی باعث کاهش سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه و در نتیجه کاهش کارایی مصرف آب می‌شود.

فعال محصولات فتوسنتزی از منبع به مقصد صورت می‌گیرد. عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۴).

شاخص برداشت

در تیمار ۴۰۰ میکرو مولار محلول‌پاشی اسید سالیسیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه شاخص برداشت ۱۱/۱ درصد نسبت به تیمار ۴۰۰ میکرو مولار محلول‌پاشی اسید سالیسیک در شرایط آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشتر بود. همچنین بالاترین میزان شاخص برداشت مربوط به تیمار ۴۰۰ میکرو مولار محلول‌پاشی اسید سالیسیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با اختلاف معنی‌دار ۱۸/۶ درصدی نسبت به پایین‌ترین میزان شاخص برداشت که مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیک در شرایط آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می‌باشد (جدول ۳). ستر و همکاران (Setter et al., 2001) نیز گزارش کردند که تحت تأثیر تنش خشکی عملکرد دانه گیاه ذرت کاهش می‌یابد. تنش خشکی باعث کاهش شدید عملکرد دانه می‌گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. محرابیان مقدم و همکاران (Mehrabian Moghadam et al., 2011) گزارش کردند که اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیک بر عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت معنی‌دار بود. محققان از جمله قهرمانی (Ghahramani, 2009) و یوسف‌وند (Yousefvand, 2011) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی شاخص برداشت کاهش پیدا کرده است و محلول‌پاشی اسید سالیسیک باعث بهبود افزایش میزان شاخص برداشت گردیده است. این صفت با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۴).

بهره‌وری آب

در جدول ۳ مشاهده می‌شود که در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، محلول‌پاشی با ۴۰۰ میکرومولار اسید سالیسیک سبب بهبود ۲۸/۵ درصدی بهره‌وری آب نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیک شد. همچنین در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی، محلول‌پاشی با ۴۰۰ میکرومولار اسید سالیسیک به ترتیب منجر به افزایش ۱۷/۸ و ۱۴/۳ درصدی بهره‌وری آب نسبت به دو تیمار ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه شد (جدول

جدول ۴. همبستگی بین صفات تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری آب، کارایی مصرف آب.

Table 4. Correlation between No. grains per ear, 100 grain weight, No. of kernels per row, No. of rows per ear, grain yield, biological yield, harvest index, water productivity, water use efficiency.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	0.21*	1							
3	0.04	0.06	1						
4	0.48**	0.51**	0.08	1					
5	0.51**	0.34**	0.50**	0.44**	1				
6	0.89**	0.14*	0.51**	0.69**	0.58**	1			
7	0.51**	0.09*	0.08	0.08	0.09*	0.09*	1		
8	0.19*	0.26**	-0.22*	0.12*	0.56**	0.36**	0.59**	1	
9	0.21*	0.20*	-0.24*	0.10*	0.35**	0.44**	-0.02	0.77**	1

ns, ** and * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

۱- تعداد دانه در بلال، ۲- وزن صد دانه، ۳- تعداد ردیف دانه در بلال، ۴- تعداد دانه در ردیف بلال، ۵- عملکرد دانه، ۶- عملکرد بیولوژیک، ۷- شاخص برداشت، ۸- بهره‌وری آب، ۹- کارایی مصرف آب.

1- No. grains per ear, 2- 100 Grain weight, 3- No. of kernels per row, 4- No. of rows per ear, 5- Grain yield, 6- Biological yield, 7- Harvest index, 8- Water productivity, 9- Water use efficiency.

نتیجه‌گیری

بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، افزایش بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب شد. مصرف ۴۰۰ میکرو مولار محلول پاشی اسید سالیسیلیک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیک و دانه را در ذرت بهبود داد. از آنجاکه این ماده بسیار ارزان و دسترسی به آن آسان می‌باشد، بنابراین مصرف آن در ذرت به‌ویژه در شرایط کم آبیاری می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. با توجه به تأثیر نداشتن سرما به مدت ۱۲ ساعت بر صفات موردبررسی هیبرید سینگل کراس ۴۰۰ ذرت، برای جبران خسارت ناشی از خشکی در شرایط آب و هوایی مشهد بذر را زودتر کشت نمود.

نتایج نشان داد که تنش سرمازدگی در مرحله چهار برگی تأثیر منفی بر صفات موردبررسی گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی نداشت؛ از دلایل کم اثر بودن تنش سرمازدگی بر صفات موردبررسی می‌توان به مرحله مواجهه گیاه به این تنش ذکر کرد همچنین با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مواجهه گیاهان به تنش‌های محیطی در مرحله رشد رویشی قابل جبران می‌باشد؛ اما تنش خشکی در طول فصل رشد با برخورد به مرحله تنش‌زایی موجب کاهش اجزای عملکرد بلال (تعداد دانه و ردیف در بلال)، وزن هزار دانه، عملکرد

منابع

- Abd El-Wahed, M., Amin, A., M.El-Sh, A., 2006. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow mays plants. World Journal of Agricultur Science. 2, 149-155.
- Afzon, H., 2014. The effect of foliar application of salicylic acid on the growth of corn under irrigation and irrigation. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran. [In Persian with English Summary].
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.
- Al-Omran, A., Sheta, M., Falatan, A.S., Al-Harb, A.R., 2000. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water use efficiency

- in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management*, 37, 111-112.
- Aminizade, A., 2015. The effect of salicylic acid and different irrigation regimes on the growth, yield and yield components of maize single cross 704. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shahid bahonar Kerman, Iran. [In Persian with English Summary].
- Azizinia, Sh., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi Samadi, B., Ahmadi, A., 2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 36, 281-292. [In Persian with English Summary].
- Bayat, S., Sepehri, A., Zare abyaneh, H., Abdollahi, M.R., 2010. Effect of salicylic acid and paclobutrazol on growth indexes and yield of maize under water stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 2(1), 34-40. [In Persian with English Summary].
- Bezrukova, M., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R.A., Kyldiarova, I., Shakirova, F., Sakhabutdinova, A.R., 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya*. 2, 51-54.
- Calir, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89(1), 1-16.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45, 215-225.
- Fahad, S., Bano, A., 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. *Pakistan Journal Botany*. 44(4), 1433-1438.
- Farre, I., Faci, J.M., 2006. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 83, 135- 143.
- Ghahramani, A., 2009. Foliar application of amino acids and silicic acid on growth and yield of sunflower under drought stress. M.Sc. Thesis. Agronomy and Crop Development Department. College of Agriculture. Islamic Azad University, Branch Arak. 116 pages. [In Persian].
- Gholinejad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I., Rezaei, H., 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmieh climate conditions. *Journal of Plant Production*. 16(3), 1-27. [In Persian].
- Johnston, A.M., Fowler, D.B., 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. *Canadian Journal of Plant Science*. 72, 1075-1089.
- Karimi, M., Esfahani, M., Biglouei, M.H., Rabiei, B., Kafi-Ghasemi, A., 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of forage corn in the Rasht climate. *Electronic Journal of Crop Production*. 2, 91-110. [In Persian].
- Kang, G., 2003. Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*. 50, 9-15.
- Kumar, P., 1999. Effect of Salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean *Glycine max* L. *Indian Journal of Plant Physiology*. 4, 327-330.
- Lyle, W.M., Bordvosky, J.P., 1995. Leap corn irrigation with limited water supplies. *Transaction of the ASAE*. 38, 455-462.
- Mehrabian Moghadam, N., Arvin, G., Khajoei Nejad, R., Maghsod, K., 2011. Effect of salicylic acid on the growth and yield of corn in drought conditions on the farm. *Journal of Crop Seed*. 41-55(1), 27-2. [In Persian].
- Nesmith, D.S., Ritchie, J.T., 1992. Short- and long- term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*. 84, 107-113.
- Raskin, I., 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 43, 439-463.
- Sakhabutidnova, A., Fatkhutdinova, D., Bezrukova, M., Shakirova, F., 2003. Salicylic acid prevents the damage action of stress factors on wheat plants. *Plant Physiology. Special Issue*. (5), 314-319.
- Seppanen, M., 2000. Characterization of freezing tolerance in *Solanum commersonii* with special reference to the relationship between

- freezing and oxidative stress. University of Helsinki Department of Plant Production Section of Crop Husbandry.
- Sepehri, A., Baiat, S., 2013. Effects of Salicylic Acid and Paclobutrazol on the yield of maize under different irrigation intervals. *Plant Production*. 35(4), 55-68. [In Persian].
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regulation*. 30(2), 157-161.
- Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F., Melkonian, J., 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscissic acid and cytokinins. *Crop Science*. 41, 1530-1540.
- Shakirova, F., Sakhabutdinova, A., Bezrukova, M., Fatkhutdinova, R., Fatkhutdinova, R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164, 317-322.
- Singh, B., Usha, K., 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39, 137- 141.
- Villalobos, F.J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E., 2002. *Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, p. 496.
- Yousefvand, P., 2011. The Effect of Zeolite and selenium in drought stress on the agricultural and biochemical characteristics of the oily sunflower. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Arak. 128 pages. [In Persian].