

Effect of Salicylic Acid Foliar Application under Deficit Irrigation Conditions on Yield and Water Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Kish F1)

JAEFAR NIKBAKHT^{1*}, EBRAHIM MOHAMMADI¹, TAHER BARZEGAR²

1. Department of Water Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2. Department of Horticultural Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

(Received: Oct. 6, 2019- Revised: Dec. 6, 2019- Accepted: Dec. 15, 2019)

ABSTRACT

Deficit irrigation is a method for water use management that water use efficiency increases by eliminating excess water. Application of crop growth regulators such as Salicylic Acid increase the resistance of crops under water stress. The purpose of the current study was to investigate the effect of Salicylic Acid foliar application under deficit irrigation conditions on yield of cucumber and water use efficiency. This study was conducted as factorial test based on randomized complete blocks in 3 treatments since June to November 2018 in The Research Filed of University of Zanjan on cucumber (cv. *Kish F1*). Experimental treatments were Salicylic Acid concentration in 3 levels (3.0, 1.5 and 0.0 mM) and irrigation water amount in 3 levels (100, 80 and 60% of crop water requirement). The control treatment was 100% crop water requirement and 0.0 mM Salicylic Acid. Based on the results, the foliar application of 3.0 mM Salicylic Acid increased chlorophyll index, 32% at 100% crop water requirement and leaf area and relative water contents, 21% and 9.4% (respectively) at 80% crop water requirement as compared to the control treatment. Maximum means of fruits number per plant, total yield and water use efficiency were obtained at 3.0 mM salicylic acid foliar application (respectively 9.9, 34.1 ton/ha and 15.1 kg/m³) that they were 38.4%, 39.0% and 40.0% more than the one in treatment of 0.0 mM Salicylic Acid. Considering the results of current research, application of 20% deficit irrigation and 3.0 mM Salicylic Acid as foliar application are suggested for cucumber in the region of Zanjan.

Keywords: Salicylic Acid, Cucumber, Deficit irrigation, Crop water requirement, Water use efficiency.

تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار (*Cucumis sativus* cv. Kish F1)

جعفر نیکبخت^{۱*}، ابراهیم محمدی^۱، طاهر برزگر^۲

۱. گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲. گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۱۴ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۱۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۲۴)

چکیده

کم آبیاری روش مدیریت مصرف آب است که با حذف آب اضافه، موجب افزایش کارایی مصرف آب می شود. کاربرد تنظیم کننده های رشد گیاه (مانند اسید سالیسیلیک) باعث افزایش مقاومت گیاهان تحت تنش می شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب بود. پژوهش بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار از خرداد تا آبان ماه ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان روی گیاه خیار رقم (*cv. Kish F1*) انجام شد. تیمارهای آزمایش غلظت اسید سالیسیلیک در ۳ سطح (۳/۰، ۱/۵ و ۰ میلی مولار) و سطوح آبیاری در ۳ سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) بود. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج، محلول پاشی بوته های خیار با ۳/۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار صفر میلی مولار، باعث ۳۲ درصد افزایش در میانگین شاخص کلروفیل برگ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۲۱ و ۹/۴ درصد افزایش در میانگین سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ (به ترتیب) در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی شد. بیشترین میانگین تعداد میوه در بوته، عملکرد کل و کارایی مصرف آب در تیمار ۳/۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (به ترتیب ۹/۹ عدد، ۳۴/۱ تن در هکتار و ۱۵/۱ کیلوگرم بر مترمربع) که نسبت به تیمار صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب ۳۸/۴، ۳۹/۰ و ۴۰/۰ درصد افزایش داشت. بر اساس نتایج پژوهش، اعمال ۲۰ درصد کم آبیاری و ۳/۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک برای گیاه خیار در منطقه زنجان پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: اسید سالیسیلیک، گیاه خیار، کم آبیاری، نیاز آبی گیاه، کارایی مصرف آب.

مقدمه

محدودیت منابع آب، شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک حاکم بر بخش وسیعی از گستره ایران و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، لزوم کاربرد راه کارهایی همچون روش های نوین آبیاری، ارقام اصلاح شده گیاهان و برنامه ریزی دقیق آبیاری، جهت ارتقاء کارایی مصرف آب را ایجاب می کند (Haghighati et al., 2015). یکی از روش های افزایش کارایی مصرف آب، کم آبیاری است که در آن آبیاری های اضافی بی اثر در تولید، حذف می شود (Rezaei et al., 2017). با اعمال کم آبیاری، عملکرد محصول نسبت به آبیاری کامل کاهش می یابد ولی با آب ذخیره شده، سطح زیرکشت افزایش یافته و کاهش عملکرد جبران می گردد (Esmaeili et al., 2015). استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاه با نقش محافظی که در گیاهان تحت تنش رطوبتی، ایجاد می کند می تواند باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش گردد. یکی از این ترکیبات، اسید سالیسیلیک است که به کارگیری آن با غلظت

مناسب، سبب کاهش اثرات مضر تنش های اکسیداتیو در مراحل مختلف رشد می گردد (Rezaei Chiyaneh and Pirzad, 2014). بر اساس نتایج پژوهش انجام یافته در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان روی خربزه رقم زرد جلالی، بیشترین عملکرد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و محلول پاشی ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۵ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک به دست آمد (Azizi et al., 2017). Ragh Ara and Moosavi (2018) مشاهده کردند در اثر کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در ذرت در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۳۳ درصد نیاز آبی، ۳/۹ برابر افزایش یافت. کاربرد هیومیک اسید، سالیسیلیک اسید و مصرف توأم این دو به ترتیب باعث افزایش ۲۶/۵، ۱۸/۵ و ۲۱/۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم استفاده این دو اسید شد. در آزمایش Tayebi et al. (2018)، بیشترین عملکرد در محلول پاشی شاخساره های اسید سالیسیلیک در گیاه گلرنگ تحت

مصرف آب بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار از خرداد تا آبان ماه ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با موقعیت جغرافیایی "۴۸°۲۴'۱۸" طول شرقی و "۳۶°۴۰'۵۰" عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا روی گیاه خیار رقم (*Cucumis sativus*) cv. Kish F1 انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل مقدار آب آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سه غلظت (صفر (آب مقطر)، ۱/۵ و ۳/۱۰ میلی‌مولار) بود. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و سطح محلول پاشی اسید سالیسیلیک صفر میلی‌مولار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری گیاهان، قطره‌ای-نوری بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

تنش آبی در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با مقدار ۲۱۸۰/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. با محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری روی گیاه کدو در دو فصل کشت (تابستان و پائیز ۲۰۱۳) در مصر، بیشترین عملکرد میوه در تیمار آبیاری کامل با مصرف یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۱۸/۲۸±۱/۴۶) و ۲۰/۴۳±۲/۲۶ تن در هکتار) و بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۴/۴۷±۰/۴۱ و ۸/۶۹±۱/۴۲ کیلوگرم در مترمکعب) به دست آمد (Abd El-Mageed et al., 2016). نتایج پژوهش Mohamed et al. (2018) نشان داد در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک روی سه رقم توت‌فرنگی در مصر طی ۳ دوره کشت (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵)، بیشترین میزان عملکرد توت‌فرنگی در تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دوره کشت ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴، ۰/۷۱۶ کیلوگرم در هر بوته و در دوره کشت ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵، ۰/۷۱۵ کیلوگرم در هر بوته حاصل شد.

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر محلول پاشی گیاه خیار با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و کارایی

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

pH	EC ($ds.m^{-1}$)	نیترژن (%)	کلسیم ($gr.kg^{-1}$)	سدیم ($gr.kg^{-1}$)	پتاسیم ($gr.kg^{-1}$)	ماده آلی (%)	بافت خاک	رس سیلت (%)	شن (%)	لوم رسی
۷/۴۲	۱/۴۹۲	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۹۴	لوم رسی	۲۵	۳۸	۳۷

میزان آب آبیاری هر دور آبیاری به دست می‌آید.

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad (\text{رابطه ۱})$$

(رابطه ۲)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

که در روابط فوق، ET_c تبخیر-تعرق گیاه خیار، K_c ضریب گیاهی، ET_0 تبخیر-تعرق گیاه چمن ($mm\ day^{-1}$)؛ R_n : تشعشع خالص در سطح گیاه ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)؛ G : شار گرمایی خاک ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)؛ T : متوسط درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری ($^{\circ}C$)؛ u_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ($m\ sec^{-1}$)؛ $e_a - e_d$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kpa)؛ Δ : شیب منحنی فشار بخار ($Kpa\ ^{\circ}C^{-1}$)؛ γ : ضریب سایکرومتری ($Kpa\ ^{\circ}C^{-1}$)؛ ۹۰۰: ضریب برای گیاه مرجع ($KJ^{-1}\ kg^{\circ}K\ d^{-1}$)؛ ۰/۳۴: ضریب باد برای گیاه مرجع ($msec^{-1}$) (Allen et al., 1998).

نیاز آبی سایر سطوح آبیاری با ضرب سطح کم آبیاری (۸۰ و ۶۰ درصد)، در نیاز آبی تیمار شاهد محاسبه شده و به کرت‌های

در این آزمایش، بین ردیف‌های کشت از یکدیگر ۱/۲۵ متر، بین بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و بین کرت‌ها و تکرارها، ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. پس از چیدمان لوله‌های اصلی آبیاری، به منظور اعمال دقیق تنش خشکی به گیاهان، یک عدد شیر در ابتدای هر کرت آزمایشی روی لوله آبرسان نصب و در نهایت نوارهای آبیاری روی زمین و در کنار ردیف‌های کشت قرار داده شد. بذرها در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری خاک کشت شد. در طول فصل رشد گیاه، عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی (به کمک بیل، بیلچه و نیز وجین دستی)، کوددهی با روش کودآبیاری و مبارزه با بیماری‌ها (سفیدک سطحی برگ و بوته میری) با سم پاشی انجام شد که به ترتیب مانکوزب به صورت محلول پاشی برای بیماری سفیدک سطحی برگ و سم متلاکسیل به صورت محلول در آب آبیاری) برای بوته میری به کار برده شد (هر دو سم با غلظت ۱ در هزار).

دور آبیاری در این پژوهش ۳ روز بود که ابتدا نیاز آبی گیاهان به صورت روزانه و با استفاده از داده‌های به‌هنگام پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان و بر اساس روابط (۱) و (۲) محاسبه شده، سپس با جمع نیاز آبی روزانه،

شدن در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از ۴۸ ساعت وزن خشک برگ‌ها با ترازو تعیین گردید و در نهایت با کمک رابطه (۳) محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد.

$$RWC = \frac{M_{Wet} - M_{Dry}}{M_{Turgidity} - M_{Dry}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در رابطه ۳، RWC: محتوای نسبی آب برگ (%). M_{Wet} : وزن تر برگ (گرم)، M_{Dry} : وزن خشک برگ (گرم)، $M_{Turgidity}$: وزن آماس برگ (گرم) (Molae et al., 2018). پس از اتمام فصل کشت و اندازه‌گیری عملکرد بوته‌های هر کرت، مقدار کارایی مصرف آب برای هر کرت در هر تیمار از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در این رابطه، Y: وزن خیار برحسب کیلوگرم، W: مقدار آب مصرفی برای تولید یک کیلوگرم عملکرد برحسب مترمکعب و WUE: کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب (Nikbakht et al., 2014). در این آزمایش میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد ۲۶۸۶/۴ مترمکعب در هکتار بود. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار SAS 9.3 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش در جدول (۲) و مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه خیار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در جدول (۳) ارائه شده است.

مربوطه اعمال می‌گردید. شروع اعمال تیمارهای آبیاری بعد از مرحله چهاربرگی بود. در طول دوره رشد، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در ۴ نوبت به فاصله ۱۵ روز یک‌بار انجام گرفت. اولین مرحله محلول‌پاشی، در مرحله چهار برگی بوته‌های خیار و پیش از شروع اعمال تیمار کم‌آبیاری انجام گرفت. محلول‌پاشی با استفاده از محلول‌پاش دستی در زمان غروب آفتاب که میزان تبخیر و سرعت وزش باد کاهش می‌یافت، انجام می‌گرفت. محلول‌پاشی برگ‌ها تا شروع رواناب از روی برگ‌های بوته‌ها ادامه می‌یافت. به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش بر گیاه، با حذف ردیف‌ها و بوته‌های حاشیه، تعداد ۳ بوته در هر تیمار و تکرار معین شده و اندازه‌گیری صفات در طول دوره رشد و در انتهای فصل از آن‌ها صورت گرفت. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ بوته‌های خیار با استفاده از دستگاه SPAD انجام شد. در طول فصل رشد در چین‌های متوالی، میوه‌های خیار با شرایط بازارپسندی مناسب (با وزن حدود ۸۰ تا ۱۲۰ گرم) از بوته‌های معین شده برداشت، سپس تعداد و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت می‌گردید. در انتهای فصل، با جمع‌تعداد میوه چیده شده در برداشت‌های متوالی و وزن آن‌ها، عملکرد هر بوته (تعداد و وزن) به دست آمد. جهت تعیین سطح برگ، در انتهای فصل رشد، یکی از بوته‌ها از محل طوقه برش داده شده و پس از حذف دمبرگ‌ها، سطح برگ با کمک اسکنر نوری (مدل Mustek 600PRO A3) تعیین شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، در اواسط فصل رشد چند قطعه کوچک از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته، برش داده شده و پس از توزین با ترازوی دقیق، در پتری دیش‌های دربدار حاوی آب مقطر در محل تاریک و خشک قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت، برگ‌ها از آب مقطر خارج شده و بعد از خشک‌کردن سطح برگ‌ها با دستمال کاغذی، وزن آماس برگ‌ها توزین شده و سپس جهت خشک

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گیاه خیار

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	RWC	سطح برگ	تعداد میوه	عملکرد	WUE
تکرار	۲	۰/۶۴۱ ^{ns}	۸/۶۴ ^{ns}	۶۹۵/۵۸۹ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۱۳۲۰/۵۷۱ ^{ns}	۰/۳۴۰ ^{ns}
Irr.	۲	۴۰۳/۴ ^{***}	۲۹۵۰/۳۸ ^{**}	۶۶۴۱۰/۳ ^{***}	۴۶/۵ ^{***}	۸۶۳۰۸۳/۰ ^{***}	۱۱/۰ ^{***}
S.A.	۲	۲۲۲/۳ ^{***}	۱۳/۰۴ [*]	۷۱۴۳/۱ ^{***}	۱۷/۰ ^{***}	۲۸۹۸۳۹/۳ ^{***}	۴۲/۱ ^{***}
S.A. × Irr.	۴	۲۶/۶ ^{***}	۸/۸۶ [*]	۲۱۶۰/۸ [*]	۰/۲ ^{ns}	۲۴۵۹/۰ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}
خطا	۱۶	۲/۱	۲/۷۲	۶۶۷/۳	۰/۲	۳۶۳۵/۴	۰/۴۸
CV(%)	-	۳/۱	۲/۸۰	۴/۷	۵/۸	۵/۵	۵/۴

ns: غیرمعنی‌دار؛ **، ***: به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰/۱ و ۵ درصد.

Irr.: سطوح آبیاری؛ S.A.: سطوح سالیسیلیک اسید؛ RWC: محتوای نسبی آب برگ و WUE: کارایی مصرف آب.

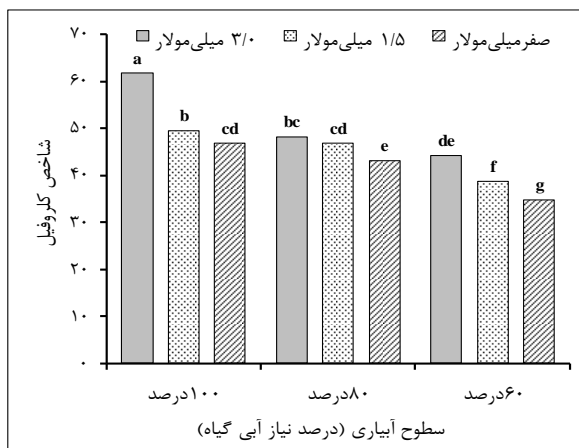
جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات کم آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه گیری شده در گیاه خیار

تیمار	تعداد میوه (عدد)	عملکرد (t/ha)	کارآیی مصرف آب (kg/m ³)
100% CWR	۱۰/۷a	۳۷/۳a	۱۳/۹a
80% CWR	۸/۷b	۲۹/۳b	۱۳/۱b
60% CWR	۶/۱c	۲۰/۸c	۱۱/۷c
S.A. 3.0mM	۹/۹a	۳۴/۱a	۱۵/۱a
S.A. 1.5mM	۸/۴b	۲۸/۹b	۱۲/۸b
S.A. 0mM	۷/۲c	۲۴/۵c	۱۰/۸c

CWR: نیاز آبی گیاه؛ S.A.: اسید سالیسیلیک؛

میانگین های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

اساس مطالعات صورت گرفته، اسید سالیسیلیک می تواند موجب کاهش خسارت و پایداری غشاهای سلولی گردد (Ragh Ara and Moosavi, 2018 و Safari et al., 2018).



شکل ۱. مقایسه میانگین شاخص کلروفیل برگ گیاه خیار تحت تاثیر متقابل سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک

بر اساس نتایج Karimi et al. (2010)، تحت تاثیر اعمال سطوح متفاوت آبیاری در خیار (*Cucumis sativus* L.) گلخانه ای، بیشترین و کمترین کلروفیل برگ به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی (۵۹/۲ و ۵۱/۸ درصد به ترتیب) حاصل شد. تاثیر سطوح متفاوت محلول پاشی اسید سالیسیلیک و دور آبیاری بر شاخص کلروفیل در پژوهش Mardani et al. (2011) معنی دار بود به طوری که در تمام سطوح اسید سالیسیلیک بیشترین سطح برگ در تیمار آبیاری با دور ۶ روزه به دست آمد که بیشترین مقدار آن (۵۱) در تیمار یک میلی مولار اسید سالیسیلیک و دور آبیاری ۶ روزه بود.

محتوای نسبی آب برگ

محتوی نسبی آب برگ یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش خشکی است که نشان دهنده میزان آب

بر اساس جدول (۲)، تاثیر تیمارهای سطوح آبیاری و همچنین سطوح متفاوت اسید سالیسیلیک بر کلیه صفات اندازه گیری شده در سطوح آبیاری متفاوت معنی دار شد. اثر متقابل تیمارهای سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات شاخص کلروفیل، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۰/۱ درصد معنی دار شد و بر سایر صفات اندازه گیری شده اثر معنی داری نداشت.

شاخص کلروفیل برگ

شکل (۱) مقایسه میانگین شاخص کلروفیل در گیاه خیار تحت تاثیر متقابل سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک را نشان می دهد. در هر سطح آبیاری، میانگین شاخص کلروفیل برگ در غلظت های ۱/۵ و ۳/۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار شاهد همان سطح آبیاری (صفر میلی مولار)، افزایش معنی دار داشت (شکل ۱) که بیشترین افزایش در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و سطح اسید سالیسیلیک ۳/۰ میلی مولار (۳۲ درصد) و کمترین افزایش نیز در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و سطح اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار (۶ درصد) حاصل شد (اختلاف معنی دار). با محلول پاشی اسید سالیسیلیک، اختلاف میانگین شاخص کلروفیل تیمارهای ۸۰ درصد نیاز آبی و اسید سالیسیلیک ۱/۵ و ۳/۰ میلی مولار و همچنین ۶۰ درصد نیاز آبی و ۳/۰ میلی مولار با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی و صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک) از نظر آماری معنی دار نشد.

تنش خشکی موجب افزایش تخریب رنگدانه های کلروفیل و کاهش تولید آن و نیز باعث اختلال در فعالیت آنزیم های مسئول سنتز رنگدانه های فتوسنتزی می شود. هم چنین در اثر تنش کم آبی، غشای کلروپلاست ها تخریب می گردد. تولید شاخص کلروفیل با سلامت کلروپلاست ها رابطه مستقیمی دارد. اسید سالیسیلیک از طریق تاثیر گذاری بر تولید رادیکال های آزاد مانع تخریب کلروفیل شده و تولید رنگدانه های کلروفیل را افزایش می دهد. هم چنین بر

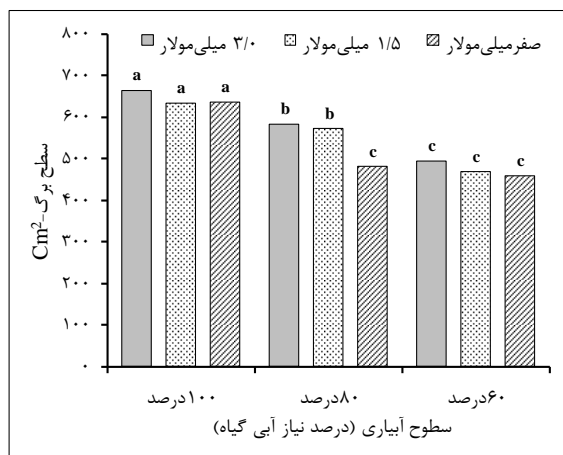
(Molae et al., 2018).

Naz et al. (2016) مشاهده کردند اعمال تنش خشکی بر گیاه خیار باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسکریبک اسید، تأثیر منفی تنش خشکی بر این صفت را کاهش داد.

سطح برگ

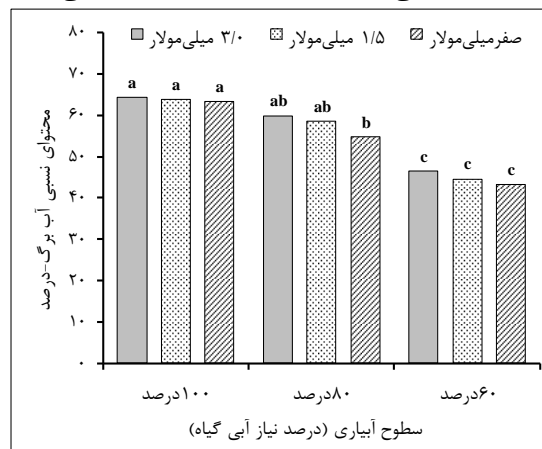
مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح متفاوت آبیاری و اسید سالیسیلیک بر سطح برگ گیاه خیار (شکل ۳) نشان داد در هر سطح آبیاری، محلول پاشی اسید سالیسیلیک میانگین سطح برگ را افزایش داد که افزایش در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به دلیل عدم وارد آمدن تنش خشکی به گیاهان و در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی به دلیل وارد آمدن تنش رطوبتی زیاد، معنی دار نبود اما در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی دار شد (به ترتیب ۲۱/۵ و ۱۹ درصد). همچنین نتیجه شد افزایش متوسط سطح برگ در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی به دلیل محلول پاشی اسید سالیسیلیک به اندازه‌ای نبود که باعث کاهش اختلاف این تیمارها با تیمار ۱۰۰ نیاز آبی گردد. در سطح آبیاری ۶۰ درصد، کاربرد ۳/۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۱۴/۴ سانتی متر مربع (۳/۰ درصد) میانگین سطح برگ نسبت به محلول پاشی صفر میلی مولار در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی شد (افزایش غیر معنی دار).

در شرایط تنش خشکی اندازه و تعداد سلول‌های تولیدی توسط مریستم‌ها کاهش می‌یابد. در این مواقع تولید گیاه از طریق مکانیسم‌های تحملی صورت می‌گیرد تا شرایط آبی لازم برای توسعه سطح برگ‌ها فراهم گردد. اسید سالیسیلیک با استفاده از مکانیسم‌هایی مانند توسعه ارتفاع و طول ریشه و افزایش پرولین برگ، شرایط مساعد بهره‌مندی گیاه از آب موجود در خاک را فراهم کرده و موجب حفظ شاخص سطح برگ می‌گردد (Ebrahimi and Jafari Haghghi, 2012).



شکل ۳. مقایسه میانگین سطح برگ گیاه خیار تحت تأثیر متقابل سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک

موجود در اندام‌های گیاه یا شادابی آن بوده و قابلیت یک گیاه در حفظ آب تحت شرایط تنش را مشخص می‌نماید (Molae et al., 2018). با توجه به نتایج شکل (۲)، مشاهده می‌گردد در تیمار شاهد (عدم استفاده از اسید سالیسیلیک)، اعمال کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار میانگین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۱۴ و ۳۲ درصد (به ترتیب در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شد که محلول پاشی اسید سالیسیلیک با دو غلظت ۱/۵ و ۳/۰ میلی مولار در هر سطح آبیاری، باعث افزایش میانگین محتوای نسبی آب برگ شد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نشد. در هر سطح آبیاری، بیش‌ترین افزایش RWC در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار صفر میلی مولار، در سطح آبیاری ۸۰ درصد بود (۹/۴ و ۶/۵ درصد به ترتیب در تیمارهای ۳/۰ و ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک) که موجب شد اختلاف میانگین RWC در این سطح آبیاری با سطح آبیاری ۱۰۰ معنی‌دار نباشد. در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، اثر کاربرد اسید سالیسیلیک بر محتوای نسبی آب برگ به دلیل تأمین نیاز آبی کامل گیاهان در تیمار ۱۰۰ درصد و تنش خشکی بالا در تیمار ۶۰ درصد، زیاد و معنی‌دار نشد.



شکل ۲. مقایسه میانگین محتوای نسبی آب گیاه خیار تحت تأثیر متقابل سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک

کاهش محتوای نسبی آب برگ، به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ و همچنین کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی است. تحت تأثیر تنش خشکی، به دلیل کاهش سطح برگ، تجمع کلروفیل‌ها افزایش یافته، اما به علت تعرق بالا، گیاه آب بیشتری از دست می‌دهد در نتیجه محتوای نسبی آب برگ و به دنبال آن میزان فتوسنتز کاهش پیدا می‌کند. اسید سالیسیلیک با نگهداری و حفظ آماس و تورم سلول‌ها، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، واکنش متقابل با دیگر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید آبسازیک، از خروج آب از برگ در اثر تعرق ممانعت می‌کند در نتیجه محتوای نسبی آب برگ افزایش می‌یابد

(2019)، بیشترین تعداد خیار گلخانه‌ای در تیمارهای صفر و ۱۰ درصد کسر رطوبت ظرفیت زراعی در هنگام آبیاری (به ترتیب ۶۱/۳ و ۵۴/۳ عدد) و کمترین تعداد در تیمار ۴۵ درصد (۲۷/۶ عدد) حاصل شد. در آزمایش Javanpour *et al.* (2014)، متوسط تعداد خیار برداشت شده از بوته‌های محلول‌پاشی شده با فنیل فتالات (تنظیم‌کننده رشد) در زمان‌های قبل از گلدهی، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بعد از محلول‌پاشی اول و تیمار شاهد به ترتیب ۳۴/۵، ۴۱، ۲۷، ۳۱ و ۳۳/۵ عدد بود.

عملکرد کل خیار

مقایسه میانگین‌های عملکرد کل خیار تحت تأثیر سطوح متفاوت آبیاری (جدول ۳) نشان داد میانگین عملکرد کل بوته‌های خیار در هر هکتار در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۸/۰ و ۱۶/۵ تن در هکتار (۲۱/۴ و ۴۴/۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. تنش خشکی با کاهش سطح برگ موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. کاهش فتوسنتز از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاه می‌باشد (Heidarian *et al.*, 2017). در اثر محلول‌پاشی بوته‌ها با اسید سالیسیلیک، متوسط عملکرد کل نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۹/۶ تن در هکتار (سطح ۳/۰ میلی‌مولار) و ۴/۴ تن در هکتار (سطح ۱/۵ میلی‌مولار) (به ترتیب ۳۹/۰ و ۱۷/۹ درصد) افزایش یافت. همچنین متوسط عملکرد کل خیار در تیمار ۳/۰ میلی‌مولار نسبت به ۱/۵ میلی‌مولار، ۵/۲ تن در هکتار (۱۷/۹ درصد) بیش‌تر شد (جدول ۳). اسید سالیسیلیک با بهبود فرآیندهای رشد، موجب افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه گردیده (Karimi *et al.*, 2016) که در نتیجه عملکرد کل گیاه افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج پژوهش Karimi *et al.* (2010)، میانگین عملکرد خیار گلخانه‌ای در تیمار ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی کامل نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۲، ۴۵ و ۶۷ درصد کاهش، در تحقیق Moslehi *et al.* (2010)، آبیاری خیار گلخانه‌ای در مکش‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌بار نسبت به آبیاری روزانه (شاهد) به ترتیب ۷/۵، ۲/۵ و ۵۰ درصد کاهش و در آزمایش Alomran and Luki (2012) عملکرد خیار گلخانه‌ای در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی نسبت به آبیاری کامل ۶۵ درصد کاهش داشت. در آزمایش Shafaei *et al.* (2019)، بیشترین و کمترین میانگین عملکرد خیار گلخانه‌ای به ترتیب در تیمارهای صفر و ۴۵ درصد کسر رطوبت ظرفیت زراعی در هنگام آبیاری (۱۴ و ۵/۶۷ کیلوگرم از هر مترمربع) به دست آمد. عملکرد حاصل از محلول‌پاشی بوته‌های خیار با فنیل فتالات (تنظیم‌کننده رشد) در زمان‌های قبل از گلدهی، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بعد از محلول‌پاشی اول و تیمار شاهد

بر پایه نتایج پژوهش Karimi *et al.* (2010) سطح برگ گیاه خیار گلخانه‌ای در اثر اعمال ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد تنش خشکی به ترتیب ۴، ۲۵ و ۴۳ درصد کاهش داشت. در پژوهش Mardani *et al.* (2011) بیشترین سطح برگ در آبیاری با دوره‌های یک و ۳ روزه (۴۱/۹ و ۴۱/۶ سانتی‌متر مربع به ترتیب) و کمترین سطح برگ در آبیاری با دور ۶ روزه (۲۴/۸ سانتی‌متر مربع) به دست آمد. در پژوهش Moslehi *et al.* (2011)، بین شاخص برگ در خیار گلخانه‌ای در تیمارهای آبیاری روزانه (شاهد) و آبیاری در مکش‌های ۴۰ و ۶۰ سانتی‌بار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین شاخص سطح برگ در تیمار ۸۰ سانتی‌بار حاصل شد. در آزمایش Faramarz Pour *et al.* (2012) بیشترین شاخص سطح برگ در آبیاری در مکش ۲۵ سانتی‌بار (۷۶/۳۲ مترمربع بر مترمربع) و کمترین شاخص سطح برگ در آبیاری در مکش‌های ۴۵ و ۶۵ سانتی‌بار (به ترتیب ۵۴/۳۳ و ۵۶/۱۸ مترمربع بر مترمربع) حاصل شد. در پژوهش انجام یافته توسط Mardani *et al.* (2011) مشاهده شد محلول‌پاشی بوته‌های خیار گلخانه‌ای با غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک باعث افزایش سطح برگ از ۲۷/۴ سانتی‌متر مربع در تیمار صفر میلی‌مولار تا ۴۵/۴ سانتی‌متر مربع در تیمار یک میلی‌مولار شد. همچنین در پژوهش ایشان تأثیر سطوح متفاوت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و دور آبیاری بر سطح برگ معنی‌دار شد به طوری که بیشترین سطح برگ به ترتیب در تیمار یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با دور آبیاری ۳ روزه (۵۷ سانتی‌متر مربع) و تیمارهای یک و ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با دور آبیاری یک‌روزه (به ترتیب ۵۵ و ۵۳ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد.

تعداد میوه در بوته

بر اساس جدول (۳)، اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم‌آبیاری به بوته‌ها، میانگین تعداد میوه را به ترتیب ۲ و ۴/۵۳ عدد (۱۸/۸ و ۴۲/۵ درصد به ترتیب) نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش معنی‌دار داد. کاهش میزان تولید کلروفیل و سطح برگ در اثر تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز و در نتیجه موجب کاهش تعداد میوه در بوته می‌گردد (Azizi *et al.*, 2017). محلول‌پاشی بوته‌های خیار میانگین تعداد میوه در بوته را به میزان ۲/۷ عدد در غلظت ۳/۰ میلی‌مولار و ۱/۲ عدد در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (به ترتیب ۳۸/۴ و ۱۷/۱ درصد) افزایش داد (جدول ۳).

در پژوهش گلخانه‌ای صورت گرفته توسط Faramarz Pour *et al.* (2012)، بیشترین و کمترین تعداد میوه در بوته‌های خیار گلخانه‌ای به ترتیب در تیمارهای آبیاری در مکش ۲۵ و ۶۵ سانتی‌بار (به ترتیب ۲۵ و ۱۸ عدد) و در پژوهش Shafaei *et al.*

به ترتیب ۵، ۶/۴، ۳/۲، ۴/۲ و ۶/۲ کیلوگرم بر بوته بود (Javanpour *et al.*, 2014).

هدف نهایی از کشت و کار توسط زارع، برداشت حداکثری عملکرد جهت افزایش سود خالص است. در سال‌های اخیر به دلیل کاهش منابع آب، کشاورزان عمداً یا غیرعمدی به گیاهان تنش خشکی وارد می‌کنند که این شرایط موجب کاهش عملکرد و سود خالص می‌گردد. استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اسید سالیسیلیک می‌تواند از کاهش عملکرد گیاه ممانعت کند. همچنین این ماده به دلیل استخراج از خود گیاه، از نظر زیست‌محیطی نقش تخریب‌کننده ندارد.

کارایی مصرف آب

اعمال سطوح کم‌آبایی ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی متوسط کارایی مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد ۰/۸ و ۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۵/۷ و ۱۵/۸ درصد) کاهش داد (جدول ۳). استفاده از اسید سالیسیلیک با دو غلظت ۳/۰ و ۱/۵ میلی‌مولار، متوسط کارایی مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد ۴/۳ و ۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۴۰/۰ و ۱۸/۵ درصد به ترتیب) افزایش داد.

در پژوهش Karimi *et al.* (2010) بیش‌ترین کارایی مصرف آب در خیار گلخانه‌ای، در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۶۹/۷ و ۶۷/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و کم‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی (۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. در آزمایش Faramarz Pour *et al.* (2012) بر روی خیار گلخانه‌ای، بیش‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری در مکش ۲۵ سانتی‌بار (۵۳/۲۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمکعب) بود که در تیمارهای آبیاری در ۴۵ و ۶۵

سانتی‌بار مقدار این صفت به ترتیب ۲۷/۲۳ و ۲۸/۴۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمکعب به دست آمد. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در تولید خیار گلخانه‌ای در آزمایش Shafaei *et al.* (2019)، در تیمار ۱۰ درصد کسر رطوبت ظرفیت زراعی (۲۸/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و کم‌ترین مقدار در ۴۵ درصد (۱۵/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل شد. بر اساس یافته‌های Abhari and Gholinezhad (۲۰۱۹) بیش‌ترین میانگین کارایی مصرف آب در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.)، در تیمار ۶ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) ۸۰ درصد اختلاف داشت.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳/۰ میلی‌مولار) در سطوح متفاوت آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) بر عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه خیار مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد میوه در بوته (۱۰/۷ و ۶/۱ عدد)، عملکرد (۳۷/۳ و ۲۰/۸ تن در هکتار) و کارایی مصرف آب (۱۳/۹ و ۱۱/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت که بیش‌ترین افزایش در محلول‌پاشی با غلظت ۳/۰ میلی‌مولار (به ترتیب ۳۹ و ۴۰ درصد) بود. همچنین نتایج نشان داد در هر سطح آبیاری، محلول‌پاشی بوته‌های خیار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش صفات شاخص کلروفیل و سطح برگ شد که با افزایش غلظت محلول مورد استفاده، مقدار صفات اندازه‌گیری شده نیز بیش‌تر شد.

REFERENCES

- Abd El-Mageed, T.A., Semida, W.M., Mohamed, G.F. and Rady, M.M. (2016). Combined effect of foliar-applied salicylic acid and deficit irrigation on physiological-anatomical responses, and yield of squash plants under saline soil. *South African Journal of Botany*, 106: 8-16.
- Abhari, A. and Gholinezhad, E. (2019). Effect of Salicylic acid foliar application on barley water use efficiency in cut-off condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(1): 157-167. (In Farsi).
- Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)*. FAO Irrigation and Drainage Paper. No.56, Rome. Italy.
- Alomran, A.M. and Luki, I.I. (2012). Effects of deficit irrigation on yield and water use of grown cucumbers in Saudi Arabia. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 168: 353-358.
- Azizi, Z., Barzegar, T. and Ghahremani, Z. (2017). Effects of salicylic acid and humic acid on yield and fruit quality of the "Zard Jalali" melon under water deficit stress. *Journal of Crops Improvement*, 19(2): 387-400. (In Farsi).
- Ebrahimi, M. and Jafari Haghghi, B. (2012). The effect of Salicylic acid application on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in drought stress condition. *Journal of Plant Ecophysiology*, 4(10): 1-13. (In Farsi).
- Esmaeili, M., Farhadi Bansouleh, B. and Ghobadi, M. (2015). Effects of deficit irrigation on quantity and quality of soybean crop yield in Kermanshah region. *Journal of Water and Soil*, 29(3): 551-559. (In Farsi).
- Faramarz Pour, A.R., Delshad, M. and Parsi Nejad, M. (2012). An evaluation of growth, yield and water

- use efficiency of greenhouse cucumber production at different soil moisture Circumstances using Tensiometer as moisture measuring instrument. Iranian Journal of Horticultural Science, 43(3): 285-292. (In Farsi).
- Haghighati, B., Boroumand Nassab, S. and Nasser, A.A. (2015). Effect of different deficit irrigation managements in furrow and tape drip methods on potato yield and water Productivity. Journal of Water Research in Agriculture, 29.2(2): 181-193. (In Farsi).
- Heidarian, N., Barzegar, T. and Ghahremani, T. (2017). Effect of water deficit stress on the growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some Iranian melon accessions. Journal of Crops Improvement, 19(2): 287-302. (In Farsi).
- Javanpour, R., Nosrati, S.Z. and Nejadsahebi, M. (2014). Effects of concentration and spraying time of phenyl-phethalamate acid (Auxin Synergist) on yield of tomato, cucumber, eggplant and cabbage under field conditions. Iranian Journal of Horticultural Science, 45(3): 279-286. (In Farsi).
- Karimi, N., Sadraddini, S.A.A., Nazemi, A.H., Farsadzadeh, D., Hossienzadeh Dalir, A. and Dehghani, F. (2010). Effects of deficit irrigation on yield and growth of greenhouse cucumber. Water and Soil Science, 20(1): 15-25. (In Farsi).
- Karimi, R., Hadi, H. and Tajbakhsh Shishavan, M. (2016). Exploring the possibility of reducing deficit water stress damage on yield of forage sorghum by foliar application of salicylic acid and zinc sulphate. Journal of Crops Improvement, 18(2): 507-520. (In Farsi).
- Mardani, H., Bayat, H. and Azizi, M. (2011). Effects of salicylic acid application on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought Stress. Journal of Horticulture Science, 25(3): 320-326. (In Farsi).
- Mohamed, R.A., Abdelbaset, A.K. and Abd-Elkader, D.Y. (2018). Salicylic acid effects on growth, yield, and fruit quality of strawberry cultivars. Journal of Medicinally Active Plants, 6(2): 1-11.
- Molae, R., Aelaei, M., Arghavani, M. and Nikbakht, J. (2018). Effect of different irrigation regimes and salicylic acid on morphophysiological characters of *Calendula officinalis* L. under zanzan climate conditions. Iranian Journal of Horticultural Science, 48(4): 965-975. (In Farsi).
- Moslehi, Sh., Najafi, P., Tabatabaei, S.H. and Nourmahad, N. (2011). Effect of soil moisture stress on yield and growth indexes of greenhouse cucumber. Journal of Water and Soil, 25(4): 770-775. (In Farsi).
- Naz, H., Akram, N.A. and Ashraf, M. (2016). Impact of Ascorbic acid n growth and some physiological attributes of cucumber (*Cucumis Stativus*) plants under water deficit conditions. Pakistan Journal of Botany, 48(3): 877-883.
- Nikbakht, J., Khandeh Rouyan, M., Tavakkoli, A. and Taheri, M. (2014). Effect of deficit irrigation with magnetized water on yield and water productivity of maize. Journal of Water Research in Agriculture, 27(4): 551-563. (In Farsi).
- Ragh Ara, H. and Moosavi, S.Gh. (2018). Effect of water deficit stress and application of humic and salicylic acid on physiological traits, yield and yield components of corn. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 13(50): 87-101. (In Farsi).
- Rezaei Chiyaneh, E. and Pirzad, A. (2014). Effect of Salicylic acid on yield, component yield and essential oil of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(3): 427-437. (In Farsi).
- Rezaei Estakhroeih, A., Irandost, M. and Kambakhsh, M. (2017). Effect of deficit irrigation on water use efficiency, yield and it's components of cotton ('Varamin' cultivar). Journal of Water and Irrigation Management, 6(2): 205-216. (In Farsi).
- Safari, M., Arghavani, M. and Kheiri, A. (2018). Effect of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of vetiver grass under water deficit stress conditions. Journal of Crops Improvement, 19(3): 591-603. (In Farsi).
- Shafaei, A., Karimi, A. and Barzegar, R. (2019). Effects of soil moisture deficit levels at irrigation time on shoot and root growth indices, yield and water use efficiency of greenhouse cucumber. Journal of Crop Production and Processing, 9(2): 29-40. (In Farsi).
- Tayebi, A., Farahvash, F., Mirshekari, B., Tari-nejad, A. and Yarnia, M. (2018). Effect of shoot application of Salicylic acid on some growth parameres and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. Journal of Plant Ecophysiology, 10(32): 78-93. (In Farsi).