مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۰ شماره ۲ صفحه های ۱۷۷ تا ۱۸۶ (۱۳۸۸)

# بررسي اثرهاي بيوشيميايي كاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان[۱]

# STUDY OF BIOCHEMICAL EFFECTS OF SALICYLIC ACID APPLICATION IN PLANTS

مريم مظاهري تيراني، خسرو منوچهري كلانتري، سيد محمد جواد آروين، محمد كاظم همدانيان[۲]

## چكيده

سالیسیلیک اسید[۳] گروهي از تركيب هاي فنوليك‌اند كه بـه طـور طبيعـي در گياهـان يافـت مـي‌شـوند. ايـن تركيب ها همچنين توسط ميكروارگانيزم‌ها و گياهان مختلف توليد مي‌شود. سالیسیلیک اسید ، بر رشد و نمـو اثـر مي‌گذارد و در برابر بعضي تنش‌هاي محيطي، گياهان را حفظ مي‌كنـد. در ايـن پـژوهش بـه منظـور بررسـي نقـش سالیسیلیک اسید، گياه كلزا تحت تيمار چهار سطح سالیسیلیک اسید (۱/۵ mM و۰،۰/۵،۱) تيمار شدند. آزمايش بـر طبق طرح كاملاً تصادفي صورت گرفت. سپس مقدار قند محلول، قندهاي احياءكننده در برگ و ريشه، مالون‌دآلدئيد MDA[۴]، سايرآلدئيدها، اسكوربيک اسيد، دي‌هيدرواسكوربيک اسيد، اسكوربات كـل، پـروتئين و اتـيلن توليـدي در برگ هاي قطع شده اندازه گيـري شـد. نتـايج نشـان دادنـد كـه قنـدهاي احياءكننـده در ريشـه، اسـكوربيک اسـيد، دي‌هيدرو اسكوربيک اسيد و سـكوربات كـل در غلظـت‌هـاي پـائين‌تـر از ۱ ميلـي‌مـول سالیسـیلیک اسـيد افـزايش چشمگيري نشان داد. سالیسیلیک اسید مقدار MDA و سايرآلدئيدها را افزايش داد ولي بر مقدار قندهاي محلول و احياءكننده برگ اثري نداشت. سالیسیلیک اسید ميزان اتيلن توليد شده در برگ‌هـاي قطـع شـده از گياهـاني كـه بـا غلظت‌هاي ۰/۵ و ۱ ميلي‌مول تيمار شده بودند را نسبت به شاهد كاهش داد ولي غلظت ۱/۵ ميلـي‌مـول سالیسـیلیک اسيد اثر افزايشي بر ميزان اتيلن توليدي داشت. اگرچه توليد يا كاربرد سالیسیلیک اسید در تعدادي از گياهان جنبه حفاظتي هنگام رويارويي با تنش‌هاي محيطي دارد ولي به عنوان يک تركيب آللوپات، باعـث ايجـاد تـنش در برخـي گياهان حساس مثل رقم ‘اپشن’[۵] گياه كلزا مي‌شود.

واژه هاي كليدي: اتيلن، پراكسيداسيون ليپيدها، سالیسیلیک اسید، كلزا.

## مقدمه

بسياري از گياهان مواد مختلفي كه حاصل فعاليت متابوليكي‌شان مي‌باشند، به بيرون ترشح مي‌كنند. ايـن مواد بر ديگر گياهان، ميكروارگانيزم‌ها يا جانوران اثر تنظيم كنندگي دارند. اين مواد فـرآورده‌هـاي ميانـه و نهـايي متابوليسم ثانويه هستند، بنابراين مواد ثانويه گياهي نيز ناميده مي‌شوند (۱۰). يک گروه از اين مواد، تركيـب هـاي فنلي مي‌باشند. مقدار اين مواد در اندام‌ها، بافت‌ها و حتي ياختـه‌هـاي مختلـف يـک گيـاه متفـاوت اسـت، ايـن مـواد همچنين در طول نمو، پير شدن گياه و از فصلي بـه فصـل ديگـر نيـز تغييـر مـي‌كننـد. وضـعيت عناصـر غـذايي و شيميايي به ويژه بسياري از عوامل تنش‌زا باعـث ايجـاد تغييراتـي در كميـت و كيفيـت مـواد شـيميايي فعـال گيـاه

---

۱- تاريخ دريافت: ۸۷/۸/۱۱ تاريخ پذيرش: ۸۸/۵/۲۲

۲- مربي گروه زيست شناسي دانشگاه پيام نور، اسـتاد و دانشـيار دانشـگاه شـهيدباهنر كرمـان و مربـي دانشـگاه پيـام نـور، كرمـان، جمهوري اسلامي ايران.

۳- Salicylic acid ۴- Malondealdehyde ۵- ‘Option’

مي‌شود، كه به نوبه خود بر ديگر اعضاي اكوسيستم اثر مي‌گذارند (۱۰). تركيب های فنلي به صورت فراگير در طبيعت وجود دارند، در غلظت‌هاي بالا در بافت‌هاي گياهي، ميكروارگانيزم‌ها، خاک‌ها و حتي فاضلاب‌هاي صنعتي وجود دارند. اين تركيب ها بر رشد بسياري از گياهان اثر مي‌گذارند (۶). سالیسیلیک اسید، یا اسید اورتوهیدورکسي بنزوئیک و ترکیب های مربوطه نیز به یک گروه از ترکیب های فنلي تعلق دارند (۱۵). یونانیان باستان و سرخپوستان آمریکا دریافتند که برگ و پوست درخت بید باعث علاج دردها و نیز کاهش تب می‌شود (۱۷) و در همه اندام‌هاي گياهان گزارش شده است (۱۵). بیشترین مقدار سالیسیلیک اسید در زمان حمله عوامل بیماري زاي ايجاد كننده خشكيدگي[1] گزارش شده است (۱۷). سالیسیلیک اسید در سلسله گیاهي به طور وسیعي پراکنده شده و در بیش از ۳۴ گونه شناسایي شده است. سالیسیلیک اسید بر بسیاري از روندهاي فیزیولوژیکي یاخته اثر مي‌گذارد (۲۶). همچنین سالیسیلیک اسید در تنظیم روندهاي مختلف رشد و تکامل گیاه مثل حرکت روزنه‌ها، تندش بذر، جذب یون ها و قطبیت روياني دخالت دارد (۲۶). در ضمن گزارش شده است که سالیسیلیک اسید در ریزوسفر تعدادي از گياهان وجود دارد و مانند یک آللوپات، باعث جلوگيري از تندش و مهار رشد گياهان مجاور مي‌گردد (۱۷). سنارانتا[2] و همکاران در سال ۲۰۰۰ (۲۲) گزارش کردند که سالیسیلیك اسید یک مولکول پیامبر مهم در پاسخ‌هاي گياهان در برابر تنش‌هاي محيطي محسوب مي‌شود. تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید تقسیم یاخته اي را در مریستم رأس ریشه افزایش داده و رشد گیاه را بالا مي‌برد (۲۰). افزون بر این، گسترش، تقسیم و مرگ یاخته اي را تنظیم مي‌کند، در واقع بین رشد و پیري تعادل ایجاد مي‌نمایند (۲۳).

از زمان كشف سالیسیلیک اسید تاكنون پژوهش هاي گسترده‌اي روي نقش اين هورمون بر ساير هورمون‌هاي گياهي انجام گرفته است. بیشتر پژوهش ها در این زمینه در مورد هورمون اتیلن مي‌باشد. به احتمال، سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه o- هیدوکسیل آزاد روي حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات مي‌باشد. بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز[3] موجب متوقف کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن مي‌شود (۱۷). در پژوهش هاي ديگر مشخص شده است كه سالیسیلیک اسید بر ACC سنتتاز هم اثر مي‌گذارد (۲۶). با توجه به این که میکروارگانیزم‌ها و گیاهان مختلف، سالیسیلیک اسید سنتز و به بیرون ترشح مي‌کنند، این ماده به طور طبیعي در خاک نیز وجود دارد. این ماده به عنوان یک آللوپات محسوب شده و بر گیاهان اثر مي‌گذارد، بنابراین بررسي اثر سالیسیلیک اسید بر پارامترهاي رشد و بیوشیمیایي گیاهان از اهمیت ویژه‌اي برخوردار است.

## مواد وروش‌ها

در این پژوهش از گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم ‘اپشن’ استفاده گردید. پنج بذر سالم را در گلدان‌هایي به قطر ۱۰ سانتي‌متر حاوي خاک با نسبت‌هاي ماسه: رس: خاک برگ (۱:۱:۲) کشت شدند. گلدان‌ها روزانه آبیاري شدند. پرورش گیاه در گلدان‌ها تا قبل از ظهور برگ پنجم (یک ماه) در گلخانه انجام گرفت اما براي اعمال تیمارها به اتاقک‌هاي رشد ساخت شرکت گروک تهران با دوره نوري ۱۴ ساعت و دماي ۲ ± ۲۲ درجه سلسیوس و ۱۰ ساعت تاریکي و دماي ۲ ± ۱۷ درجه سلسیوس قرار گرفتند. شدت نور در سطح گیاه ۱۱۰۰۰ لوکس بود. گیاهان به منظور تطابق با شرایط جدید ۲ روز قبل از اعمال تیمارها به اتاقک رشد منتقل شدند. ۴۸ و ۶۰ ساعت پس از انتقال به اتاقک رشد تیمار سالیسیلیک اسید در چهار سطح (۱/۵ mM و۱،۰/۵،۰) در ابتداي فاز

---

۱- Nectrotic ۲- Senaranta ۳- ACC Oxidase

نوري بر روي برگ‌هاي گياهان محلول پاشي شدند، به دليل نوسان هاي pH در بين گروه هاي تيماري، pH تمام محلول ها با پتاس در حدود ۵/۵ تنظيم گرديد (۵). در ضمن تريتون X-100 به مقدار ۰/۰۱% به عنوان مويان استفاده گرديد. ۵ روز پس از اتمام تيمار فاکتورهاي زير اندازه‌گيري شدند.

مقدار قند محلول با روش فنل سولفوريک اسيد

بافت تازه برگي را با ۱۰ ميلي‌ليتر اتانول ۷۰% له کرده و سپس نمونه‌ها به مدت يک هفته در يخچال قرار گرفتند، در طول اين مدت قندهاي محلول در قسمت بالايي محلول جمع مي‌شوند (۴). سپس ۰/۱ ميلي‌ليتر از محلول صاف شده را در لوله آزمايش ريخته و حجم محلول را با آب مقطر به ۲ ميلي ليتر رسانده شد. در اين مرحله ۱ ميلي‌ليتر فنل ۵% به هر لوله اضافه شد و به مدت ۲۰ ثانيه لوله‌ها تکان داده شدند. سپس ۵ ميلي‌ليتر سولفوريک اسيد غليظ به هر يک از لوله‌ها اضافه شد. به دليل گرمازا بودن اين واکنش، لوله‌ها به مدت ۱ ساعت در دماي آزمايشگاه قرار گرفتند. در نهايت جذب نوري محلول در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد. براي تهيه منحني استاندارد از گلوکز خالص استفاده شد و از آب مقطر خالص به عنوان شاهد استفاده گرديد (۴). نتايج بر اساس ميلي‌گرم قند به گرم وزن تر محاسبه و گزارش شد.

سنجش مقدار قندهاي احياکننده

۰/۰۲ گرم از بافت تازه برگ و ريشه توزين شد و هر نمونه جداگانه با ۱۰ ميلي‌ليتر آب مقطر در هاون چيني له شد. مقدار قندهاي احياکننده در برگ‌ها و ريشه به روش سوموگي (۲۴) اندازه‌گيري شد. شدت جذب محلول‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده شد، سپس با استفاده از منحني استاندارد غلظت قندهاي احيا کننده بر حسب ميلي‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و گزارش گرديد.

مالون‌دآلدئيد (**MDA**)، ساير آلدئيدها و اسکوربيک اسيد و دي‌هيدرواسکوربيک اسيد

براي اندازه‌گيري مالون‌دآلدئيد از روش هيد و پکر[۱], (۸) استفاده گرديد. براي محاسبه غلظت MDA از ضريب خاموشي معادل $155\ Cm^{-1}\ mM^{-1}$ استفاده شد و نتايج حاصل از اندازه‌گيري بر حسب وزن تر محاسبه و ارائه گرديدند. براي سنجش مقدار پنج آلدئيد (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دي متيل استال) از روش مايير[۲] و همکاران (۱۴) استفاده گرديد. براي محاسبه غلظت اين آلدئيدها از ضريب خاموشي معادل $Cm^{-1}\ mM^{-1}$ $۰/۴۵ \times ۱۰^{۵}$ استفاده شد. اين ضريب خاموشي ميانگين ضريب خاموشي براي پنج آلدئيد مورد نظر است. نتايج حاصل از اندازه‌گيري بر حسب وزن تر محاسبه گزارش شدند (۱۴). در اين پژوهش براي اندازه‌گيري مقدار اسکوربيک اسيد و دي‌هيدرواسکوربيک اسيد از روش مک دي پينتو[۳] و همکاران (۱۳) استفاده شد و نتايج حاصل از اندازه‌گيري برحسب وزن تر محاسبه و ارائه گرديد (۱۳).

سنجش مقدار کل پروتئين‌ها

مقدار پروتئين ها در برگ‌ها با استفاده از روش برادفورد (۲) اندازه‌گيري شد. از آلبومين گاوي براي تهيه منحني استاندارد استفاده گرديد. نتايج بر اساس ميلي‌گرم بر گرم وزن تر ارائه شد.

---

۱- Heath and Packer ۲- Meir ۳- Mc de Pinto

اندازه‌گيري اتيلن در برگ هاي قطع شده گياه

اتيلن به روش كلانتري[1] و همكاران (۹) و با استفاده از دستگاه كروماتوگرافي گازي (AGILENT) مدل ۱۱۵-۳۴ H ساخت كشور آمريكا، مجهز به آشكار ساز يونيزاسيون شعله‌اي و ستون كاپيلاري با اندازه (۱۰m*۵۳۰ $\mu m$) انجام گرديد. دماي قسمت تزريق، آشكارساز و محفظه گرماده (آون) به ترتيب ۲۰۰، ۲۵۰، ۹۰ درجه سلسيوس تنظيم گرديد. از گاز نيتروژن به عنوان فاز متحرك استفاده گرديد. در ضمن از ستون GS-Q 115-34H2 استفاده شد. در شرايط ياد شده زمان بازيابي اتيلن استاندارد (خالص) از ستون كمتر از ۱ دقيقه بود.

عمليات آماري

آزمايش طبق طرح كاملاً تصادفي با ٤ تكرار صورت گرفت. براي تجزيه و مقايسه ميانگين‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون چند دامنه‌اي دانكن باضريب اطمينان ۹۵% محاسبه گرديد و براي رسم شكل ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتايج

نتايج نشان داد كه سالیسیلیک اسيد بر محتوي قندهاي احيا كننده و قند محلول در برگ اثر معني‌داري نداشت. اما تجزيه نتايج مربوط به مقدار قند ريشه نشان داد كه سالیسیلیک اسيد قندهاي احيا كننده در ريشه را در غلظت‌هاي بالاتر از ۱ ميلي‌مول افزايش مي‌دهد، كه اين افزايش در مقايسه ميانگين‌هاي قندهاي احياكننده در غلظت‌هاي متفاوت سالیسیلیک اسيد از لحاظ آماري در سطح ۵% معني‌دار بود (شكل ۱). در تيمار گياهان با سالیسیلیک اسيد مقدار مالون‌دآلدئيد در تمام گروه‌هاي تيماري در مقايسه با كنترل افزايش معني‌داري داشت ($P \leq$۵%) (شكل ۲). همچنين نتايج تجزيه واريانس حاصل از ساير آلدئيدها نشان داد كه محلول پاشي برگ گياهان كلزا با سالیسیلیک اسيد باعث افزايش مقدار ساير آلدئيدها شد، كه اين افزايش نيز در مقايسه ميانگين‌ها از لحاظ آماري معني‌دار بود (شكل۳). نتايج جدول تجزيه واريانس نشان داد كه اثر سالیسیلیک اسيد بر توليد اتيلن در برگ‌هاي قطع شده معني‌دار است. مقايسه ميانگين‌هاي اتيلن توليدي در تيمارهاي ۰/۵ و۱ ميلي‌مول سالیسیلیک اسيد نسبت به كنترل كاهش معني‌داري داشت (شكل۵). در حاليكه غلظت ۱/۵ ميلي‌مول سالیسیلیک اسيد اثري بر اتيلن نداشت ($P \leq$۵%). اگرچه نتايج تجزيه واريانس حاصل از داده‌ها نشان داد كه محلول پاشي با سالیسیلیک اسيد بر مقدار دي‌هيدرواسكوربيک اسيد اثري ندارد ولي بر اسكوربيک اسيد و اسكوربات كل اثر معني‌داري داشت. مقايسه ميانگين‌هاي مقدار اسكوربيک اسيد و آسكوربات كل در غلظت‌هاي ۰/۵ و ۱ ميلي‌مول سالیسیلیک اسيد نشان داد كه از لحاظ آماري معني‌دار است (شكل ۴). نتايج مربوط به اندازه‌گيري مقدار پروتئين‌ها نشان داد كه غلظت ۰/۵ ميلي‌مول سالیسیلیک اسيد بر روي مقدار پروتئين‌ها اثري نداشت (شكل ۶). ولي غلظت ۱ و ۱/۵ ميلي‌مول، مقدار پروتئين‌ها را به ترتيب افزايش و كاهش داد ($P \leq$۵%).

۱- Kalantari

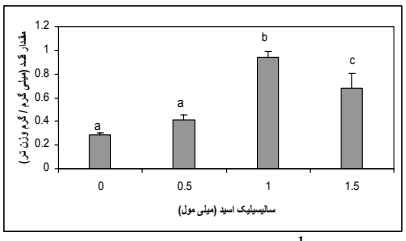


Fig. 1. Effect of SA on reduced sugars content (mg $g^{-1}$ F.W.) of *B. napus*. values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شكل۱- اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار قندهاي احيـاء كننـده (ميلـي گـرم در گـرم وزن تـازه) در ريشه. مقايسه ميانگين‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانكن انجام شد و حروف غير مشابه اختلاف معني‌داري را در سطح ۵% نشان مي‌دهد.

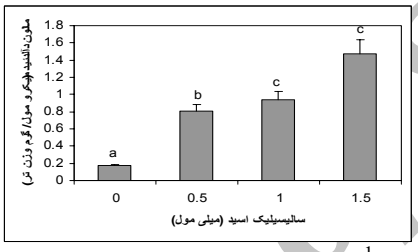


Fig. 2. Effects of SA on MDA content of *B. napus*. ($MMg^{-1}$ F.W.). Values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شكل۲- اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار مـالون‌دآلدئيـد. (ميكروگـرم در گـرم وزن تـازه) مقايسـه ميانگين‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانكن انجام شد و حروف غير مشابه اختلاف معني‌داري را در سـطح ۵% نشان مي‌دهد.

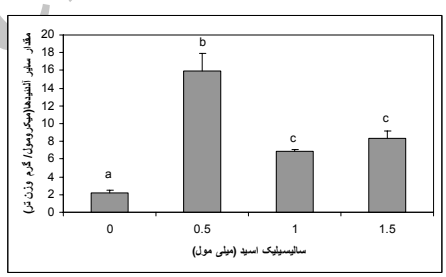


Fig. 3. Effect of SA on other aldehydes contents of *B. napus*. ($MMg^{-1}$ F.W.). Values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شكل ۳ - اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار سايرآلدئيدها. (ميكرومـول در گـرم وزن تـازه) مقايسـه ميانگين‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانكن انجام شد و حروف غير مشابه اخـتلاف معنـي‌داري را در سـطح ۵% نشان مي‌دهد.

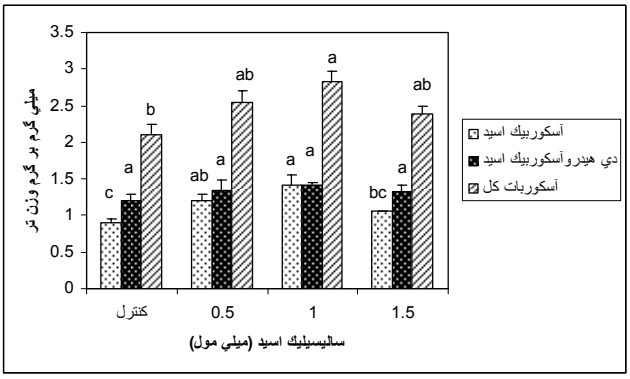


Fig 4. Effects of SA on ASA, DHAS and total ascorbate content (mg $g^{-1}$ F.W.) of *B. napus*. Values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شکل ۴ - اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار اسکوربیک اسید ، دي‌هیدرو اسکوربیک اسید و آسکوربات کل. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانکن انجام شد و حروف غیر مشابه اختلاف معني‌داري را در سطح ۵% نشان مي‌دهد.

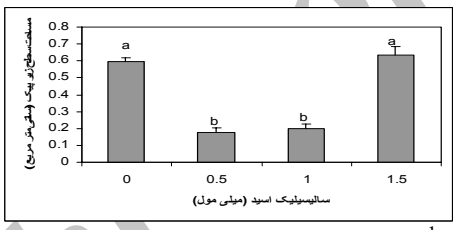


Fig. 5. Effect of SA on ethylene production content (Pmol $g^{-1}$ F.W.) of *B. napus*. Values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شکل۵- اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار اتیلن تولیدي در برگهاي قطع شده. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانکن انجام شد و حروف غیر مشابه اختلاف معني‌داري را در سطح ۵% نشان مي‌دهد.

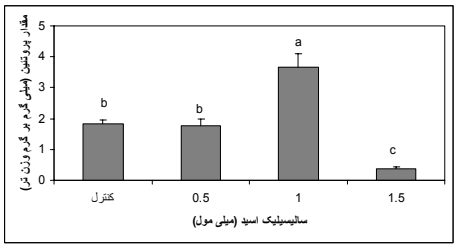


Fig. 6. Effect of SA on protein contents of *B. napus*. Values are the means of three replicates, and bars indicate SEM significant difference at P<0.05 according to DMRT.

شکل ۶ - اثرغلظت‌هاي مختلف سالیسیلیک اسید بر مقدار پروتئین‌ها. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانکن انجام شد و حروف غیر مشابه اختلاف معني‌داري را در سطح ۵% نشان مي‌دهد.

## بحث

ميكروارگانيزم هاي مختلف سالیسیلیک اسید را از مسير كوريزوميک اسید كه يک حد واسط مهم مسير شيكيميک اسید است، سنتز و به بيرون ترشح مي كنند و مقدار زيادي از اين تركيب در نمونه هاي خاک برداشته شده از ريزوسفر ذرت و لوبيا وجود داشته است(۱۰). اگر چه در مورد نقش سالیسیلیک اسید به عنوان يک ماده ضد تنشي در سال هاي اخير پژوهش‌هاي گسترده‌اي انجام شده است، ولي حساسيت گياهان مختلف نسبت به اين تركيب متفاوت است. سالیسیلیک اسید، مالون‌دآلدئيد توليد شده در تنش شوري برگ‌ها و ريشه‌هاي گياهان جو را كاهش داده است (۵). در مقابل گزارش‌هاي ديگر مبني بر كاهش توان آنتي‌اكسيداني و در نتيجه افزايش راديكال‌هاي آزاد در تيمارهاي سالیسیلیک اسید وجود دارد (۱۲، ۱۸، ۲۱) در اين پژوهش نيز سالیسیلیک اسید مقدار مالون‌دآلدئيد، پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دي متيل استال حاصل از پراكسيداسيون ليپيدها را افزايش داد، كه نشانگر آسيب اكسيداتيو گونه‌هاي اكسيژن فعال مثل راديكال سوپراكسيد، پراكسيد هيدروژن و راديكال هيدروكسيد به غشاء مي‌باشد. به احتمال توليد گونه‌هاي اكسيژن فعال منجر به پراكسيداسيون ليپيدها و در نتيجه آسيب به غشاهاي ياخته به عنوان اولين سد مكانيكي در تنش‌هاي محيطي مي‌شود. گزارش شده است سالیسیلیک اسید با اثر روي غشاء پلاسمايي باعث به هم ريختن شيب الكتروشيميايي عرض غشاء مي‌شود (۱۷). يكي از اين مكانيزم‌هاي دفاع آنتي‌اكسيداني (غير آنزيمي)، اسكوربيک اسید مي‌باشد. در اين پژوهش مقدار آسكوربات در تيمار با ۱ ميلي‌مول سالیسیلیک اسید افزايش نشان داد. افزايش مقدار آسكوربات در تيمار با سالیسیلیک اسید منجر به سم زدايي گونه‌هاي اكسيژن فعال شده مي‌شوند (۳، ۱۹). نتايج حاصل از اندازه‌گيري مقدار قندهاي احيا كننده و قندهاي محلول نشان داد كه تيمار با سالیسیلیک اسید اثري بر مقدار قندهاي احياء كننده و همچنين قندهاي محلول در برگ نداشت ولي ميزان قندهاي احياء كننده را در ريشه افزايش داد. الطيب[1] (۵) گزارش كرده است كه سالیسیلیک اسید مقدار قند محلول و غير محلول را در ريشه جو افزايش داده است. همچنين گزارش شده است كه سالیسیلیک اسید از طريق اثر بر آنزيم‌هاي هيدروليز پلي‌ساكارید منجر به افزايش مقدار قندها شده يا اين كه تشكيل قندهاي محلول از پلي‌ساكاريدها را تسريع مي‌نمايند (۵). در اين پژوهش نيز به احتمال سالیسیلیک اسید با اثر بر آنزيم‌هاي هيدروليز كننده كربوهيدرات‌ها منجر به افزايش و تجمع قند احياء كننده در ريشه شده است.

گزارش شده است كه سالیسیلیک اسید بر تشكيل پروتئين‌هاي دفاعي، انواع پروتئين‌هاي كيناز و روبيسكو اثر مي‌گذارد. اثبات شده است كه سالیسیلیک اسید سنتز پروتئين‌هاي مهار كننده پروتئازهاي گياهي را مي انگيزد (۱۶، ۱۷). همچنين الطيب (۵) گزارش كرد كه محتوي پروتئين محلول و اسيدهاي آمينه آزاد در اندام هوايي گياهچه‌هاي جو در شرايط تنش كاهش يافته است (۵). گزارشي وجود دارد مبني بر اينكه سالیسیلیک اسید سبب افزايش آنزيم‌هاي آنتي‌اكسيداني در گياهان لوبيا و گوجه فرنگي شده است (۲۵). بنابراين افزايش سالیسیلیک اسید در غلظت ۱ ميلي مول بر مقدار پروتئين‌ها در اين پژوهش را مي‌توان به تغيير مقدار آنزيم‌هاي آنتي‌اكسيدان نسبت داد.

در گياهان كلزا تيمار شده با سالیسیلیک اسید مقدار اتيلن توليدي در غلظت‌هاي ۰/۵ و ۱ ميلي‌مول سالیسیلیک اسید كاهش يافت ولي ۱/۵ ميلي‌مول مقدار اتيلن توليدي در گياهان تحت تيمار با سالیسیلیک اسید را افزايش داد (شكل ۵ ). گزارش شده كه سالیسیلیک اسید موجب مهار بيوسنتز اتيلن مي‌شود (۱۱). اين اثر

---

۱- El-Tayeb ۲- ACC Synthase

مهارکنندگي سالیسیلیک اسید در تولید اتیلن، ناشي از مهار آنزیم ACC اکسیداز و ACC سنتتاز[۲] مي‌باشد. سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه هیدروکسیل آزاد بر روي حلقه بنزوئیک اسید با کلاته کردن آهن موجود در برگ ACC اکسیداز، موجب متوقف کردن این آنزیم در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن مي‌گردد. در ضمن سالیسیلیک اسید نیز با تأثیر بر همبستگي غشاء یاخته اي منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌هاي ACC اکسیداز شده است (۱، ۱۷، ۲۶). گزارش شده است که اثر مهارکنندگي سالیسیلیك اسید روي بیوسنتز اتیلن به pH محیط عمل، وابسته است (۱۶، ۱۷). نتایج حاصل از این پژوهش نیز مؤید این موضوع است که سالیسیلیک اسید به احتمال با اثر بر آنزیم‌هاي بیوسنتزي اتیلن مقدار اتیلن تولیدي را در گیاه کاهش داده است.

از آنجائي که سالیسیلیک اسید به عنوان یک ترکیب آللوپات توسط بعضي از گیاهان تولید مي‌شود، رشد و نمو گیاهان حساس مجاور را مي‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. گزارش شده است که درجه حساسیت گیاهان به این ترکیب ها متفاوت است. به طوري که ذرت با حساسیت بیشتر و جو با حساسیت کمتر به این ترکیب ها واکنش نشان مي‌دهند و تفاوت در مرفولوژي، تفاوت در پاسخ‌هاي فیزیولوژیکي را سبب مي‌شود (۷). با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش با وجود افزایش مقدار آنتي اکسیدان‌ها در برخي غلظت‌هاي سالیسیلیک اسید، ولي در مقدار مالون‌دآلدئید در تمام غلظت‌هاي سالیسیلیک اسید نیز افزایش یافته است. به احتمال مي توان گیاه کلزا رقم 'اپشن' را جزء گیاهان حساس به آللوپات‌ها محسوب نمود. پژوهش‌هاي وسیع‌تري لازم است تا درجه حساسیت این رقم بیشتر مشخص شود.

## REFERENCES منابع


1. Alscher, R.J. and P.A. Casteleranco. 1972. Stimulation by ethylene of chlorophyll biosynthesis in dark-grown cucumber cotyledons. Plant Physiol. 50:400-403.
2. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
3. Devlin, M.R. and F.H. Withman, 2002. Plant Physiology. CBS Publishers & Distributors.
4. Dubios, M., K.A. Guilles, J. K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annal. Chem. 28:350-356.
5. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Reg. 45:215-225.
6. Glass, A.D. 1974. Influence of phenolic acids upon ion uptake. Inhibition of potassium absorption. Plant Physiol. 25:1104–1113.
7. Harper, J.P. and N.E. Balke. 1981. Characterization of the inhibition of $K^+$ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiol. 68:1349–1353.
8. Heath, R.L, and L. Packer. 1969. Photoperoxidation in isolated choloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arcg. Biochem. Biophys. 125: 189-198

9. Kalantari, Kh. M., R.A. Smith, and M.A. Hall, 2000. The effect of water stress on 1-(malonylamino) cyclopropane-1-carboxylic acid concentration in plant tissues. Plant Growth Regul. 31:183-193.
10. Larcher, W. 2001. Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Germany. 505 p.
11. Leslie, C.A. and R.J. Romani. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. Plant Physiol. 88:833-837.
12. Llüsia, J., J. Penuelas. and S. Munne-Bosch. 2005. Sustained accumulation of methyl salicylate alters antioxidant protection and reduces tolerance of Holm oak to heat stress. Physiol. Plant. 124:353-361.
13. Mc de Pinto, Francis, D. and L. de Gara. 1999. The redox state of ascorbate-dehydroascorbate pair as a specific sensor of cell division in tobacco BY-Z cells. Protoplast 209:90-97.
14. Meirs, S., S. Philosophhadas and N. Aharoni. 1992. Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid–peroxidation products detected during parsley by a newly developed method. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 128-132.
15. Popova, L. , V. Ananieva, V. Hristova, K. Christov, K. Georgieva, V. Alexieva and Zh. Stoinova 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate–induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulg. J. Plant Physiol. 133–152.
16. Popova, L., T. Pancheva and A. Uzunova. 1997. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. Plant Physiol. 23:85-93.
17. Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:439-46
18. Redy, T.Y., V.R. Reddy and V. Anbumozhi, 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: A critical review. Plant Growth Regul. 41:75-88.
19. Sairam, R.K., P.S. Deshmukh and D.C. Saxena. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. Biol. Plant. 41:387-394.
20. Sakabutdinova A.R., M.V. Fatkhutdinova, M.V. Bezrukova and F.M. Shakirova, 2003. Salicylic acid prevents the damaging factors on wheat plants. Bulg. J. Plant Physiol. 314-319.
21. Scandalias. J.G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. Plant Physiol. 101:7-12.
22. Senaranta, T., D. Touchell, E. Bumm and K. Dixon. 2002. Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30:157-161.
23. Shakirova, F.M. and D.R. Sahabutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164:317-322.

24. Somogy, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195:19-29.
25. Vera, P. and V. Conejero. 1990. Effect of ethephon on protein degradation and the accumulation of 'pathogenesis-related' (PR) proteins in tomato leaf discs. Plant Physiol. 92:227-233.
26. Zhang, Y., K. Chen, Sh. Zhang and I. Fergusen. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. Postharvest Biol. Technol. 28:67-74.