چکیده:

خشکی یکی از محدودیتهای بزرگ است که تولید گیاهان را در سرتاسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از راه‌های مقابله با خشکی، استفاده از پرایمینگ بذر با غلظت‌های بهینه هورمون‌های رشد گیاهی است. سالسیلیک‌اسید یک ترکیب رایج فنولی تولید شده توسط گیاهان است، و همچنین یک تنظیم کننده خارجی رشد نیز می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان شرکت می-کند. تأثیر کاربرد خارجی سالسیلیک‌اسید روی فرآیندهای فیزیولوژیکی متفاوت است، به نحوی که باعث می‌شود که بعضی فرآیندها پیشرفت و از برخی دیگر ممانعت به عمل آید. که آن هم به غلظت سالسیلیک‌اسید کاربردی، گونه گیاهی، مرحله رشدی و شرایط محیط بستگی دارد. به منظور بررسی اثر پرایمینگ سالسیلیک‌اسید بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیاچشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) رقم پرستو، آزمایشی در قالب طرح استریپ بلوک با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، واقع در ۶ کیلومتری شهر زنجان انجام شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول ۴ متر و با فواصل ۰/۵ متر و فاصله بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۵۰ و۱۰ سانتی‌متر بود. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح (شاهد یا آبیاری منظم، اعمال تنش در زمان شروع گلدهی تا ۵۰٪ گلدهی و اعمال تنش در زمان شروع تشکیل نیام تا تشکیل۵۰٪ نیام‌ها)، و پرایمینگ بوسیله سالسیلیک اسید (SA)، به عنوان عامل فرعی در پنج سطح، شامل سطوح صفر،۹۰۰، ۱۸۰۰، ۲۷۰۰ و۳۶۰۰ میکرومول بود. جهت انجام پرایمینگ پس از تهیه دوزهای مختلف سالسیلیک اسید (SA) بذور لوبیا چشم بلبلی به مدت ۴ ساعت در دمای ۴°C، تحت تیمارهای مختلف سالسیلیک‌اسید قرار گرفتند، سپس بذور خشک شده و پس از ضد عفونی با قارچ‌کش ویتاواکس به مزرعه منتقل شدند. کاشت بذور در اواسط خرداد ۱۳۸۷ به طور دستی انجام شد. پس از کاشت بذور لوبیا چشم بلبلی، آبیاری بوته‌ها هر ۷ روز یکبار انجام گرفت. در طول فصل رشد کلیه

علف‌های هرز که شامل تاج خروس، سلمه تره، توق و ... بود، بصورت دستی وجـین گردیدنـد. پـس از استقرار بوته‌ها در مراحل مختلف، نمونه برداری و جمع آوری داده‌هـا انجـام گرفـت. نتـایج حاصـل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که در زمـان اعمـال تـنش اول (تـنش در زمـان شـروع گلدهی تا ۵۰٪ گلدهی) و زمان اعمال تنش دوم (تنش در زمان شرع تـشکیل نیـام تـا تـشکیل ۵۰٪ نیام‌ها) اثر آبیاری بر روی اکثر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بجزء ارتفاع گیاه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر تیمارهای اعمال شده سالسیلیک‌اسید برای اکثر صفات مورفولوژیکی و فیزیولـوژیکی، بجزء شاخص کلروفیل در زمان اعمال تنش دوم معنی‌دار بوده است که نشان دهنده تاثیر غلظت‌هـای متفاوت سالسیلیک اسید روی صفات مورد ارزیابی می‌باشد. از سوی دیگر اثر متقابل سطوح آبیـاری × سالسیلیک‌اسید در زمان اعمال تنش اول تنها برای طول غلاف در شاخه اصلی، تعدادغلاف در شـاخه اصـــــلی و فرعـــــی، تعـــــداد دانـــــه در غـــــلاف شـــــاخه اصـــــلی، وزن ۱۰۰ دانــه در غـلاف شـاخه اصـلی و فرعـی، بیومـاس، عملکـرد دانـه، محتـوای کلروفیـل a، شاخص‌کلروفیل و محتوای پرولین برگ معنی‌دار و در بقیه صفات مورفولـوژیکی و فیزیولـوژیکی غیـر معنی‌دار بوده است و در زمان اعمال تنش دوم اثر متقابل سطوح آبیاری و سالسیلیک‌اسید، تنها بـرای طول غلاف در شاخه اصلی و فرعی، تعداد غلاف در شاخه اصلی و فرعی، وزن ۱۰۰ دانه در غلاف شاخه اصلی، شاخص برداشت، عملکرد دانـه، محتـوای‌نـسبی آب، سـرعت فتوسـنتز، محتـوای کلروفیـل a، محتوای کل کلروفیل، شاخص‌کلروفیل و محتوای پرولین برگ معنی‌دار و در بقیه صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی غیر معنی‌دار بوده است. همچنین نتـایج حاصـل از تجزیـه واریـانس تـأثیر پرایمینـگ سالسیلیک اسید روی میزان بازگشت صفات فیزیولوژیک به حالت نرمال (بهبود)، نـشان داد کـه اثـر آبیاری بر روی اکثر صفات فیزیولوژیکی بجزء هدایت روزنه‌ای در زمان اعمال تنش اول، معنی‌دار بـود. همچنین اثر سالسیلیک‌اسید روی تمام صفات فیزیولوژیکی در زمان اعمال تـنش اول و دوم معنـی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسات میانگین نشان داد که کاربرد سالسیلیک‌اسید، سرعت سبز، درصد سـبز،

ارتفاع گیاه، گلدهی، سطح برگ، محتوای‌نسبی آب، سرعت فتوسنتز، شدت تعرق، هدایت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b، محتوای کل کلروفیل، شاخص‌کلروفیل، محتوای پرولین برگ، بیوماس، شاخص برداشت و عملکرد دانه و اجزای آن را در مقایسه با گیاهان غیر تیمار، افزایش داد. کاربرد سالسیلیک‌اسید، نشت الکترولیت، محتوای قند محلول برگ، میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای، دمای برگ و دمای‌کانوپی را در مقایسه با گیاهان غیرتیمار، کاهش داد و محافظت علیه تنش خشکی را بهبود بخشید. همچنین با توجه به مقایسات میانگین و روابط بین صفات در شرایط تنش خشکی مشخص گردید که انتخاب دز مناسب سالسیلیک اسید، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش هر یک از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دارد ولی بیشترین افزایش در اکثر صفات در بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومول سالسیلیک اسید بدست آمد. که در نهایت منجر به این شد که بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومول سالسیلیک اسید، بیشترین عملکرد دانه (۴۴۲۴-۳۴۳۷-۲۴۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمار شاهد و اعمال تنش در مرحله اول و دوم) را داشته باشند.

کلمات کلیدی: لوبیاچشم بلبلی، سالسیلیک‌اسید، تنش کم آبی، پرایمینگ، محتوای نسبی‌آب.

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.SC)
در رشته زراعت

عنوان:

تأثیر پرایمینگ سالسیلیک اسید بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی(*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی

اساتید راهنما:

دکتر فرید شکاری　　دکتر مهدی راستگو

اساتید مشاور:

دکتر جلال صبا

مهندس اسماعیل زنگانی

تحقیق و پژوهش:

آرش پاک‌مهر

مهر ماه ۱۳۸۸

۱-۱- مقدمه

جمعیت جهان با سرعت قابل توجهی در حال افزایش است و انتظار می‌رود که تا اواخر سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر برسد. از طرف دیگر تولید غذا به علت اثر تنشهای غیر زیستی مختلف کاهش می‌یابد، درنتیجه کاهش تلفات ناشی از تنشهای غیر زیستی در همه کشورها مورد توجه قرار گرفته است (ماهاجان و توتجا[1]، ۲۰۰۵). در بین تمام تنشهای غیرزیستی، خشکی مهمترین تنشی است که رشد و تولید گیاهان زراعی را در سرتاسر جهان محدود می‌کند (ردی و همکاران[2]، ۲۰۰۴).

رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی، محققین و اصلاح گران گیاهی را با چالش بزرگی در قرن ۲۱ جهت تولید گیاهان مفید در محیط‌های کم آب مواجه ساخته است (پیمنتال و همکاران[3]، ۱۹۹۷) و این در حالی است که ۷۵٪ کل آب مصرفی دنیا به کشاورزی اختصاص می‌یابد (مولدن[4]، ۲۰۰۷). از سوی دیگر حدود ۲۶٪ از زمین‌های قابل کشت دنیا در مناطق خشک قرار دارد (آتلین و فری[5]،۱۹۹۰). به علاوه، به دلیل گرم شدن کره زمین، نوسانات توزیع بارندگی ممکن است خطر اینکه گیاهان مکرراً در معرض خشکی قرارگیرند را افزایش دهد. تقریباً همه گونه های گیاهی تحمل به تنش خشکی را نشان می‌دهند اما توانایی گونه ها و واریته های مختلف در این زمینه متفاوت است (لارچر[6]، ۲۰۰۳). در محیط‌های طبیعی گیاهان دستخوش انواع تنش‌هایی می‌شوند که اثرات منفی بر رشدشان دارد. دما، نور، آب قابل دسترس و... از جمله عوامل غیر زنده‌ای می‌باشند که به طور موثری بر رشد گیاهان عالی اثر می‌گذارند. تنش خشکی، یکی از تنش‌های چند بعدی است و سبب اثرات فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (التینکوت و همکاران[7]، ۲۰۰۱). در سال‌های اخیر علاقه جهت شناسایی صفاتی که در مقاومت به خشکی نقش دارند و ممکن است

[1]- Mahajan and Tuteja
[2]- Reddy
[3]- Pimentel
[4]- Molden
[5]- Atlin and Frey
[6]- Larcher
[7]- Altinkut

بتوانند به عنوان ملاک و معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاحی گیاهان مورد استفاده قرار گیرند، افزایش یافته است. شناسایی ابزارهای جداسازی و صفات قابل اندازه‌گیری مناسب، فرآیند اصلاح گیاهان برای تحمل به خشکی را آسان می‌کند (مارسلو و جان[1]، ۲۰۰۷).

عملکرد دانه به عنوان مهمترین شاخص انتخاب ارقام مقاوم به خشکی، تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی زیادی است و این امر تهیه ژنوتیپ‌های مطلوب را مشکل می‌سازد. ارقام متحمل به خشکی ارقامی می‌باشند که به طور نسبی در مقابل خشکی مقاومت می‌کنند و کاهش عملکرد چشم‌گیری ندارند (کلارک و همکاران[2]،۱۹۹۲).

۱-۲- تنش خشکی و استراتژی های مقابله با آن در گیاهان

اطلاع از واکنش گیاهان به تنش‌ها کمک زیادی به تشریح توزیع جغرافیایی و همچنین نحوه رشد و میزان تولید آنها در شرایط محیطی مختلف می‌کند. فهم و درک پاسخ های گیاهان به تنش‌ها برای اصلاح ارقام مقاومی‌که بتوانند خشکی، شوری و سایر شرایط محدود کننده عملکرد را تحمل کنند امری ضروری است. از سوی دیگر چون شرایط تنش‌زا سبب اختلال در فعالیت‌های گیاهی می‌شود، از این طریق ممکن است به عنوان ابزاری جهت مطالعه مبانی بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاه مورد استفاده قرارگیرند. در بسیاری از موارد تنش با اندازه‌گیری رشد و یا فرایندهای آسیمیلاسیون اولیه (جذب کانی ها و دی اکسید کربن) بررسی می‌شود (تایز و زایگر[3]، ۱۹۹۱).

مفهوم تنش می‌تواند با توانایی زیستی گیاه و مقاومت نسبت به عوامل نامطلوب در محیطهای نامناسب بستگی داشته باشد. از این رو محیطی که برای یک گیاه تنش‌زا به شمار می‌آید، ممکن است برای گیاه دیگر چنین حالتی نداشته باشد (تایز و زایگر، ۱۹۹۱).

[1]- Marcelo
[2]- Clark
[3]- Taiz and Zeiger

جوانه‌زنی اولین مرحله نموی در گیاه است که یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد (دی ویلیرز و همکاران[1]، ۱۹۹۴). این مرحله از رشد به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (سیفلد و همکاران، ۲۰۰۲[2]؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶[3]؛ بسرا وهمکاران[4]، ۲۰۰۴). تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی است که بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه تأثیر می‌گذارد (فالری[5]، ۱۹۹۴). توانایی جوانه زنی بذرها در شرایط تنش رطوبتی، شانس استقرار بیشتر گیاه و تراکم بالاتر را به دنبال دارد، که درنتیجه منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (بالباکی و همکاران[6]، ۱۹۹۹). بنا به تعریف برای[7](۱۹۹۷) تنش خشکی به منزله کمبود آب درگیاه بوده و این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق از میزان جذب آب بیشتر باشد. خشکی عبارتست از یک دوره بدون بارندگی و آبیاری که بر رشد گیاهان اثر می‌گذارد (فوکای و کوپر[8]، ۱۹۹۵). خشکی اثرات عمده‌ای بر کشاورزی دنیا دارد و ممکن است هر زمانی در طول دوره رشد پیش‌آید و در هر سال در مناطق مختلف خسارات فراوانی را بوجود آورد. از طرفی کمبود آب به تنهایی پتانسیل عملکرد تولیدی را به کمترین مقدار خود نمی‌رساند بلکه زمان و مدت زمانی که تنش خشکی روی می‌دهد با فرآیندهای فیزیولوژیکی در ارتباط است (جانگدی و همکاران[9]، ۲۰۰۲). گیاهان به تنش خشکی در سطوح فیزیولوژیکی، سلولی و مولکولی پاسخ می‌دهند. این پاسخ به گونه و ژنوتیپ گیاه (رامپینو و همکاران[10]، ۲۰۰۶) طول دوره و شدت کمبود آب (آرائوس و همکاران[11]، ۲۰۰۱) و سن و مرحله نموی

[1]- DeVilliers
[2]- Seefeldt
[3]- Soltani
[4]- Basra
[5]- Falleri
[6]- Baalbaki
[7]- Bray
[8]- Fukai and Cooper
[9]- Jongdee
[10]- Rampino
[11] -Araus

(زو و همکاران[1]، ۲۰۰۵) بستگی دارد. تنش، میزان آب گیاه و فتوسنتز را در طول پر شدن دانه کاهش می‌دهد و تبدیل ذخایر ساقه به قند های محلول و تجمع قندها در دانه‌ها را تحریک می‌کند (بلام[2]، ۲۰۰۵).

مقاومت به خشکی در گیاهان به استراتژی‌های فرار[3]، اجتناب[4] و تحمل[5] تقسیم بندی می‌شوند (چاوز و همکاران[6]، ۲۰۰۳؛ لویت[7]، ۱۹۸۰).

۱- در فرار از خشکی قبل از شروع تنش‌های شدید گیاه به مرحله زایشی می‌رسد، یعنی در یک چرخه زندگی کوتاه، دانه تولید می‌کند.

۲- در اجتناب از پسآبیدگی[8] نگهداری وضعیت آبی قابل توجهی در گیاهان در طول دورهء تنش بوجود می‌آید، که ممکن است نتیجه به حداقل رساندن تلفات آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها، کرکهای‌گیاهی، کاهش سطح برگ، پیری برگهای مسن تر و غیره یا به حداکثر رساندن جذب آب (از طریق افزایش رشد ریشه) باشد.

۳- تحمل خشکی به ظرفیت نسبی نگهداری یا حفظ فرآیندهای حیاتی گیاه در یک مکان با کمبود آب گفته می‌شود. این مورد در بعضی مواقع به عنوان دومین خط دفاعی بعد از اجتناب از خشکی به حساب می‌آید. تحمل به پتانسیل پایین آب (حفظ فرآیندهای حیاتی گیاه در شرایط کمبود آب و یا بازیافت وضعیت آب گیاه و عمل آن پس از تنش) ممکن است ناشی از تنظیم اسمزی یا به علت وجود دیواره‌های سلولی سخت یا سلول‌های کوچک باشد.

۱-۳- لوبیا چشم بلبلی و خصوصیات آن

[1]- Zhu
[2]- Blum
[3]- scape
[4]- avoidance
[5]- tolerance
[6]- Chaves
[7]- Levit
[6]- Dehydration

لوبیا چشم بلبلی(*Vigna unguiculata* L.) به عنوان نخود چشم سیاه و نخود جنوبی شناخته شده است. یک لگوم با مبداء آفریقایی است که به عنوان محصول پوششی تناوبی برای کمک به نیازهای نیتروژنی محصولات با ارزش اقتصادی بالا، کنترل فرسایش و بهبود خصوصیات خاک، مفید است و هنگامی که به عنوان یک محصول پوششی استفاده می‌شود، علف های هرز را کنترل می‌کند. تحمل به خشکی این گیاه، آن را در کشت دیم یا در زمین های کم باران بدون آبیاری ارزشمند ساخته است (والنزوئلا و اسمیت[1]، ۲۰۰۲).

لوبیا چشم بلبلی یک لگوم یکساله تابستانه با برگ‌های سه برگچه‌ای است. ارقام بسیاری وجود دارند، که برای تغییر آشیان‌های اکولوژیکی تولید شده‌اند و به لحاظ رفتار رشدی‌شان بسیار متفاوت هستند. بعضی ارقام کوتاه هستند و بعضی‌ها بصورت بوته‌های عمودی و بقیه بلند و مشابه درخت انگور هستند (والنزوئلا و اسمیت، ۲۰۰۲).

لوبیا چشم بلبلی همچنین می‌تواند برای تولید علوفه خشک یا علوفه سیلویی با کیفیت بالا، هنگامی‌که با محصولاتی مانند ذرت یا سورگوم ترکیب شود، مورد استفاده قرارگیرد یا این که می‌تواند برای چراگاه تناوبی استفاده شود. درخاک‌های با فسفر کم ریشه‌های لوبیا چشم بلبلی همزیستی میکروریزایی را بطور موثری به منظور بهبود محتوای فسفر قابل دسترس خاک، ایجاد می-کند. بعضی از ارقام جدید لوبیا چشم بلبلی بطور ویژه‌ای برای توانایی جذب‌کردن فسفر خاک تولید شده‌اند، که این عمل می‌تواند فسفر را برای محصولات بعدی قابل استفاده کند (والنزوئلا و اسمیت، ۲۰۰۲).

لوبیا چشم بلبلی به سرعت رشد می‌کند و تحت شرایط رشدی مناسب به ارتفاع ۶۰-۵۰ سانتی متری، می‌رسد. معمولاً بیشترین رشد ریشه در لایه های بالایی خاک اتفاق می‌افتد اما در زمان خشکی، لوبیا چشم بلبلی می‌تواند یک ریشه عمودی را به عمق ۸ فوت برای رسیدن به رطوبت بخش-های عمیق خاک، رشد دهد(والنزوئلا و اسمیت، ۲۰۰۲).

[1]- Valenzuela and Smith

لوبیا چشم بلبلی به دماهای بالا ($^{\circ}C$ ۳۵-۲۰) سازگار شده است. این محصول در دامنه وسیعی از بافت‌های خاک از رسی سنگین گرفته (اگر خوب زهکشی شده باشد) تا شنی بخوبی رشد می‌کند. بهترین رشد این گیاه در خاک‌های اسیدی کم تا قلیایی کم (۸/۳- ۵/۵ =pH) است. تحمل به شوری آن پائین است، اما تا حدی به خاک‌های با آلومینیوم بالا متحمل است و نظیر اغلب لگوم‌ها به شرایط غرقابی تحملی ندارد. لوبیا چشم بلبلی تحت گستره وسیعی از شرایط رطوبتی رشد می‌کند و بعد از استقرار، تحمل به خشکی مناسبی را نشان می‌دهد. در کشت دیم در مناطقی که بارندگی سالیانه حداقل ۶۰۰ میلی متر است یا حداقل آبیاری در دسترس است، رشد می‌کند (والنزوئلا و اسمیت، ۲۰۰۲).

لوبیا چشم بلبلی گیاه زراعی مهمی است که بطور وسیعی در مناطق گرم آفریقا، آسیا وآمریکا رشد می‌کند و اغلب به عنوان گیاهی با سازگاری خوب به دماهای بالا و خشکی در مقایسه با گونه‌های دیگر، محسوب می‌شود (اهلر و هال[1]، ۱۹۹۷).

سازگاری به خشکی در لوبیا چشم بلبلی وابسته به حداقل رسانیدن تلفات آب بوسیله کنترل دهانه روزنه است (دی-کاروالو و همکاران[2]، ۱۹۹۸). طبق مطالعات انجام شده، اثبات شده که لوبیا چشم بلبلی قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش خشکی است (بیتز و هال[3]، ۱۹۸۱؛ شاکل و هال[4]، ۱۹۸۳؛ کوپرس و همکاران[5]، ۱۹۸۸؛ د-کاروالو و همکاران، ۱۹۹۸؛ سوزا و همکاران[6]، ۲۰۰۴)، بنابراین از پسابیدگی بافت جلوگیری می‌کند. اگرچه این راهبرد به واسطه بسته شدن روزنه‌ها، ممکن است باعث کاهش در اسیمیلاسیون CO_2 (چاوز[7]، ۱۹۹۱) و کاهش رشد و عملکرد شود.

[1]- Ehlers and Hall
[2]- de Carvalho
[3]- Bates and Hall
[4] - Shacke and Hall
[5] - Küppers
[6]- Souza
[7] -Chaves

۱-۴- پرایمینگ[1]

پرایمینگ بذر عبارت است از آبنوشی کنترل شده پیش از کاشت بذر و به دنبال آن پسابیدگی بذر است، یک شیوه معمول برای افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن تحت شرایط تنش و غیر تنش می باشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵).

۱-۴-۱- پرایمینگ با هورمون های گیاهی

پیش تیمار کردن بذر با غلظت‌های بهینه هورمون‌های رشد گیاهی به طور مؤثری موجب افزایش در جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های مختلف گیاهان زراعی تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردیده است (لی و همکاران[2]، ۱۹۹۸؛ هورلی و همکاران، [3]۱۹۹۱). هورمون‌هایی که برای پیش تیمار بذر معمولاً استفاده می‌شوند شامل اکسین، جیبرلین، آبسزیک‌اسید، پلی‌آمین‌ها، اتیلن، براسینولید، سالسیلیک‌اسید و آسکوربیک‌اسید است. برخی تنظیم کننده‌های اسمزی مثل گلایسین بتائین همچنین همراه هورمون‌ها به عنوان عامل‌های همراه پیش تیمار کردن به کار رفته‌اند (کمبل و همکاران[4]، ۱۹۹۹).

۱-۴-۱-۱- اثر هورمون‌های گیاهی روی جوانه زنی بذر

مطالعات بسیاری افزایش جوانه‌زنی بذر در گونه‌های مختلف گیاهی تحت هر دو شرایط نرمال و تنش، در پاسخ به پیش تیمارکردن با هورمون‌های گیاهی یا مواد آلی دیگر را ثابت کرده است برای مثال، در بذرهای سورگوم، بادام زمینی، لوبیای سودانی، لوبیا چشم بلبلی، تیمار شده با سوکسینیک-اسید یا سایکوسل، درصدهای بیشتر جوانه‌زنی مشاهده شده‌است (رانگاسوامی و همکاران[5]، ۱۹۹۳). در پنبه خیساندن بذر کرک‌گیری شده در ۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید برای ۲۴-۱۶ساعت، سرعت جوانه‌زنی و درصد آن را افزایش داد، در حالی‌که اثر با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر

[1]- priming
[2] - Lee
[3] - Hurly
[4] - Campbell
[5] - Rangaswamy

جیبرلیک‌اسید برای ۱۶ ساعت مشهودتر بود. در ماش سیاه (*Vigna mungo*) ۴۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید مؤثرترین تیمار پیش از کاشت برای به دست آوردن حداکثر جوانه‌زنی تحت شرایط بدون تنش است (شارما و ساران[1]، ۱۹۹۲). در آفتابگردان مشخص شد آسکوربیک اسید در افزایش جوانه‌زنی بذر، در شرایط بدون تنش بسیار مؤثر است (سینگ و رائو[2]، ۱۹۹۳). تیمار بذر با هورمون های رشد، همچنین ثابت کرده است که اثرات مضر تنش شوری در طی جوانه‌زنی را کاهش داده است. برای مثال پیش تیمار کردن بذر سودان‌گراس (*Sorghum sundanese*) با سایکوسل یا مواد پیش تیماری دیگر اثرات مضر تنش شوری روی سرعت و درصد جوانه‌زنی را خنثی می‌کند (اسماعیل و همکاران[3]، ۱۹۹۳). در مطالعه دیگر با گندم اثرات مضر تنش شوری بر جوانه زنی بذر توسط خیساندن بذر در غلظت‌های متفاوت اکسین یا جیبرلیک اسید (GA_3) کاهش یافت (گولناز و همکاران[4]، a ۱۹۹۹).

۱-۴-۱-۲- اثر هورمون های گیاهی بر فعالیت آنزیمی بذر در حال جوانه زنی

تعداد کمی گزارش‌ها، در ارتباط با اثر هورمون‌ها روی فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در جوانه‌زنی بذر در دسترس است. در یک مطالعه، جوانه های تریتیکاله (*Triticosecale*) رشد یافته از بذر پیش تیمار شده با غلظت‌های متفاوت پیریدوکسین هیدروکلراید، فعالیت بیشتر نیترات‌ردوکتاز، تحت شرایط بدون تنش را نشان داد (احمد و همکاران[5]، ۱۹۹۵). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که بذر گندم پیش تیمار شده با ۵۰ میلی گرم در لیتر سدیم بنزوات یا آسکوربیک اسید، فعالیت آمیلاز بیشتری از بذر تیمار نشده، طی جوانه‌زنی تحت شرایط شوری نشان می‌دهد (روی و سریواستاوا[6]،۱۹۹۹).

۱-۴-۱-۳- اثر هورمون های گیاهی بر مواد آلی و معدنی در بذر در حال جوانه زدن

[1] - Sharma and Saran
[2] - Singh and Roa
[3] - Ismaeil
[4] - Gulnaz
[5] - Ahmad
[6] - Roy and srivastava

مطالعات محدودی جهت تعیین اثرات پیش تیمارکردن بذر با مواد رشدی روی متابولیت‌های آلی یا مواد مغذی معدنی بذر جوانه زده اجرا شده است. در یک مطالعه ارزن مرواریدی تیمار شده با جیبرلیک‌اسید سبب ایجاد گیاهچه‌هایی با سطوح بیشتر پروتئین‌های محلول و اسید آمینه‌های آزاد در مقایسه با گیاهچه‌های بذر تیمار نشده شد (گوپتا و موخارجی[1]، ۱۹۸۲). در این آزمایش پیش تیمارکردن با جیبرلیک اسید (GA_3) سبب حفظ نیتروژن آزاد در کلئوپتیل و ریشه به جای انتقال آن به برگ اولیه شد. در همه گیاهچه‌ها، از بین اسیدهای آلی مختلف، سوکسینیک‌اسید و مالیک‌اسید غالب بودند و بعد از آن‌ها سیتریک‌اسید قرار گرفته بود. در مطالعه‌ای دیگر جوانه‌های تریتیکاله رشد یافته از بذر خیس خورده در محلول آبی هیدروکلراید پیریدوکسین ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ درصد تجمع بالاتر پیریدوکسین، کلروفیل، N,P,K ،کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین‌های بیشتری در مقایسه با بذر تیمار نشده نشان داد (احمد و همکاران، ۱۹۹۵).

۱-۴-۱-۴- اثر هورمون های گیاهی بر متابولیسم و رشد بعدی گیاه

پیش تیمار کردن بذر با هورمون‌های رشد گیاهی نه فقط جوانه‌زنی و سبز شدن را افزایش می‌دهد بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را تحت شرایط نرمال و تنش افزایش می‌دهد. برای مثال گیاهچه‌های تریتیکاله رشد یافته از بذر تیمار شده در ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱درصد محلول آبدار هیدروکلراید پیریدوکسین طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک را در ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ روز از مراحل رشدی گیاه در مقایسه با بوته‌های رشد یافته از بذر خیس خورده در آب، افزایش داد (احمد و همکاران، ۱۹۹۵). آزمایش انجام شده با بذور باقلا و پنبه (*Gossypium barbadense*) تیمار شده با غلظت‌های مختلف اکسین (IAA) (۲۰-۶۰mg/lit) نشان داد که مؤثرترین غلظت اکسین (IAA) برای حداکثر عملکرد در باقلا ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بود، در حالی که در پنبه این مقدار معادل ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر بود (هارب[2]،۱۹۹۲). به علاوه افزایش در رشد گیاه یا عملکرد نهایی در پاسخ به

[1]- Gupta and Mukherjee
[2] - Harb

پیش تیمارکردن با تنظیم کننده‌های رشد در گونه‌های گیاهان دیگر از جمله پیش تیمار ماش سیاه با جیبرلیک اسید، کینتین، اتیلن (اتفون) یا اکسین (پاتل و سکسنا[1]، ۱۹۹۴) و ماش سبز (*Vigna radiata*) با سایکوسل، سینامیک اسید، یا سوکسینیک اسید (سابیر-احمد، ۱۹۹۹)[2] گزارش شده است.

۱-۵- سالسیلیک اسید

اسم سالسیلیک اسید (SA) از کلمه سالیکس[3]، نام علمی درخت بید گرفته شده است. هم سرخپوستان آمریکایی و هم مصریان باستان می‌دانستند که برگها و تنه درخت بید می‌تواند بعنوان یک مسکن درد و تب بر استفاده شود. سالیسیلین[4]، گلوکوزیدی از الکل سالسیلیک، از پوست درخت بید، توسط جان بوخنر[5](۱۹۲۸) استخراج شد که بعدها توسط رافاسل پیریا[6] (۱۹۳۸) سالسیلیک‌اسید نام گرفت. سالسیلیک‌اسید بصورت فراگیری در همه سلسله‌های گیاهی پراکنده شده و در گروه هورمون‌های گیاهی طبقه بندی شده است (راسکین[7]، ۱۹۹۲a).

سالسیلیک‌اسید از نظر شیمیایی، متعلق به گروه بسیار متنوع فنل‌های گیاهی است، که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته‌اش می‌باشد. سالسیلیک اسید در حالت آزاد به صورت یک پودر کریستالی است که در دمای ۱۵۹-۱۵۷ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود.

[1] - Patel and saxena
[2] - Sabir-Ahamed
[3] - Salix
[4] - Salicilin
[5] - John Buchner
[6] - Rafacle Piria
[7] - Raskin

بطور متوسط در آب قابل حل است اما در حلال‌های آلی قطبی شدیداً انحلال پذیر است و pH محلول آبی بوجود آمده ۲/۴ است (راسکین[1]، ۱۹۹۲). سالسیلیک‌اسید عموماً در گیاهان (گیاهانی مثل برنج، جو، سویا) در مقادیرکم (میکروگرم برگرم وزن تر) و یا کمتر (راسکین و همکاران، ۱۹۹۰) هم به فرم آزاد یا فرم گلیکوزیله، متیله شده، گلوکز- استر یا با پیوندهای آمینواسیدی وجود دارد (لی و همکاران[2]، ۱۹۹۵). این ماده می‌تواند در گلهای ترموژنیک در زمان گلدهی یا بعد از آلودگی عامل بیماریزا، در مقادیر بیشتری شناسایی شود (راسکین، ۱۹۹۲). اولین مستند علمی که در آن گزارش شده بود که سالسیلیک اسید نقش تنظیم کننده رشد (دکوک و همکاران[3] ، ۱۹۷۴) و همچنین القاء گلدهی را ایفاء می‌کند، در یک نژاد روز بلند گونه‌ای از عدسک آبی (*Lemna gibba* L.) اثبات شده بود (کللاند و اجامی[4]، ۱۹۷۴). از آن تاریخ مشخص گردیده است که هم سالسیلیک‌اسید درون زاد و هم برون زاد، تأثیرات متفاوتی در گیاهان دارد (راسکین، ۱۹۹۲)، اما همانطور که مطالعات روی گونه های گیاهی مختلف در سیستمهای متفاوت (از گیاه کامل تا سوسپانسیونهای سلولی) انجام شده است، همیشه نمی‌توانند عمومیت داده شوند.

این مطلب ثابت شده است، که سالسیلیک‌اسید و ترکیبات مربوطه، توانایی جلوگیری از بسته شدن روزنه‌ای القاء شده توسط آبسزیک‌اسید، را دارند (رای و همکاران[5]، ۱۹۸۶).

تیمار بلندمدت سالسیلیک‌اسید موجب کاهش کمیت آنزیم رابسیکو در گیاهان جو گردیده است. بنابراین می‌تواند از فعالیت فتوسنتزی نیز جلوگیری کند (پانچوا و پوپوا[6]، ۱۹۹۸). وقتی‌گیاهان گندم با سالسیلیک‌اسید برای هفت روز تیمار شده بودند، مشخص شد که، درحالیکه غلظتهای کم (۰/۰۵میلی مول) سالسیلیک‌اسید فتوسنتز را تحریک می‌کند، غلظتهای بیشتر (۱/۰-۰/۵ میلی مول) از فعالیت فتوسنتزی جلوگیری می‌کند که این عمل بطور عمده بخاطر جلوگیری از انتقال الکترون

[1] - Raskin
[2] - Lee
[3] - DeKock
[4] - Cleland and Ajami
[5]- Rai
[6] - Pancheva and Popova

فتوسیستمI و کاهش سطوح سیتوکروم f_{554} است. با این حال، وقتی تیلاکوئیدهای جدا شده با سالسیلیک‌اسید تیمار داده شدند، هیچ تأثیری مشاهده نشد (ساهو و همکاران[1]، ۲۰۰۲).

سالسیلیک‌اسید قادر به تحریک توسعه آغازه‌ها ریشه گیاهان لوبیا می‌باشد (کلینگ و میر[2]، ۱۹۸۳) ، در حالیکه در بخش هوایی ذرت در کشت زنده[3]، مشخص شد که فعالیت نیترات رداکتاز بعد از تیمار با ۰/۱-۰/۰۱ میلی مول سالسیلیک‌اسید، افزایش پیدا می‌کند، با این حال، این احتمال وجود دارد که این افزایش در فعالیت، یک تأثیر غیرمستقیم ناشی از جلوگیری شدن از غیر فعال شدن آنزیم است (جین و سیراستاوا[4]، ۱۹۸۱).

۱-۵-۱- بیوسنتز سالسیلیک‌اسید

سالسیلیک‌اسید (ارتو- هیدرو بنزوئیک‌اسید) یک مشتق طبیعی از سینامیک، یک واسطه در مسیر اسید شیکمیک است، که موثر برای سنتز ترکیب فنولی عمل می‌کند. بیوسنتز سالسیلیک اسید از فنیل آلانین شروع می‌شود و با یکی از دو مسیر سنتز شناخته شده زیر ادامه پیدا می‌کند:

۱- دکربوکسیله شدن زنجیره جانبی سینامیک‌اسید برای تولید بنزوئیک‌اسید که عمل هیدروکسیلاسیون را در موقعیت کربن دوم ادامه می‌دهد. اخیراً این مسیر برای سنتز سالسیلیک‌اسید درگیاهان توتون (یالپانی و همکاران[5]، ۱۹۹۳) و همچنین در گیاهچه‌های برنج (سیلورمن و همکاران[6]، ۱۹۹۵) گزارش شده است. آنزیمی که بتااکسیداسیون[7]را از سینامیک‌اسید به بنزوئیک‌اسید کاتالیز می‌کند در *Quercus pedunculata* شناسایی

[1] - Sahu
[2] - Kling and Meyer
[3] - In vivo
[4] - Jain and Srivastava
[5] - Yalpani
[6] - Silverman
[7]- β-oxidation

شده است (آلبرت و رانجوا[1]، ۱۹۷۲). با این وجود آنزیم دیگری که مسئول تبدیل بنزوئیک-اسید به سالسیلیک‌اسید می‌باشد، تا کنون شناسایی نشده است.

۲- هیدروکسیلاسیون سینامیک‌اسید به او-کوماریک‌اسید[2] با دکربوکسیلاسیون آن به سالسیلیک‌اسید ادامه می‌یابد. تبدیل سینامیک‌اسید به او-کوماریک‌اسید توسط ترانس- سینامیک- ۴- هیدروکسیلاز، کاتالیز می‌شود (آلبرت و رانجوا، ۱۹۷۲)، با این حال آنزیمی که تبدیل او-کوماریک اسید را به سالسیلیک‌اسید فعال می‌کند، هنوز شناخته نشده است.

۱-۵-۲- نقش سالسیلیک‌اسید در القاء مقاومت به تنش خشکی

هنگامی که بذور گندم در استیل سالسیلیک‌اسید[3](که ممکن است به سالسیلیک‌اسید در محلول آبی تجزیه شود) خیسانده شده بودند، گیاهان مقاومت بهتری به تنش خشکی داشتند (هامادا و الحکیمی[4]، ۲۰۰۱). خیساندن در ppm ۱۰۰ استیل سالسیلیک اسید به مدت ۶ ساعت قبل از کاشت، نه تنها تأثیرات ممانعت کنندگی خشکی را کاهش داد، بلکه تأثیر تحریک کنندگی هم بر افزایش وزن خشک، هم درقسمتهای هوایی و هم ریشه ها داشت و سرعت تنفس افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد. تیمار با آسکوربیک اسید[5] یا تیامین[6]، تأثیر حفاظتی مشابهی داشت که به حفاظت از دستگاه فتوسنتزی در مقابل اکسیداسیون و کاهش تنفس تاریکی نسبت داده شده بود (هامادا، ۱۹۹۸). در آزمایش دیگری، صرف نظر از غلظت سالسیلیک‌اسید (۳-۱ میلی مول) و سطح تنش آب، گیاهان تیمار داده شده با سالسیلیک‌اسید، بطور معمول محتوای رطوبتی، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی رابیسکویی، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز[7] (SOD) و کلروفیل کل بالاتری را در مقایسه با گیاهچه-

[1] - Alibert and Ranjeva
[2]- O-coumaric acid
[3] - acetyl salicylic acid
[4] - Hamada and Al-Hakimi
[5] - Ascorbic acid
[6] - Thiamine
[7]- Superoxide dismutase

های تیمار نشده نشان دادند (سینگ و اوشا[1]، ۲۰۰۳). در شرایط تنش آب، تیمار سالسیلیک‌اسید، فعالیت نیترات رداکتاز را محافظت کرد و محتوای پروتئین و نیتروژن برگها را در مقایسه با گیاهچه-هایی که در شرایط آب کافی بودند، حفظ کرد.

نتایج به نقش سالسیلیک‌اسید در تنظیم پاسخ خشکی گیاهان دلالت می کنند و پیشنهاد می‌کنند که سالسیلیک‌اسید می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد. هم سالسیلیک‌اسید و هم استیل سالسیلیک‌اسید، به طور موثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را بر علیه تنش خشکی، در غلظتهای ۰/۱ میلی مول و ۰/۵ میلی مول، محافظت کردند، که نهایتاً باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شدند با این حال، برای غلظتهای بالاتر و پایین‌تر از این دامنه، هیچ نتایج مثبتی گزارش نشد (سناراتنا و همکاران[2]، ۲۰۰۰).

در میان چندین ماده رشد گیاهی دیگر، برای مثال براسینولید[3]، متیل جاسمونیک‌اسید [4]، آبسزیک-اسید، ۱- آمینوسیکلوپروپان- ۱- کربوکسیلیک‌اسید (ACC)[5]، ۲- کلرو- اتیل فسفونیک اسید (اتفون)[6] و جیبرلیک‌اسید[7] و کینتین[8] (و نه ایندول استیک‌اسید یا زئآتین)، همچنین سالسیلیک اسید تحمل به خشکی پروتوپلاسمی سوسپانسیون‌های سلولهای آزاد که از برگهای کاملاً متورم گیاه *Sporobolus stapfianus* تهیه شده، را بهبود بخشید (قاسمپور و همکاران[9]، ۲۰۰۱). با این حال، اگر چه تیمار اولیه یک روزه با ۰/۵ میلی مول سالسیلیک‌اسید، در ذرت، محتوای پلی‌آمین گیاهان را افزایش داد اما تحمل به خشکی بهبود پیدا نکرده بود، درحقیقت گیاهان تیمار شده از این طریق،

[1] - Singh and Usha
[2] - Senaratna
[3] - brassinolide
[4] - methyl jasmonic acid
[5] - 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid
[6] - 2-chloro-ethylphosphonic acid
[7] - gibberellic acid
[8] - kinetin
[9] - Ghasempour

بیشتر به خشکی حساس شده بودند (نمت و همکاران[1]، ۲۰۰۲). که نشان می‌دهد اثر سالسیلیک‌اسید تحت تاثیر روش تیمار و مرحله نموی گیاه قرار می‌گیرد.

سطح سالسیلیک‌اسید در برگهای گیاهان *Phillyrea angustifolia* L. که در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند، همبستگی منفی بالایی با محتوای نسبی آب مربوطه نشان داد و بتدریج تا بیش از پنج برابر در طی خشکی افزایش پیدا کرد (مونه- بوش و پنولاز[2]، ۲۰۰۳). در طی دوره بهبود و بازیافت، سطوح سالسیلیک‌اسید کاهش پیدا کرد، اما کمی بیش‌تر از آنچه که قبل از تنش مشاهده شده بود، باقی ماند. سطوح سالسیلیک‌اسید همبستگی نسبی با مقادیر آلفا- توکوفرول[3] در طی خشکی داشتند. اما این مطلب طی بهبود و بازیافت مشاهده نشد. همچنین این نتیجه، نقش احتمالی سالسیلیک‌اسید درون زاد در القاء یک مکانیسم حفاظتی در طی تنش آب، را نشان می‌دهد.

در آزمایش دیگری تأثیر متوسط یا شدید کمبود آب روی محتوای سالسیلیک‌اسید در برگها و ریشه و تاثیر پیش تیمار کردن با سالسیلیک‌اسید روی پاسخ به تنش آب در گیاهان جو، بررسی شد (باندورسکا و استرونیسکی[4]، ۲۰۰۵). کمبود آب محتوای سالسیلیک‌اسید در ریشه‌ها را افزایش داد، درحالیکه محتوای سالسیلیک‌اسید در برگها تغییر نکرد. تیمار گیاه با سالسیلیک‌اسید قبل از تنش، تأثیر مخرب کمبود آب روی غشاءسلولی در برگها را کاهش داد. تیمار گیاه با سالسیلیک‌اسید محتوای آبسزیک‌اسید در برگهای ژنوتیپهای مطالعه شده (*H.spontoneu* و *H. Maresi*) را افزایش داد. افزایش در سطح پرولین فقط در گونه‌های وحشی *Hordeum spontoneum* مشاهده شده بود. نتایج نشان می‌دهند که آبسزیک اسید و پرولین ممکن است، به توسعه واکنشهای ضد تنشی القاء شده بوسیله سالسیلیک‌اسید کمک کنند (باندورسکا و استرونیسکی، ۲۰۰۵).

[1] -Németh
[2] - Munne-Bosch and Penuelas
[3] - α-tocopherol
[4] - Bandurska and Stroinski

۲-۱- بررسی منابع

انتخاب و جدا کردن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش به دو روش مستقیم (سنجش عملکرد) و غیرمستقیم (بر اساس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیکی که با تحمل تنش همبستگی دارند) انجام می‌شود (سینگ[1]، ۲۰۰۰). همچنین روش‌های ارزیابی گوناگونی برای تخمین تحمل خشکی بر اساس علائمی که بر اثر کمبود آب بوجود می‌آید، ثبت شده‌اند، که از آن جمله به پژمردگی گیاه، لوله‌ای شدن برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌توان اشاره کرد (کان[2]، ۱۹۹۰). این روش‌های ارزیابی که قابل مشاهده هستند، همیشه برای گزینش در برنامه‌های اصلاحی مناسب نمی-باشند، زیرا روش‌های پر زحمتی هستند. بنابراین روش‌های راحت‌تری برای گزینش جهت تحمل خشکی توسعه یافته‌اند (هیریاما و همکاران[3]، ۲۰۰۶). بهترین راه اصلاح عملکرد و پایداری آن تحت شرایط کمبود رطوبت خاک بکارگیری روش‌های فیزیولوژیکی است که از سریع ترین راه های توسعه واریته‌های جدید متحمل به خشکی به شمار می‌روند (صدیق و همکاران[4]، ۲۰۰۰). هنگامی که گیاهان با تنش خشکی مواجه می‌شوند، پاسخ های فیزیولوژیکی در آنها مشاهده می‌شود (فوکای و کاپر[5]،۱۹۹۵). اطلاع از روابط فیزیولوژیکی و عملکردی میان صفات می‌تواند برای اصلاحگران در انتخاب صفات برای گزینش در برنامه‌های اصلاحی مفید باشد (پاندیا و همکاران[6]، ۱۹۹۶). به طورکلی اصلاح برای مقاومت به خشکی از طریق انتخاب و ادغام صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به عنوان راهی جهت انتخاب غیر مستقیم عملکرد در شرایط تنش های محیطی پیشنهاد می‌شود (پربیا و کیوکازانیو[7]، ۱۹۹۹).

[1] - Singh
[2] - Kon
[3] - Hirayama
[4] - Siddique
[5] - Fukai and Cooper
[6] - Pandya
[7] - Perbea and Ciocazanu