بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

اثر امواج التراسونیک و اسیدسالیسیلیک بر روی رشد و عملکرد برنج (*Oriza sativa*)

نگارنده : حمیدرضا اکبری نوده

استاد راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور

دکتر حمیدرضا عباس دخت

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

خرداد ۱۳۹۶

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه :

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم حمید رضا اکبری توده **به شماره دانشجویی:** ۹۲۰۲۹۲۲

تحت عنوان: اثر امواج التراسونیک و اسید سالیسیلیک برروی رشد و عملکرد برنج *(Oriza Sativa)*

در تاریخ ۹۶/۳/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : **دکتر منوچهر قلی پور**		نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا عباس دخت	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر محمدرضا عامریان		نام و نام خانوادگی : دکتر احمد غلامی	
نام و نام خانوادگی : دکتر حسن مکاریان			

تقدیم به :

ارواح ملکوتی پدر و مادر عزیزم

و

خانواده گرامی

و

اهل علم و عمل

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خداوند جهان آفرین را که علمش آسمان و زمین را فراگرفته است و از اینکه بار دیگر فرصت فراگیری دانش را به اینجانب ارزانی داشت تا با عمل به آموخته هایم و نشر آن بتوانم خدمتی ناچیز به همنوعان خویش انجام دهم سجده شکر بجای می آورم.

شایسته است از اساتید ارجمند و استاد راهنمای فرزانه، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور به واسطه بذل توجه و راهنمایی پایان نامه و از اساتید محترم، آقایان دکتر حمیدرضا عباس‌دخت و دکتر مهدی برادران فیروزآبادی برای مشاوره این پایان نامه، تشکر و قدردانی نمایم. و از کلیه دانشجویان هم دوره، بخاطر همدلی و همکاری، قدردانی نموده و بهترین ها را برایشان آرزو می نمایم.

در پایان از خانواده محترمم که مرا در دوران تحصیل یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

و من الله توفیق...

حمیدرضا اکبری نوده

تعهد نامه

اینجانب **حمید رضا اکبری نوده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک دانشکده ی **کشاورزی** بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **اثر امواج التراسونیک و اسیدسالیسیلیک بر روی رشد و عملکرد برنج (*Oriza sativa*)** تحت راهنمائی دکتر **منوچهر قلی پور** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .

- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج ازپایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- *کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .*
- *استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.*

چکیده

تنش گرما از عوامل کاهنده رشد و عملکرد برنج به شمار می رود. هدف از این بررسی، ارایه احتمال وقوع تنش گرما در دوره رشد و نمو برنج و همچنین مطالعه امکان کاهش اثرات تنش گرما بر برنج با استفاده از محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بود. آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزارع هنرستان کشاورزی امام خمینی شهرستان علی آباد کتول انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل امواج آلتراسونیک در چهار سطح شاهد (عدم پرتودهی)، و پرتودهی بذر به مدت ۳، ۶، و ۹ دقیقه با امواج التراسونیک با فرکانس ۴۲ کیلوهرتز ، و محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سه سطح شاهد ، یک میلی مولار به هنگام ۴ برگی و غلظت ۱میلی مولار به هنگام ۴ برگی و گلدهی بود. بررسی ها نشان داد که برنج به طور قابل توجهی با وقوع تنش گرما مواجه می شود. استفاده از سالیسیلیک اسید در مرحله ۴ برگی و پرتودهی بذر به مدت ۳ دقیقه توانست عملکرد شلتوک را افزایش دهد که این امر می تواند بیانگر موثر بودن این تیمارها در تقلیل اثرات تنش گرما بر برنج باشد. به طور کلی، کلیه صفات مورد بررسی از جمله فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان اسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز، و عملکرد شلتوک رقم طارم هاشمی بطور معنی داری تحت تاثیر برهمکنش پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک و محلول پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: آنزیم اسید اسکوربیک پراکسیداز ، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ، پنجه دهی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

فصل دوم ۵

مرور منابع ۵

۲-۱ - اهمیت غلات ۶

۲-۲- برنج (Oriza sativa) ۶
۲-۲-۱- ترکیبات برنج ۶
۲-۲-۲- مشخصات گیاه شناسی ۶
۲-۲-۳- مراحل رشد و نمو ۹
۲-۲-٤- خصوصیات اکولوژیکی ۱۰

۲-۳ - سالیسیلیک اسید ۱۱
۲-۳-۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید ۱۳
۲-۳-۲- نقش سیگنالی سالیسیلیک اسید ۱٤
۲-۳-۳- محلول پاشی ۱۵
۲-۳-٤- اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و تولید ۱۷
۲-۳-۵- اثر کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و روابط آبی ۱۷
۲-۳-٦- اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان در شرایط تنش خشکی ۱۸

۲-٤- امواج صوتی ۲۱

۲-۵- امواج آلتراسونیک (Ultrasound) ۲۱
۲-۵-۱- ایجاد و نمایاندن امواج آلتراسونیک ۲۲
۲-۵-۲- امواج آلتراسونیک و تعیین کیفیت ۲۳

۲-٦- کاربردهای امواج آلتراسونیک ۲٤
۲-٦-۱- کاربردهای صنعتی ۲٤
۲-٦-۲- کاربردهای امنیتی ۲٤
۲-٦-۳- رادار ۲۵
۲-٦-٤- کاربردهای پزشکی و سونوگرافی ۲۵

۲-٦-٥- کاربرد در صنایع غذایی ۲۵
۲-٦-٥-۱- کاربرد امواج آلتراسونیک قوی در صنایع غذایی ۲۵
۲-٦-٥-۱-۱-غیر فعال سازی میکروبی با استفاده از آلتراسونیک ۲۵
۲-٦-٥-۱-۲-آلودگی زدایی آب ۲۷
۲-٦-٥-۱-۳- هضم مواد ۲۷
۲-٦-٥-۱-٤-استخراج مواد ۲۸
۲-٦-٥-۱-٥- رفع انجماد مواد غذایی منجمد ۲۸
۲-٦-٥-۱-٦-خشک کردن مواد غذایی ۲۹
۲-٦-٥-۲- کاربرد امواج آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی ۳۰
۲-٦-٦-کاربرد های کشاورزی ۳۱

۲-۷-ضرورت استفاده از آلتراسونیک در کشاورزی ۳۱

۲-۸-سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج آلتراسونیک ۳۲

۲-۹- اثر مخرب امواج آلتراسونیک بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی ۳۳

فصل سوم ۳۷

مواد و روش ۳۷

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش ۳۸
۳-۲- موقعیت شهر علی آباد کتول از نظر جغرافیایی ۳۸

۳-۳- شرایط آب و هوایی منطقه منطقه علی آباد کتول دارای اقلیم معتدل و نیمه خشک است. میانگین بارندگی درسال ۳۸

۳-٤- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش ۳۸

۳-٥- مشخصات طرح آزمایشی ۳۹

۳-٦- آماده سازی زمین و کاشت ۳۹

۳-۷- آماده سازی بذر برای جوانه زدن ٤۰

۳-۸- عملیات کاشت ٤۱

۳-۹-عملیات داشت ٤۱
۳-۹-۱- کودپاشی در مزرعه ٤۱
۳-۹-۲- آبیاري ٤۱
۳-۹-۳- کنترل علفهای هرز ٤۱
۳-٤-۹- کنترل آفات و بیماری ها ٤۱

۳-۱۰- برداشت محصول ٤۲

۳-۱۱- ارزیابی برخی صفات برنج ٤٢
۳-۱۲- سنجش آنزیم ها..... ٤٢
۳-۱۳- تجزیه و تحلیل داده ها..... ٤٣
فصل چهارم..... ٤٥
نتایج و بحث..... ٤٥
٤-۱- وقوع تنش گرما در دوره رشد و نمو برنج ٤٦
٤-۲- پنجه زنی ٤٨
٤-۳- ارتفاع ساقه..... ٥٠
٤-٤- وزن خشک ساقه اصلی ٥٢
٤-٥- طول میانگره دوم..... ٥٤
٤-٦- طول خوشه ٥٥
٤-۷- وزن هزار دانه ٥٧
٤-۸- عملکرد شلتوک..... ٥٩
٤-۹ – عملکرد بیولوژیکی..... ٦١
٤-۱۱- آنزیم اسکوربات پراکسیداز ٦٤
٤-۱۲ -آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ٦٦
نتیجه‌گیری کلی..... ٦٨
پیشنهادات ٦٩
پیوست..... ۷۱
منابع..... ۷٥

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- تشخیص ترک های داخلی پنیر با استفاده از آلتراسونیک ۳۱

شکل۴-۱- فراوانی وقوع دمای حداکثر در اردیبهشت ماه ۴۶

شکل۴-۳- فراوانی وقوع دمای حداکثر در تیر ماه ۴۷

شکل ۴-۲- فراوانی وقوع دمای حداکثر در خرداد ۴۷

شکل ۴- ۴ - فراوانی وقوع دمای حداکثر در مرداد ماه..... ۴۸

شکل ۴-۵- تاثیر برهمکنش تیمارهای مختلف بر پنجه زنی برنج..... ۵۰

شکل ۴-۶- تاثیر برهمکنش تیمارهای مختلف بر ارتفاع ساقه برنج..... ۵۲

شکل۴ -۷- تاثیر تیمارهای مختلف بر وزن خشک ساقه اصلی برنج..... ۵۳

شکل ۴-۸- تاثیر تیمارهای مختلف بر طول میانگره دوم ۵۵

شکل ۴-۹- تاثیر تیمارهای مختلف بر طول خوشه ۵۷

شکل ۴-۱۰- تاثیر تیمارهای مختلف بر وزن هزار دانه ۵۸

شکل ۴-۱۱- تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد شلتوک ۶۰

شکل ۴-۱۲- تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد بیولوژیکی ۶۲

شکل ۴-۱۳- تاثیر تیمارهای مختلف بر شاخص برداشت ۶۴

شکل ۴-۱۴- تاثیر تیمارهای مختلف برآنزیم اسکوربات پراکسیداز ۶۶

شکل ۴-۱۵- تاثیر تیمارهای مختلف برآنزیم سوپراکسید دیسموتاز ۶۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش..... ۳۹

جدول۴-۱- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر پنجه زنی..... ۴۹

جدول۴-۲- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر ارتفاع ساقه برنج ۵۱

جدول۴-۳- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر وزن خشک ساقه اصلی..... ۵۳

جدول۴-۴- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر طول میانگره دوم ۵۴

جدول۴-۵- تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر طول خوشه..... ۵۶

جدول۴-۶- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر وزن هزار دانه.... ۵۸

جدول۴-۷- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر عملکرد شلتوک ۶۰

جدول۴-۸- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر عملکرد بیولوژیکی ۶۲

جدول۴-۹- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر شاخص برداشت ۶۳

جدول۴-۱۰- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر آنزیم اسید اسکوربیک پراکسیداز..... ۶۵

جدول۴-۱۱- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز..... ۶۷

جدول خلاصه آمار هواشناسی ۱۳۹۴..... ۷۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

علم کشاورزی، عهده دار تولید محصولات زیادتر و با کیفیت بهتراست که بتواند جوابگوی ازدیاد جمعیت باشد تا بدین وسیله فقرغذایی و گرسنگی را از میان بردارد (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۰). نیاز بشر به انرژی به طور متوسط روزانه معادل ۲۸۰۰کالری است. در کشورهای توسعه یافته مصرف روزانه کالری ۳۵۰۰ و در کشورهای جهان سوم این میزان به ۲۲۰۰ کالری برای هر فرد کاهش می یابد(مجنون حسینی، ۱۳۷۲). برنج پس از گندم مهم ترین محصول کشاورزی است و نقش بارز و چشمگیری در تغذیه مردم جهان و نیز ایران دارد (آمارنامه فائو، ۱۳۸۲). به طوری که برنج ۴۰ تا۷۰ درصد کالری مورد نیاز انسان را تامین می کند (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۰). ایران نیز یکی از وارد کنندگان این محصول در جهان محسوب می شو (آمارنامه فائو، ۱۳۸۲).

برای افزایش تولید محصولات و حفظ محیط زیست ، روش های بیوفیزیکی که قادر به افزایش رشدگیاهان با استفاده از سطح بالای انرژی هستند توسط دانشمندان مد نظر قرار گرفته است . این روش ها مقدار انرژی را ، مستقل از منشا آن ها افزایش داده و پتانسیل الکتریکی غشاء سلول را افزایش می دهند. روش های فیزیکی ، سمت و سوی فرآیندهای فیزیولوژیکی که توسط سیستم های ژنتیکی گیاه کنترل می شود را تغییر نمی دهند، به عبارت دیگر آن ها بدون دست کاری ژنتیکی رشد فرآیندهای متابولیکی را تحریک می نمایند(واسیلوسکی، ۲۰۰۳). از این رو ، کاربرد مقادیر بهینه روش های فیزیکی برای بذر و گیاه ، اثر ژنتیکی روی گیاه نداشته و به نسل های بعدی منتقل نخواهد شد (واسیلوسکی ، ۲۰۰۳).

امواج آلتراسونیک نیز به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، ازجمله کشاورزی و صنایع غذایی پیدا کرده است. از مهم ترین مزایای استفاده از امواج آلتراسونیک غیرمخرب بودن، سهولت و سرعت استفاده از آن، مقرون به صرفه و ارزان بودن و نهایتاً ایمنی بالای آن است. از این امواج نه تنها در تیمارهای بذری و کاهش و حذف آفات و بیماری ها

استفاده می‌شود، بلکه در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد .می توان از امواج آلتراسونیک در درجه بندی میوه ها و سبزیجات از نظر رسیدگی استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶).

استفاده از این امواج می تواند به کاهش ۳۰ تا ۴۵ درصدی زمان تا جوانه زنی بذور جو و افزایش درصد جوانه زنی منجر گردد (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸). انجام فرآیندهای متابولیسمی گیاهان مستلزم وجود عناصری است که باید و به صورت اکسیده شده یا احیا شده، معدنی و یا آلی، جذب سلول ها شده و احتیاجات آن ها را از نظر ماده و انرژی تامین کند(ابراهیم زاده،۱۳۸۰). تمامی عناصر برای رشد گیاه مهم می باشد و در صورت کمبود هر عنصری در محیط رشد ، اثر نامطلوبی را برجای می گذارد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵).

اسید سالیسیلیک و مشتقات آن از جمله ترکیبات جدیدی هستند که بعنوان تنظیم کننده رشد گیاهی در برخی گیاهان عمل نموده و بررسی ها نشان داده است که اسید سالیسیلیک باعث تغییر پاسخ گیاهان به سرما ، دمای بالا ، تنش شوری ، تنش اسمزی و علف کش ها می گردد و رشد گیاه را تحت این شرایط بهبود می بخشد (بلغادی وهمکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک به عنوان یک شبه هورمون فنولیک ، تنظیمات درونی گیاه را انجام می دهد و نقش مهمی در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیک شامل : فتوسنتز ، بسته شدن روزنه ها ، تعرق ، سنتز کلروفیل ، ممانعت از بیوسنتز (اتیلن) ، جذب و انتقال عناصر بازی می کند و تاثیرات تخریبی فلزات سنگین بر رشد را تعدیل می کند (درازیک وهمکاران، ۲۰۰۶). با توجه به مطالبی که بیان شد هدف از این تحقیق، بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بر رشد و عملکرد برنج می باشد.

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱ - اهمیت غلات

غلات یکی از مهمترین تولیدات غذائی برای انسان می باشد.گیاهان خانواده غلات از نظر تنوع و تولید در تغذیه انسان بیشترین سهم را دارند. برنج غذای صدها میلیون از مردم دنیا بویژه اهالی چین ، ژاپن ، هندوستان و اندونزی را تشکیل می دهد و منطقه جنوب شرقی آسیا بیشترین سطح کاشت این گیاه زراعی را دارا می باشد. (نورمحمدی و همکاران ، ۱۳۸۰). برنج غذای اصلی حدود ۲/۴ میلیارد نفر ازجمعیت جهان است و حدود ۲۰ درصد از انرژی مورد نیاز روزانه آنها را تامین می کند (لمپ، ۲۰۰۵). تخمین زده می شود که تا سال ۲۰۵۰ تولید برنج باید بالغ بر۵۰ درصد افزایش یابد که این افزایش تولید نیازمند اصلاح ارقام و اعمال مدیریت های صحیح زراعی است (نتانوس و کوتروباس،۲۰۰۲).

۲-۲- برنج (Oriza sativa)

۲-۲-۱- ترکیبات برنج

مواد موجود در دانه برنج عبارتند از ۷۵ تا ۸۰ درصد کربوهیدرات (عمدتا نشاسته)، ۷/۵ درصد مواد پروتئینی (انواع اسیدآمینه)، ۲/۲ درصد چربی، ۰/۸ درصد سلولز، ۱۲ تا ۱۳ درصد آب و بقیه را املاح و ویتامین (املاح عبارتند از: فسفر، کلسیم و آهن و غیره و ویتامین ها عبارتند از B1 و B2 تشکیل می دهند (سلیمانی و امیری لاریجانی،۱۳۸۴). نشاسته برنج، ترکیبی از آمیلوز و آمیلوز پکتین است. این دو نشاسته اثر زیادی بر کیفیت پخت و کیفیت خوراکی برنج دارند ولی در ارزش غذایی آن نقشی ندارند (اخگری، ۱۳۸۳).

۲-۲-۲- مشخصات گیاه شناسی

برنج زراعی دارای سه زیرگونه به نام های هندی (ایندیکا)، ژاپنی (جاپونیکا) و جاوه ای (جاوانیکا) است که هر یک دارای ویژگی های اکولوژیکی و مرفولوژیکی خاصی هستند (نورمحمدی،

۱۳۸۰). برنج دارای ریشه سطحی و افشان بوده و حداکثر در عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک نفوذ می‌نماید (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۰). تعداد و وزن ریشه با زیاد شدن تعداد پنجه افزایش می یابد و در زمان خوشه رفتن و باز شدن گلها به حداکثر می رسد. سازگاری ریشه برنج بیشتر در زمین هایی است که اکسیژن آن کم است، زیرا ریشه احتیاج به اکسیژن هوا ندارد و از اکسیژن محلول استفاده می نماید (خدابنده، ۱۳۸۴). ریشه های برنج دارای مقدار بسیار زیادی آوندهای پر از هوا است، که در تمام طول ساقه در ارتباط با آوندهای هوا در ساقه و برگ می باشد. این آوندها اکسیژن مورد نیاز ریشه ها را در خاک غرقاب تامین می کنند (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۰). به استثنای ریشه های جنینی که در زمان جوانه زدن دانه بیرون می آیند همه ریشه ها در گرههای ساقه ایجاد می شوند و با پیدایش و رشد برگها یک رابطه قطعی دارند (فوجی، ۱۸۶۱).

برگ برنج از پهنک و غلاف تشکیل شده است و معمولاً در برنج معمولی کرکدار است. از سلولهای بزرگی تشکیل یافته است که سازگاری خوبی به شدت تعرق بالا دارند (نور محمدی، ۱۳۸۰). رشد برگ کمی قبل از خوشه رفتن به بیشترین مقدار خود می رسد و بعد از آن به علت پژمرده شدن برگهای پایین تر رو به کاهش می گذارد (تاناکا و همکاران،۱۹۶۴). مهم ترین عامل در تولید ماده خشک در برنج LAI است (موراتا،۱۹۶۱).

ساقه برنج توخالی، افراشته، استوانه ای شکل و نرم می باشد و تعداد میانگره های آن از ۱۰ تا ۲۰ عدد متغیر است. ارتفاع بوته نیز از ۶۰ تا ۲۰۰ سانتی متر متغیر می باشد. ساقه های برنج نیز دارای سیستم آوندهای هوا می باشد که به آوندهای هوایی ریشه متصل هستند(نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

پنجه‌ها به جوانه‌هایی گفته می‌شودکه در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی تبدیل به ساقه می‌شوند (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹). برنج علاوه بر ساقه اصلی ، ۴ تا ۵ ساقه فرعی نیز

دارد. پنجه زدن برنج در مرحله چهار برگی تا پنج برگی گیاه شروع می شود. ظهور پنجه ارتباط نزدیکی با ظهور برگها دارد (ایوانز، ۱۹۷۸). پنجه ها، در ابتدا برای تامین مواد غذایی به ساقه اصلی متکی هستند، ولی وقتی صاحب ۳ برگ و ۴ تا ۵ ریشه شدند خودکفا می شوند(ایشیزوکا و تاناکا، ۱۹۶۳). تعداد پنجه ها تقریباً یک ماه پس از انتقال به زمین اصلی به حداکثر می رسد (ماتسوشیما، ۱۹۵۷). استعداد پنجه زدن یکی از مهمترین صفات یک واریته برنج است. پنجه ها وقتی بیشترین تعداد را دارند که دمای آب در شب ۱۵ تا ۱۶ درجه سانتی گراد و در روز ۳۱ درجه سانتی گراد باشد، ولی دمای مطلوب برای رشد پنجه، ۳۱ درجه سانتی گراد در تمام شب و روز است (تسونودا، ۱۹۶۴؛ ماتسوشیما و همکاران، ۱۹۶۵). ظرفیت پنجه زنی یکی از مهم ترین اجزای عملکرد برای افزایش عملکرد در دانه به شمار می آید (اومار، ۲۰۰۲).

گل آذین در برنج بصورت خوشه‌ای بوده و دارای انشعابات فرعی می‌باشد و حاوی سنبلچه‌های تک گلچه‌ای است. برنج دارای ۶ پرچم است. در اطراف هر گل دو برگ بنام پوشینه *(Glumelle)* وجود دارد که یکی لما (*Lemma*) و دیگری پالئا (*Palea*) نامیده می‌شود. عموماً لما دارای ریشک و پالئا فاقد ریشک می‌باشد.

برنج گیاهی است خود گشن و بین صفر تا ۳ درصد دگرگشنی دارد. گرده افشانی تقریباً هم‌زمان با باز شدن گلها در شرایط طبیعی روی می‌دهد. زمان باز شدن گلها ۸ صبح الی ۲ بعدازظهر بوده و گلهای گل آذین در بین یک دورهٔ ۷ تا ۱۰ روزه باز می‌شوند و اکثر آنها ۲ تا ۴ روز پس از خروج گل آذین از غلاف برگ این کار را انجام می‌دهند. میوه برنج دارای غلافی سفید رنگ ، قهوه‌ای ، کهربایی ، قرمز یا بنفش است که این میوه را به همراه غلاف آن ، شلتوک می‌نامند. برای قابل استفاده شدن برنج برای انسان ، باید شلتوک را پوست کنند، یعنی غلاف را از دانه جدا نمایند. میوه‌ی برنج از نوع خشک، ناشکوفا و گندمه است (قهرمان، ۱۳۷۵.، نصیری و نیک نژاد، ۱۳۹۰).

۲-۲-۳- مراحل رشد و نمو

مراحل فنولوژیکی منعکس کننده تغییرات کیفی و کمی در گیاه است که شامل جوانه زدن، تولید گیاهچه ، پنجه زدن، تکامل و ظهور اندامهای زایشی، گلدهی و رسیدن می باشد. از نظر زراعی با توجه به دوره‌ی رشد تا رسیدن برنج، سه مرحله‌ی رشد برای آن مناسب می‌باشد: رویشی، زایشی، رسیدگی. رشد رویشی به دوره‌ی جوانه‌زنی تا ظهور خوشه‌ی آغازین گفته می‌شود و مرحله‌ی رشد زایشی از ظهور خوشه‌ی آغازین تا خوشه دهی است و دوره‌ی رسیدگی از خوشه دهی تا بلوغ می‌باشد (یوشیدا، ۱۹۸۱).

مراحل مختلف رشد برنج عبارتند از: ۱- مرحله اول شامل آماس کردن بذر، رشدجنین، تشکیل جوانه اولیه و ریشه جنینی می باشد. در این وضع، کلئوپتیل، دومین برگ بدون پهنک و اولین برگ حقیقی به وجود می آیند. طول دوره مرحله اول به درجه حرارت و شرایط رطوبتی بستگی دارد. ۲- مرحله دوم : این مرحله وقتی شروع می شود که جوانه های انتهائی و بافت مریستمی راس برگ گیرد. در طول این دوره برگهای میانی و ریشه های نابجا تشکیل می گردد. با پدیدارشدن اولین برگ شروع شده و حدود ۲۰ روز طول می کشد. ۳- مرحله سوم: مرحله پنجه زنی است. مدت پنجه زنی ۴۵ روز و یا بیشتر طول می کشد. ۴- مرحله چهارم : مرحله زایشی است همزمان با تشکیل برگهای هشتمین و نهمین، میان گره بالایی ساقه رشد ی کند. ۵- مرحله پنجم : رشد بافتهای زایشی است و پرچم ها مادگی، سنبلچه ها، پوشینه و پوشینک و لودیکول توسعه می یابند. ۶- مرحله ششم : مرحله تمایز بافتهای اندامهای گل از قبیل پرچمها و مادگی است. ۷-مرحله هفتم : مرحله رشد سریع اندامهای گل است. کاهش درجه حرارت آب باعث افزایش در گلهای نازا می شود.. ۸- مرحله هشتم : مرحله ظهور گل آذین، گل کردن و باروری است و حدود ۵ تا۹ روز طول می کشد. گلدهی در شرایط اپتیمم حرارت هوا (۳۸ درجه سانتی گراد) ، رطوبت نسبی هوا (۸۰ – ۷۵ ٪) و هوای آفتابی بخوبی صورت می گیرد. ۹-مرحله نهم : مرحله تشکیل جنین و آندوسپرم است. جنین پس از ۱۵ – ۱۰ روز

از زمان باروری توسعه و رشد می کند. ۱۰ – مرحله دهم : شامل پر شدن آندوسپرم دانه از دانه های نشاسته و تشکیل لایه آلئورون است. ۱۱ – مرحله یازدهم : مرحله رسیدن کاریوپس با گذراندن مراحل مختلف شیری، خمیری و رسیدن کامل است. دوره رسیدن دانه ۳۵ – ۳۰ روز است. (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۲-۴- خصوصیات اکولوژیکی

برنج محصول عمده مناطق گرمسیری و مرطوب می باشد. برنج برای جوانه زدن حداقل به c ° ۱۲ -۱۰ ، برای پنجه زنی به c ° ۱۶، برای سنبله رفتن و باروری به °c ۲۲ – ۲۰ و برای رسیدن دانه به حداقل °c ۱۵ نیاز مند است. بهترین دما برای رشد طبیعی برنج بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی گراد است. درجه حرارت‌های بالاتر (بالای ۳۲ درجه سانتی‌گراد) تقریبا تمامی مراحل رشد برنج را از ابتدای رشد زایشی تا رسیدگی دانه، تحت تاثیر قرار می دهد (وتناب و کوم، ۲۰۰۹). تائو (۲۰۰۸) در مطالعات خود اظهار داشت که درجه حرارت بالا در مراحل گل دهی و پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه می شود که در نتیجه آن افزایش گلچه های نابارور شده و طول مدت پر شدن دانه کوتاه می شود. ماتسوی و همکارانش در سال ۲۰۰۱ احتمال ۵۰ درصدی ناباروری گلچه‌ها را در دمای بالاتر از ۳۲ درجه سانتی گراد حتی برای واریته‌های مقاوم بدست آوردند.

برنج اصولا″ گیاه روزکوتاه است. بنابر این نسبت به طول روز در مناطق مختلف واکنش های متفاوتی نشان می دهد. مرحله بحرانی برنج نسبت به کمبود نور ، سه هفته قبل و سه هفته بعد از ظهور خوشه است.

رطوبت: مساعدترین رطوبت هوا برای گلدهی برنج حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد می باشد.

عملکرد بالای شلتوک معمولا″ در خاکهایی تولید می شوند که دارای مقدار زیادی رس (۶۰ - ۴۰ ٪)، مقدار متوسطی مواد آلی با درجه هوموسی شدن زیاد و زهکشی کافی می باشند. PH خاک

بدون آن که تاثیری برعملکرد داشته باشد می تواند از ۴ تا ۷ متغیر باشد. برنج گیاهی نسبتا" مقاوم به شوری است.

۲-۳ - سالیسیلیک اسید

نام سالیسیلیک اسید از کلمه سالیکس *(Salix)*، نام علمی درخت بید گرفته شده است (راسکین، ۱۹۹۲). در سال۱۸۲۱یوهان بوخنر که در آلمان کار می کرد، اولین کسی بود که مقادیر مشخصی از سالیسیلین را جدا ساخت. سالیسیلیک اسید یا ارتو هیدرکسی بنزوئیک اسید ترکیبی فنلی است که دارای یک حلقه‌آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته‌اش می باشد(راسکین، ۱۹۹۲)، که به صورت درونی توسط سلول های ریشه یا میکروارگانیسم های مختلف تولید می شود و به اشکال مختلف در سطح برگ، اطراف سلول های ریشه و بطور کلی در سراسر گیاه بطور گسترده ای وجود دارد(بزروکوا و همکاران، ۲۰۰۱). سالیسیلیک اسید یک ترکیب شبه هورمونی است که معمولا با اثر بر هورمون های اتیلن و آبسیزیک اسید بر رشد و نمو گیاهان اثر می گذارد و در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و تکامل گیاه، جذب‌یون، فتوسنتز و جوانه زنی نقش عمده ای را ایفا می کند. همچنین این ماده یک نشانگر مولکولی قوی در پاسخ به تنش های زنده و غیر زنده محیطی به شمار می رود(نونومورا و بنسون، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید به صورت پودرکریستاله سفیدرنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی‌گراد، PH آن ۲/۴ و سوزش آور می باشد. فرمول مولکولی این ماده $C_7H_6O_3$ می باشد. جرم مولکولی آن۱۲/ ۱۳۸گرم بر مول و چگالی آن ۱/۳۸۳گرم بر سانتی متر مکعب است. یکی از مشتقات اسیدسالیسیلیک، استیل اسیدسالیسیلیک یا آسپیرین می باشد که پس از جذب سریعاً به اسید سالیسیلیک تبدیل می شود(استیچر و همکاران، ۱۹۹۷).

سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه($-OH$) هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات می باشد بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACCاکسیداز(۱- آمینو سیکلوپروپان ۱- کربوکسیلات اکسیداز) موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود(راسکین، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید معمولا با اثر بر روی هورمون های اتیلن (الطیب، ۲۰۰۵) و آبسیزیک اسید (سنارانتا، ۲۰۰۲) بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می کند. دولت آبادیان و همکاران(۲۰۰۷) بیان کردند القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تاثیر در باز و بسته شدن روزنه ها و تنفس از نقش های مهم سالیسیلیک اسید بشمار می رود. وقتی اسید سالیسیلیک در غلظت های مناسب اعمال می شود، این هورمون باعث بالا رفتن توان سیستم آنتی اکسیدانت بافت های گیاهی از طریق فعال کردن آنزیم های آنتی اکسیدانت سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز می شود(کائو و همکاران، ۲۰۱۰؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۲).

سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون های گیاهی شامل اکسین، سیتوکینین، اسید آبسزیک، پرولین و کاهش نشت یونی از سلول های گیاهی می گردد. سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم و همچنین سبب ایجاد تحمل به تنش شوری در دو لپه‌ای ها از جمله لوبیا نیز می گردد.

اسید سالیسیلیک، یک مولکول سیگنالی اساسی در مقاومت به بیماری ها در گیاهان در پاسخ به حملات پاتوژنی گوناگون است(انیدی و همکاران، ۱۹۹۲؛ آلورز، ۲۰۰۰) و در مقاومت به محدوده وسیعی از تنش های اکسیداتیو در گیاهان نقش دارد. بطورکلی مولکول های پیام رسان مانند سالیسیلیک اسید تنظیم کننده های درونی رشد گیاه هستند که نقش مهمی در رشد و نمو گیاه و پاسخ به تنش های محیطی ایفا می کند(کوزلوسکی، ۱۹۹۹؛ کریلمان، ۱۹۹۵).

مکانیسم عمل سالیسیلیک اسید در برابر تنش ها به نقش آن در تنظیم آنزیم های آنتی اکسیدانی و ترکیبات دارای گونه های اکسیژن فعال در گیاه بر می گردد(شی و زو، ۲۰۰۸).

سالیسیلیک اسید باعث طویل شدن سلول ها و تنظیم تقسیم و مرگ سلولی شده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می کند(پوپوا، ۱۹۹۷). بالک و هاپر در سال ۱۹۸۱در تحقیقی بر روی بافت های ریشه جو دو سر گزارش کردند که میزان مهارکنندگی سالیسیلیک اسید به غلظت SA و PH وابسته است. زیرا جذب سالیسیلیک اسید تحت تاثیر PH است بطوریکه با کاهش PH خاصیت مهارکنندگی سالیسیلیک اسید افزایش می یابد(الطیب،۰۵ ۲۰؛ راسکین،۱۹۹۲). به عقیده مظاهری تیرانی و همکاران(۱۳۸۷) اسید سالیسیلیک در غلظت های یک میلی مول و پایین تر به عنوان ترکیب ضد تنشی موجب کاهش اثرات اکسیداتیو ناشی از تولید اتیلن می شود ولی غلظت ۱/۵ میلی مول اسید سالیسیلیک اثرات تنشی ناشی از اتیلن را تشدید می کند. البته گزارش شده است که این ماده در غلظت های بیشتر از یک میلی مول در رفع آسیب های ناشی از تنش اکسیداتیو طی جوانه زنی دخالت دارد(لوپز و همکاران، ۱۹۹۹).

فریدودین و همکاران(۲۰۰۳)گزارش کردند که تجمع ماده خشک در کلزا هنگامی که غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید پاشیده شد، به طور قابل توجهی افزایش یافته است. با این حال غلظت های بالاتر سالیسیلیک اسید اثر مهارکنندگی داشت. عملکرد میوه در خیار و گوجه فرنگی که با غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید محلول پاشی شدند به طور قابل توجهی افزایش یافته است (لارکوساودرا و مارتین میکس، ۲۰۰۷). گزارش‌هایی از اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد در برخی از گیاهان مانند سویا، لوبیا چشم بلبلی و نخود فرنگی ارائه شده است (مجد و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه ای دیگر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سویا گلدهی و تشکیل غلاف را افزایش داده است(کومار و همکاران، ۱۹۹۹).

۲-۳-۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است(ابراهیم و تاورس، ۱۹۵۹). آنزیمی که فرآیند متابولیسم اسید سالیسیلیک به ترکیب بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک را کاتالیز می کند، اسید سالیسیلیک- گلوکوزیل ترانسفراز (*Gtase*) نام دارد(یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴).

اسید سالیسیلیک می تواند به ۲ و ۳- د هیدرو بنزوئیک اسید یا ۲ و ۵- د هیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود(حیات و همکاران، ۲۰۱۰). ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (حیات و همکاران،۲۰۱۰). حدود سال ۱۹۶۰پیشنهاد شد که اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسید سینامیک و توسط دو مسیر مهم سنتز می شود. یکی مسیر دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از اسید بنزوئیک است که برای مثال در برنج وجود دارد(حیات و همکاران، ۲۰۱۰). مسیر دیگر، ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به اُ- کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک است که توسط آنزیم ترانس- سینامات- ۴- هیدروکسیلات کاتالیز می شود و ابتدا در گیاهچه های نخود فرنگی مشاهده شده است(حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۳-۲- نقش سیگنالی سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید، یک هورمون گیاهی است که به طور طبیعی به عنوان یک مولکول سیگنال مهم، تحمل به تنش های غیر زیستی را افزایش می دهد و نقش بسیار حیاتی در رشد گیاه، جذب و انتقال یون ایفا می کند (خان و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول سیگنال قوی در گیاهان در پاسخ به استرس های مختلف نقش دارد (پوپوا و همکاران، ۲۰۰۹). سنتز اسید سالیسیلیک می تواند آزادانه در داخل و یا خارج سلول و بافت ها و اندامک ها صورت گیرد(حیات و همکاران، ۲۰۳۰) و در نهایت توسط رادیکال های آزاد اکسیژن و کلسیم تنظیم شود(چن و همکاران، ۲۰۰۱). در سال های اخیر، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که اسید سالیسیلیک می تواند رشد، عملکرد و کیفیت گیاه را افزایش دهد(خوداری، ۲۰۰۴).

۲-۳-۳- محلول پاشی

محلول‌پاشی روی گیاهان که اصطلاحاً تغذیه برگی نیز نامیده می‌شود در برخی موارد از مصرف عناصر در خاک بهتر و مفیدتر است. مانند شرایط آهکی یا قلیایی خاک‌های زراعی که کود مصرفی در خاک تثبیت و غیر قابل استفاده برای گیاه می‌گردد. بنابراین در مزرعه که فاکتورهای تأثیرگذار روی جذب مواد غذایی بی‌ثبات و متغیر هستند، کوددهی برگی یک امتیاز محسوب می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). این روش بهره‌وری از عناصر غذایی را سریع‌تر و رفع کمبودهای مشاهده شده را در مدتی کمتر از آن‌چه با تیمارهای خاکی لازم است، امکان‌پذیر می‌کند. برای کارایی بیشتر، دو یا سه برگ‌پاشی در فواصل کوتاه زمانی لازم است. به ویژه وقتی‌که کمبود باعث توقف شدید رشد گیاه شده باشد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). مهم‌ترین مشکل در محلول‌پاشی، سوختگی برگ است. اگر فشار اسمزی محلول برگ‌پاشی شده بیش از فشار اسمزی شیره سلولی باشد، آب از نسوخ گیاهی خارج و سوختگی حاصل می‌گردد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

محلول‌پاشی بهتر است در صبح یا عصر که شدت نور خورشید کمتر است، صورت پذیرد. دمای محیط باید کم‌تر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد باشد. درحالی‌که رطوبت نسبی بالاتر از ۷۰ درصد مطلوب است. هنگام محلول‌پاشی نباید سرعت باد زیاد باشد و به منظور تأثیر بیشتر، توصیه می‌شود پس از محلول‌پاشی، مزرعه و باغ آبیاری شوند. افزودن مواد روکنشگر[۱] جذب عناصر را افزایش می‌دهد. اسیدیته محلول نیز باید کنترل شود و معمولاً مقدار مطلوب آن بین ۶ تا ۸ بیان می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹و خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶).

مطالعات زیادی نشان داده است که در مورد عناصری مثل بر، مس، منیزیم، منگنز و روی محلول‌پاشی به دلیل رفع سریع کمبود، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت آن‌ها، روش مناسب‌تری نسبت به کاربرد در خاک است (کمبراتو، ۲۰۰۴).

---

۱. Surfactant

تیکسیرا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در لوبیا مصرف روی و منگنز به صورت محلوپاشی به ترتیب منجر به افزایش۱۸و ۳۲ درصدی وزن خشک در مقایسه با شاهد گردید. لین (۱۹۹۶) نیز نشان داد که عملکرد دانه سویا به شدت در اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی عنصر منگنز افزایش می‌یابد و محلول‌پاشی را مؤثرتر از مصرف خاکی دانست. در تحقیقی روی لوبیا، محلول‌پاشی عناصر نسبت به مصرف کود در خاک بیشترین میزان آهن، روی و منگنز در برگ‌ها را موجب گردید. همچنین محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش میزان این عناصر در بذر نسبت به سایر روش‌های مصرف شد (کاظمی پشت مساری و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش دیگری (فرجزاده و همکاران، ۱۳۸۹) روی گیاه ذرت، محلول‌پاشی روی بیشترین تأثیر را در افزایش میزان روی در برگ‌ها داشت. محلول‌پاشی روی به همراه نیتروژن و آهن در مراحل پایانی رشد و نمو غلات سبب افزایش پروتئین و غلظت روی و آهن دانه می‌شود و تأثیر خوبی در بهبود کیفیت دانه غلات دارد (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶).

در مورد آهن نیز محلول‌پاشی روشی اقتصادی برای درمان کلروز ناشی از کمبود در چغندرقند است و منجر به افزایش عملکرد این گیاه می‌گردد (فرناندز و همکاران،۱۹۸۴). عبدالهادی (۱۹۸۶) نیز با محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز در چندین محصول از جمله چغندرقند، افزایش عملکرد بین ۱ تا ۵۱ درصد را گزارش نمود. همچنین مورت‌وت (۱۹۸۶) در آزمایشی بیان کرد محلول‌پاشی آهن در چغندرقند روش مؤثری برای جبران کمبود آهن بوده و نسبت به مصرف خاکی تأثیر بیشتری دارد. محلول‌پاشی بور نیز نسبت به سایر روش‌های کاربرد، میزان توسعه بیشتری را در شاخص سطح برگ چغندرقند در پی داشت (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۳-۴- اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و تولید

سالیسیلیک اسید(SA) و سایر سالیسیلاتها در بررسی فعالیت های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناخته شده‌اند و نقش کلیدی در تنظیم رشد و تولید ایفا می کنند (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده درونی رشد است که سطح برگ و تولید ماده خشک در ذرت و سویا را افزایش می دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش قابل توجهی در رشد، محتوای رنگدانه و میزان فتوسنتز در ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده شده است. اراسلان و همکاران(۲۰۰۷)گزارش کردند که با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک رشد، فرایند فیزیولوژیک و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه هویج تحت تنش شوری افزایش یافت. برخی از تحقیقات نشان داد که سالیسیلیک اسید، نفوذپذیری غشاء را افزایش داده و می تواند جذب و استفاده از مواد مغذی معدنی و حمل و نقل محصولات فتوسنتزی را تسهیل کند. همچنین به افزایش ظرفیت تولید بیوماس گیاهان تیمار شده کمک خواهد کرد که سبب افزایش قابل مشاهده در وزن تر و خشک می شود (انصاری، ۱۹۹۶). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (حیات و همکاران،۲۰۱۰).

۲-۳-۵- اثر کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و روابط آبی

در شرایط تنش غیر زنده، اسید سالیسیلیک می تواند نقش مهمی در روابط آبی گیاه، فتوسنتز، رشد و تنظیم روزنه ها بازی کند (خان و همکاران، ۲۰۰۳ ؛ ارفان و همکاران، ۲۰۰۷). خوداری (۲۰۰۴) افزایش قابل توجهی در رشد ، محتوای رنگدانه و میزان فتوسنتز در ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده کرد. اسید سالیسیلیک سنتز کاروتنوئیدها و زانتوفیل ها را فعال و سرعت فتوسنتز را در گندم افزایش داد و این افزایش همراه با کاهش رنگدانه های کلروفیل و نسبت کلروفیل a/b در گندم بود (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی‌اکسیدکربن درونی، کارآیی مصرف آب، هدایت روزنه ای و

نسبت تعرق در کلزا شد(فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیقی دیگر، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارآیی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت دی اکسید کربن درونی در سویا شد(کومار و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۳-۶- اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان در شرایط تنش خشکی

به هنگام قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش آبی، در بسیاری از فرایند های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله فشار تورگر، رشد، مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه ای اختلال ایجاد می گردد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعات نشان می دهد اسیدسالیسیلیک می تواند در ایجاد مقاومت در برابر تنش آبی (تنش خشکی و تنش غرقابی) در گیاهان نقش مهمی داشته باشد. حیات و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه رشد گیاه گوجه فرنگی تحت تنش کم آبی در پاسخ به کاربرد خارجی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار گیاهان تحت تنش با غلظت های پایین اسید سالیسیلیک موجب بهبود اثرات نامطلوب ناشی از تنش آبی نظیر کاهش پتانسیل آبی، کاهش پارامترهای فتوسنتزی، کاهش انسجام غشا و کاهش فعالیت آنزیم هایی نظیر نیترات رداکتاز و کربونیک آنهیدراز گردید. مقاومت بیشتر در مقابل تنش خشکی از طریق پیش تیمار بذور گوجه فرنگی با محلول های حاوی اسید استیل سالیسیلیک حاصل گردید (همدا و الحکیمی، ۲۰۰۱).

یکی از عمومی‌ترین پاسخ ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلفی از ترکیبات آلی سازگار است (سراج و سینکلر، ۲۰۰۲). این ترکیبات وزن مولکولی پایین داشته و غیرسمی هستند و موجب افزایش غلظت شیره‌سلولی می‌شوندکه نهایتا گیاهان را از تنش‌های غیرزیستی مختلف محافظت می‌کنند. مکانیسم عمل آنها درنهایت منجر به تنظیم‌اسمزی، سمیت‌زدایی و حفظ انسجام غشاء می‌شوند. این مواد در واکنش‌های بیوشیمیایی نرمال دخالت ندارند و در عوض جایگزین آب در واکنش‌های بیوشیمیایی می‌گردند(پاریدا و بندهوداس، ۲۰۰۴). از طرف دیگر از آنجایی که برخی از این مواد می توانند ترکیبات سلولی را از آسیب دهیدراسیون محافظت کنند، به آنها حفاظت کننده

های اسمزی[۲] نیز می گویند. این ترکیبات انواع مختلفی داشته و شامل پرولین، سالیسیلیک اسید، ساکارز، پلی یول ها، تری هالوزها و ترکیبات آمونیوم چهار تایی(QACs)[۳] مانند بتائین‌گلایسین، آلانین بتائین، پرولین، بتائین و غیره می باشند(هانسون، ۱۹۹۳).

گیاهان برای مقابله با تنش اکسیدان ناشی از رادیکال های فعال اکسیژن، دارای سازوکارهای آنتی اکسیدان غیر آنزیمی شامل گلوتاتیون، آسکوربیک و آنتی اکسیدان های آنزیمی شامل آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون رداکتاز می باشد (هسو و کاو، ۲۰۰۳).

در شرایط کمبود آب، سطح آبسیزیک اسید در ریشه ها افزایش یافته و از ریشه‌ها به برگ ها منتقل می‌شود. یعنی جایی که بسته شدن روزنه را القا می کند. در نتیجه با بسته شدن روزنه‌ها تعرق کم می شود. در گیاهان نخستین علائم کمبود آب با بسته شدن روزنه ها ظهور می کند. بنابراین آبسیزیک اسید تولیدی به عنوان یک علامت تنش خشکی، هدایت روزنه ای را تنظیم می کند (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۲).

تنش‌های زیستی و غیر زیستی منجر به شکل‌گیری گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) می‌شود. تولید گونه های اکسیژن فعال سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، تخریب پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها می شود (جیانگ و زهانگ، ۲۰۰۱). گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه های اکسیژن فعال مکانیسم های متفاوتی دارند. از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی اکسیدانی اشاره کرد. این سیستم شامل سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی است. آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز در پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند(آگاروال و پندی،۲۰۰٤). در پاسخ به افزایش تولید گونه های فعال اکسیژن، ظرفیت دفاع آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان افزایش می یابد. (گرسل و گالن، ۱۹۹۴).

---

[۳]- QuadraticAmonium Compounds

تعادل بین اجزای مکانیسم های دفاعی (آنزیم های آنتی اکسیدان و آنتی اکسیدان ها) الزامی بوده و کاهش در فعالیت یکی از این اجزاء باعث کاهش کارآیی مکانیسم دفاعی می گردد(اسفندیاری و همکاران، ۲۰۰۷).

در شرایط مطلوب محیطی، میزان تولید انواع اکسیژن با فعالیت مکانیسم های دفاعی سلول در تعادل می باشد. به این ترتیب سلول می تواند عوامل آسیب رسان را جمع آوری و یا از آسیب به آن ها پیشگیری نماید(جیانگ و زهانگ، ۲۰۰۹). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ، از آنزیم های کلیدی در سیستم دفاعی آنتی اکسیدان در گیاهان بوده و نخستین آنزیم در رفع مسمومیت می باشد (بلوخینا و فاگرساتد،۲۰۱۰). با فعالیت این آنزیم رادیکال سوپراکسید به پراکسیدهیدروژن تبدیل می شود (لومونت و همکاران،۲۰۱۰). این واکنش در طبیعت به صورت خودبخودی نیز انجام می شود ولی وجود این آنزیم سرعت واکنش را ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ مرتبه به حالت معمول افزایش می دهد (نواک و همکاران،۲۰۰۴). سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان به صورت آیزوزیم های مختلف وجود دارند(پان و همکاران،۲۰۰۶).

آسکوربات پراکسیداز ، نقش حیاتی در مکانسیم های گیاهی در مقابل تنش اکسیداتیو دارد. این آنزیم، پراکسیدهیدروژن را در کلروپلاست، سیتوسول، میتوکندری و پراکسی زوم سلول های گیاهی از بین می برد(آسادا، ۲۰۰۶). پراکسید هیدروژن تولید شده توسط آنزیم کاتالاز و یا آسکوربات پراکسیداز تبدیل به آب و اکسیژن می شود(کومبا و همکاران، ۲۰۱۰)

آنزیم پراکسیداز نقش مهمی را در جاروب کردن پراکسید هیدروژن دارد که این عمل با کمک اسید آسکوربیک به عنوان یک دهنده الکترون برای احیای پراکسید هیدروژن به آب صورت می گیرد. درطی این واکنش اسید آسکوربیک به مونودهیدروآسکوربات تبدیل می شود. گایاکول پراکسیدازها (POX) گلیکوپروتئین‌هایی هستند که فنل‌ها را مانند یک دهنده هیدروژن مصرف کرده

و در فرایندهای نمو، لیگنین سازی، بیوسنتز اتیلن، دفاع و التیام زخم‌ها شرکت می‌کنند(ورما و دوبی،۲۰۰۳ ؛ میچالاک،۲۰۰۶).

تغییرات در میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در شرایط تنشهای محیطی مختلف گزارش شده است (هرناندز و همکاران،۲۰۰۰). همچنین تخریب پروتئین ها و انباشت برخی آمینواسیدهای آزاد در جهت حفظ وتنظیم فشار اسمزی سلول و کاهش سنتز پروتئین در شرایط تنش مشاهده شده است (موران و همکاران، ۱۹۹۴). برخی از پژوهشگران رکود سنتز پروتئین را به کاهش تعداد پلی زوم های سلولی نسبت داده اند(کریلمان و همکاران، ۱۹۹۰).

۲-۴- امواج صوتی

امواج صوتی، امواج مکانیکی طولی‌اند. این امواج می‌توانند در جامدات، مایعات و گازها منتشر شوند. امواج مکانیکی طولی در گستره وسیعی از بسامدها به وجود می‌آیند و در این میان بسامدهای امواج صوتی در محدوده‌ای قرار گرفته‌اند که می‌توانند گوش و مغز انسان را برای شنیدن تحریک کنند. این محدوده تقریباً از ۲۰دور بر ثانیه(۲۰ هرتز) تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز است و گستره شنیده شدنی نامیده می‌شود. امواج مکانیکی طویلی را که بسامدشان زیر گستره شنیده شدنی باشد امواج فروصوتی، و آنهایی را که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج آلتراسونیک می‌نامند(گلستانیان، ۱۳۷۶).

۲-۵- امواج آلتراسونیک (Ultrasound)

امواج آلتراسونیک درتعریف به امواج فشرده با فرکانس۲۰ کیلوهرتز یا بیشتر گفته می‌شود. به طور معمول، فرکانس مورد استفاده بین ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز می باشد. فرکانس صوت در واقع تعداد نوسانات مولکول ها یا تعداد تکرار سیکل نوسانات در هر ثانیه می باشد. آلتراسونیک موجی است که فرکانسی بیش از فرکانس شنیداری (۲کیلوهرتز) دارد و برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد

(جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸). هرچه فرکانس آلتراسونیک بیشتر باشد مولکول ها بایستی بیشتر حرکت کنند و در اثر ویسکوزیته اصطکاک زیاد شده، زمان بازگشت به حالت اولیه کم و جذب زیاد می شود. ویسکوزیته عبارت است از غلظت یا رقت ماده، هرچه فاصله بین مولکول های یک ماده کمتر باشد احتمال اصطکاک بین مولکولی بیشتر بوده و انرژی گرمایی تولید شده هم بیشتر می شود. ارتباط مرسوم دانشمندان با امواج آلتراسونیک به عنوان یک وسیله شناسایی بدون تأثیر بر روی محیط یا بافت (فرکانس بالا و انرژی پایین به عنوان مثال تست های غیرتخریبی) و همچنین تغییرات فیزیکی و شیمیایی در یک بافت (فرکانس پایین و قدرت بالا به عنوان مثال سونوکیمیستری) می‌باشد.

قدیمی ترین کاربرد استفاده از آلتراسونیک تشخیصی (به منظور تشخیص بیماری) به اوایل قرن بیستم برمی‌گردد ولی کاربرد آلتراسونیک در فرایندها مربوط به ده های اخیر می باشد. تحقیقات در زمینه کاربرد آلتراسونیک در فرایندها در دهه ۱۹۳۰ (قبل از جنگ جهانی دوم) در یکسری از تکنولوژی‌ها از جمله امولسیون کنندگی و تمیزکردن سطوح شناخته شده بود اما تا دهه ۱۹۶۰ صنایع از آلتراسونیک قوی تنها در زمینه تمیزکردن سطوح و جوشکاری پلاستیک که مهمترین کاربرد پذیرفته شده آن بود، استفاده می‌کرد. امروزه گروه‌های تحقیقاتی در دامنه وسیعتری از کاربرد آلتراسونیک در زمینه الکتروشیمی، تکنولوژی غذا، سنتز شیمیایی، استخراج مواد، نانوتکنولوژی، جداسازی فازها، تمیزسازی سطوح، درمان و تیمار آب و فاضلاب کار می‌کنند.

۲-۵-۱- ایجاد و نمایاندن امواج آلتراسونیک

برای ایجاد و نمایاندن امواج آلتراسونیک از پیزوالکتریک ها (کلمه پیزوالکتریک از تجمع دو کلمه پیزو به معنی فشار و الکتریسیته تشکیل شده است) استفاده می شود. مواد پیزوالکتریک به نام مبدل خوانده می شوند زیرا این مواد واسطه ای برای تبدیل انرژی الکتریکی و مکانیکی به یکدیگر هستند. الکتریسیته اعمال شده بر روی مواد ذکر شده وضع شبکه یونی آن‌ها را در مرحله ای قرار می

دهد که میدان الکتریکی در آن‌ها اثر گذاشته، به طوری که این اثر سبب حرکات مکانیکی می شود. به طور خلاصه تحمیل نیروی مکانیکی سبب ایجاد الکتریسیته و اعمال الکتریسیته حرکات مکانیکی را در مبدل سبب می شود. اگرچه مواد متبلور طبیعی که دارای خاصیت پیزوالکتریسیته باشند به صورت فراوان وجود دارند که شناخته شده ترین آن ها کوارتز می‌باشد، ولی غالباً در کاربرد امواج آلتراسونیک از مبدل هایی استفاده می‌شود که در دسته سرامیک مصنوعی مثل مخلوطی از سرب قرار دارند. یک مبدل آلتراسونیک از قسمت های زیر تشکیل شده است: ۱-بدنه ۲- قطعه پیزوالکتریک ۳- دو سیم که یکی از رو و دیگری از زیر قطعه پیزوالکتریک رد می شوند (Hot and Ground electrode) ۴- لایه تطبیق (Matching Layer) : این لایه برای تطبیق امپدانس بوده و باعث می شود انرژی بیشتری وارد بافت شود. ۵- Backing Material: این قسمت به منظور میرا کردن امواج به کار می رود (هدریک و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۵-۲- امواج آلتراسونیک و تعیین کیفیت

کیفیت محصول و ارزیابی آن یکی از جنبه های مهم تولید محصولات کشاورزی و دامی است. پرتو مادون قرمز، پرتوهای یونیزه، اشعه ایکس، MRI و امواج آلتراسونیک صورت های مهمی از انرژی هستند که برای تشخیص غیرمخرب کیفیت محصولات کشاورزی کاربرد دارند (ابوت و همکاران، ۱۹۹۷). پرتوهای الکترومغناطیس با طول موج بسیار کوتاه به درون محیط های جامد نفوذ می کنند، اما جزئی از آنها به وسیله محیط جذب می شوند. امواج آلتراسونیک با فرکانس بالا و دامنه کم به داخل جسم فرستاده می شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می شوند.

از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می توان به مشخصه های این گسستگی پی برد. از کاربرد های این روش می توان به اندازه گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در اجسام نام برد. یکی از امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالای این امواج و درنتیجه طول موج بسیار کوچک آن هاست. با وجودی که پرتونگاری آزمون غیرمخرب مفیدی

است اما ویژگی های ناخواسته ای دارد. در مقایسه با دیگر روش های آزمون غیرمخرب، روش پرهزینه تری می باشد، فضای نسبتاً زیادی را در یک آزمایشگاه به خود اختصاص داده و قابلیت جابه جایی (پرتابل) ندارد. مهم تر اینکه این روش خطر تشعشع دارد و نمی توان آن را در محل به کار برد که این عیب بسیار بزرگی برای آن می باشد. در این میان سیستم آلتراسونیک به علت کوچکی و قابل حمل بودن، هزینه پایین، ایمنی بالا و طیف وسیع کاربرد اندازه گیری ضخامت، تعیین لایه ها، اندازه گیری سرعت سیال در لوله ها و تصویربرداری درون مواد از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و به علت اینکه امواج آلتراسونیک دارای هیچگونه عوارض جانبی نیست استفاده از آن به صورت مکرر امکان پذیر می باشد.

۲-۶- کاربردهای امواج آلتراسونیک

۲-۶-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات
- توانایی تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالا و طول موج بسیار کوچک
- امواج آلتراسونیک برای آزمون فلزات نیز استفاده می‌شود.
- امواج آلتراسونیک برای حذف رسوبات وسایل آزمایشگاهی استفاده می‌شود.
- از امتیازات اولتراسونیک توانایی آن در تشخیص صدمات شیمیایی است.

۲-۶-۲- کاربردهای امنیتی

در سامانه‌های امنیتی اماکن و خودروها از حسگر آلتراسونیک برای تشخیص حرکت اشیا به وفور استفاده می‌شود. پلیس از این سیستم برای کنترل سرعت خودروها استفاده می‌کند. حسگرهای آلتراسونیک، حسگرهایی هستند که به وسیله صفحات پیزوالکتریک موجود سیگنال الکتریکی را با لرزش صفحات به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) تبدیل می‌کنند. عکس این عمل نیز در گیرنده انجام

می‌گیرد. اصول کارکرد این حسگرها بر مدت زمان رفت و برگشت موج صوتی استوار است و با داشتن سرعت صوت تخمین فاصله امکان پذیر خواهد بود.

۲-۶-۳- رادار

در کشتی‌ها و زیردریایی‌ها از این سیستم برای کنترل عمق دریا و پی بردن به وجود اشیا داخل آب استفاده می‌شود. از رادارهای اولتراسونیک برای پی بردن به وجود پرنده های بدون سرنشین نیز استفاده می‌گردد.

۲-۶-۴- کاربردهای پزشکی و سونوگرافی

در علوم پزشکی برای تشخیص بافت های غیرطبیعی، غیرطبیعی و شرایط رشد جنین قبل از تولد از امواج آلتراسونیک استفاده می شود. به عنوان مثال استفاده از امواج آلتراسونیک برای تشخیص عدم تقارن در مغز به دلیل وجود تومور یا خون ریزی مغزی، که لازم است این امواج از دیوار نازک جمجمه، جنب لاله گوش یا حدقه چشم به داخل ارسال شود. برای این کار از توان های زیادتر استفاده می شود. این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن کاربرد دارد.

۲-۶-۵- کاربرد در صنایع غذایی

۲-۶-۵-۱- کاربرد امواج آلتراسونیک قوی در صنایع غذایی

به محدوده امواج آلتراسونیک با بسامد ۲۰کیلوهرتز تا ۱مگاهرتز، امواج آلتراسونیک قوی گفته می‌شود. امواج ۲۰ تا ۱۰۰کیلوهرتز را تحت عنوان امواج آلتراسونیک خیلی قوی عنوان می‌کنند.

۲-۶-۵-۱-۱-غیر فعال سازی میکروبی با استفاده از آلتراسونیک

تشخیص آلتراسونیک به عنوان روش غیرفعال کننده میکروبی به دهه ۱۹۶۰ برمی گردد، بعد از آن زمان فهمیدند امواج آلتراسونیک که به منظور شناسایی زیردریایی‌های جنگی به کار می رود باعث مرگ ماهی‌ها می شود. فرایندهای حرارتی مرسوم پاستوریزاسیون و استرلیزاسیون معمول‌ترین روش‌های مورد استفاده در غیرفعال سازی میکروارگانیزم ها می‌باشند. با این وجود تقاضا برای

روش‌های جدید که موجب افت تغذیه‌ای و کیفیت کمتری در غذا می‌شوند در حال افزایش است. متأسفانه افزایش دما و زمان فرایند حرارتی باعث کاهش مقدار مواد مغذی، تولید مواد نامطلوب و تخریب خصوصیات عملکردی محصولات غذایی می‌شود. نابودی میکروب‌ها در فرایند غذا مهم است. امواج آلتراسونیک قابلیت استفاده به منظور غیر فعال سازی آلودگی میکروبی را دارند. روش‌های معمول غیرفعال سازی میکروبی(پاستوریزاسیون وUHT[۴]) اغلب باعث تشکیل طعم‌های نامطلوب و کاهش مواد مغذی می شوند در صورتیکه در فرایند آلتراسونیک پدیده حفره‌گی ایجاد شده به دلیل تغییرات فشار در نتیجه امواج آلتراسونیک مسؤل نابودی میکروب‌ها می‌باشد.

گونه‌های سالمونلا به طور گسترده‌ای به عنوان یک عامل عفونت غذایی شناخته شده می‌باشد. این باکتری در چند دهه اخیر عامل اصلی چندین فاجعه غذایی بوده که معمولاً از طریق تخم‌مرغ، مرغ، میوه و سبزیجات منتقل شده است. درمورد اثر تیمار آلتراسونیک بر روی گونه‌های سالمونلا تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. شکلات یکی دیگر از منابع بالقوه گونه‌های سالمونلا می‌باشد. در این محصول وقتی که مقدار شکر بالا باشد ممکن است مقاومت به حرارت میکروارگانیزم‌ها افزایش یابد. لی[۱] و همکاران در سال ۱۹۸۹ یک کاهش ۴ لگاریتمی در مقدار سلول‌ها هنگامی که گونه‌های سالمونلای موجود در آب پپتونه[۲] در معرض امواج ۱۶۰کیلوهرتز با قدرت ۱۰۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند، مشاهده کردند. ریگلی و لورکا[۴] در سال ۱۹۹۲ استفاده از آلتراسونیک را برای نابودی سالمونلا تایفی موریوم در آبگوشت مخلوط مغز و قلب، شیر پس چرخ و تخم مرغ مورد استفاده قرار دادند. تکنولوژی امواج آلتراسونیک می‌تواند نقش مهمی را در آینده صنایع غذایی به عهده بگیرد. استفاده از آلتراسونیک در صنایع غذایی به عنوان میکروب کشی به صورت مستقیم غیر عملی است ولی ترکیب آلتراسونیک با فشار یا حرارت نتایج قابل ملاحظه‌ای در

[4] -Ultra High Temperature
[1]-Lee
[2] –Peptone water
[4] –Wrigley and Llorca

پی خواهد داشت. با این وجود، تحقیقات بیشتری قبل از اینکه آلتراسونیک به عنوان یک روش نگهداری غذا عنوان شود، مورد نیاز است(پیاسنا و همکاران،۲۰۰۳).

۲-۶-۵-۱-۲-آلودگی زدایی آب

آب یکی از موادی می باشد که میکروارگانیزم‌ها به راحتی می‌توانند در آن رشد کنند به همین دلیل آب آشامیدنی بایستی آلودگی‌زدایی شود. روش معمول برای آلودگی زدایی استفاده از کلر و بعضی از مشتقات آن می باشد که با توجه به میزان آلودگی درصد کلرزنی مشخص می شود. اگرچه کلر یک ترکیب مضر می باشد اما مقدار کلر مصرفی در حدی نیست که مشکلات عمده‌ای را به وجود آورد ولی مواقعی که میزان آلودگی بالا می‌رود مقدار کلرزنی در پی آن افزایش می‌یابد که در این گونه موارد از نظر مصرف، مشکل زا می‌باشد (بخصوص بوی کلر). به همین خاطر دانشمندان در پی روش‌هایی هستند که میزان کلر را تا جایی که امکان دارد به حداقل برساند یکی از این روش‌ها استفاده از امواج آلتراسونیک می‌باشد. عیب عمده امواج آلتراسونیک هزینه بالای آن می‌باشد به همین خاطر در صنعت به منظور آلودگی‌زدایی نمی‌توان به کار برد اما این بررسی نشان داد که امواج آلتراسونیک به همراه تیمارهای دیگر نتایج خوبی را به همراه دارد به همین خاطر در حالتی که امواج آلتراسونیک به همراه تیمارهای دیگر به کار رود امکان صنعتی کردن آن وجود دارد(ماسون و همکاران،۲۰۰۳).

۲-۶-۵-۱-۳- هضم مواد

استفاده از آلتراسونیک به همراه مایکروویو در هضم مواد : در دهه‌های اخیر گرم کردن توسط مایکرویو یک جایگاه غیرقابل انکار در آزمایشگاه‌های تجزیه به عنوان یک روش مؤثر غیر آلوده کننده دارد. مایکرویو، امواج الکترومغناطیسی با بسامد بین ۱۰۰مگاهرتز تا ۳گیگاهرتز می‌باشند. این امواج می‌توانند به عنوان امواج غیریونیزه کننده‌ای عمل کنند که باعث حرکت مولکولی یون‌ها و چرخش دوقطبی‌ها شوند ولی تأثیری بر روی ساختار مولکولی ندارند. امواج آلتراسونیک پر قدرت،

دارای بسامد ۲۰کیلوهرتز تا ۱مگاهرتز، امروزه به خاطر تأثیرات مؤثرشان در سرعت بخشیدن به فرایندها در آزمایشگاه‌های تجزیه‌ای به خوبی شناخته شده می‌باشند. ترکیب این دو موج، الکترومغناطیسی(۲/۴۵مگاهرتز) و مکانیکی(۲۰کیلوهرتز)و کاربردشان در فرایندهای فیزیکی مثل استخراج و هضم جالب توجه می‌باشد.

۲-۶-۵-۱-۴-استخراج مواد

امروزه روش های استخراجی متنوعی در دنیا وجود دارد. روش آلتراسونیک جزء روش های جدیدی است که در چند سال اخیر به منظور استخراج مواد به کار می رود. ناسنتز[5] و همکارانش در سال ۲۰۰۰ در یک بررسی شرایط بهینه برای استخراج کلسیم, منیزیم, منگنز و روی را از سبزیجات به دست آوردند. هرنانز ویلا[6] و همکارانش در سال ۱۹۹۹ یک روش ساده و سریع را برای استخراج ترکیبات فرار شراب مطرح کردند. در تحقیق دیگری هرونادکوا[7] و همکارانش در سال ۱۹۹۹ استخراج گزیلن از چوب بلال را با استفاده از آلتراسونیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش استخراج به کمک آلتراسونیک در کاهش زمان استخراج, غلظت بازی موثر محیط و دمای استخراج تاثیر قابل توجه ای داشته است.

۲-۶-۵-۱-۵- رفع انجماد مواد غذایی منجمد

عمل ذوب مواد غذایی منجمد یک فرایند کند و هزینه بر می‌باشد. کند بودن فرایند انجماد را می‌توان به وسیله روش‌هایی که درون ماده منجمد را گرم می‌کنند کاهش داد. مایکرویو روشی است که قادر به گرم کردن درون ماده غذایی می باشد و بنابراین سرعت ذوب شدن افزایش می‌یابد. .اما این روش یک عیب عمده دارد و آن اینکه ماده به طور یکنواخت گرم نمی‌شود چون فاکتور افت(Loss factor) آب بیشتر از یخ می‌باشد در نتیجه با ذوب شدن قسمتی از ماده غذایی آب در

[5]-Nascentes
[6] -Hernanz vila
[7]-Hronadkova

آن ناحیه بیشتر می‌شود و امواج مایکرویو باعث گرم‌تر شدن آن ناحیه می شوند که در بعضی موارد ماده غذایی در آن ناحیه حالت پختگی پیدا می کند. به همین خاطر عده‌ای از دانشمندان بر روی روش‌های جدید کار می‌کنند. یکی از این روش‌ها استفاده از امواج آلتراسونیک در ذوب کردن مواد غذایی منجمد می‌باشد. میلز[8] و همکارانش در سال ۱۹۹۹ یک بررسی در مورد ذوب کردن نمونه‌های یخ زده گوشت و ماهی با استفاده از آلتراسونیک انجام دادند. این روش نتایج قابل قبولی را در مورد ذوب کردن یکنواخت مواد غذایی منجمد در پی داشت (میلز و همکاران،۱۹۹۹).

۲-۶-۵-۱-۶-خشک کردن مواد غذایی

دلیل اصلی از خشک کردن، افزایش طول عمر ماده غذایی به وسیله کاهش فعالیت آبی ماده غذایی می‌باشد. این کاهش فعالیت آبی باعث متوقف شدن رشد میکروارگانیزم‌ها و آنزیم‌ها و نیز بعضی از واکنش‌های شیمیایی می‌شود. اگرچه دما باعث غیر فعال کردن میکروارگانیزم‌ها می‌شود اما معمولاً دمای به کار رفته به منظور خشک کردن برای نابود کردن میکروب‌ها کافی نیست. علاوه بر این حذف آب باعث کاهش وزن ماده غذایی و در نتیجه کاهش هزینه حمل و نقل و انبارداری می‌شود. در روش‌های معمول خشک کردن، عموما از گرمای بالا استفاده می‌شود که این گرما باعث از دست رفتن مقداری از مواد مغذی می‌گردد.

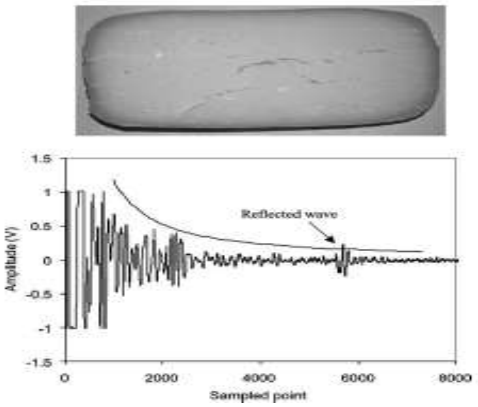
خشک کردن با استفاده از امواج آلتراسونیک به طور باالقوه اهمیت دارد زیرا غذاهای حساس به حرارت می‌توانند سریع‌تر و در یک دمای پایین‌تری نسبت به خشک‌کن‌های با هوای گرم خشک شوند. علاوه بر این در سرعت بالای وزش هوای گرم، احتمال صدمه به غذا وجود دارد در صورتیکه در این روش این احتمال کاهش می‌یابد(فلاوز،۲۰۰۰).

[8] -Miles

۲-۶-۵-۲- کاربرد امواج آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی

کاربردهای آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی در دهه‌های اخیر افزایش قابل توجه‌ای پیدا کرده است. دلیل اصلی افزایش کاربرد آلتراسونیک، سریع، اتوماتیک و غیرتخریبی بودن آن و نیز کاهش هزینه‌ها به خاطر استفاده از تکنولوژی‌های جدید الکترونی به کاررفته همراه آن می‌باشد. روش آلتراسونیک عموماً به منظور ارزیابی غلظت، ساختار ، محل و حالت فیزیکی ترکیبات مختلف محصولات غذایی به کار می رود. کاربردهای ذکر شده در انواع محصولات غذایی همانند سبزیجات و میوه‌جات، گوشت وماهی، نوشیدنی‌ها، روغن‌ها و نیز در صنایع لبنیات گسترش پیدا کرده است. آلتراسونیک به منظور اندازه‌گیری درجه رسیدگی آووکادو، انبه و خربزه به کار رفته است. روش‌های آلتراسونیک همچنین به منظور ارزیابی و تعیین کیفیت لاشه‌های گاو به کار رفته است. تغییر در کیفیت روغن در طی سرخ کردن از طریق تغییر در فاکتورهای سرعت و میرایی آلتراسونیک قابل کنترل می‌باشد (بندیتو و همکاران، ۲۰۰۲).

- ✓ شناسایی اجسام خارجی در محصولات غذایی
- ✓ شناسایی ساختار سلولی مغز نان
- ✓ تشخیص رسوبات در صنایع غذایی
- ✓ اندازه گیری ذرات معلق در امولسیون های غذایی
- ✓ کنترل کیفیت روغن در طی سرخ کردن
- ✓ آلتراسونیک در فرایند تولید پنیر
- ✓



شکل ۱-۱- تشخیص ترک های داخلی پنیر با استفاده از آلتراسونیک

۲-۶-۶-کاربرد های کشاورزی

امواج آلتراسونیک کاربردهای فراوانی دارد، به طوری که نه تنها در تیمارهای بذر و کاهش و حذف آفات و بیماری ها کاربرد دارد، بلکه این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. افزایش تقاضای روزافزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات باکیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی¬های جدید شده است. کیفیت محصول عمدتا شامل ارزش غذایی، ترکیبات شیمیایی، خواص مکانیکی و عدم وجود نقص می باشد که هر یک به عنوان موضوعی برای بسیاری از مطالعات مد نظر قرار گرفته است. فناوری استفاده از امواج آلتراسونیک یکی از روش های صوتی استفاده شده در کشاورزی به خصوص در ارزیابی کیفیت و عملکرد محصولات زراعی است.

۲-۷-ضرورت استفاده از آلتراسونیک در کشاورزی

۱- استفاده از تکنولوژی های جدید و غیر مخرب مانند اولتراسونیک ضروری است.

۲- اولترسونیک به ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی آسیبی نمی رساند.

۳- ارزیابی کیفیت محصول و افزایش عملکرد محصولات زراعی

۴- امواج آلتراسونیک در تیمارهای بذر وکاهش وحذف آفات و بیماریها کاربرد دارد.

۵- اندازه‌گیری و تشخیص عیوب فیزیکی بسیار کوچک (ترک های میکرسکوپی) موجود در بذور

۲-۸-سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج آلتراسونیک

پژوهشهایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه ها و بررسی پایداری آن درشرایط مختلف به وسیله امواج آلتراسونی انجام شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰). همچنین درعصاره گیری با امواج آلتراسونیک هیچگونه تغییر شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز شود وجود ندارد (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه برآنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایررنگدانه ها را با استفاده ازامواج آلتراسونیک درمدت زمانی کوتاه باکارآیی بالا میتوان استخراج نمود (ویلخ و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش ضریب تضعیف امواج آلتراسونیک عبورکرده از میان بافت هندوانه با میزان رسیدگی آن گزارش شده است (کلارک و شاکلفورد، ۱۹۷۵). می توان از تغییرات سرعت موج آلتراسونیک در میوه ها و سبزی ها، جهت درجه بندی رسیدگی آنها استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶).

استفاده از امواج آلتراسونیک به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش مؤثر است (مسکوکی و همکاران، ۱۳۸۶). امواج اولتراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه مؤثر است (کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولتراسونیک باعث فعالیت آنزیم ها می شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷).

تیمار اولترسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱ و ساسلیک، ۱۹۹۰). آلفا آمیلاز در جو چه به صورت تثبیت شده و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج آلتراسونیک غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می شود (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵).

بذر تربچه تیمار شده با امواج آلتراسونیک، افزایش سرعت جوانه زنی و هم چنین افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه را نسبت به شاهد نشان داد (شیمومورا ،۱۹۹۰). در پژوهشی به

کاهش ۳۰ الی ۴۵درصدی در زمان جوانه زنی در بذور جو و افزایش درصد جوانه زنی پس از تیمار بذور با امواج آلتراسونیک اشاره شده است (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸).

در تحقیقی دیگر که روی بذور بادمجان، فلفل و خیار نشان داده شد که از لحاظ رشد تیمار بذور با امواج آلتراسونیک ۴۲ الی ۹کیلو هرتز، برتری بسیار بالایی نسبت به تیمار شاهد دارد (بینا و رضایی، ۱۳۸۷). استخراج پروتئین از دانه‌های بدون روغن سویا توسط وانگ (۱۹۸۱) مورد مطالعه قرار گرفت در این فرایند امواج آلتراسونیک روی محلول به وسیله ۵۵۰ وات و عملکرد در فرکانس ۲۰کیلوهرتز سبب بهبود استخراج گردید. نتایج نشان داد که استفاده از امواج آلتراسونیک نسبت به هر یک از تکنولوژی‌های مرسوم بازدهی بیشتری داشته است.

۲-۹- اثر مخرب امواج آلتراسونیک بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی

میزان جذب صرفا به واسطه اثرات امواج آلتراسونیک می باشد. غیر فعال سازی آنزیم آلفا آمیلاز جو باعث تولید رادیکال های آزاد و نیروهای برشی می شود که در نتیجه باعث تغییر و تحول و آسیب بیشتر به ساختار آلفا آمیلاز می گردد. اثرات امواج آلتراسونیک بر روی آنزیم ها اغلب با چندین فرآیند مکانیکی و سونوشیمیایی مرتبط است که به وسیله پدیده حفرگی ایجاد می شود. در شدت های بالای پرتودهی امواج آلتراسونیک میکروجت های مایع تولید شده به وسیله فروپاشی متقارن حباب های حفرگی، تنش های برشی در مایع پرتودهی شده و میکروجریان هایی که معلول حباب های نوسان کننده پایدار می باشند قادر به رساندن آسیب مکانیکی به تمامیت ساختمان پروتئین می باشند و باعث افت فعالیت آنزیم می شوند. مکانیسم دیگری که در طی آن آنزیم های پرتودهی شده غیر فعال می شوند به واسطه تغییر و تحول و یا آسیب ساختار مولکولی آنزیم می باشد. رادیکال های آزاد که ذراتی با الکترون های جفت نشده و با فعالیت واکنش پذیری خیلی بالا هستند، توزیع بار بر روی سطح پروتیین را تغییر داده و باعث رساندن آسیب جدی به ناحیه فعال آنزیم شده بنابراین میل ترکیبی آنزیم با سوبسترا را از بین می برند. طبق فرآیندهای فوق، گرادیان های فشار بالای بوجود

آمده توسط امواج آلتراسونیک در درون مایع باعث پارگی و تکه تکه شدن مولکول های پروتئین و تغییر شکل ساختار آن می شوند، در حالی که گرادیان های دمای بالا منجر به غیر فعال سازی گرمایی یا پرولیز پیوندهای آن می شوند (اثرات مکانیکی صوت) و طبق مکانیسم اثرات سونوشیمیایی صوت، هر حباب حفرگی تولید شده به وسیله امواج آلتراسونیک به منزله میکرواکتور کوچکی عمل می کند که تولید نقاط داغ موضعی نموده و دما و فشار در داخل این حباب ها به میزان قابل توجهی افزایش می یابد (ساسلیک، ۱۹۹۰).

این دماها و فشارهای بالا ساختار فعال آنزیم را غیر فعال می نماید. اثرات سینرژیستی امواج آلتراسونیک و گرما بر روی آنزیم ها در دماهای بالا مسجل شده است (لوپز و همکاران، ۱۹۹۷) و این احتمالا" به دلیل افزایش فشار بخار مایع در اطراف حباب های حفرگی می باشد که منجر به کاهش فروپاشی حباب ها شده و اثر امواج آلتراسونیک بر روی آنزیم ها مشابه اثر آن بر آنزیم پکتین متیل است.

گزارش های مربوط به افزایش فعالیت آنزیم های آزاد در محیط آزمایشگاه در حضور امواج آلتراسونیک محدود می باشد. به طور غیر قابل انتظار در شدت های پرتودهی پایین، بعضی از آنزیم ها مانند گلوکوآمیلاز و آلفا آمیلاز تثبیت شده در خلل و فرج سلیکاژل و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج آلتراسونیک غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می شوند (اسکمیدت، ۱۹۸۷). از این رو میزان فعالیت اولتراسونیک نقش مهمی در فعال سازی یا غیر فعال سازی بیشتر آنزیم ها دارد. گزارش های زیادی توسط محققان مختلف در مورد افزایش فعالیت آنزیم های آزاد تحت شرایط تابش ملایم امواج آلتراسونیک منتشر شده است که از جمله به افزلیش فعالیت آلفا کیموتریپسین بر روی کازیین در شدت های پایین، و از طرف دیگر کاهش فعالیت این آنزیم در شدت های بالا می توان اشاره کرد (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱). فعالیت آنزیم ها به عنوان کلید واکنش های بیوشیمیایی با تنظیم خوب پرتو افکنی آلتراسونیک افزایش می یابد (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران،

۱۹۸۷؛ ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ اسکمیدت، ۱۹۸۷). موثر بودن امواج آلتراسونیک بر روی میزان غیر فعال سازی آنزیم نشان داد که با افزایش شدت پرتو صوت میزان فعالیت آنزیم کاهش می یابد از آنجا که فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در حرارت ۳۰ درجه از بین نمی رود، کاهش فعالیت آنزیم و در نتیجه کاهش میزان جذب صرفاً به واسطه اثرات امواج آلتراسونیک می باشد. غیرفعال سازی آنزیم آلفا آمیلاز جو باعث تولید رادیکال های آزاد و نیروهای برشی می شود که در نتیجه باعث تغییر و تحول و آسیب بیشتر به ساختار آلفا آمیلاز می شود و در نهایت منجر به غیر فعال سازی بیشتر خواهد شد.

فصل سوم

مواد و روش

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه هنرستان کشاورزی امام خمینی، واقع در شهرستان علی آباد کتول اجرا شد.

۳-۲- موقعیت شهر علی آباد کتول از نظر جغرافیایی

شهر علی آباد کتول در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و۵۴ درجه و۵۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۴ متر است.

۳-۳- شرایط آب و هوایی منطقه منطقه علی آباد کتول دارای اقلیم معتدل و نیمه خشک است. میانگین بارندگی درسال

۱۳۹۴ در این منطقه۶۶۳/۵ میلی متر است (آمار هواشناسی استان گلستان). بیشترین میزان بارندگی را درماه شهریور (۵/ ۱۰۸) و کمترین میزان بارندگی را در ماه خرداد (۰/۳) میلی متر داشته است. میانگین حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۱۳/۱و ۲۴/۲ درجه سانتی گراد است.

۳-۴- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ازعمق ۳۰-۰ سانتی متری از خاک مزرعه نمونه برداری صورت گرفت. برای این منظور از ۱۰ نقطه مزرعه با استفاده از مته نمونه برداری (اگر) خاک انجام گردید، سپس نمونه های جمع آوری شده را مخلوط کرده، نهایتا یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول (۱-۳) نشان داده شده است. مطابق اطلاعات به دست آمده بافت خاک لومی رسی تعیین شد.

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش

کلاس بافت	شن	لای	رس	نیتروژن کل	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع
	%					ppm		dSm^{-1}	
لومی رسی	۴	۴۸	۴۸	۰/۱۹	۱/۹	۲۶۹	۶ /۶	۳/۵۲	۷/۳۷

۳-۵- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سالیسیلیک اسید $\{S1$ (شاهد – عدم استفاده) و $S2$ (استفاده به مقدار ۱میلی مولار به هنگام ۴ برگی) و $S3$ (استفاده به مقدار ۱میلی مولار به هنگام ۴ برگی و گلدهی)$\}$ و فاکتور فرعی شامل پرتودهی بذر با امواج التراسونیک $\{w1$ (شاهد- عدم تیمار)، $w2$ (۳ دقیقه)،$w3$ (۶ دقیقه)، $w4$ (۹ دقیقه)$\}$ بود.

۳-۶- آماده سازی زمین و کاشت

زمین مورد آزمایش در سال۹۳ به صورت آیش بوده و پاییز همان سال توسط گاوآهن برگردان دار شخم خورده بود. بنابراین عملیات آماده سازی زمین خزانه با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاو رو شدن زمین در اوایل اردیبهشت ماه صورت گرفت. ابتدا زمین مورد نظر دیسک زده شد. پس از دیسک زدن اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. به وسیله فاروئر، برای آبیاری مزرعه برنج، جوی ایجاد شد. بعد از آماده سازی زمین خزانه و پرتودهی بذور و جوانه دار نمودن در تاریخ ۹۴/۲/۲۸ بذر پاشی رقم طارم هاشمی انجام شد .

آماده سازی زمین شامل دو قسمت آماده سازی خزانه و زمین اصلی می باشد. محل خزانه با قابلیت دسترسی به آب، زهکش مناسب، آفتاب گیر، فاقد آلودگی به علفهای هرز و عوامل بیماری زا بود. خزانه بصورت جوی و پشته ای با طول ۱۰ متر و عرض ۱/۵ متر در ۴ ردیف آماده گردید. برای تهیه زمین اصلی از شخم اول جهت گل آب کردن زمین (دو هفته قبل از نشاکاری) و از شخم دوم برای تسطیح زمین استفاده گردید.

۳-۷- آماده سازی بذر برای جوانه زدن

۱- سبک و سنگین کردن : با استفاده از محلول آب و نمک (۱۵٪)بذور پوک و نارس جدا شدند. .به منظور جداسازی نمک از سطح شلتوک، چند بار با آب معمولی شستشو داده شد.

۲- ضدعفونی: بعد ازخیساندن بذر در آب ولرم و تمیز به مدت ۲۴ساعت ، با محلول سمی قارچکش های توصیه شده ضدعفونی شد.

۳- پرتو دهی بذر در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی شاهرود انجام شد که طی آن از دستگاه Digital ultrasonic مدل E30H ساخت کشور آلمان با فرکانس ثابت ۴۲ کیلو هرتز استفاده شد. بذور آماده‌سازی شده در ۴ سطح زمانی ۰، ۳، ۶ و ۹دقیقه در دمای محیط در آب مقطر، تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفتند.

۴ – نگهداری بذر در محیط گرم: پوشش گونی در زیر و اطراف بذر برای تامین درجه حرارت ۳۰-۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد.

۵- هم زدن و آبدهی بذر : هر دوازده ساعت جهت تأمین رطوبت و هوادهی، بذور همزده شدند و آبپاشی با آب ولرم صورت گرفت . این عمل تا ظهور ریشه چه و ساقچه به طول حدود نیم میلی متر (زمان کاشت بذر در خزانه) ادامه یافت.

۳-۸- عملیات کاشت

عملیات انتقال نشاء از خزانه به زمین اصلی در ۲۸ خرداد صورت گرفت . فاصله هر بوته از یکدیگر (فاصله بین ردیف و بین دو گیاه)، ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد.

۳-۹-عملیات داشت

۳-۹-۱- کودپاشی در مزرعه: پس از محاسبه مقدار کود مورد نیاز، کودهای اوره ، سوپر فسفات تریپل وکود سولفات پتاسیم به خاک اضافه گردید. ۴۰ درصد کود اوره قبل از نشاکاری در مزرعه بدون آب مصرف شد. نوبت اول مصرف سرک کود اوره درست قبل از وجین اول و نوبت دوم حدود ۳۰ روز پس از نشاکاری بود. کود سوپر فسفات تریپل بصورت پایه مصرف شد. نیمی از کود پتاسیمی قبل از نشاکاری و به صورت پایه و مابقی حدود ۳۰روز پس از نشاکاری استفاده شد.

۳-۹-۲- آبیاری : یک ماه اول مزرعه در حالت غرقاب نگه داشته شد و بقیه دوران رشد ، این عمل بصورت تناوبی (هر ۳ روز یکبار) ادامه یافت.

۳-۹-۳- کنترل علفهای هرز: پس از اینکه خزانه آماده بذرپاشی شد در کرت ها به ارتفاع ۳-۲ سانتی متر آب وارد کرده و مقدار cc ۶ سم علف کش بوتاکلر برای ۱۰ مترمربع خزانه قطره پاشی شد. بعد از ۴-۳ روز، آب کرت ها خارج و به مدت ۵ – ۴ ساعت کرت ها با آب شستشو داده شده و سپس بذرپاشی صورت گرفت. برای مبارزه با علفهای هرز در مزرعه اصلی قبل از نشاکاری، از علف کش تاپ استار به مقدار ۳/۵-۳ لیتر در هکتار ۵ - ۳ روز قبل از نشاکاری استفاده گردید. برای مبارزه با علف هرز سوروف وجین با دست انجام شد.

۳-۹-۴- کنترل آفات و بیماری ها : برای کنترل کرم ساقه خوار از سم دیازینون در دو نوبت استفاده شد. قبل از انتقال نشاء به زمین اصلی، برای جلوگیری از آلودگی گیاه به بیماری بلاست،

ریشه نشاها در محلول قارچکش تریسیکلازول قرار داده شد. با اعمال این روش در مرحله پنجه دهی نیازی به مبارزه شیمیایی علیه بیماری بلاست نبود.

۳-۱۰- برداشت محصول

زمانیکه حدود ۹۰-۸۵ درصد خوشه به رنگ زرد در آمد، محصول با دست و به وسیله داس برداشت شد، جهت کاهش رطوبت، جمع آوری دسته های خوشه ۲۴ساعت بعد انجام شد.

۳-۱۱- ارزیابی برخی صفات برنج

برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. برای شمارش تعداد پنجه، ۳ بوته از ریشه درآورده شد و میانگین تعداد پنجه برای این ۳ گیاه برای هر پلات استفاده گردید. طول سنبله، طول میانگره دوم، ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه اصلی ، عملکرد شلتوک و عملکرد بیولوژیکی در زمان رسیدگی اندازه گیری شدند. شایان ذکر است که برای محاسبه عملکرد شلتوک و بیولوژیکی از ۱۲ بوته استفاده گردید.

۳-۱۲- سنجش آنزیم ها

سنجش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز : برای تعیین میزان فعالیت آنزیم ها، در زمان ۱۰ روز پس از گلدهی اقدام به تهیه نمونه برگی از گیاه گردید. مواد مورد نیاز برای سنجش فعالیت آنزیم شامل بافر فسفات ۵۰میلی مولار، متیونین ۰/۰۱۳ مولار، EDTA ۰/۱ میکرومولار و ریبوفلاوین ۲ میکرومولار می باشد که در تاریکی کامل نگهداری شد. بلافاصله پس از اضافه کردن ریبوفلاوین، ۳ میلی لیتر از آن را درون لوله آزمایش ریخته و به هر لوله ۱۰۰ میکرولیتر نمونه عصاره پروتئینی اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۶ دقیقه در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از منبع نور قرار گرفتند و در این فاصله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر و توسط محلول تاریکی به عنوان شاهد

تنظیم شد. پس از ۱۶دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج مذکور خوانده شد. از آنجائیکه یک واحد آنزیم مذکور عبارت است از میزانی از آنزیم که ۵۰ درصد بازداشت ایجاد می کند، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز براساس واحد آنزیمی به ازای هر میلی گرم پروتئین برای تمام نمونه‌ها محاسبه گردید.(گیاننوپولیتیس و همکاران ، ۱۹۹۷).

سنجش آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۲۵۰ میلی مولار(PH = ۷)، آب اکسیژنه ۱/۲ میلی مولار، اسید آسکوربیک ۵ /۰میلی مولار و EDTA ۰/۱ میلی مولار بود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی شروع شد. کاهش جذب نور به علت پراکسیداسیون اسید آسکوربیک در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای محاسبه فعالیت آنزیم از تغییرات جذب در یک دقیقه استفاده شد (دایز و همکاران، ۲۰۰۸).

۳-۱۳- تجزیه و تحلیل داده ها

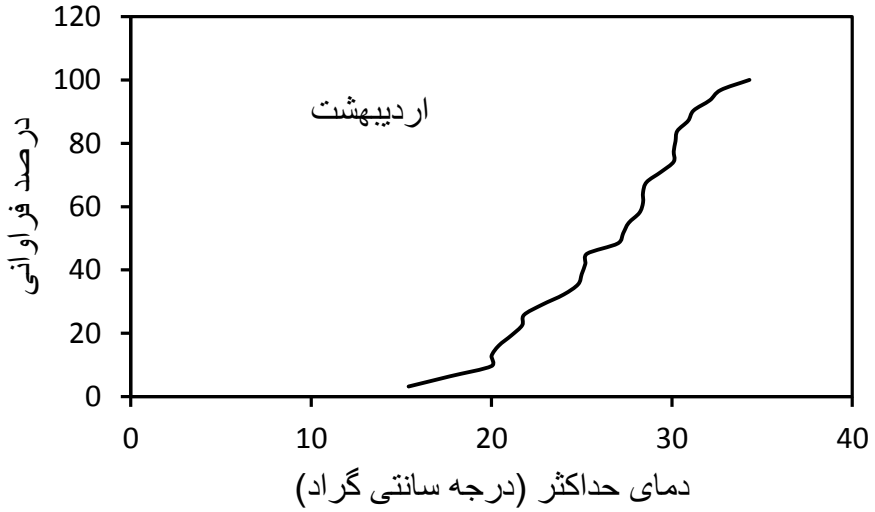
تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه ی میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال متناسب با سطح احتمال معنی دارشدن درجدول تجزیه واریانس صورت گرفت. رسم شکل ها نیز توسط نرم افزار EXCEL انجام شد.

فصل چهارم

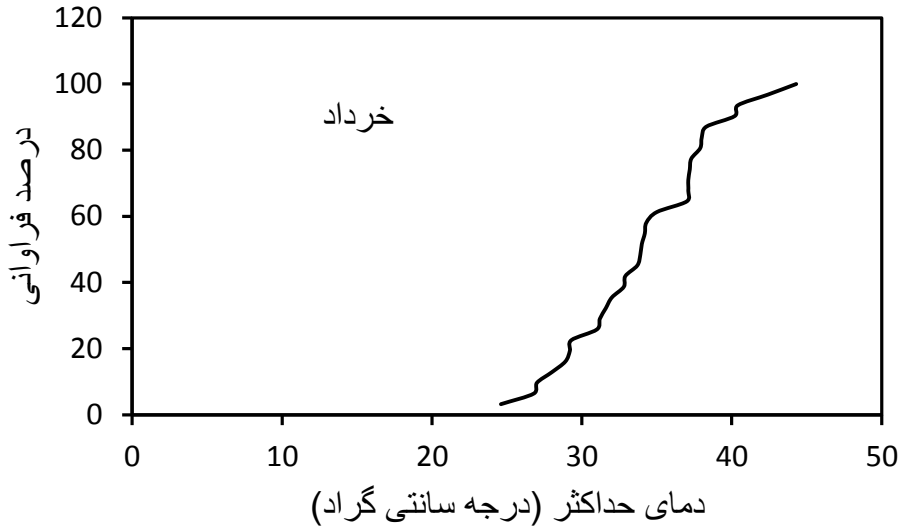
نتایج و بحث

۴-۱- وقوع تنش گرما در دوره رشد و نمو برنج

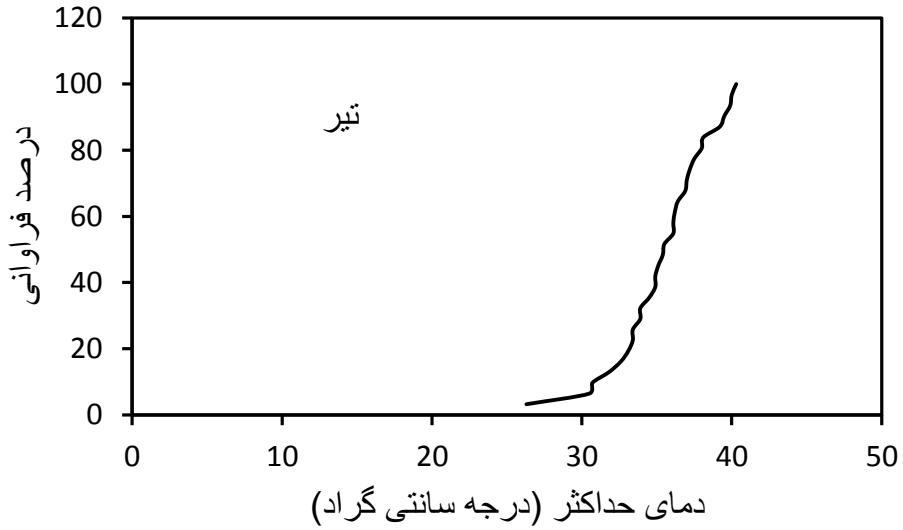
بهترین دما برای رشد طبیعی برنج بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی گراد است. درجه حرارت های بالاتر (بالای ۳۲ درجه سانتی گراد) تقریبا تمامی مراحل رشد برنج را از ابتدای رشد زایشی تا رسیدگی دانه، تحت تاثیر قرار می دهد(وتناب و کوم، ۲۰۰۹). تائو (۲۰۰۸) در مطالعات خود اظهار داشت که درجه حرارت بالا در مراحل گلدهی و پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه می شود که در نتیجه آن افزایش گلچه های نابارور شده و طول مدت پر شدن دانه کوتاه می شود. ماتسوی و همکارانش در سال ۲۰۰۱ احتمال ۵۰ درصد ناباروری گلچه ها را در دمای بالاتر از ۳۲ درجه سانتی گراد حتی برای واریته های مقاوم بدست آوردند. در این بررسی، فراوانی وقوع دماهای ۳۳ درجه سانتی گراد و بالاتر از آن (تنش گرما) برای ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد به ترتیب در شکل های ۴-۱ تا ۴-۴ آورده شده است. فراوانی وقوع تنش گرما در طول روز (دمای حداکثر) در این ماه ها به ترتیب ۳٪، ۵۵٪، ۸۲٪ و ۸۸٪ بود. بر همین اساس می توان گفت که به طور نمونه، برنج در ۸۸٪ روزهای مرداد ماه با تنش گرما مواجه شد.



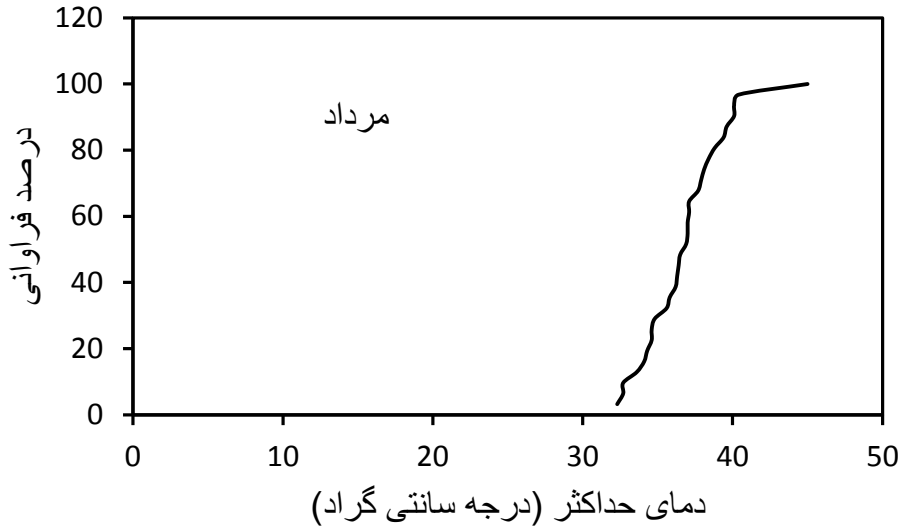
شکل۴-۱- فراوانی وقوع دمای حداکثر در اردیبهشت ماه



شکل ۴-۲- فراوانی وقوع دمای حداکثر در خرداد



شکل۴-۳- فراوانی وقوع دمای حداکثر در تیر ماه



شکل ۴- ۴ - فراوانی وقوع دمای حداکثر در مرداد ماه

۲-۴- پنجه زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که علاوه بر اثرات اصلی فاکتورها (پرتودهی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک)، برهمکنش آنها نیز بر پنجه زنی گیاه برنج معنی دار است (جدول۴- ۱). نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر آن است که در شرایط استفاده از سالیسیلیک اسید در مرحله ۴ برگی و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه و همچنین استفاده سالیسیلیک اسید در مراحل نموی ۴ برگی وگلدهی و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه بیشترین پنجه زنی نسبت به شاهد حاصل می گردد (شکل ۴-۵). با تاثیر مثبت تیمارها بر پنجه دهی می توان انتظار داشت که عملکرد شلتوک افزایش یابد.

ظرفیت پنجه زنی یکی از مهم ترین اجزای عملکرد برای افزایش عملکرد در دانه به شمار می آید (اومار، ۲۰۰۲). راشد و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی مبتنی بر تجزیه علیت عملکرد و اجزاء آن در ۱۴ ژنوتیپ برنج همبستگی مثبت و معنی داری را بین عملکرد و تعداد پنجه بارور ، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت مشاهده کردند. آگاهی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی همبستگی تعدادی از صفات مرتبط در برنج با عملکرد در ژنوتیپ های برنج ، همبستگی مثبت و معنی داری را

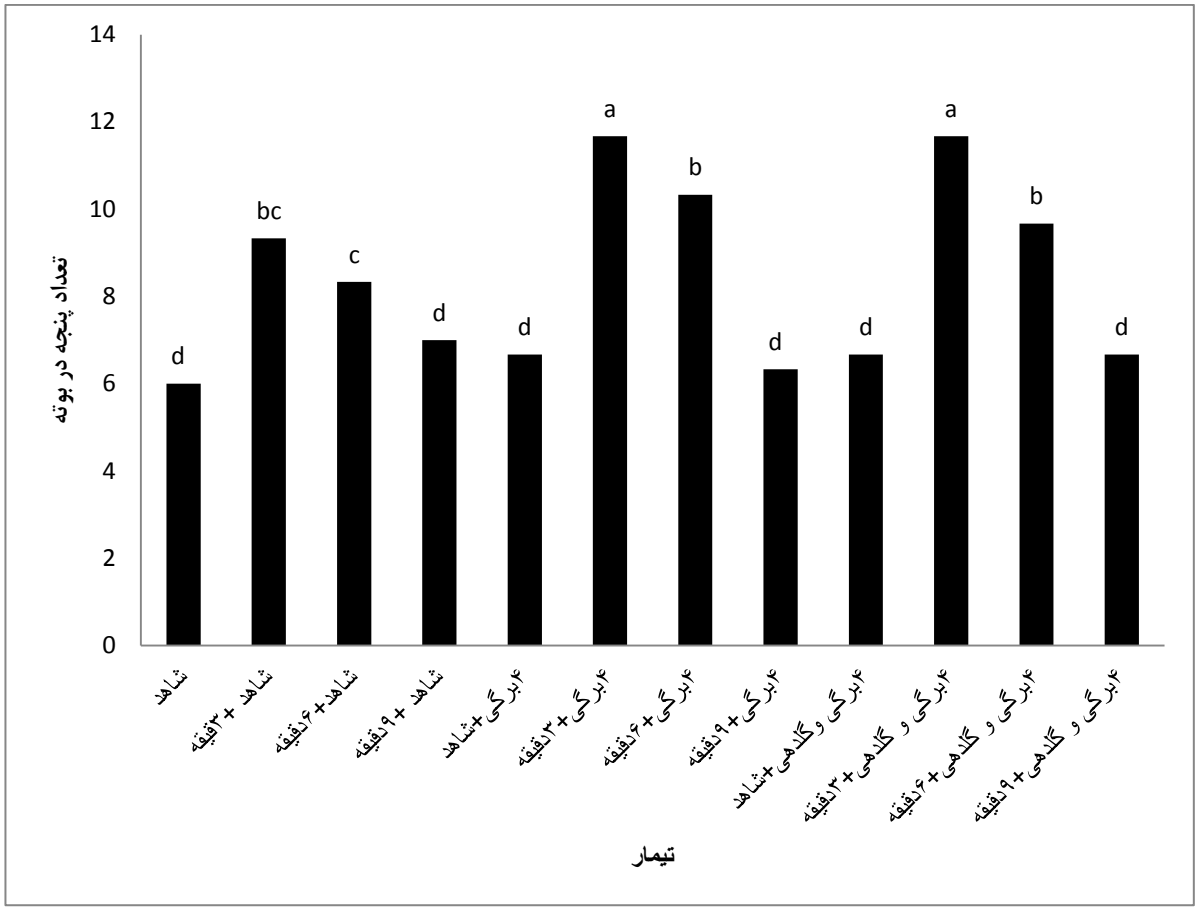
بین تعداد پنجه بارور و تعداد دانه مشاهده کردند. اشراقی (۱۳۷۶) اعلام کرد اپتیمم درجه حرارت برای پنجه دهی ۳۲ -۳۵ درجه سانتی گراد است. مورتا و ماتسوشیما(۱۹۷۵) بیان نمودند که در برنج تا یک ماه پس از کاشت تعداد پنجه ها افزایش می یابد و دو هفته قبل از خوشه دادن تعداد پنجه ها به حداکثر می رسد. لذا درجه حرارت پائین در مرحله جوانه زنی باعث به تاخیر انداختن ریشه دهی،کاهش تعداد پنجه می شود.

جدول۴-۱- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر پنجه زنی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۳۸۹
اسید سالیسیلیک	۲	۴۴/۷۲۲**
خطا	۴	۴/۴۴۴
امواج اولتراسونیک	۳	۱۲۶/۹۷۲**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۹/۹۴۴**
خطا	۱۸	۳/۰۳۳

Coefficient of Variation: 6.20%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۵- تاثیر برهمکنش تیمارهای مختلف بر پنجه زنی برنج

۴-۳- ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بر خلاف پرتودهی ، اثر اصلی سالیسیلیک اسید بر این صفت معنی دار نشد (جدول۴-۲). این در حالی است که تاثیر متقابل آنها معنی دار بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر آن است که در شرایط پرتودهی ۳دقیقه ای و محلول پاشی اسید سالیسیلیک { در مرحله ۴برگی (۱۴/۷۳٪ بالاتر از شاهد) و همچنین مراحل ۴ برگی و گلدهی } می تواند بالاترین ارتفاع را در گیاه برنج به دنبال داشته باشد(شکل ۴-۶).

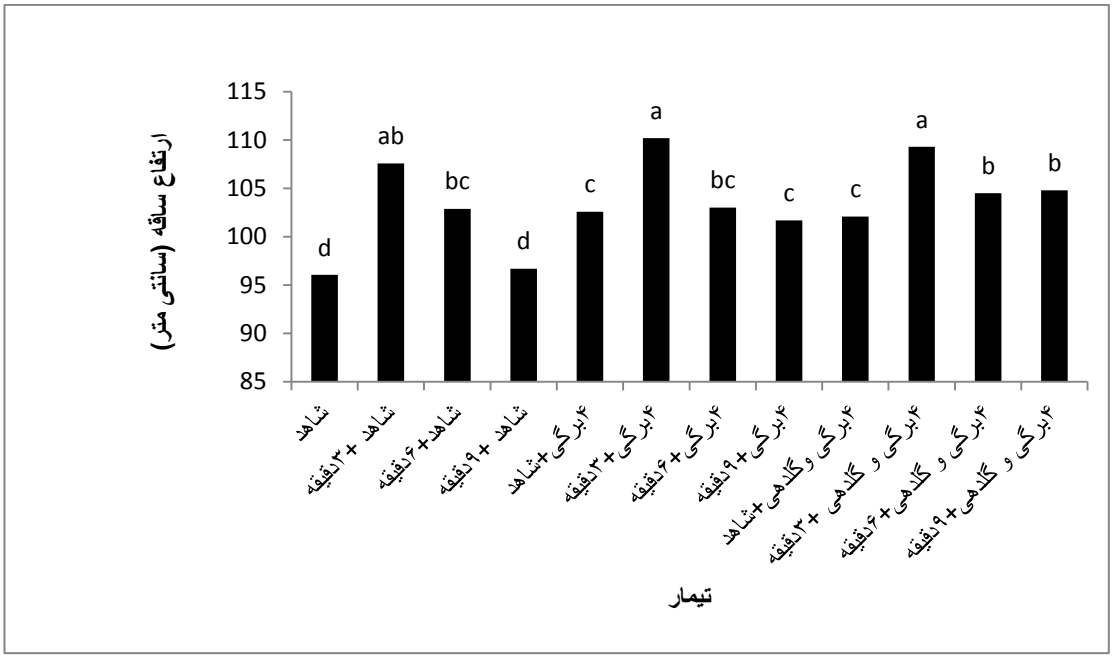
ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند (سلیمی، ۱۳۸۹). مهمترین عامل در افزایش رشد طولی ساقه، جذب آب و تقسیم سلولی است که با کاهش آب این صفت به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (فویر و همکاران، ۲۰۰۹). در مورد گیاه نخود گزارش شده است که کاهش آب قابل دسترس ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه شدن دوره رشد زایشی تأثیر منفی بر ارتفاع بوته داشته است (کورت و همکاران، ۱۹۹۴). پرتودهی بذور باعث افزایش سرعت جوانه زنی و رشد اولیه گیاه و سبب افزایش ارتفاع و زیست توده می‌شود (نصیری، ۱۳۹۴).

جدول۴-۲- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر ارتفاع ساقه برنج

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۷/۴۰۳
اسید سالیسیلیک	۲	۱۷۸/۵۱۲ ns
خطا	۴	۱۴۲/۲۴۰
امواج اولتراسونیک	۳	۳۹۷/۴۵۳**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۹۰۰/۱۶۷**
خطا	۱۸	۸۰/۴۰۱

Coefficient of Variation: 2.10%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۶- تاثیر برهمکنش تیمارهای مختلف بر ارتفاع ساقه برنج

۴-۴- وزن خشک ساقه اصلی

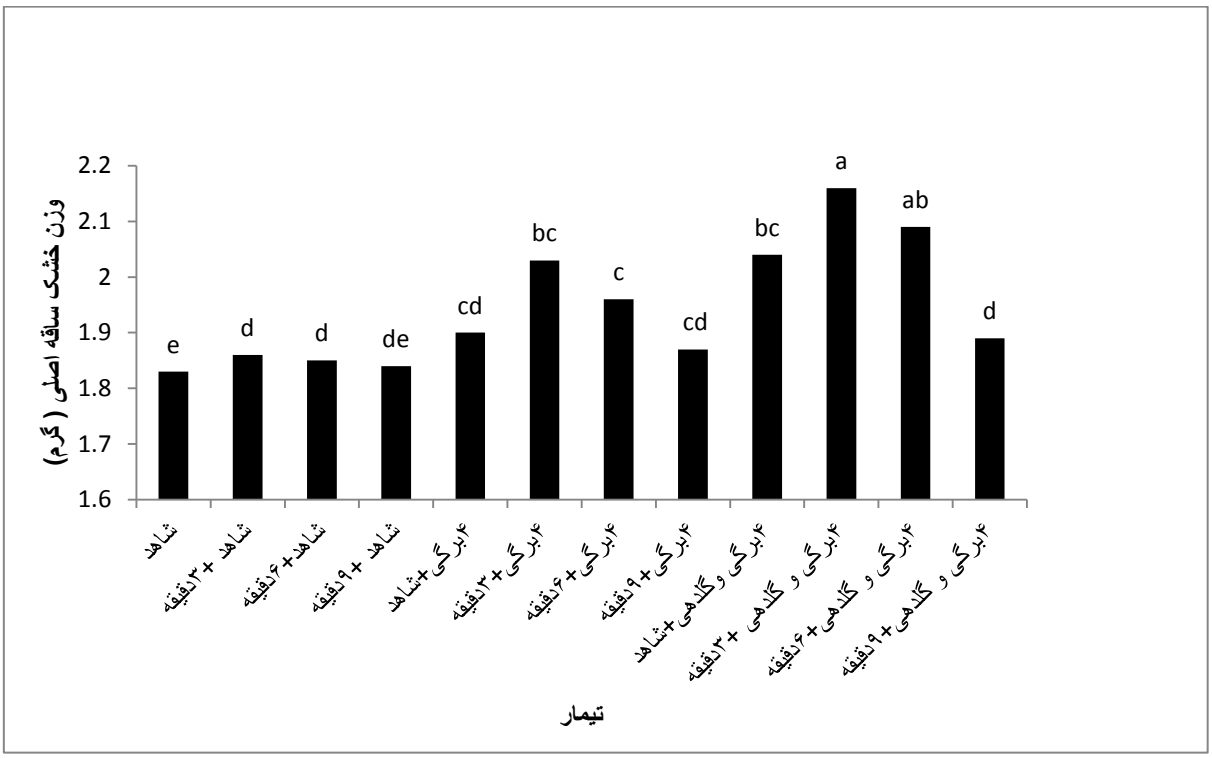
برخلاف اثرات اصلی، اثر متقابل فاکتورها به طور معنی داری (سطح احتمال ۱٪) وزن خشک ساقه اصلی را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۴-۳). همانطور که در شکل ۴-۷ آورده شده است، کمترین مقدار وزن خشک مربوط به تیمار شاهد می‌باشد بیشترین مقدار آن متعلق به ترکیب تیماری محلول پاشی اسید سالیسیلیک در ۴ برگی وگلدهی و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه است. در این شرایط نسبت به شاهد، وزن خشک ساقه اصلی به میزان ۱۴/۷۳ درصد بالاتر بود. در یک گزارش در مورد ارقام مختلف نخود، تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ساقه شده است (نصر اصفهانی، ۱۳۹۲).

جدول۴-۳- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر وزن خشک ساقه اصلی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۹
اسید سالیسیلیک	۲	۰/۱۵۹ ns
خطا	۴	۰/۴۴۹
امواج اولتراسونیک	۳	۰/۲۲۶
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۱/۸۶**
خطا	۱۸	۰/۳۰۴

Coefficient of Variation: 6.41%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل۴ -۷- تاثیر تیمارهای مختلف بر وزن خشک ساقه اصلی برنج

۴-۵- طول میانگره دوم

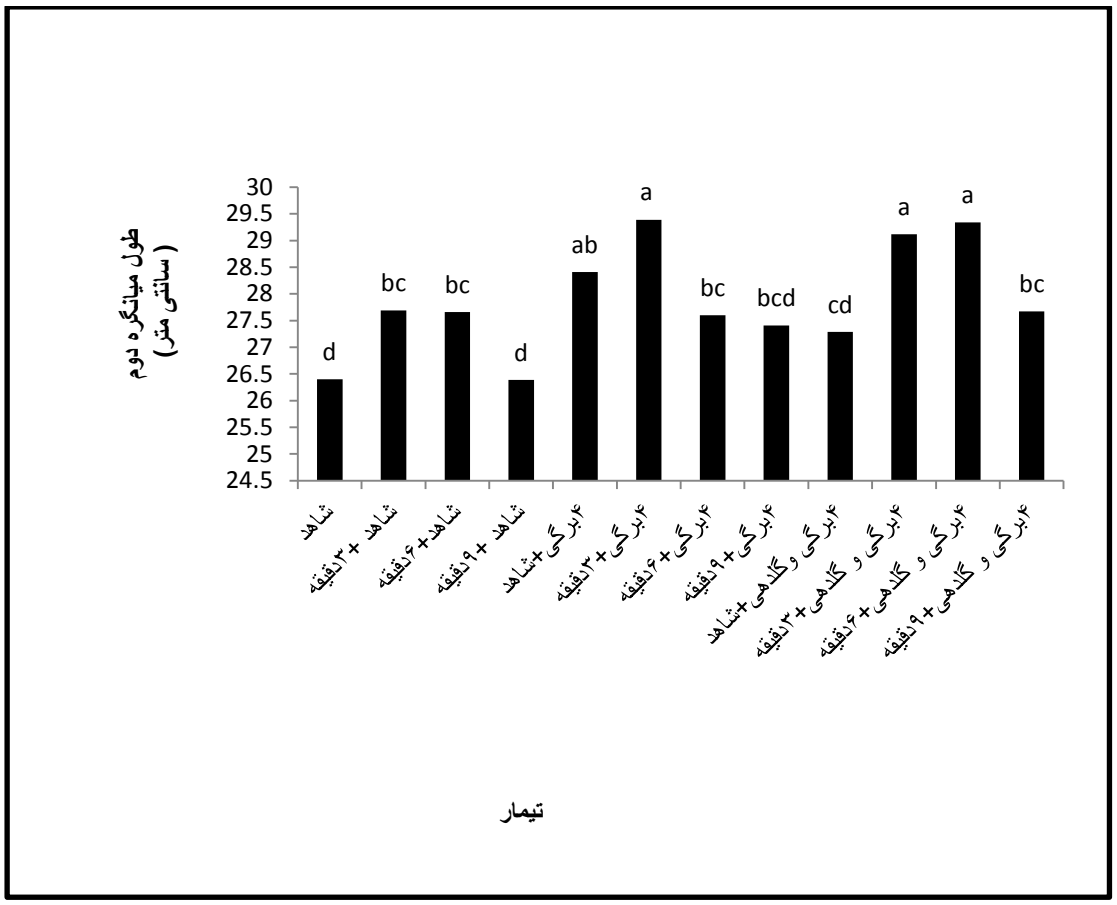
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل فاکتورها بر این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۴-۴). بر اساس مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۸)، بین ترکیبات تیماری پرتودهی ۳ دقیقه ای+ محلول پاشی در مرحله ۴ برگی، و پرتودهی ۳ دقیقه ای +محلول پاشی در مراحل ۴ برگی وگلدهی، و پرتودهی ۶ دقیقه ای + محلول پاشی در مراحل ۴ برگی و گلدهی از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد. برای این ترکیبات تیماری، طویل ترین میانگره دوم اندازه گیری شد.

جدول۴-۴- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر طول میانگره دوم

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۲۰۷
اسید سالیسیلیک	۲	۱۳/۵۵۲**
خطا	۴	۰/۸۸۸
امواج اولتراسونیک	۶	۱۸/۵۶۱**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۱۰/۲۴۴**
خطا	۱۸	۰/۶۶۶

Coefficient of Variation: 1.62%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۸- تاثیر تیمارهای مختلف بر طول میانگره دوم

۴-۶- طول خوشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بر این صفت به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار بود (جدول ۴- ۵). برهمکنش این دو فاکتور معنی دار بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر این است که در شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه بیشترین طول سنبله نسبت به شاهد حاصل گردید(شکل ۴-۹) کمترین مقدار این صفت مربوط به شاهد بود.

نصیری (۱۳۷۹) گزارش نمود تعداد دانه در خوشه و طول خوشه از صفات مهمی هستند که در عملکرد گیاه برنج نقش مهمی دارند. بطوریکه هرچه طول خوشه بلندتر و تعداد دانه های پر شده

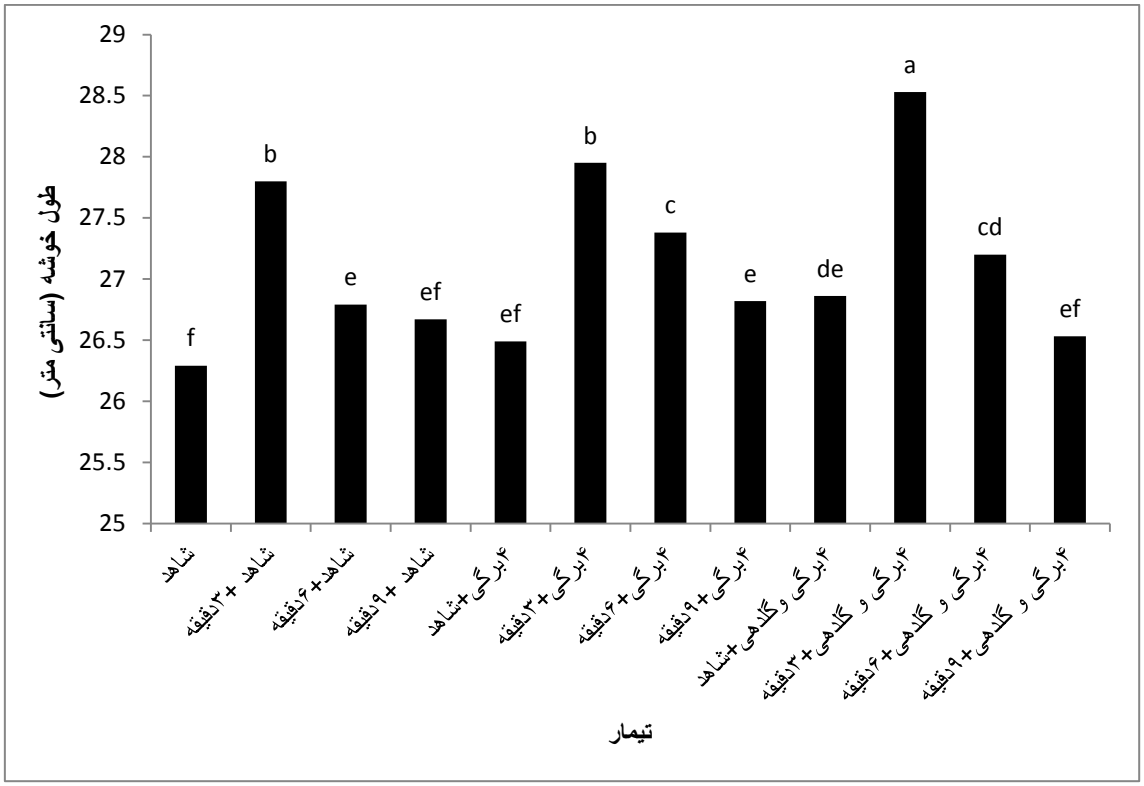
در خوشه بیشتر باشدعملکرد افزایش می یابد. این صفت عمدتا ژنتیکی بوده ولی تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی نظیر میزان تشعشع و مواد غذایی قرار می گیرد. شکل گیری ابتدائی خوشه های آغازین گیاه برنج در مرحله اواخر پنجه دهی و شروع مرحله ساقه دهی می باشد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که طول خوشه مستقیما در محاسبه عملکرد نقشی ندارد ولی به عنوان یکی از صفات ارزیابی عملکرد، مورد توجه قرار می گیرد(حسینی ایمنی،۱۳۸۲) . مصرف سالیسیلیک اسید در کلزا موجب افزایش سرعت فتوسنتز (فریدالدین و همکاران،۲۰۰۳) و غلظت CO_2 درونی (خان و همکاران،۲۰۰۳) شده است.

جدول۴-۵- تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر طول خوشه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۵۸ ns
اسید سالیسیلیک	۲	۰/۹۷۵ ns
خطا	۲	۰/۷۶
امواج اولتراسونیک	۶	۱۳/۲۹۶**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۳/۰۸۷**
خطا	۱۸	۰/۶۰

Coefficient of Variation: 0.60%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۹- تاثیر تیمارهای مختلف بر طول خوشه

۴-۷- وزن هزار دانه

اثرات اصلی و برهمکنش محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بر این صفت در سطح ۱٪ معنی دار شد(جدول ۴-۶). نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر این است که شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه و همچنین شرایط محلول پاشی اسید سالیسیلیک در۴ برگی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳دقیقه از لحاظ آماری تفاوتی با هم نداشته و بالاترین تاثیر افزایشی را بر وزن ۱۰۰۰ دانه به جای گذاشتند (شکل ۴-۱۰). وزن هزار دانه بیشتر تحت کنترل ژنتیکی بوده و در ارقام مختلف فرق دارد. با این حال، مقدار آن ممکن است از شرایط دوره رسیدگی تاثیر پذیرد (ساها و همکاران، ۱۹۹۸) .

جدول۴-۶- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر وزن هزار دانه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۵
اسید سالیسیلیک	۲	۲/۲۱۲**
خطا	۴	۰/۳۱۳
امواج اولتراسونیک	۶	۵/۷۳۰**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۱/۱۱۳**
خطا	۱۸	۰/۲۵۵

Coefficient of Variation: 0.50%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.

شکل ۴-۱۰- تاثیر تیمارهای مختلف بر وزن هزار دانه

۴-۸- عملکرد شلتوک

علاوه بر اثرات اصلی، اثرات متقابل فاکتورها بر عملکرد شلتوک نیز معنی دار شد (جدول۴-۷). بیشترین عملکرد شلتوک مربوط به ترکیبات تیماری محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه و همچنین تیمار محلول پاشی سالیسیلیک اسید در۴ برگی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳دقیقه بود(شکل ۴-۱۱). عملکرد دانه در برنج تابعی از تعداد خوشه در مترمربع ، تعداد دانه در هرخوشه، درصد دانه های پر و وزن هزار دانه است(یوشیدا،۲۰۰۲).

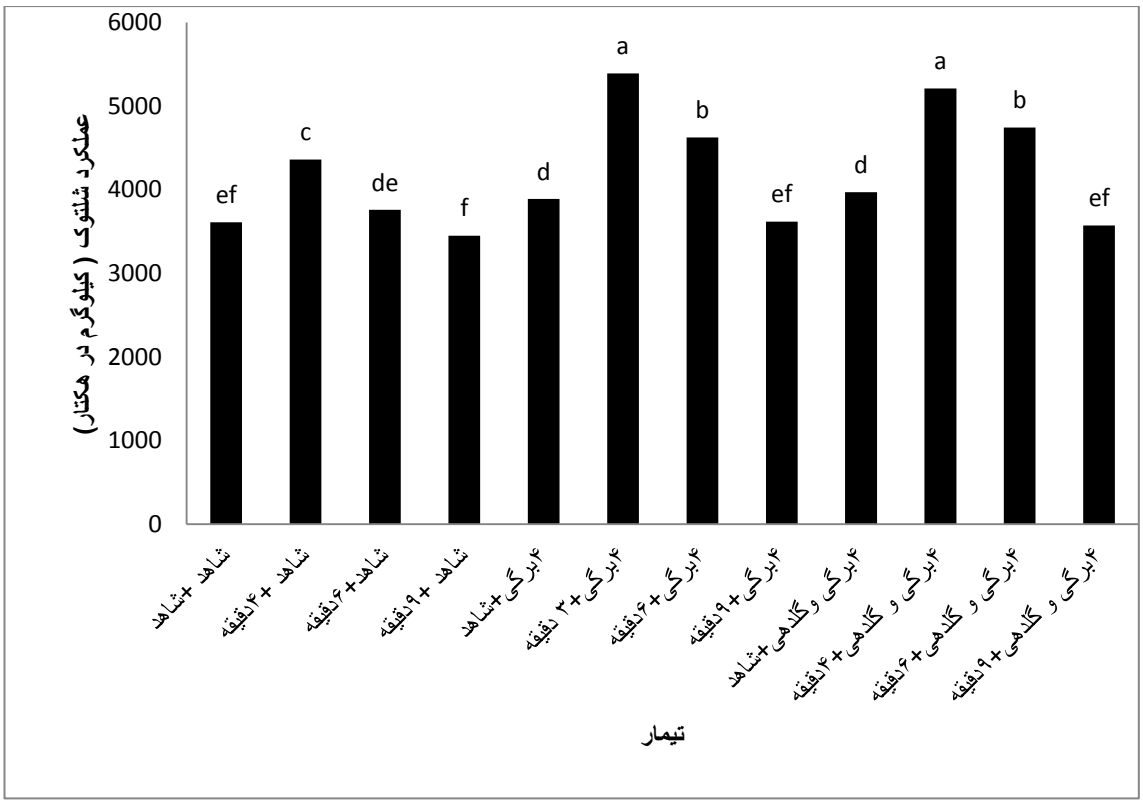
سالیسیلیک اسید تعادل هورمونی را در گیاه تغییر داده و سبب افزایش اکسین و سیتوکنین در گیاهان و در نتیجه موجب افزایش عملکرد می شود(شاکیرووا، ۲۰۰۳). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش میزان LAI در گیاهان در جهت استفاده بهینه از تشعشعات خورشید و افزایش سرعت فتوسنتز خالص (بالجانی، ۱۳۸۹) باعث افزایش عملکرد در دانه ذرت و سویا شد. امین و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند که عملکرد دانه تحت تاثیر محلول پاشی ۱۰۰ میلی گرم سالسیلیک افزایش قابل توجهی داشت. گزارش هایی از اثر سالیسیلیک بر افزایش عملکرد برخی گیاهان مانند سویا (کومار و دوبر،۱۹۹۹)، لوبیا چشم بلبلی (زاقلول، ۲۰۰۲)، نخود فرنگی (کومار و همکاران،۱۹۹۷) منتشر شده است. مداح و همکاران (۱۳۸۵) در آزمایشی اعلام کردند، کاربرد سالیسیلیک اسید اثر مطلوبی را بر عملکرد در نخود نشان داده است. شاکیرووا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند با کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار، عملکرد دانه افزایش می یابد.

جدول۴-۷- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر عملکرد شلتوک

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۳۴۵۹۱/۰۷۶
اسید سالیسیلیک	۲	۲۷۰۵۶۵۵/۳۶۸**
خطا	۴	۴۳۸۶۱۰/۱۶۸
امواج اولتراسونیک	۶	۱۰۹۵۵۷۷ /۹۹۱**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۱۰۹۷۲۲۶/۹۴۳**
خطا	۱۸	۱۹۰۸۲۱/۲۲۵

Coefficient of Variation: 2.46%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۱- تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد شلتوک

۴-۹ – عملکرد بیولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که همانند عملکرد شلتوک، اثرات اصلی و متقابل فاکتورها بر این صفت معنی دار (سطح احتمال ۱٪) بود (جدول ۴-۸). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که ترکیب تیماری محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه و ترکیب تیماری محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه به ترتیب در رده بندی " a " و " b " قرار دارند (شکل ۴-۱۲). کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به شاهد بود.

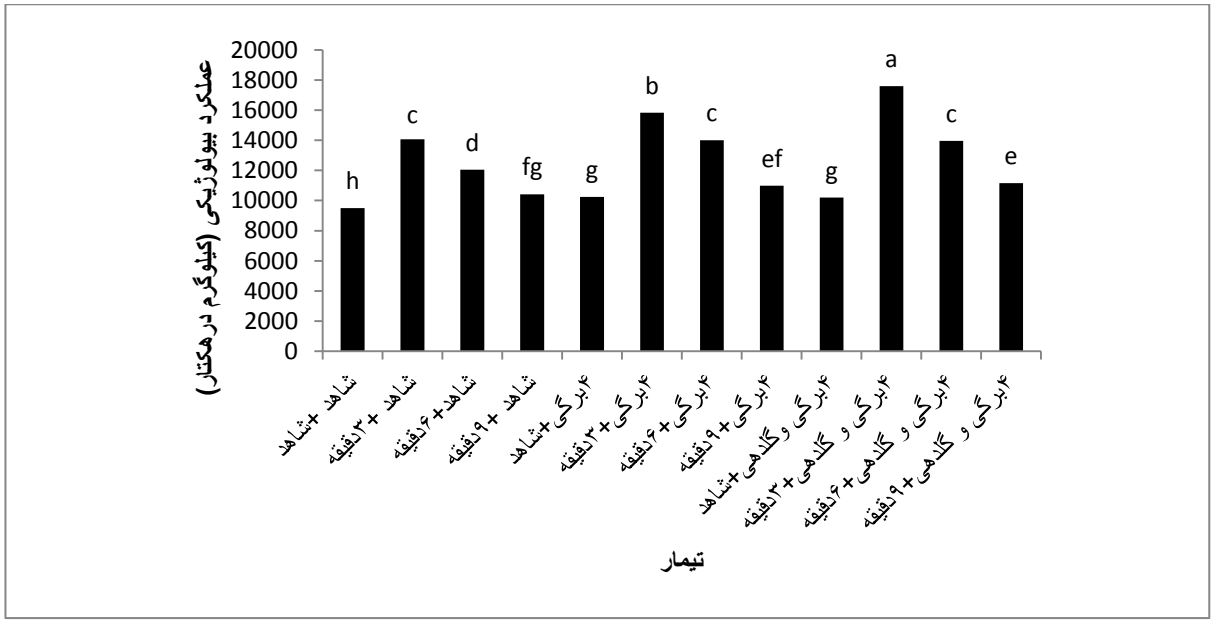
گزارش شده که در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید، میزان فتوسنتز کل افزایش یافته و سبب افزایش ماده خشک در گیاه شده است (سینگ و یوشا،۲۰۰۳). افزایش بیوماس در اثر استفاده سالیسیلیک اسید به خاطر فعالیت آنتی اکسیدانی این ماده در غشاء سلولی می باشد که باعث افزایش مقادیرلیگنین در ساختار دیواره سلولی می شود (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷). اوباری و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش ماده خشک در گیاه خیار می گردد. خان و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش فتوسنتز و سطح برگ به وزن خشک گیاه کمک می کند.

جدول۴-۸- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر عملکرد بیولوژیکی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۴۰۲۷۸۰/۱۵۸
اسید سالیسیلیک	۲	۱۹۱۳۵۱۵۴/۵۲۷**
خطا	۴	۳۹۱۶۶۳۰/۸۴۵
امواج اولتراسونیک	۶	۱۸۸۰۳۷۲۶۰ /۵۹۱**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۹۱۵۶۸۵/۶۹۴**
خطا	۱۸	۱۳۲۱۸۷۴/۹۹۲

Coefficient of Variation: 2.17%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۲- تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد بیولوژیکی

۴-۱۰- شاخص برداشت

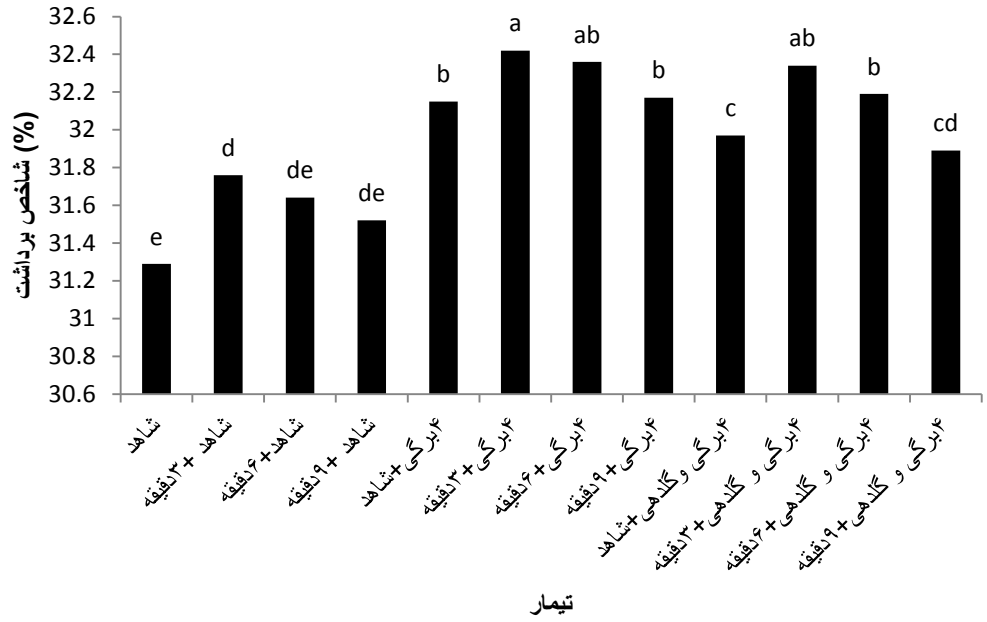
اثرات اصلی محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بر این صفت به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار بدست آمد (جدول۴-۹). ولی تاثیر متقابل آنها معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که ترکیب تیماری محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی+ گلدهی و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه بالاترین تاثیر افزایشی را بر شاخص برداشت به جای گذاشت (شکل۴-۱۳).

جدول۴-۹- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر شاخص برداشت

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱/۷۴۵
اسید سالیسیلیک	۲	۸/۳۳۵ ns
خطا	۴	۷/۴۴۳
امواج اولتراسونیک	۶	۲۴۷ /۰۱**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۳۷/۸۱۱**
خطا	۱۸	۷/۱

Coefficient of Variation: 4.25%

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۳- تاثیر تیمارهای مختلف بر شاخص برداشت

۴-۱۱- آنزیم اسکوربات پراکسیداز

اثرات اصلی و برهمکنش محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بر این صفت در سطح ۱٪ معنی دار شد(جدول ۴-۱۰). نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر این است که شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه و همچنین شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه از لحاظ آماری تفاوتی با هم نداشته و بالاترین تاثیر افزایشی را بر فعالیت این آنزیم به جای گذاشتند(شکل۴-۱۴).

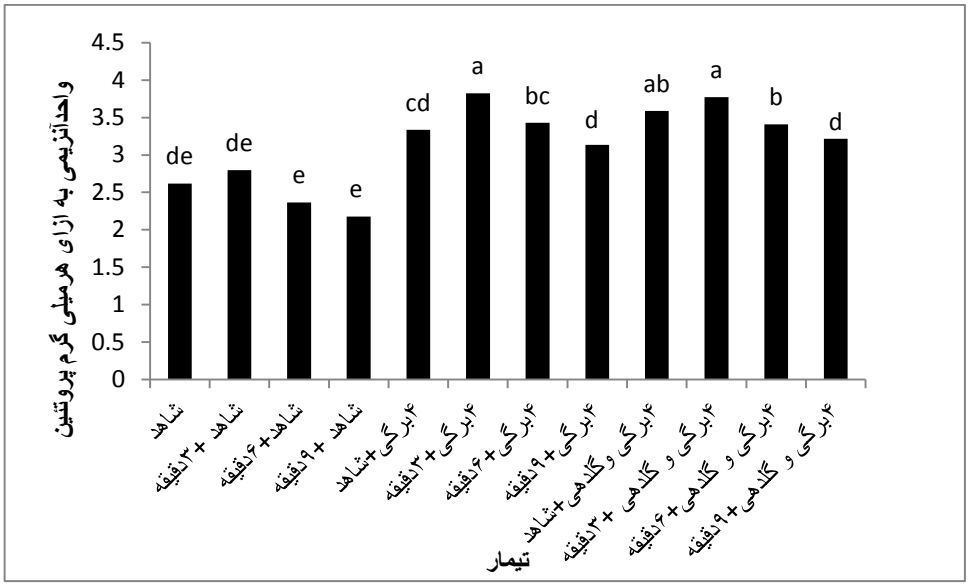
تحت شرایط تنش های محیطی گیاهان برای جمع آوری گونه های فعال تولید شده در کلروپلاست و میتوکندری، سنتز آنزیم هایی مانند آسکوربات پراکسیداز را افزایش می دهد (تونا و همکاران، ۲۰۰۸) . این آنزیم ها در اصل، رادیکال های آزاد را به H_2O_2 تبدیل می کنند، سپس پراکسید هیدروژن توسط آنزیم هایی کاتالاز جمع آوری می گردد(سایرام و تیاگی ، ۲۰۰۴). کانگ و

همکاران(۲۰۰۳) بیان کردند کاربرد سالیسیلیک در گیاه گندم هیچ گونه تغییری در فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بوجود نیاورد ولی باعث افزایش فعالیت آسکوربیک پراکسیداز گردید. در یک تحقیق دیگر بر روی گیاه کنتاکی بلو گراس تحت تنش گرما مشخص شد که کاربرد ۰/۲۵میلی مولار سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی تاثیری افزایشی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به جای می گذارد(هی و همکاران،۲۰۰۵).

جدول۴-۱۰- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک وپرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر آنزیم اسید اسکوربیک پراکسیداز

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۸
اسید سالیسیلیک	۲	۱/۹**
خطا	۴	۰/۲۱۸
امواج اولتراسونیک	۳	۴ /۳۰۶**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۰/۹۱**
خطا	۱۸	۰/۱۰۲

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۴- تاثیر تیمارهای مختلف برآنزیم اسکوربات پراکسیداز

۴-۱۲ -آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

همانند آنزیم آسکوربات پراکسیداز، فعالیت این آنزیم به طور معنی داری تحت تاثیر اثرات اصلی و برهمکنش محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک قرارگرفت (جدول۴-۱۱).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها، تفاوت معنی داری بین اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ برگی و گلدهی + پرتودهی بذر با امواج التراسونیک به مدت ۳ دقیقه با سایر بر این صفت وجود نداشت(شکل ۴-۱۵). این ترکیبات تیماری بالاترین اثر مثبت را بر فعالیت این آنزیم اعمال نمودند.

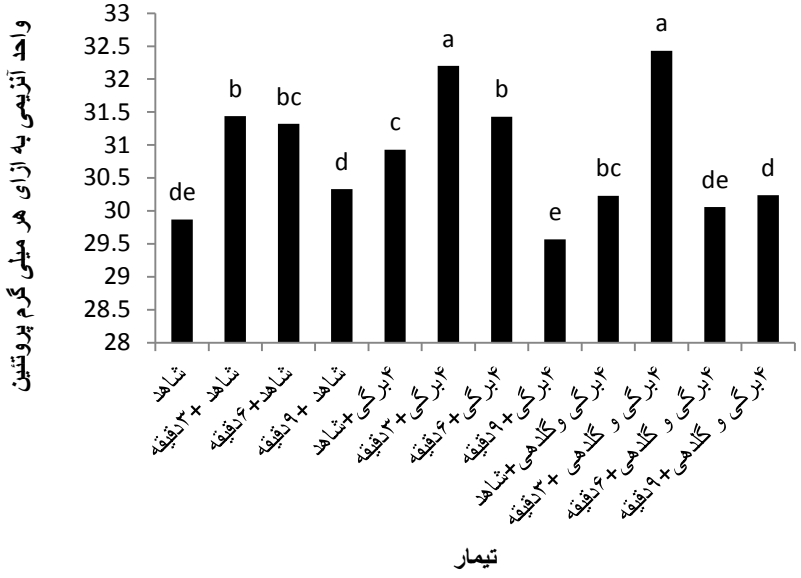
آگاروال و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که کاربرد یک میلی مولار سالیسیلیک اسید، اثر موثری بر افزایش فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز داشت. در پژوهشی دیگر آنانیوا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند که تیمار سالیسیلیک اسید به تنهایی باعث افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربیک پراکسیداز به ترتیب ۱۷ و ۲۵ درصد در مقایسه با شاهد گردید. در شرایط طبیعی رشد

مقدار تولید رادیکالهای آزاد در سلول ها کم می باشد(۲۴۰ میکرومول بر ثانیه و یا ۰/۵ میلی مولار پر اکسید هیدروژن که سطح پایدار آن در کلروپلاست است) (پال، ۲۰۰۰). بسیاری از تنش هایی (خشکی ، شوری ، سرمازدگی ، درجه حرارت بالا ، فلزات سنگین ، اشعه ماوراء بنفش ، آلاینده های هوا مانند اوزون و دی اکسید گوگرد ، تنش های مکانیکی ، فقر عناصر غذایی ، حمله پاتوژن ها و تنش های نوری) که باعث شکسته شدن مکانیزم های خود تنظیمی در سلول می شوند ، تولید رادیکالهای آزاد را افزایش می دهند(۲۷۰ میکرومول بر ثانیه و یا ۵ تا ۱۵ میلی مولار پر اکسید هیدروژن که سطح پایدار آن در کلروپلاست است) (پال، ۲۰۰۰).

جدول۴-۱۱- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج اولتراسونیک بر آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۷۳۱
اسید سالیسیلیک	۲	۲/۴۳۹**
خطا	۴	۰/۳۲۰
امواج اولتراسونیک	۳	۱۵ /۷۶۹**
اسید سالیسیلیک × اولتراسونیک	۶	۲/۷۰۰**
خطا	۱۸	۰/۱۰۲

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۵- تاثیر تیمارهای مختلف برآنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که برنج در مواقعی که با افزایش دمای محیط مواجه می گردد، استفاده از سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذر به مدت سه دقیقه می تواند عملکرد را افزایش دهد که این امر بر موثر بودن این تیمارها در تقلیل اثرات گرما بر برنج دلالت دارد. یکی از علت های این امر که در اینجا مطالعه شد می تواند مربوط به اثر تحریکی این تیمارها بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان اسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز باشد. به طور کلی، کلیه صفات مورد بررسی از جمله پنجه زنی، ارتفاع گیاه، طول میانگره دوم، وزن خشک ساقه اصلی، طول خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک ، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گیاه برنج رقم طارم هاشمی بطور معنی‌داری تحت تاثیر برهمکنش پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ومحلول پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفتند.

محلول پاشی در مراحل ۴ برگی و پرتودهی بذر به مدت ۳ دقیقه می تواند در افزایش عملکرد برنج مفید واقع شود.

پیشنهادات

۱- پیشنهاد می‌شود واکنش زراعی سایر ارقام برنج جهت ارزیابی برهمکنش اسید سالیسیلیک و پرتودهی بذر با امواج التراسونیک ، بررسی شود.

۲- مکانیسم های دیگر دخیل در اثرگذاری این تیمارها در کاهش تاثیرات تنش گرما مطالعه شود.

پیوست

LATITUDE : 36 54 N

LONGITUDE: 54 52 E

ELEVATION : 184 MET.

خلاصه آمار هواشناسی 1394

پارامترهای جوی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداقل مطلق درجه حرارت هوا (درجه سانتیگراد)	03.9	06.3	16.3	16.4	19.3	14.5
حداکثر مطلق درجه حرارت هوا (درجه سانتیگراد)	39.3	34.3	44.3	40.3	45.0	36.1
میانگین حداقل درجه حرارت هوا (درجه سانتیگراد)	08.8	13.5	20.4	23.5	23.6	19.7
میانگین حداکثر درجه حرارت هوا (درجه سانتیگراد)	18.8	26.2	34.1	35.4	36.8	31.5
میانگین درجه حرارت هوا (درجه سانتیگراد)	13.8	19.9	27.2	29.5	30.2	25.6
میانگین رطوبت نسبی هوا (٪) ۵/۶ صبح محلی	81	83	68	69	60	79
میانگین رطوبت نسبی هوا (٪) ۵/۱۲ظهر محلی	73	59	46	49	43	53
میانگین رطوبت نسبی هوا (٪) ۵/۶ عصر محلی	90	69	54	54	49	63
حداقل مطلق رطوبت نسبی هوا (٪)	09	26	14	22	16	22
حداکثرمطلق رطوبت نسبی هوا (٪)	100	99	91	97	89	99
میانگین حداقل رطوبت نسبی هوا (٪)	62	51	40	43	36	45
میانگین حداکثررطوبت نسبی هوا (٪)	96	91	79	80	73	83
میانگین رطوبت نسبی هوا (٪)	79	71	59	62	54	64
حداقل بارندگی طی یک شبانه روز(میلی متر)	00.1	00.1	00.1	00.2	00.1	00.4

حداکثر بارندگی طی یک شبانه روز (میلی متر)	08.8	02.9	00.2	25.7	03.3	41.0
مجموع میزان بارندگی (میلی متر)	38.1	11.9	00.3	28.3	03.7	108.5
مجموع تعداد روزهای بارندگی	16	09	02	06	03	09
حداقل مطلق ساعت آفتابی (ساعت)	00.0	00.0	00.0	00.0	01.8	00.0
حداکثرمطلق ساعت آفتابی (ساعت)	11.6	12.5	11.8	12.6	12.6	11.4
میانگین ساعت آفتابی (ساعت)	04.3	06.7	06.6	06.2	09.8	07.6
مجموع ساعت آفتابی (ساعت)	133.5	207.5	204.4	191.1	302.5	234.7
حداقل مطلق میزان تبخیر (میلی متر)	00.2	00.3	00.0	00.0	05.2	00.2
حداکثرمطلق میزان تبخیر (میلی متر)	06.9	10.0	17.2	11.8	13.4	09.3
میانگین میزان تبخیر (میلی متر)	02.4	04.7	07.4	07.7	09.7	05.8
مجموع میزان تبخیر (میلی متر)	74.8	146.6	229.7	237.8	300.2	180.8
تعداد روزهای یخبندان	00	00	00	00	00	00
تعداد روزهایی با حداکثر دمای ۳۰ درجه و یا بیشتر	03	09	24	30	31	22
سمت باد حداکثر (درجه)	280	260	300	270	270	080
سرعت باد حداکثر (متربرثانیه)	14	11	14	14	11	10
میانگین سرعت باد حداکثر(متربرثانیه)	7.0	7.5	8.9	8.4	7.9	6.6
میانگین سرعت باد(متربرثانیه) ۵/۶ صبح محلی	2.6	2.1	2.3	2.3	2.2	2.2
میانگین سرعت باد(متربرثانیه) ۵/۱۲ ظهر محلی	2.5	2.3	2.9	2.9	3.1	2.4
میانگین سرعت باد(متربرثانیه) ۵/۶ عصر محلی	2.9	3.0	3.5	4.6	3.8	3.1
میانگین سرعت باد(متربرثانیه) در ارتفاع ۱۰ متری	2.7	2.5	2.9	3.2	3.1	2.6

منابع

آمار نامه فائو، (۱۳۸۲) . (FAO)، سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی.

ابراهیم زاده، ح. (۱۳۸۰) " فیزیولوژی گیاهی ۱ (تغذیه و جذب) " چاپ پنجم انتشارات دانشگاه تهران - ۶۸۹ صفحه

اخگری،ح. (۱۳۸۳). برنج (زراعت، بازرویی، تغذیه).دانشگاه آزاد اسلامی رشت. ۴۸۱ صفحه.

اخوت، م. دانش، وکیلی. (۱۳۷۶). **کاشت، داشت و برداشت برنج**. انتشارات فارابی .۲۱۲ صفحه

امام، ی. رنجبری، ع. و بحرانی، م.(۱۳۸۶) . **ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم تحت تاثیر تنش خشکی پس از گلدهی**. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره اول(ب) ۳۱۷-۳۲۶.

بالجانی ، ر.(۱۳۸۹). **تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر نمود و خصوصیات فیزیولوژیک**

گلرنگ تحت تنش کم آبی .پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت .دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

بینا ف، رضایی، آ. و آقایی زاده م،(۱۳۸۷). بررسی تأثیر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیزیولوژی و مرفولوژی تنژیدن بذر" اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی. دانشگاه گیلان ، صفحه ۷

حسینی ایمنی ، س . ص .۱۳۸۲ ، بررسی اثر تاریخ نشاء کاری، فواصل بوته و کود ازته بر شاخص های رشد ، عملکرد و اجزای عملکرد لاین جدید برنج ۸۰۰۸. پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران . ۹۷ صفحه.

خدابنده، ن. (۱۳۸۴). غلات. انتشارات دانشگاه تهران.

خوش‌گفتارمنش، ا.ح. (۱۳۸۶) "ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاه و مدیریت بهینه کود" . مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

راهب، جعفرقلی.(۱۳۸۰). برنج و امنیت غذایی. زیتون. ماهنامه علمی – تخصصی کشاورزی . انتشارات اداره کل روابط عمومی. شماره ۵۰.

سرخی لله لو ، ف .(۱۳۸۸). ارزیابی اثرات امواج فراصوت و میدان مغناطیسی بر جوانه زنی بذور گیاه دارویی همیشه بهار (*calendula afficinalis l.*)مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم باغبانی ایران . ص ۱۱۶۵– ۱۱۶۱

سلیمی، ح.(۱۳۸۹). بررسی اثرات پرایمینگ، باکتری ریزوبیوم و کود آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

سلیمانی، ع. و امیری لاریجانی، ب.(۱۳۸۴). اصول بهزراعی برنج . انتشارات آرویج، تهران .۳۰۳ صفحه.

عبادی قهرمانی، ش . قلی پور، م . و غلامی، ا. (۱۳۹۱). اثر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیز یو لوژی و مرفولوژی تنژیدن بذر . اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی

کاظمی پشت مساری،ح. پیر دشتی،ه. ، بهمنیار،ع. و نصیری،م .(۱۳۸۶). مطالعه تاثیر مقادیر و تفسیط کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج.فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی .شماره ۷۵.

گلستانیان، ن و بهار، م (۱۳۷۶). فیزیک(جلد دوم).(تألیف هالیدی و رزنیک) چاپ هشتم. مرکز نشر دانشگاهی، ۳۴۹ص .

مجنون حسینی، ن. (۱۳۷۲). زراعت و تولید حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۴۰ صفحه.

مسکوکی، ع. مرتضوی، ع. و مسکوکی، آ.(۱۳۸۶)"بررسی توام آلتراسونیک و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش"مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی

مسکوکی ع، م و مرتضوی ع،(۱۳۸۰)"طرح جامع استراتژیک تولید، تبدیل و توزیع زرشک بی دانه" وزارت صنایع، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.

ملکوتی، م.ج. و ریاضی همدانی، ع. (۱۳۷۱). کود ها و حاصل‌خیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۸ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م.م. (۱۳۷۹). نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ((عناصر خرد با تأثیر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹صفحه.

ملکوتی، م.ج و همایی، م. (۱۳۸۳). حاصلخیزی مناطق خشک ونیمه خشک ((مشکلات و راه حل‌ها)). انتشارات تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.

موحدی دهنوی، م. مدرس ثانوی، ع. م. سروش‌زاده، ع. و جلالی، م.(۱۳۸۳) . تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل کلروفیل (*SPAD*) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. بیابان. ۹(۱): ۹۳- ۱۰۹.

نصر اصفهانی، م. (۱۳۹۲). تأثیر تنش خشکی بر رشد و سیستم آنتی اکسیدان در سه رقم نخود. زیست شناسی گیاهی، سال پنجم، شماره پانزدهم، بهار ۱۳۹۲، ص ۱۱۱-۱۲۴.

نصیری دهسرخی، ع.، مکاریان، ح.، نیسی، ع.(۱۳۹۴). تاثیر پرایمینگ بذر و امواج اولتراسونیک بر ویژگی های جوانه زنی بذر و رشد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis L.*) در شرایط کاربرد علف کش تریفلورالین. نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی. اردیبهشت ماه، دانشگاه شهید بهشتی.

نورمحمدی ق ، سیادت ع و کاشانی ع، (۱۳۸۰)" زراعت غلات " جلد اول ،چاپ سوم ،انتشارات دانشگاه شهید چمران ، ص ۳ و۹

هاشمی دزفولی، ع. کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۷۵). افزایش عملکرد گیاهان زراعی، چاپ دوم جهاد دانشگاهی مشهد

نوری، حسین. توکلی، ا. و فتوت، ر. (۱۳۹۱). تاثیر پرایمینگ اسید سالسیلیک برخصوصیات جوانه زنی بذر برنج (*Oryza sativa*) در شرایط تنش شوری، *دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر*، مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد،

نوربخشیان، ج. و رضایی، ع. (۱۳۷۸). مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه در ارقام برنج .مجله علوم زراعی . جلد ۱ (۴): صفحات ۶۵ - ۵۵

یلدا گرد، م . مرتضوی، ع. و طباطبایی، ف. (۱۳۷۸). بررسی اثر توام امواج فراصوت و دما بر میزان فعالیت آنزیم آلف آمیلاز جو جوانه زده – مجله مهندسی بیوسیستم ایران ، دوره ۳۹ ، شماره ۱ صفحه ۴۳ تا ۵۰

Agahi, K., M.H. fotokian and E. Farshadfar.(2007). Corrolation and path coefficient analysis for some yieldrelated traits in rice genotypes(*Oryza sativa L.*). Asian. J. Plant sciences. 6(3):513-517.

Agarwal, S., K. R. Sairam, G. C. Srivastava, T. Aruna and C. R. Meena.(2005). Role of ABA, Salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzyme induction in wheat seedlings. Plant Sci: 169: Pp. 559-570.

Ananieva, A. E., K. N. Christov and L. P. Popova.(2004). Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat.

Barton, S., C. Bullock, & D.Weir, (1996). The effects of ultrasound on the activities of some glycosidase enzymes of industrial importance, Enzyme and Microb.Technol. 18:190-194.

Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. And Djebali, W. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium
toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. Ecotoxicology and Environmental Safety 1-8.

Benedito, J., Mulet, A., Velasco, J. and Dabarganes, M. C. (2002). Ultrasonic assessment of oil quality durin fring. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50: 4531-4536

Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V., Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R.A., Shakirova, I. and Sakhabutdinova, F.A.R.(2001). The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ). 2: 51–54

Cechin, I., Rossi, S., Oliveira, V. and Fumis, T. (2006). Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants underwater deficit. Photosynthetica, 44(1): 143-146.

Celestino, C., Picazo, M. L., and Toribio, M. (2000). Influence of chronic exposure to an electromagnetic field on germination and early growth of Quercus suber seeds: preliminary study. Electro-and magnetobiology, 19(1): 115-120.

Chen, H.J., Hou, W.C., Kuc, J. and Lin, Y.H.(2001). Ca^{2+} dependent and Ca^{2+} independent excretion modes of salicylic acid in tobacco cell suspension culture. J. Exp. Bot. 52: 1219- 1226.

Clark, R. L., and P. S. Shackelford. (**1975**)."Methods for Testing the Dynamic Mechanical Response of Solid Foods"Transactions of the ASAE., 16, 6, pp 1140.

Crisosto C.(1996)."Optimum procedures for ripening stone fruit.Management of Ripening Fruit (Univ. ofCalifornia, Davis)"Postharvest Horticulture Series., 9, 28 pp 30.

Das, R., and Bhattacharya, R.(2006). Impact of electromagnetic field on seed germination. Proceedings of the international Conference on Modern Electrostatics, Beijing, China. 141-145.

Drazic G., Mihailovic N. and Lojic M.(2006). Cadmium accumulation in *Medicago sativa* seedlings treated with salicylic acid. Plant Biology, 50: 239–244.

Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., and Hassan, E.(2009). Static magnetic field influence on elements composition in date palm *(Phoenix dactylifera L.*). Research Journal of Agriculture Biological Sciences, 5(2): 161-166.

Doulatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M., Etemadi, F., (2007). Effect of Pretreatment of Salicylic acid on Wheat (*Triticum aestivum* L.(Seed Germination under Salt Stress. Iranian Journal Biology. 21:692-702.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215- 225

Enyedi, A.J., Yalpani, N., Sliverman, P. and Raskin, I. (1992). Signal molecule in systemic plant resistance to pathogens and pests. Cell.70: 879- 886.

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M.(2007). Impact of exogenous salicylic on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Sci. Hort. 113: 120-128

Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavoosi, M., and Dabagh-Mohammadi-Nasab, A. (2004). Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertilizers on growth, grain yield, yield components of rice (Oryza sativa) cv. Khazar. J. Iranian Field Crops Res. 7: 3. 226-240.

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in Brassica juncea. Photosynthetica 41: 281–284.

Faye, K.A. and Bazaid, S.A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of alicylic acid and potassium nitrate.Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 13: 45–55.

Fellows, p. (2000). Food processing technology.2 edn.CRC press. Boca raton Boston new York Washington, DC.

Fischer, R.A. and R.M. Hagan.(1965)."Plsnt water relations, irrigation management and crop yield"Exp.Agric.,1, 161 pp 177.

Foyer . c .H . , M . Lelandais . and K . j . Kurent . (2009) . Photooxidative stress in plants . Plant Physiol . 92 : 696 – 717.

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings.Acta Agron. Hung. 53:433-437.

Hayat, S., Hasan, S.A., Farriddudin, Q. and Ahmad, A. (2008). Growth of tomato in response to salicylic acid under water stress. J. Plant Int. 3:297-304.

He, Y., Y. Liu, W. Cao, M. Huai, B. Xu and B. Huang. 2005. Effect of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in the Kentucky Bluegrass. Crop Sci., 45: Pp. 988-995.

Ishimori, Y., Karube, I., & Suzuki, S.(1981)."Acceleration of immobilized alpha-chymotrypsin activitywith ultrasonic irradiation"J.Mol Catal.,12,253 pp 259.

Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, L.J.I.(2008)."Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey proteinsuspensions"Journal of Food Engineering.,86, 2, 281 pp 287.

Janda T, G ,Szala,and, Z, Antunovics, E, E, Hovart Paldi. 2000. Effect of benzoic acid and aspirin on chilling tolerance and photosynthesis in young mice. Plants. Mydica 45:29-33.

Jiang, Y. and N. Huang. 2001. Drough and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidase. Crop Sci.41:436-442.

Kazemi Poshtmasari, H., Pirdashti, H., Nasisri, M., and Bahmanyar, M.A. 2006. Effect of nitrogen fertilizer management on yield and yield components of three cultivars of rice. Proceeding of 9th Congress of Agronomy and Plant Breeding

Khan, W., Printhviraj, B. and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160:485-492.

Khan, M.B., Hussain, N. and Iqbal, M.(2007)."Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS202"J of Res. Sci., 12,15 pp 18.

Kang, G., C. Wang, G. Sun and Z. Wang. 2003. Salicylic acid changes activities of H2O2-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environ. Exp.Bot., 50: Pp. 9-15.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.

Korte, L.L., Williams, J.H. Specht T.E. and Sorensen. R.C. (1993). Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. Crop Sci. 28:521-530.

70-Kumar, P., Dube, S. D. and Chauhan, V. S. 1999.Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (Glycine max L. Merrill). Int. J. Plant Physiol. 4: 327-330.

Kumar, P., Lakshmi, N.J. and Mani, V.P. 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean. Physiol. Mol. Biol. Plant. 6:179-186.

Khodabandeh, n.1991. Cereal crops.Tehran University Pres.

Lampe K (1995) Rice research: Food for billion people. Ann. Rev. Plant hysiological P. 235.

Lopez, P., Sa´nchez, A.C., Vercet, A., and Burgos, J.(1997)."Thermal resistance of tomatopolygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH"Zeitschriftfur lebensmitteluntersuchungund –forschung., 204, 146 pp 150

Lopez, M., Humara, J.M., Casares, A. and Majada, J. 1999. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of eucalyptus globulus labill.Seeds of different sizes.INRA.EDP Sciences.57: 245- 250.

Larqué, S.A. 1979. Stomatal closure in response to acetalsalicylic acid treatment. Z. Pflanzenphysiol, 93:371–5

Majd, A., Maddah, S. M., Fallahian, F., Sabaghpour, S. H. and Chalabian, F. 2006. Comparative study of the effect of salicylic acid on yield, yield components and resistance of two susceptible and resistant chickpea cultivars to *Ascochyta rabiei.* Iranian Journal of Biology

Mason, T.J., and Lorimer, J.P. 2002. Applied sonochemistry. The uses of power ultrasound in chemistry and processing, 1-48.

Matsui, T., Omasa, K., Horie, T. 2001. Comparison between anthers of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars with tolerance to temperatures at flowering or susceptibility. Plant Prod. Sci., 4: 36-40.

Mizrach, A., Galili, N., Ganmor, S., Flitsanov,U., and Prigozin, I.(1996)."Models of ultrasonic parametersto assess avocado properties and shelf life"Journal of Agricultural Engineering Research., 65, 261 pp 267.

Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H. and Sadeghian, S.Y.(2005). Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugarbeet genotypes. Turkish"J. Bot., 29,357 pp 368.

Mason, T. J. (2003). Sonochemistry and sonoprocessing: the link, the trends and (probably) the future. Ultrasonics Sonochemistry, 10: 175-179.

Mieles, C. A., Morley, M. J. and Rendell, M. (1999). High power ultrasonic thawing of frozen foods. Journal of Food Engineering, 39: 151-159.

Nakata, Y., Ueno, M., Kihara, J., Ichii, M., Taketa, S. and Arase, S. 2005. Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake deficient mutant. Crop Protection. 27:865-868

Ntanos, D.A., and Koutrobas, S.D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Res. 74: 93-101.

Pietruszewski, S. and Kornarzyński, K. 1999. Magnetic biostimulation of wheat seeds. International Agrophysics, 13(4):497-501.

Pietruszewski, S., and Kania, K. 2010. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. International Agrophysics, 24: 297-302.

Podleœny, J., Misiak, L.E., Podleœna, A., and Pietruszewski, S. 2005. Concentration of free radicals in pea seeds after pre-sowing treatment with magnetic field. International Agrophysics, 19: 243-249.

Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. 1997. Salicylic acid:properties , biosynthesis and physiological role. Rev.Plant Physiol,85-93.

Popova, L.P., Maslenkova. L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P., Szalai, G. and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant PhysiolBiochem, 47: 224–231.

Rasheed, M.S., H.A. Sadaqat and M. Babar. 2002. correlation and path co-efficient analysis for yield and its components in rice (Oryza sativa L.). Asian. J. Plant sci.3:241-244.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol.

Serraj R and Sinclair TR. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environ 25: 333–341.

Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., and Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. Adv. Agron. 93:153-255.

Schmidt, P., Rosenfeld, E., Millner, R., and Schellenberger, A. (**1987**)**.**"Effects of ultrasound on thecatalytic activity of matrix-bound glucoamylase"Ultrasonics.,25, 295 pp 299.

Sairam,R., Tyagi, A., 2004, Physiology and molecoular biology of salinity stress tolerance in plants, Current science, Vol. 86, No. 3.

Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2002. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce
multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant, Growth Regulation 30: 157-161.

Shakirova, F.M., Shakhbutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdionova, R.A., Fatkhutdionova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seed ling induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci, 164, 317-322.

Shimomura, S. (**1990**)**.**"The effects of ultrasonic irradiation on sprouting radish seed" Ultrasonic Symposium Proceedings.,3,1665 pp 1667.

Shi, Q. and Zhu, Z. 2008. Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. Environ. Exp. Bot.63: 317-320.

Singh, S.H. (**2007**)**.**"Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars"Agron. J., 99,1219 pp 1225

Smith, P.K., Krohn, R.I., Hermanson, G.T., Mallia, A.K., Gartner, F.H., Provenzano, M.D., Fujimoto, E.K., Goeke, N.M., Olson, B.J., Klenk, D.C. (1985)."Measurement of protein using bicinchoninic acid"Analytical Biochemistry., 150, 70 pp 76.

Sticher, L., Mauchmani, B. and Metraux, J.P. 1997. Systemic acquired resistance. Annu.Rev. Phyto pathol.35: 235- 270.

Stocker, O. 1996. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency.Agron. J. 65: 63- 74. .

Suslick, K.S., (Ed.).(**1988**)**.**"Ultrasound: Its physical, chemical and biological effects"VCH, NewYork.

Tardieu, F., Zhang, J., Katergi, N., Bethenod, O., Palmen, S. and Davies, W.J. 1992. Xylem ABA controls the stomatal conductance of field grown maize subjected to soil compaction on soil drying. Plant Cell Environ. 15: 193- 197.

Tao, L. 2008. Effects of high-temperature stress on flowering and grain-setting characteristics of
Guodao. Acta Agronomica Sinica, 34: 609-674.

Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgas, D., 2008, The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants, Environmental and experimental botany, 62: 1-9.

Vasilevski,G. 2003. Perspectives of the applicatoion of biophysical methods in sustainable Agriculture. Bulg.J. Plant physiol., Special ISSUE, 179-186.

Wang. X., B. Wang , Y. Jia, Ch. Duan and S. Akio.(**2002**)**.**"Effect of sound wave on thesynthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum"Colloids and surfaces B: Biointerfaces., 29, 99 pp 102.

Watanabe, T., Kume, T.2009. A general adaptation strategy for climate change impacts on paddy cultivation: special reference to the Japanese context. Paddy and Water Environment 7: 313-320.

Zand, A., Koocheki, A., and Nassiri Mohallati, M. 2003. Canopy structure changes in some iranian breed wheat. Agricultural Science, 13: 4. 13-26.

Yamaguchi-Shinozaki, K., Kasuga , M. and Liu, Q. 2002. Biological mechanisms of drought stress response. JIRCAS Japan Inter. Res. Center for Agricc. Sci., Working Reports PP.

Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., and Tabatabaie.T.(2008)."Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barely seed: optimization of method by the Taguchi approach"The Institute of Brewing and Distilling.

Umar khan, M. 2002. Yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) as affected by different levels and methods of zinc application. Thesis of doctor philosophy. Gomal University, D.I. khan Pakistan. 256p.

Yoshida, S. 1981. Fundamental of rice crop science. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines, 269p.

Abstract

Heat stress is one of the decreasing factors of rice yield. The aim of this experiment was presenting the probability of heat stress occurrence, and investigating the possibility of diminishing the harmful effects of heat stress on rice by ultrasonication and salicylic acid. The experiment was as Spielit Plot based on randomizad complete block design with 3 replications carried out in Aliabad Katoul. Treatments were ultrasonication duration at four levels of control (no irradiation), 3, 6 and 9 minutes at a frequency of 42 kHz and foliar application of salicylic acid at three levels of control, spraying with concentration of one mM at 4-leaf stage, and spraying with concentration of of one mM at 4-leaf and flowering stages. The results indicated that rice faces heat stress. Generally, all traits including acticity of antioxidant enzymes ascorbate peroxidase and superoxide dismutase and rough rice yield were significantly affected by interaction of ultra sonication and salicylic acid.

Keywords: Ascorbic acid peroxidase enzyme, Superoxide dismutase enzyme, tillering.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

Effect of Ultrasonic Waves and Salicylic Acid on Growth and Yield of Rice (*Oriza sativa*)

By: Hamid Reza Akbari Nodeh

Supervisor:
Dr. Manoghehr Gholipoor

Advisors:
Dr. Hamid Reza Abbasdokht
Dr. Mahdi Baradaran Firoozabady

June 2017