





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

برهمکنش امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید بر روی لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش

خشکی

مهسا جمشیدی

استاد راهنما:

دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور:

دکتر مهدی برادران فیروز آبادی

دکتر حمیدرضا صمدلویی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۴



تقدیم با عشق به

پروردگارم، آفریننده خوبی‌ها و

آستان پرمهر و محبت پدر و مادر دلسوزم و خواهر مهربانم

که پیوسته رفیق راهم بوده‌اند و شوق علم‌اندوزی و امید را، همواره در وجودم زنده نگه داشته‌اند.

## تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدایی را که ذات او عین هستی است و هستی او مهر علم و نور است. درود خالقی را که به من توفیق داد تا در زمره پویندگان علم و معرفت باشم. باشد که این مجموعه هرچند ناچیز، قطره ای بر دریای بیکران علم بیفزاید. بی شک انجام این تحقیق بدون راهنمایی های بزرگوارانی که در طی مسیر مرا یاری نمودند، میسر نبود. در این راه خود را مدیون اساتید گرانقدری می دانم که علم و اخلاق را به من آموختند.

درابتدا از استاد بزرگوارم جناب آقای منوچهر قلی پور که با دلگرمی ها و تشویق هایشان همواره چراغ راه من بوده اند، سپاسگزار و متشکرم. همچنین از جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و جناب آقای دکتر حمیدرضا صمدلویی که زحمت راهنمایی و مشاوره این پروژه را کشیدند بسیار متشکرم. همچنین از جناب آقای دکتر حسن مکاریان و جناب آقای دکتر حمید عباس دخت نیز برای قبول زحمت داوری و تصحیح این پایان نامه بسیار سپاسگزارم. درنهایت از کلیه دوستانی که هریک به نوعی با همدلی و همکاری یاریم دادند، تشکر می کنم و برایشان بهترین آرزوها را دارم.

مهسا جمشیدی ۱۳۹۴

## تعهد نامه

اینجانب مهسا جمشیدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی گرایش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه برهمکنش امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید بر روی لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی تحت راهنمایی دکتر منوچهر قلی پور متعهد می شوم.

- 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 از پایان 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 ۱۳۹۴/۱۱/۲۰

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. 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 نمی باشد.

## چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis L.*) در شرایط تنش خشکی، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۳ به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک در سه سطح شاهد (عدم پرتودهی)، ۴ دقیقه و ۸ دقیقه، محلول پاشی سالیسیلیک اسید در دو سطح شاهد (عدم محلول پاشی) و محلول پاشی با غلظت یک میلی مولار یک هفته بعد از گلدهی و یک هفته بعد از خمیری شدن دانه و اعمال تنش خشکی در دو سطح شاهد (آبیاری کامل) و قطع آبیاری از گلدهی به بعد می باشد. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید، وزن خشک غلاف، تعداد غلاف و دانه، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوای نسبی آب برگ، رنگیزه های فتوسنتزی و پروتئین دانه را به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. امواج آلتراسونیک موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی، تعداد غلاف و دانه، تعداد گره، سطح برگ، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل برگ و پروتئین دانه در مقایسه با شاهد شد. همچنین غالب صفات به طور منفی از تنش خشکی تأثیر پذیرفتند. در این آزمایش مشخص شد کاربرد سالیسیلیک اسید و همچنین پرتودهی ۴ دقیقه امواج آلتراسونیک به منظور افزایش و بهبود رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی مفید می باشد.

کلمات کلیدی: پرتودهی، سالیسیلیک اسید، تنش، لوبیا

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه.....
۷	فصل دوم: بررسی منابع.....
۸	۱-۲- حبوبات.....
۸	۱-۱-۲- اهمیت تغذیه‌ای و بیولوژیکی.....
۸	۲-۱-۲- فیزیولوژی رشد و نمو.....
۸	۲-۲- لوبیا چشم‌بلبلی.....
۹	۳-۲- منشأ و انواع لوبیا چشم‌بلبلی.....
۹	۴-۲- گیاهشناسی.....
۱۰	۵-۲- سازگاری.....
۱۰	۶-۲- نیاز غذایی.....
۱۱	۷-۲- عملیات زراعی.....
۱۱	۱-۷-۲- آماده سازی زمین.....
۱۱	۲-۷-۲- کاشت.....
۱۱	۳-۷-۲- داشت.....
۱۲	۴-۷-۲- برداشت.....
۱۲	۸-۲- امواج صوتی.....
۱۲	۹-۲- امواج آلتراسونیک (Ultrasound).....
۱۳	۱۰-۲- ایجاد و نمایاندن امواج آلتراسونیک.....
۱۴	۱۱-۲- امواج آلتراسونیک و تعیین کیفیت.....
۱۵	۱۲-۲- کاربردهای امواج آلتراسونیک.....
۱۵	۱-۱۲-۲- کاربردهای صنعتی.....
۱۵	۲-۱۲-۲- کاربردهای امنیتی.....
۱۶	۳-۱۲-۲- رادار.....
۱۶	۴-۱۲-۲- کاربردهای پزشکی و سونوگرافی.....



- ۱۶-۲-۱۲-۵- کاربرد در صنایع غذایی.....
- ۱۶-۲-۱۲-۵-۱- کاربرد امواج آلتراسونیک قوی در صنایع غذایی.....
- ۱۶-۲-۱۲-۵-۱-۱- غیر فعال سازی میکروبی با استفاده از آلتراسونیک.....
- ۱۷-۲-۱۲-۵-۲- آلودگی زدایی آب.....
- ۱۸-۲-۱۲-۵-۳- هضم مواد.....
- ۱۹-۲-۱۲-۵-۴- استخراج مواد.....
- ۱۹-۲-۱۲-۵-۵- رفع انجماد مواد غذایی منجمد.....
- ۲۰-۲-۱۲-۵-۶- خشک کردن مواد غذایی.....
- ۲۰-۲-۱۲-۵-۲- کاربرد امواج آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی.....
- ۲۲-۲-۱۲-۶- کاربرد های کشاورزی.....
- ۲۲-۲-۱۳- ضرورت استفاده از آلتراسونیک در کشاورزی.....
- ۲۲-۲-۱۴- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج آلتراسونیک.....
- ۲۴-۲-۱۵- اثر مخرب امواج آلتراسونیک بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی.....
- ۲۵-۲-۱۶- تنش های محیطی.....
- ۲۶-۲-۱۷- تنش خشکی.....
- ۲۸-۲-۱۸- واکنش گیاهان به تنش خشکی.....
- ۳۰-۲-۱۹- تأثیر تنش خشکی بر فرایندهای رشدی گیاه.....
- ۳۰-۲-۱۹-۱- جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه.....
- ۳۰-۲-۱۹-۲- برگ.....
- ۳۱-۲-۱۹-۳- کلروفیل و فتوسنتز.....
- ۳۲-۲-۱۹-۴- گل دهی و عملکرد دانه.....
- ۳۴-۲-۱۹-۵- تاثیر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک.....
- ۳۵-۲-۱۹-۶- تاثیر تنش خشکی بر پروتئین دانه.....
- ۳۶-۲-۲۰- اسید سالیسیلیک.....
- ۳۸-۲-۲۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید.....
- ۳۹-۲-۲۲- نقش سیگنالی سالیسیلیک اسید.....
- ۳۹-۲-۲۳- محلول پاشی.....

۴۱	۲-۲۴- اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و تولید.....
۴۲	۳-۲۵- اثر کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و روابط آبی.....
۴۲	۳-۲۶- اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان در شرایط تنش خشکی.....
۴۳	فصل سوم: مواد و روش ها.....
۴۴	۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش.....
۴۴	۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش.....
۴۴	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی.....
۴۵	۳-۴- عملیات اجرایی.....
۴۵	۳-۴-۱- آماده سازی زمین.....
۴۶	۳-۴-۲- پرتودهی بذور.....
۴۶	۳-۴-۳- کاشت.....
۴۶	۳-۴-۴- داشت.....
۴۶	۳-۴-۵- اعمال تیمارها.....
۴۷	۳-۴-۶- نمونه برداری.....
۴۷	۳-۴-۷- برداشت.....
۴۷	۳-۴-۸- اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک.....
۴۷	۳-۴-۸-۱- طول ساقه و تعداد شاخه های فرعی.....
۴۷	۳-۴-۸-۲- وزن خشک برگ، ساقه، غلاف، دانه.....
۴۸	۳-۴-۸-۳- شاخص سطح برگ.....
۴۸	۳-۴-۸-۴- عملکرد و اجزای عملکرد.....
۴۸	۳-۴-۹- صفات فیزیولوژیک و کیفی.....
۴۸	۳-۴-۹-۱- محتوی نسبی آب برگ (RWC).....
۴۹	۳-۴-۹-۲- میزان کلروفیل و کاروتنوئید.....
۵۰	۳-۴-۹-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه.....
۵۱	۳-۴-۱۰- تجزیه و تحلیل داده ها.....
۵۳	فصل چهارم: نتایج و بحث.....
۵۴	۴-۱- صفات مورفولوژیک.....

۵۴	۱-۱-۴ ارتفاع ساقه.....
۵۵	۲-۱-۴ تعداد شاخه های فرعی.....
۵۷	۳-۱-۴ فاصله اولین غلاف از سطح خاک.....
۵۹	۴-۱-۴ شاخص سطح برگ.....
۶۱	۵-۱-۴ وزن خشک برگ.....
۶۳	۶-۱-۴ وزن خشک ساقه.....
۶۴	۷-۱-۴ وزن خشک غلاف.....
۶۶	۸-۱-۴ تعداد غلاف در بوته.....
۶۸	۹-۱-۴ تعداد دانه در بوته.....
۶۹	۱۰-۱-۴ تعداد گره.....
۷۱	۱۱-۱-۴ وزن صد دانه.....
۷۲	۱۲-۱-۴ عملکرد دانه.....
۷۴	۱۳-۱-۴ عملکرد بیولوژیک.....
۷۷	۲-۴ صفات فیزیولوژیک.....
۷۷	۱-۲-۴ محتوای نسبی آب برگ ( RWC ).....
۷۹	۲-۲-۴ کلروفیل برگ (اسپد).....
۸۱	۳-۲-۴ کلروفیل a.....
۸۳	۴-۲-۴ کلروفیل b.....
۸۶	۵-۲-۴ کاروتنوئید.....
۸۸	۳-۴ صفات کیفی.....
۸۸	۱-۳-۴ پروتئین دانه.....
۹۰	نتیجه گیری کلی.....
۹۱	پیشنهادات.....
۹۲	منابع.....

شکل ۱-۲- تشخیص ترک های داخلی پنیر با استفاده از آلتراسونیک.....	۲۱
شکل ۲-۲- ساختار مولکولی سالیسیلیک اسید .....	۳۹
شکل ۱-۳- نقشه کاشت طرح آزمایشی .....	۴۵
شکل ۱-۴- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۵۵
شکل ۲-۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه های فرعی لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی.....	۵۶
شکل ۳-۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۵۸
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و امواج آلتراسونیک.....	۵۸
شکل ۵-۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۶۰
شکل ۶-۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی.....	۶۱
شکل ۷-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۶۲
شکل ۸-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی.....	۶۳
شکل ۹-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی.....	۶۴
شکل ۱۰-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی.....	۶۵
شکل ۱۱-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۶۶
شکل ۱۲-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید.....	۶۶
شکل ۱۳-۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف لوبیا چشم بلبلی در بوته تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۶۸
شکل ۱۴-۴- مقایسه میانگین تعداد دانه لوبیا چشم بلبلی در بوته تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۶۹
شکل ۱۵-۴- مقایسه میانگین تعداد گره در ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.....	۷۰

- شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد گره لوبیا چشم بلبلی در مترمربع تحت سطوح مختلف تنش خشکی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۷۱
- شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۷۲
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش خشکی..... ۷۴
- شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۷۶
- شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک.. ۷۶
- شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۷۶
- شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۷۸
- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۷۹
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۸۰
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک..... ۸۰
- شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۸۱
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۸۳
- شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۸۳
- شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۸۵
- شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک..... ۸۵
- شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۸۶
- شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی..... ۸۷
- شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید..... ۸۷
- شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک..... ۸۹

## فهرست جداول

صفحه	جداول
..... ۵۵	جدول ۴-۱- میانگین مربعات ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۵۶	جدول ۴-۲- میانگین مربعات تعداد شاخه های فرعی لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۵۷	جدول ۴-۳- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۰	جدول ۴-۴- میانگین مربعات شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۲	جدول ۴-۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۳	جدول ۴-۶- میانگین مربعات وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۵	جدول ۴-۷- میانگین مربعات وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۷	جدول ۴-۸- میانگین مربعات تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۶۹	جدول ۴-۹- میانگین مربعات تعداد دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۷۰	جدول ۴-۱۰- میانگین مربعات تعداد گره لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۷۲	جدول ۴-۱۱- میانگین مربعات وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۷۴	جدول ۴-۱۲- میانگین مربعات عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....
..... ۷۵	جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی.....

- جدول ۴-۱۴- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۷۸
- جدول ۴-۱۵- میانگین مربعات کلروفیل برگ (عدد SPAD) لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۸۰
- جدول ۴-۱۶- میانگین مربعات کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۸۲
- جدول ۴-۱۷- میانگین مربعات کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۸۵
- جدول ۴-۱۸- میانگین مربعات کاروتنوئید در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۸۷
- جدول ۴-۱۹- میانگین مربعات پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی ..... ۸۹





# فصل اول : مقدمه

به واسطه افزایش روز افزون جمعیت کره زمین پیش‌بینی‌ها حاکی از آن هستند که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت به بیش از ۹ میلیارد نفر خواهد رسید. با در نظر گرفتن این نکته که در چند دهه گذشته، سطح اراضی مورد استفاده برای تولید غذا به مقدار بسیار ناچیزی افزایش یافته است و حتی در بعضی نقاط جهان به دلیل گسترش شهرسازی، شاهد کاهش اراضی زراعی بوده‌ایم، لذا ظرفیت تولید غذا پیوسته رو به کاهش است و به زودی قادر به رقابت کردن با رشد سریع جمعیت نخواهد بود (شاویو، ۲۰۰۰؛ دروسا و همکاران، ۲۰۱۰). از دیدگاه کارشناسان تولیدات کشاورزی، افزایش تولید غذا تنها راه حل مشکل گرسنگی است و به ویژه در کشورهای در حال توسعه باید سرمایه‌گذاری بیشتری در امر تولید غذا صورت گیرد. چنانچه قرار باشد عرضه ی غذا به صورت کنونی انجام شود، این کشورها می‌بایست طی ۳۰ سال آینده دست کم ۶۰ درصد به تولیدات کشاورزی خود بیفزایند (فائو، ۱۹۹۲) و روی هم رفته در سطح جهانی طی ۲۰ سال آینده تولید غذا باید دو برابر شود (فائو، ۲۰۰۶). از طرف دیگر نیاز بشر به انرژی به طور متوسط روزانه معادل ۲۸۰۰ کالری است. در کشورهای توسعه یافته مصرف روزانه کالری ۳۵۰۰ و در کشورهای جهان سوم این میزان به ۲۲۰۰ کالری برای هر فرد کاهش می‌یابد (مجنون حسینی، ۱۳۷۲). کمبود پروتئین نیز در تغذیه میلیون‌ها نفر انسان در کشورهای در حال توسعه امروزه یکی از مشکلات حاد تغذیه‌ای محسوب می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۷۲؛ پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهد. ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد. مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نماید. در کشورهای فقیر و پر جمعیت نظیر هندوستان، با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم نقش مهمی در تغذیه مردم کم درآمد ایفا می‌کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات غیر از ارزش غذایی خود دارای اهمیت خاص از نظر اکوسیستم‌های کشاورزی

می باشند و آن قابلیت تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی باکتری ها می باشد و باعث حاصلخیزی خاک های فقیر می شوند. لوبیا چشم بلبلی یکی از حبوبات ارزشمندی است که از نظر سطح زیر کشت در جهان مقام اول را دارا است (کوچکی و بنایان، ۱۳۸۶) و علاوه بر دارا بودن همه محاسن این گروه از گیاهان زراعی از نظر غذایی نیز به واسطه دارا بودن اسید فولیک فراوان و عوامل نفخ زای کمتر نسبت به سایر حبوبات متمایز می باشد. معمولاً این محصول بصورت تازه خوری و سبز و دانه در تغذیه انسان و علوفه (قصیل) در تغذیه دام و کود سبز و گیاه پوششی در حاصلخیزی خاک اهمیت دارد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

خشکسالی یک مشکل جهانی است که به طور جدی بر تولید با توجه به افزایش جمعیت و تغییرات جهانی وضعیت آب و هوایی موثر است. از طرفی نیاز شدید به تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد و ایجاد امنیت غذایی ایجاب می کند که در حد امکان میزان تولیدات کشاورزی در کشور افزایش یابد. لذا برای تحقق این مسأله نیاز به برنامه ریزی دقیق جهت استفاده بهینه از منابع آب موجود به ویژه در بخش کشاورزی به عنوان عمده ترین بخش مصرف منابع آب کشور، احساس می گردد (محمدیان، ۱۳۸۰).

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته به وسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تاثیر قرار می گیرند. بعضی از عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می کنند (عزیزی نیا و همکاران، ۲۰۰۵). تنش رطوبتی جزء تنش های عمومی می باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان زراعی می گذارد (بلوم، ۲۰۰۵). تنش کم آبی به طور مستقیم می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد و به طور غیر مستقیم، ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه ها را که به علت تنش آب بسته شده اند، کاهش دهد. همچنین انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می گیرد و موجب اشباع برگ ها از این مواد می گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (کوچکی، ۱۳۸۶). تنش کم آبی سبب ایجاد واکنش های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در

گیاهان می‌شود (پاتنگول و مادورو، ۱۹۹۹). تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرند و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

از امواج آلتراسونیک برای آزمون فلزات استفاده می‌شود. به طوری که این امواج با فرکانس بالا و دامنه کم به داخل قطعه فرستاده می‌شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می‌شوند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می‌توان به مشخصه‌های این گسستگی پی برد. از کاربردهای دیگر این امواج می‌توان به تشخیص صدمات فیزیکی وارد شده به بذر اشاره نمود. مکانیسم اثر امواج آلتراسونیک با فرکانس پایین به طور کلی به علت ایجاد حباب‌های بسیار ریزی است که در اثر انقباض و انبساط لحظه‌ای و نقطه‌ای ناشی از حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می‌شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه دما به ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و فشار تا  $10^4 \times 5$  کیلوپاسکال افزایش می‌یابد). این وضعیت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی مولکول‌های مجاور می‌شود. امواج آلتراسونیک به راحتی از بافت‌های نرم و مایعات عبور می‌کند. با استفاده از گسیل یک دسته پرتو در محدوده امواج آلتراسونیک پس از برخورد با مرزهای میان بافت‌ها به علت اختلاف امپدانس اکوستیکی آنها قسمتی از آنها بازتابیده می‌شود. براساس نیاز برای حصول تصاویر با وضوح بالاتر از امواج با فرکانس بیشتر از ۶ تا ۱۰ مگاهرتز استفاده می‌شود. درحالی‌که برای به دست آوردن عمق نفوذ بیشتر در بافت لازم است که از امواج با فرکانس کمتر، ۰/۵ تا ۳ مگاهرتز استفاده شود (هدریک و همکاران، ۲۰۰۵). درمورد عبور امواج آلتراسونیک از اجسام سخت به دلیل میزان زیاد جذب موج در داخل این اجسام و همچنین انعکاس بخش بزرگی از سیگنال از مرز جسم نرم و سخت، استفاده از روش آلتراسونیک خالی از اشکال نیست. به عنوان مثال در استفاده از امواج آلتراسونیک برای تشخیص صدمات فیزیکی وارد شده به بذر از فرکانس بالای این امواج استفاده می‌شود. یکی از

امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص صدمات جزئی می باشد. امواج آلتراسونیک به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله کشاورزی و صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن به عنوان "کمک فرایند"، همراه با سایر فرایندهای فراوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. مثلاً از امواج آلتراسونیک برای حذف قلیا در فرایند خشک کردن انگور و تهیه کشمش استفاده می شود. کاربرد امواج آلتراسونیک در صنعت و علوم پزشکی به عنوان یک روش موفقیت آمیز و کم هزینه اثبات شده است. به عنوان مثال می توان از کاربردهای فراوان این تکنیک در صنعت به تشخیص عیوب درونی از قبیل حفره های هوا در جوشکاری و در علوم پزشکی برای تشخیص بافت های طبیعی، غیرطبیعی و شرایط رشد جنین قبل از تولد نام برد. کاربرد امواج آلتراسونیک در تعیین خصوصیات کیفی محصولات کشاورزی و دامی به دلیل غیرتخریبی و کم هزینه بودن این روش اهمیت فوق العاده دارد. 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 می شود، 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 گالیلی، ۱۹۹۶). استفاده از امواج آلتراسونیک به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش شناخته می شود (مسکوک و مرتضوی، ۱۳۸۶). کاربرد این امواج در عصاره گیری، هیچ گونه افت احتمالی در ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز ایجاد نکرده است (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکارید ها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را توانسته اند با استفاده از امواج آلتراسونیک در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا استخراج نمایند (ویلخ و ماوسون، ۲۰۰۷). تیمار آلتراسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰). تیمار بذور جو با امواج آلتراسونیک هیچ تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم

آلفاآمپلاز نداشته و در مقابل آن را بیشتر نموده است (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۷). بذر تربچه تیمار شده با امواج آلتراسونیک نسبت به شاهد از سرعت جوانه زنی بالاتر و افزایش ۱۳ تا ۱۶ درصدی طول ریشه چه برخوردار بوده است (شیمومورا، ۱۹۹۰). در پژوهشی دیده شد که 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).

افزایش مقاومت به تنش های غیر زیستی در برخی گیاهان، از طریق کاربرد خارجی ترکیبات آلی گوناگون صورت می گیرد. این ترکیبات می توانند موجب حفاظت از گیاه در برابر عوامل محیطی تنش زا شده و موجب افزایش محصول شوند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). در این تحقیق از اسید سالیسیلیک به عنوان یکی از این ترکیبات استفاده شده و تلاش شده تاثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی صفات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار گیرد.

#### اهداف در نظر گرفته شده برای این پژوهش به شرح زیر می باشد:

- ۱- بررسی تاثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر برخی صفات کمی، کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه لوبیا چشم بلبلی
- ۲- بررسی تاثیر زمان های مختلف امواج آلتراسونیک بر برخی خصوصیات کیفی و زراعی لوبیا چشم بلبلی
- ۳- بررسی تأثیر کاربرد توأم محلول پاشی سالیسیلیک اسید و امواج آلتراسونیک بر عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی

# فصل دوم: بررسی منابع

## ۲-۱- حبوبات

### ۲-۱-۱- اهمیت تغذیه‌ای و بیولوژیکی

حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌روند. دانه حبوبات با دارا بودن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی انسان اهمیت بسیار دارند. ارزش بیولوژیکی حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالاست. دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین، ریبولوین (پیش‌ماده ویتامین آ)، اسیدآسکوربیک (ویتامین ث) و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی بدن و برطرف کردن ضعف و سستی اعصاب مردم شهرنشین مؤثر هستند.

### ۲-۱-۲- فیزیولوژی رشد و نمو

به طور کلی در حبوبات رشد و نمو به چهار مرحله جوانه‌زنی، رشد رویشی، گل‌دهی و غلاف‌بندی و رسیدگی نهایی، تقسیم می‌شود. جوانه‌زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه است و رشد رویشی شامل شاخه‌دهی و توسعه کانوپی است. گل‌دهی در اغلب حبوبات فرآیندی پیوسته است که تا مرحله نمو غلاف ادامه دارد. در این گیاهان که گل‌دهی آن‌ها از نوع نامحدود رشد می‌باشد، رشد رویشی حتی در هنگام گل‌دهی و نمو غلاف ادامه می‌یابد و رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توأم است. مدت زمان هر یک از مراحل فنولوژیکی بسته به رقم، فتوپریود، دما و آب قابل دسترس متفاوت است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

### ۲-۲- لوبیا چشم‌بلبلی

لوبیا چشم‌بلبلی با نام علمی *Vigna sinensis L.* گیاهی از خانواده لگومینوز و زیرخانواده پروانه آسا می‌باشد (بنچیرلی، ۱۹۹۷). از سازگارترین، متنوع‌ترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می‌رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیر جهان کشت و کار می‌شود. دانه خشک این گیاه



محتوی ۲۲/۴ درصد پروتئین، ۱/۸ درصد چربی و ۶۰/۳ درصد کربوهیدرات است (مجنون حسینی ۱۳۷۲). همچنین منبع غنی از کلسیم و آهن می باشد. ترکیبات غذایی دانه لوبیا چشم بلبلی و لوبیای معمولی مشابه است، اما لوبیا چشم بلبلی اسید فولیک و عوامل تولید نفخ بیشتری دارد. ارزش علوفه لوبیا چشم بلبلی با یونجه قابل مقایسه است (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

### ۲-۳- منشأ و انواع لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی زراعی *Vigna unguiculata (L) Walp.* عضو *Vigna* است از شش زیرجنس *Vigna* (یعنی *Catajang*) که شامل فقط یک گونه دیگر *V. nervosa* است. این گونه به چهار زیرگونه زراعی *Ungulculata*, *Biflora*, *Seguipedali*, *Texfilis* تقسیم شده است. فرم های وحشی آن در سطح کل مناطق حاره آفریقا و ماداگاسکار پراکنده شده اند اما در آسیا دیده نشده اند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

### ۲-۴- گیاهشناسی

لوبیا چشم بلبلی معمولی یا *Cherry bean* گیاهی علفی، یکساله با رشد کم، بوته ای، نیمه بالارونده یا پیچک دار است. بوته تقریباً صاف و بدون کرک می باشند. ریشه مستقیم به طول ۶۰ تا ۸۰ سانتی متر و ریشه های جانبی کاملاً توسعه یافته دارد. گرهک های روی ریشه آن بزرگ و کروی است که معمولاً به صورت گروهی روی ریشه قرار می گیرند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). ساقه به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی متر، به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی متر و مقطع ساقه کم و بیش چهارگوش، کمی راه راه با گره های اغلب بنفش رنگ بوده و گوشواره ها برجسته و بیضوی هستند. برگ ها متناوب، سه برگچه ای و با دمبرگی به طول ۲۵-۵ سانتی متر است که دو برگچه اولیه متقابل، غیرمتقارن و برگچه انتهایی بیضوی، متقارن گاهی دارای بریدگی های کم عمق می باشد. گل آذین محوری و با چندین گل مجتمع نزدیک انتها می باشد. در جام گل، گلبرگ راست و پهن بوده و به طول ۲-۳ سانتی متر است. گل ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می شوند. پرچم ها چسبیده (بدون پایه) و کمی کرک دار می باشد. غلاف ها استوانه ای، آویزان، خطی و نسبتاً طویل (طول ۳۰-۱۰ سانتی متر) که به سادگی

شکفته می شوند. در هر بوته تا حدود ۵۰ غلاف تشکیل می شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). در هر غلاف ممکن است تا ۱۶ بذر به طول ۰/۶ تا ۰/۹ سانتی متر به شکل بیضی، گرد، لوزی یا قلوهای با زخم ۷ شکل در انتها (ناف بذر) وجود داشته باشد. رنگ ناف یا چشم در ارقام لوبیا چشم بلبلی قرمز، قهوه‌ای روشن یا سیاه است. لپه ها سفید تا سفید مایل به زرد است. جوانه زنی لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی جیل است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

## ۲-۵- سازگاری

لوبیا چشم بلبلی سازگاری خوبی به دمای بالا و خشکی دارد. مناسب ترین دمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۹ درجه سانتی گراد است. حداقل دمای هوا برای جوانه زدن لوبیا چشم بلبلی ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی گراد می باشد و در دمای بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی گراد دارای بهترین شرایط رشد و نمو خواهد بود.

## ۲-۶- نیاز غذایی

بررسی های متعدد جهت مشاهده عکس العمل گیاه لوبیا به مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی پرمصرف و کم مصرف انجام شده است. این گیاه حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک در خود جمع می کند که بخش عمده ی آن توسط باکتری های تثبیت کننده ی نیتروژن تأمین می شود. لذا مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن) با توجه به نوع خاک و مقدار ماده آلی و نیتروژن آن، جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم است. در مواقعی که خاک از لحاظ میزان مواد آلی و نیتروژن بسیار فقیر باشد تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیز توصیه شده است. اغلب عناصر غذایی برای گیاه در محدوده اسیدیته ۶/۵ تا ۷ که اسیدیته مناسب جهت کشت لوبیا است، قابل جذب می باشند. در بین گیاهان زراعی، لوبیا بیش از سایرین به مصرف عناصر

کم مصرف واکنش نشان می دهد. کمبود عناصری مانند روی، بر، آهن، مولیبدن و مس موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه و سبب کاهش عملکرد آن می شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

## ۲-۷- عملیات زراعی

### ۲-۷-۱- آماده سازی زمین

آماده سازی مناسب زمین شرط لازم برای یک برداشت خوب است. بستر کاشت بایستی به گونه ای فراهم شود که جوانه زنی و سبز شدن بذر به سهولت انجام پذیرد و ریشه ها بتوانند به آسانی رشد و آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود را از خاک جذب نمایند. معمولاً شخم پاییزه بر شخم بهاره ترجیح داده می شود. زیرا آب بیشتری در این شرایط ذخیره می شود و یخ آب حاصل، کلوخه ها را خرد می کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

### ۲-۷-۲- کاشت

معمولاً موقع کاشت، فاصله بذور را از یکدیگر ۵ تا ۶ سانتی متر در نظر می گیرند. بذره های لوبیا چشم بلبلی برای جوانه زدن حدود ۲۶ الی ۸۳ درصد وزن خود آب جذب می کنند (کوچکی، ۱۳۷۷). مقدار آب مورد نیاز گیاه و تعداد دفعات آبیاری به جنس زمین و آب و هوای منطقه کشت بستگی دارد. معمولاً پس از سبز شدن این گیاه با دور آبیاری ۷ تا ۱۰ روز یک بار مزرعه را آبیاری و این آبیاری تا هنگام زرد شدن غلاف ها ادامه می یابد (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷). در مناطقی که زمستان سردی دارند کاشت باید در بهار انجام گیرد و درجه حرارت به ۱۳-۱۴ درجه سانتی گراد رسیده باشد.

### ۲-۷-۳- داشت

پس از استقرار کامل گیاه و در مرحله ۳ تا ۴ برگی باید اقدام به حذف بوته های اضافی کرد تا تراکم مطلوب حاصل شود. در گیاه لوبیا چشم بلبلی طی دوره رشد، دور آبیاری ۷ تا ۱۰ روز مناسب است. وجود شرایط خشک در مراحل اولیه رشد سبب کاهش عملکرد آن می شود. این گیاه بیشترین نیاز آبی را طی مراحل اولیه رشد گیاهچه، گل دهی و پر شدن غلاف دارد. آخرین آبیاری باید در زمان

رسیدن تمام غلاف‌ها و با سرد شدن هوا انجام شود. در لوبیا چشم‌بلبلی بیشترین خسارت علف‌هرز به محصول ۴۰ روز پس از کاشت رخ می‌دهد ولی پس از گل‌دهی خسارت آن‌ها به مراتب کمتر می‌شود. البته کاشت متراکم آن نیز موجب کاهش علف‌های هرز خواهد شد.

#### ۲-۷-۴- برداشت

پس از پر شدن و کامل شدن دانه‌ها، غلاف‌ها از رنگ سبز به قهوه‌ای یا خاکستری تغییر رنگ می‌دهند و آماده برداشت می‌شوند. برداشت به طور معمول در چندین چین صورت می‌گیرد. البته می‌توان محصول را در یک چین هم برداشت نمود که نیاز به ارقامی با گل‌دهی و رسیدن هم‌زمان دارد. در انواع رشد محدود و ایستاده غلاف‌ها هم‌زمان می‌رسند ولی در رشد نامحدودها که گل‌دهی طولانی‌تری دارند، غلاف‌ها در یک زمان نمی‌رسند (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

#### ۲-۸- 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 ۲۰ دور بر ثانیه (۲۰ هرتز) تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز است و گستره شنیده شدنی نامیده می‌شود. امواج مکانیکی طولی را که بسامدشان زیر گستره شنیده شدنی باشد امواج فروصوتی، و آنهایی را که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج آلتراسونیک می‌نامند (گلستانیان، ۱۳۷۶).

#### ۲-۹- امواج آلتراسونیک (Ultrasound)

امواج آلتراسونیک در تعریف به امواج فشرده با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز یا بیشتر گفته می‌شود. به طور معمول، فرکانس مورد استفاده بین ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز می‌باشد. فرکانس صوت در واقع تعداد نوسانات مولکول‌ها یا تعداد تکرار سیکل نوسانات در هر ثانیه می‌باشد. آلتراسونیک موجی است که فرکانسی بیش از فرکانس شنیداری (۲۰ کیلوهرتز) 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) می باشد. قدیمی ترین کاربرد استفاده از آلتراسونیک تشخیصی (به منظور تشخیص بیماری) به اوایل قرن بیستم برمی گردد ولی کاربرد آلتراسونیک در فرایندها مربوط به دهه های اخیر می باشد. تحقیقات در زمینه کاربرد آلتراسونیک در فرایندها در دهه ۱۹۳۰ (قبل از جنگ جهانی دوم) در یکسری از تکنولوژی ها 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 می کرد. امروزه گروه های 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 می کنند.

## ۲-۱۰- 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 آن ها را در مرحله ای قرار می دهد که میدان الکتریکی در آن ها 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 می باشد، ولی غالباً در کاربرد امواج آلتراسونیک از مبدل هایی استفاده می شود 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).

## ۲-۱۱- 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 در نتیجه 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.

## ۲-۱۲- کاربردهای امواج آلتراسونیک

### ۲-۱۲-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه گیری 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 می شود.
- امواج آلتراسونیک برای حذف رسوبات و سایل آزمایشگاهی استفاده می شود.
- از امتیازات آلتراسونیک توانایی آن در تشخیص صدمات شیمیایی است.

### ۲-۱۲-۲- کاربردهای امنیتی

در سامانه های امنیتی اماکن و خودروها از حسگر آلتراسونیک برای تشخیص حرکت اشیا به وفور استفاده می شود. پلیس از این سیستم برای کنترل سرعت خودروها استفاده می کند. حسگرهای آلتراسونیک حسگرهایی هستند که به وسیله صفحات پیزوالکتریک موجود سیگنال الکتریکی را با لرزش صفحات به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) تبدیل می کنند. عکس این عمل نیز در گیرنده انجام می گیرد. 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.

## ۲-۱۲-۳- رادار

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

## ۲-۱۲-۴- کاربردهای پزشکی و سونوگرافی

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

## ۲-۱۲-۵- کاربرد در صنایع غذایی

### ۲-۱۲-۵-۱- کاربرد امواج آلتراسونیک قوی در صنایع غذایی

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

### ۲-۱۲-۵-۱-۱- غیر فعال سازی میکروبی با استفاده از آلتراسونیک

تشخیص آلتراسونیک به عنوان روش غیرفعال کننده میکروبی به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد، بعد از آن زمان فهمیدند امواج آلتراسونیک که به منظور شناسایی زیردریایی‌های جنگی به کار می‌رود باعث مرگ ماهی‌ها می‌شود. فرایندهای حرارتی مرسوم پاستوریزاسیون و استرلیزاسیون معمول‌ترین روش‌های مورد استفاده در غیرفعال سازی میکروارگانیزم ها می‌باشند. با این وجود تقاضا برای روش‌های جدید 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 میکروب (پاستوریزاسیون) اغلب باعث تشکیل طعم‌های نامطلوب و کاهش مواد مغذی می‌شوند در صورتیکه در فرایند آلتراسونیک پدیده حفرگی 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 و همکاران در سال ۱۹۸۹ یک کاهش ۴ لگاریتمی در مقدار سلول‌ها هنگامی که گونه‌های سالمونلا در معرض امواج ۱۶۰ کیلوهرتز با قدرت ۱۰۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند، مشاهده کردند. ریگلی و لورکا 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 پی خواهد داشت. با این وجود، تحقیقات بیشتری قبل از اینکه آلتراسونیک به عنوان یک روش نگهداری غذا عنوان شود، مورد نیاز است (پیاونا و همکاران، ۲۰۰۳).

## ۲-۱۲-۵-۱-۲- آلودگی زدایی آب

آب یکی از موادی می‌باشد که میکروارگانیزم‌ها به راحتی می‌توانند در آن رشد کنند به همین دلیل آب آشامیدنی بایستی آلودگی زدایی شود. روش معمول برای آلودگی زدایی استفاده از کلر و بعضی از

مشتقات آن می باشد که با توجه به میزان آلودگی درصد کلرزی 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 کلرزی 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 نتایج یک 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).

#### ۲-۱۲-۵-۱-۳- هضم مواد

استفاده از آلتراسونیک به همراه مایکروویو در هضم مواد: در دهه‌های اخیر گرم کردن توسط مایکروویو یک جایگاه غیرقابل انکار در آزمایشگاه‌های تجزیه به عنوان یک روش مؤثر غیر آلوده کننده دارد. مایکروویو، امواج الکترومغناطیسی با بسامد بین ۱۰۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز 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 ۲۰ کیلوهرتز تا ۱ مگاهرتز، امروزه به خاطر تأثیرات مؤثرشان در سرعت بخشیدن به فرایندها در آزمایشگاه‌های تجزیه‌ای به خوبی شناخته شده می‌باشند. ترکیب این دو موج، الکترومغناطیسی (۲/۴۵ مگاهرتز) و مکانیکی (۲۰ کیلوهرتز) و کاربردشان در فرایندهای فیزیکی مثل استخراج و هضم جالب توجه می‌باشد (چمات و همکاران، ۲۰۰۳).

## ۲-۱۲-۵-۱-۴- استخراج مواد

امروزه روش های استخراجی متنوع 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 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 و همکارانش در سال ۱۹۹۹ یک روش ساده و سریع را برای استخراج ترکیبات فرار شراب مطرح کردند. در تحقیق دیگری هرونادکوا 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.

## ۲-۱۲-۵-۱-۵- رفع انجماد مواد غذایی منجمد

عمل ذوب مواد غذایی منجمد یک فرایند کند و هزینه بر می باشد. کند بودن فرایند انجماد را می توان به وسیله روش هایی که درون ماده منجمد را گرم می کنند کاهش داد. مایکروویو روشی است که قادر به گرم کردن درون ماده غذایی می باشد و بنابراین سرعت ذوب شدن افزایش می یابد. اما این روش یک عیب عمده دارد و آن اینکه ماده به طور یکنواخت گرم نمی شود چون فاکتور افت (Loss factor) آب بیشتر از یخ می باشد در نتیجه با ذوب شدن قسمتی از ماده غذایی آب در آن ناحیه بیشتر می شود و امواج مایکروویو باعث گرم تر شدن آن ناحیه می شوند که در بعضی موارد ماده غذایی در آن ناحیه حالت پختگی پیدا می کند. به همین خاطر عده ای از دانشمندان بر روی روش های جدید کار می کنند. یکی از این روش ها استفاده از امواج آلتراسونیک در ذوب کردن مواد غذایی منجمد می باشد. میلز و همکارانش در سال ۱۹۹۹ یک بررسی در مورد ذوب کردن نمونه های 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.

## ۲-۱۲-۵-۱-۶- خشک کردن مواد غذایی

دلیل اصلی خشک کردن، افزایش طول عمر ماده غذایی به وسیله کاهش فعالیت آبی ماده غذایی می‌باشد. این کاهش فعالیت آبی باعث متوقف شدن رشد میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها و نیز بعضی از واکنش‌های شیمیایی می‌شود. اگرچه دما باعث غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌ها 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، عموماً از گرمای بالا استفاده می‌شود که این گرما باعث از دست رفتن مقداری از مواد مغذی می‌گردد. در یک تحقیق، موارد استفاده شده از امواج آلتراسونیک را در خشک کردن مواد غذایی گزارش شده است. در تعدادی از غذاها ( برای مثال ژلاتین، مخمر و پودر پرتقال) سرعت خشک کردن با این روش دو تا سه مرتبه افزایش یافته بود. فلوز (۲۰۰۰) بیان کرد که خشک کردن با استفاده از امواج آلتراسونیک به طور بالقوه 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.

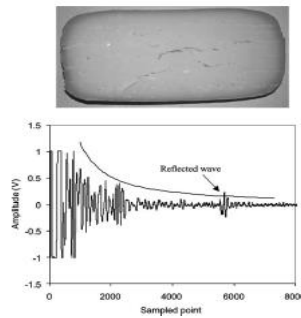
## ۲-۱۲-۵-۲- کاربرد امواج آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی

کاربردهای آلتراسونیک با قدرت کم در صنایع غذایی در دهه‌های اخیر افزایش قابل توجه‌ای پیدا کرده است. دلیل اصلی افزایش کاربرد آلتراسونیک، سرعت بالا، 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 می‌رود. کاربردهای ذکر شده در انواع محصولات غذایی همانند سبزیجات و میوه‌جات، گوشت و ماهی، 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).

موارد زیر نیز اهمیت آلتراسونیک را بیشتر نمایان می‌کنند:

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



شکل ۲-۱- تشخیص ترک‌های داخلی پنیر با استفاده از آلتراسونیک

## ۲-۱۲-۶- 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 عمدتاً شامل ارزش غذایی، ترکیبات شیمیایی، خواص مکانیکی دارای 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.

## ۲-۱۳- ضرورت استفاده از آلتراسونیک در کشاورزی

۱. استفاده از تکنولوژی های جدید و غیر مخرب مانند اولتراسونیک ضروری است.
۲. آلتراسونیک به ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی آسیبی نمی رساند.
۳. ارزیابی کیفیت محصول و افزایش عملکرد محصولات زراعی
۴. امواج آلتراسونیک در تیمارهای بذر و کاهش و حذف آفات و بیماری ها کاربرد دارد.
۵. اندازه گیری و تشخیص عیوب فیزیکی بسیار کوچک (ترک های میکروسکوپی) موجود در بذور

## ۲-۱۴- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج آلتراسونیک

پژوهش هایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف به وسیله امواج آلتراسونیک انجام شده است (مسکوکا و مرتضوی، ۱۳۸۰). همچنین در عصاره گیری با امواج آلتراسونیک هیچ گونه تغییر شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز شود وجود ندارد (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکارید ها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را با استفاده از امواج آلتراسونیک در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا می توان استخراج نمود (ویلخ و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش ضریب

تضعیف امواج آلتراسونیک عبور کرده 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 آلتراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه مؤثر است (کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار آلتراسونیک باعث فعالیت آنزیم ها می شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶). تیمار آلتراسونیک 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). آلفاآمیلاز 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 ۴۵ درصدی 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 بادنجان، فلفل و خیار نشان داده شد که از لحاظ رشد تیمار بذور با امواج آلتراسونیک ۴۲ الی ۵۹ کیلو هرتز، برتری بسیار بالای نسبت به تیمار شاهد دارد (بینا و رضایی، ۱۳۸۷). استخراج پروتئین از دانه های بدون روغن سویا توسط وانگ (۱۹۸۱) مورد مطالعه قرار گرفت. در این فرایند امواج آلتراسونیک سبب بهبود استخراج گردید. نتایج نشان داد که استفاده از امواج آلتراسونیک نسبت به هر یک از تکنولوژی های مرسوم استخراج بازدهی بیشتری داشته است.

## ۲-۱۵- 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 پروتئین 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 میکانیک صحت) 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 پرتو دهی پایین، بعضی از آنزیم ها مانند گلوکوامیلاز 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 آلتراسونیک 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 افزایش 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). 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.

## ۲-۱۶- تنش های محیطی

تحمل در برابر تنش های محیطی چه در سطح سلول و چه در کل گیاه پدیده ای بسیار پیچیده می باشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). امروزه تلاش برای تولید گیاهان مقاوم به تنش های محیطی راهی امید بخش می باشد. از این رو تولید گیاهانی با قابلیت تحمل در برابر تنش ها نیازمند اطلاع از مکانیسم های فیزیولوژیکی و کنترل ژنتیکی و سایر ویژگی های مرتبط در مراحل مختلف نموی گیاه است. در دو دهه اخیر تحقیقات بیوتکنولوژی، اطلاعات قابل توجهی در مورد مکانیسم های تحمل

گیاهان در سطح مولکولی در برابر تنش ها فراهم آورده است. اگرچه مکانیسم های تحمل به تنش ممکن است از گونه ای به گونه دیگر و نیز در مراحل مختلف نمو متفاوت باشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷)، ولی پاسخ های اصلی سلولی به تنش های مختلف زیستی در بین گونه های مختلف گیاهی یکسان است. به علاوه عوامل ایجاد تنش های مختلف غیر زنده می توانند موجب تحریک تنش اسمزی، تنش اکسیداتیو، تحریک تولید پروتئین های مربوط به تنش و نیز تسهیل عملکرد سیستم های جاروب کننده رادیکال های فعال اکسیژن گردد (ژو، ۲۰۰۰). یکی از عمومی ترین پاسخ ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلفی از ترکیبات آلی سازگار است (سراج و سینکлер، ۲۰۰۲). این ترکیبات وزن مولکولی پایین داشته و غیرسمی هستند و موجب افزایش غلظت شیره سلولی می شوند که نهایتاً گیاهان را از تنش های غیرزیستی مختلف محافظت می کنند. مکانیسم عمل آنها در نهایت منجر به تنظیم اسمزی، سمیت زدایی و حفظ انسجام غشاء می شوند. این مواد در واکنش های بیوشیمیایی نرمال دخالت ندارند و در عوض جایگزین آب در واکنش های بیوشیمیایی می گردند (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 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) مانند بتائین گلايسين، آلانین بتائین، پرولین، بتائین و غیره می باشند (هانسون، ۱۹۹۳). در ادامه یکی از مهم ترین تنش های محیطی (تنش خشکی) و حفاظت کننده های اسمزی (سالیسیلیک اسید) به تفصیل شرح داده می شود.

## ۲-۱۷- تنش خشکی

خشکی عمده ترین تنش محیطی و مهم ترین عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در سرتاسر جهان است که به طور تقریبی تولید را در ۲۵ درصد از اراضی جهان محدود می کند (باکم و همکاران، ۲۰۰۷). در ایران تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده تولیدات زراعی است (امام و همکاران، ۱۳۸۶). بطور کلی خشکی یک اصطلاح اقلیمی است و شاخص های مختلفی دارد و به معنای دوره ای

است که در آن مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق باشد. چون کمبود باران باعث تنش کمبود آب می شود، لذا تنش خشکی برای مواردی که تنش در اثر عدم وقوع بارندگی مفید ایجاد شده بکار می رود. زمانی که گیاه به طور مصنوعی در معرض کمبود آب قرار داده شود در این صورت تنش ایجاد شده با واژه "تنش کمبود آب" توصیف خواهد شد (سرمدنیا، ۱۳۷۱). یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش کمبود آب در مراحل رشد است. خشکی روند و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهد (استوکر، ۱۹۶۰). طبق تعریف آمبرژه مناطقی را نیمه خشک می نامند که بارندگی سالیانه آنها بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلیمتر باشد. بلوم (۱۹۸۸) معتقد است تنش های محیطی در مزرعه اغلب به صورت کمبود عواملی نظیر آب، مواد غذایی و حرارت ظاهر می شود. خشکی به عنوان کمبود رطوبت قابل استفاده خاک به اندازه ای که موجب کاهش رشد گیاه شود، تعریف می شود و مهمترین تنشی است که رشد و توسعه گیاهان زراعی را محدود می کند (ریدی و همکاران، ۲۰۰۴؛ ویو و همکاران، ۲۰۰۸). خشکی روی اکثر مراحل رشد گیاه، ساختار، اندام و فعالیت آنها آثار مخرب و زیان آوری وارد می سازد (یاماگوچی، ۲۰۰۲). تنش خشکی در گیاه نیز همراه به هم خوردن شیب پتانسیل آب، از دست رفتن فشار آماس، شکست تمامیت غشاء و در نهایت از دست رفتن شکل طبیعی پروتئین هاست (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). تغییراتی که در حین تنش خشکی در رشد گیاه رخ می دهد به دلیل تغییرات کاهش پتانسیل آب می باشد. که سبب کاهش پتانسیل تورگر میشود، از آنجایی که توسعه و رشد سلول ها به پتانسیل تورگر وابسته است، رشد سلول ها کاهش یافته و اندازه سلول ها کوچکتر می شود (سیرام و همکاران، ۲۰۰۲). خشکی در نتیجه بارندگی کم، دمای زیاد و وزش باد حادث می شود و واکنش گیاه نسبت به آن، بستگی به مرحله ای از رشد دارد که خشکی در آن رخ می دهد (خدابنده، ۱۹۹۱). از نظر ترنر و ماینز (۱۹۸۰) خشکی زمانی حادث می شود که رطوبت موجود در خاک به نقطه ای برسد که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران آب از دست رفته از طریق تعرق نباشد. از نظر فیزیولوژیست گیاهی، خشکی چیزی فراتر از فقدان بارندگی است و از این منظر پاسخ گیاه به تنش در نظر گرفته

می‌شود، یعنی زمانی خشکی ظهور می‌کند که اندام‌های مختلف گیاه تحت تاثیر قرار گرفته باشند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

## ۲-۱۸- واکنش گیاهان به تنش خشکی

به منظور بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی، لازم است درکی از مکانیسم واکنش گیاه به شرایط خشکی با هدف نهایی بهبود عملکرد محصول در مناطق گسترده‌ای از جهان که در آن بارش محدود و یا غیر قابل اطمینان است داشته باشیم. تنش‌های محیطی بطور وسیعی در رشد، تمایز و متابولیسم گیاهان مؤثرند. گیاهان واکنش‌های مختلفی به تنش از نظر مورفولوژیک، فیزیولوژیک، آناتومیک، سلولی و ملکولی نشان می‌دهند (چیمنتی، ۲۰۰۲). خسارت بسته به نوع گیاه، رقم، طول مدت تنش، شدت تنش و مرحله‌ای از رشد گیاه که تنش در آن اتفاق می‌افتد، متفاوت است. بر اساس گزارش هسیائو (۱۹۷۳) واکنش‌های گیاه به تنش خشکی شامل مکانیسم‌های زیر است:

۱- کاهش پتانسیل آب یا فعالیت آب سلولی

۲- کاهش فشار تورژانس سلول

۳- تراکم مولکول‌های کوچک و درشت، هنگامی که حجم سلول در اثر کاهش فشار آماس تقلیل می‌یابد.

۴- به هم خوردن روابط فضایی پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی در اثر تغییرات حجمی

۵- تغییر در ساختمان و شکل ماکرومولکول‌ها با حذف آب هیدراسیون و یا از طریق تغییر ساختمان آب پیوندی

کاهش مقدار آب قابل دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاه می‌شود (آلیستر و همکاران، ۱۹۹۵). کاهش پتانسیل آب در شرایط تنش خشکی سبب تغییر در غشای سلول شده و در نتیجه باعث افزایش نشت الکتریکی می‌گردد (بلوم و امرسون، ۱۹۸۱). یکی از مکانیسم‌های کارآمدی که گیاه هنگام مواجهه با خشکی، برای حفظ تورژانس و آماس سلولی به کار می‌گیرد، تنظیم‌اسمزی است (واجراپایا و همکاران، ۲۰۰۱). در طی

این فرایند فیزیولوژیک، پتانسیل اسمزی بافت های تحت تنش، در اثر انباشت یکسری مواد اسمزی در سلول ها کاهش می یابد و بنابراین فشارتورژانس سلول ها در حد مطلوب نگهداری می شود (والنتویک و همکاران، ۲۰۰۶). این مواد اسمزی به طور عمده شامل برخی از عناصر (سدیم، پتاسیم، کلسیم) و برخی متابولیت ها نظیر قندها (مونوساکاریدها)، اسیدهای آمینه (پرولین) و اسیدهای آلی می باشد (ابدل جلیل و همکاران، ۲۰۰۷). پرولین به عنوان یک اسمولیت در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول ها موثر است. پرولین اسید آمینه ای است که پس از تنش کم آبی در سیتوپلاسم سلول برگ ها تجمع می یابد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۷). در رابطه با پرولین نظرات متفاوتی به عنوان یک عامل جهت ایجاد تحمل به تنش خشکی مطرح شده است. هانسون و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که بین تجمع پرولین و تحمل یا سازگاری به خشکی همبستگی منفی وجود دارد. برخی محققین نشان دادند که پرولین به عنوان یک عامل مثبت در رابطه با سازگاری در شرایط تنش در گیاهان مطرح است (نصیرخان و همکاران، ۲۰۰۷). سیچین و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که در شرایط تنش میزان تجمع قندهای محلول و نشاسته در برگ افزایش می یابد. با این حال در زمان تنش میزان تولید و یا تجمع پرولین و قند محلول در قسمت های مختلف گیاه متفاوت است. گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از رادیکال های فعال اکسیژن، دارای سازوکارهای آنتی اکسیدان غیر آنزیمی شامل گلوتاتیون و آنتی اکسیدان های آنزیمی شامل آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون رداکتاز می باشد (هسو و کاو، ۲۰۰۳). به طور کلی رفتار گیاه در برابر تنش خشکی را می توان به سه مکانیسم اجتناب از کمبود آب، تطابق رشد ( فرار از خشکی) و تحمل کمبود آب تقسیم کرد (حکمت شعار، ۱۳۷۲).

۱- فرار از خشکی : توانایی گیاه زراعی از نظر تکمیل چرخه زندگی خود قبل از توسعه کمبود آب و یا به صورت حالت رکود و در نتیجه زنده ماندن در فصل خشک می باشد (می و میلنورپ، ۱۹۶۲؛ لویت، ۱۹۸۰). فرار از خشکی زمانی اتفاق می افتد که توسعه فنولوژیکی با دوره های

رطوبت قابل دسترس خاک تطبیق پیدا می کند. در این زمان فصل رشد کوتاه تر شده، که نهایتاً سبب غلبه به تنش خشکی می شود (آرائوس و همکاران، ۲۰۰۲).

۲- تحمل به خشکی: گیاه به دو طریق خشکی را تحمل می نماید:

۱-۲- اجتناب از پسابیدگی: توانایی گیاه زراعی در تحمل دوره خشکی طولانی است و از طریق ادامه جذب آب، حفظ آب به مقدار زیاد در بافت های خود و یا کاهش در میزان اتلاف آب از گیاه تحقق می یابد.

۲-۲- تحمل پسابیدگی: توانایی گیاه زراعی در تحمل خشکی طولانی، با وجود مقدار آب کم در بافت های خود می باشد (می و میلنورپ، ۱۹۶۲؛ لویت، ۱۹۸۰).

۱۹-۲- تأثیر تنش خشکی بر فرایندهای رشدی گیاه

۱-۱۹-۲- جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه

حساس ترین مراحل به تنش های محیطی در بسیاری از گیاهان زراعی، مراحل جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه است. بذرهایی که در شرایط تنش، جوانه زنی بهتری داشته باشند، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه ای قوی تر تولید می کنند (الشركوی و همکاران، ۱۹۸۹). گیاهان در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه حساسیت بیشتری به تنش های محیطی از جمله خشکی و شوری دارند. خشک شدن سریع سطح خاک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه پنبه مؤثر بوده است (تاسلی و کاسناو، ۲۰۰۳). کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک باعث کاهش دسترسی بذر به آب می شود. بنابراین، پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه زنی دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰).

۲-۱۹-۲- برگ

برگ ها اندام اصلی دریافت نور و فتوسنتز در گیاهان زراعی می باشند. توسعه سطح برگ ها در ابتدای فصل رشد موجب می شود که نور خورشید با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. سرعت ایجاد و گسترش سطوح برگی در تولید محصول بسیار مهم است. علاوه بر آن عملکرد و دوام سطح برگ نیز

با هم همبستگی نشان می دهند. دوام سطح برگ عامل مهمی در میزان فتوسنتز گیاه محسوب می شود و برآورد مناسبی را از اندازه و دوام سیستم فتوسنتزی به نمایش می گذارد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). کرم و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که با افزایش تنش خشکی شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و اجزای عملکرد سویا کاهش یافته است. یگاپان و همکاران (۱۹۸۲) نشان داد که تنش خشکی تعداد برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزاردانه و عملکرد دانه گیاه آفتابگردان را به طور قابل توجهی کاهش می دهد. تنش در مرحله رویشی موجب پژمردگی برگ، کاهش ارتفاع گیاه و کاهش در تعداد و سطح برگ گندم می شود (پاسی یورا و همکاران، ۱۹۹۳). تشدید کمبود آب در اوایل دوره رشد تا اواسط دوره گل دهی موجب کوچک شدن گیاه، تولید گره های کمتر و شاخه های میوه دهنده و شاخص سطح برگ کمتر در پنبه می شود (بورک و اوماهونی، ۲۰۰۱). تنش رطوبتی در زمان نمو دانه در گندم موجب پژمرده شدن برگ ها و کاهش شدید فتوسنتز شد (واردلاو، ۱۹۶۷). محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و متعاقب آن کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به ریشه گیاهان زراعی مؤثر خواهد بود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). در شرایط کمبود آب، سطح آبسزیک اسید در ریشه ها افزایش یافته و از ریشه ها به برگ ها منتقل می شود. یعنی جایی که بسته شدن روزنه را القا می کند. در نتیجه با بسته شدن روزنه ها تعرق کم می شود. در گیاهان، نخستین علائم کمبود آب با بسته شدن روزنه ها ظهور می یابد. بنابراین آبسزیک اسید تولیدی به عنوان یک علامت تنش خشکی، هدایت روزنه ای را تنظیم می کند (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۲).

### ۲-۱۹-۳- کلروفیل و فتوسنتز

کلروفیل از جمله عمده ترین ماکرومولکول ها است که در تنش های محیطی از جمله خشکی، شوری، نوری، حرارتی و فلزات سنگین آسیب می بیند. کلروفیل ها مهم ترین رنگدانه های جذب کننده نور در غشاهای تیلاکوئیدی می باشد. میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (جیانگ و هانگ، ۲۰۰۱). بین میزان کلروفیل و عملکرد همبستگی مثبتی وجود دارد (سی و سه مرده، ۲۰۰۳). محمدیان و همکاران (۲۰۰۶) ارقامی از آفتابگردان را که دارای میزان

بیشتری کلروفیل بودند، بعنوان ارقام مقاوم تر به تنش های محیطی شناسایی کردند. یکی از مهم ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آن ها توسط گونه های اکسیژن فعال می باشد. کاهش فعالیت فتوسیستم II، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و مهار سنتز ATP باعث می شود که تشکیل گونه های اکسیژن آزاد در کلروپلاست افزایش یابد (لاولور و کورنیک، ۲۰۰۲). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل ها، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی می باشد که باعث شده تا پیش ماده سنتز گلوتامات، بیشتر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می شود (رامک و همکاران، ۱۳۸۴). عوامل محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش در دو گروه کلی قرار دارند: عوامل محدودکننده روزنه ای که منجر به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> به فضای بین سلولی می شوند و عوامل محدودکننده غیر روزنه ای که از طریق اثر کمبود آب بر فرآیندهای بیوشیمیایی، فراوری کربن را محدود می کنند. تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز برگها و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک و رشد گیاه شده (اسکات، ۱۹۸۴) و در مرحله پرشدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه می گردد. کاهش کلروفیل به عنوان عامل محدود کننده غیر روزنه ای فتوسنتز محسوب می شود (صالحی، ۲۰۰۴) که در تنش خشکی شدید به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز (مجوندار و همکاران، ۱۹۹۱) و پراکسیداز (اشرف و همکاران، ۱۹۹۴) اتفاق می افتد.

## ۲-۱۹-۴- گل دهی و عملکرد دانه

پاکنژاد و همکاران (۲۰۰۶) مراحل گل دهی و دانه بندی را حساس ترین مراحل به تنش عنوان کردند. عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدیداً به فرآیندهای تسهیم ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس وابسته است (کیچ و همکاران، ۲۰۰۴). در آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش در مقدار بیوماس مشاهده شد (تاهیر و مهید، ۲۰۰۱). همچنین در سویا (اسپیچ و همکاران، ۲۰۰۱) و لوبیا سبز (ویبر و همکاران، ۲۰۰۶) تنش کم آبیاری موجب کاهش بیوماس شد. وزن خشک شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد گیاه محسوب می شود (غفاری پور، ۲۰۰۵). لاهو و گواتار (۲۰۰۳)



کاهش در وزن خشک ساقه و برگ را در سیب زمینی تحت تاثیر تنش خشکی گزارش کردند. تنش ملایم در چغندر قند وزن خشک ساقه را تحت تاثیر قرار داد به طوری که وزن خشک ساقه بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش یافت (محمدیان و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود آب موجب کاهش در صفات مربوط به عملکرد می‌شود که دلیل آن را می‌توان اختلال در تبادلات گازی برگ دانست که نه تنها سبب محدودیت در اندازه منبع و مخزن می‌شود بلکه در جذب و انتقال مواد و تسهیم ماده خشک ایجاد اختلال می‌کند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) مشاهده کردند که عملکرد دانه گیاه سویا بر اثر تنش، کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه بود. در سه گیاه لوبیا سبز، لوبیا چشم بلبلی و نخود تنش کم آبیاری در زمان گلدهی و غلاف بندی موجب کاهش عملکرد شد (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶). کومار و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که در کلزا تنش کم آبی سبب کاهش تعداد دانه در غلاف شد در حالی که وزن دانه ها را افزایش داد. سینگ (۲۰۰۷) در بررسی اثر خشکی بر لوبیا، کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی را ۶۰ درصد و کاهش وزن دانه را ۱۴ درصد گزارش کرد. خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا شد (جرمن و ترن، ۲۰۰۶). تنش خشکی بیشتر از طریق کاهش تعداد غلاف در متر مربع عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (مرادی، ۲۰۰۵). در آزمایشی بر گیاه ماش اثر دور آبیاری را در مراحل رویشی، اوایل گلدهی و اوایل پر شدن غلاف مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۵ درصد در مرحله رویشی، ۳۹ درصد در مرحله اوایل گلدهی و ۵۹ درصد در مرحله اوایل پر شدن غلاف نسبت به شاهد گردید (توماس و همکاران، ۲۰۰۳). آنها بیان داشتند وقوع تنش در مرحله زایشی به خصوص در مرحله اوایل پر شدن غلاف، عملکرد گیاه را خیلی شدیدتر از وقوع تنش در مراحل دیگر تحت تاثیر قرار می‌دهد. با بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا مشاهده شد که تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰ درصد، تعداد غلاف در بوته را ۶۰ درصد، تعداد دانه در غلاف را ۲۶ درصد و وزن صد دانه را ۱۳ درصد کاهش می‌دهد (اسزیلاگی،

۲۰۰۳). تنش خشکی نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تأمین رطوبت برای گیاه، شرایط را برای جذب و انتقال عناصر غذایی فراهم می‌سازد.

## ۲-۱۹-۵- تاثیر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک

فتوسنتز اولین منبع هیدرات کربن برای نگه داری و رشد است. توزیع مجدد یا انتقال داخلی دومین منبع به شمار می‌رود. در واقع گلوکز تشکیل شده قبل از گلدهی که به صورت پلی ساکاریدهایی چون نشاسته ذخیره شده، در مرحله تشکیل دانه که فتوسنتز قادر به تأمین احتیاجات مقصد های گیاه نیست، این ترکیبات ذخیره ای می‌تواند دوباره منتقل شوند و به مراکز فعال، مانند دانه ها حرکت نمایند. منبع اصلی کربن در گیاهان شامل فتوسنتز جاری برگ‌ها و سایر اندام‌های سبز نظیر ساقه، سنبله و همچنین انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی در مراحل قبل از گرده افشانی می‌باشد (بوراس و همکاران، ۲۰۰۴). در شرایط خشکی و عدم آبیاری، کاهش فتوسنتز می‌تواند تا حدودی از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده جبران شود (یانگ و ژانگ، ۲۰۰۶). در جوی پاییزه سهم ماده خشک انتقال یافته از اندام‌های هوایی در دوره قبل از گلدهی در عملکرد دانه بین ۶۰ تا ۷۵ درصد و در شرایط عدم دریافت آب کافی تا ۱۰۰ درصد نیز گزارش شده است (بونت و اینکول، ۱۹۹۲). بلوم (۱۹۹۸) اعلام داشت که نسبت سهم ذخایر ساقه به کل ماده خشک برای عملکرد غلات بسته به شرایط محیطی و ارقام بین ۲۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. اشنایدر (۱۹۹۳) اظهار داشت که بین برگ‌ها از لحاظ انتقال مجدد ماده خشک تفاوت وجود دارد به گونه‌ای که برگ پرچم مواد فتوسنتزی را سریعاً به ساقه منتقل می‌کند، در حالی که سرعت انتقال مواد فتوسنتزی در برگ دوم تنها به اندازه یک سوم سرعت انتقال برگ پرچم بوده و حدود ۹۰ درصد این مواد را در خود نگه داشته و بعد به سنبله انتقال می‌دهد. سهم دانه از مواد فتوسنتزی قبل از گلدهی، به دانه وابسته به میزان ماده‌ای است که بین گلدهی و رسیدگی انتقال می‌یابد و به صورت انتقال مجدد به دانه تعریف می‌شود (گبینگ و همکاران، ۱۹۹۹). عبادی و همکاران (۲۰۰۷) عنوان داشتند که عدم آبیاری باعث افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک از

اندام‌های متعدد گیاهی به دانه شد. سهم انتقال مجدد ماده خشک در شرایط عدم آبیاری و قطع آبیاری در مرحله گلدهی به ترتیب ۸۲/۵ و ۳۶/۵ درصد نسبت به آبیاری معمول در تولید جو بهاره بود. ایشان عنوان داشتند که عدم آبیاری دارای اثر مستقیم بر کاهش عملکرد دانه است و ژنوتیپ‌های جو بهاره مورد مطالعه عکس العمل‌های متفاوتی نسبت به عدم آبیاری از خود نشان می‌دهند. طهماسبی سروسستانی و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تنش رطوبتی در مرحله بعد از گلدهی اثر نامطلوبی بر میزان جذب مواد پرورده داشته و بنابراین میزان محصول وابستگی نسبتاً زیادی به میزان دسترسی به رطوبت و رفتار ژنوتیپ‌ها از نظر انتقال مجدد ذخایر موجود در اندام‌های هوایی در مرحله پر شدن دانه دارد.

## ۲-۱۹-۶- تاثیر تنش خشکی بر پروتئین دانه

یکی از تغییرات عمده بیوشیمیایی که در اثر تنش رطوبتی در گیاهان روی می‌دهد تغییر در میزان تولید پروتئین‌ها، افزایش تجزیه و جلوگیری از سنتز بعضی از آنها است (بیولی و لارسن، ۱۹۸۲). تولید پروتئین‌های تنشی از جمله سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاه به کمبود آب است (وحید و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط تنش رطوبتی، تخریب پروتئین‌ها و تجمع برخی اسیدهای آمینه آزاد جهت تنظیم فشار اسمزی صورت می‌گیرد (یامادا و فاکاتوکو، ۱۹۸۶). کاهش رطوبت، وضعیت پلی ریبوزوم‌های موثر در ساخت پروتئین‌ها را در بافت‌ها تغییر می‌دهد. در شرایط کم‌آبی تعداد پلی ریبوزوم‌ها کاهش می‌یابد. کاهش در فراوانی پلی ریبوزوم‌ها با کاهش سنتز پروتئین‌ها در ارتباط است (اسکات و همکاران، ۱۹۷۹). کاهش غلظت پروتئین به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین در شرایط تنش بوده و این پدیده خود با کاهش میزان آنزیم روبیسکو و نقصان فتوسنتز همراه است (هنسون و هیتز، ۱۹۸۲). در آزمایشات انجام شده روی چغندر قند (شاه و لومیس، ۱۹۶۵) و سویا (نیاکان و قربانلی، ۱۳۸۶) کاهش در میزان پروتئین کل تحت تاثیر تنش خشکی مشاهده شد. پروتئین‌های دهیدرین در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی و سرما دیده می‌شوند. این پروتئین‌ها فاقد سیستئین و تریپتوفان و غنی از لایسین هستند و آبدوست، پایدار در برابر گرما و

پاسخگو به آبسازیک اسید هستند. پروتئین‌های دهیدرین پایداری غشا و پروتئین، تنظیم اسمزی و تحمل به پسابیدگی در دانه‌ها را برعهده دارند، و ارتباط آنها با تحمل به تنش مبین آن است که امکان استفاده از دهیدرین‌ها برای ارتقای سازگاری به خشکی وجود دارد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۳). همزمان با کاهش کل پروتئین‌ها، مقدار آمینواسیدهای آزاد افزایش می‌یابد. تجمع بیشتر آمینواسیدها مربوط به کاهش سنتز پروتئین است اما در بعضی موارد بیوسنتز بعضی آمینواسیدهای غیرپروتئینی خاص مثل بتائین و پرولین تحریک می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از آنزیم‌هایی که در تنش ملایم خشکی فعالیت آن به شدت کم می‌شود نیترات ریداکتاز است، در نتیجه گیاه با تجمع نیترات در این شرایط مواجه خواهد شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲).

## ۲-۲۰- اسید سالیسیلیک

نام سالیسیلیک‌اسید از کلمه سالیکس، نام علمی درخت بید گرفته شده است (راسکین، ۱۹۹۲). در سال ۱۸۲۱، یوهان بوخنر که در آلمان کار می‌کرد، اولین کسی بود که مقادیر مشخصی از سالیسیلین را جدا ساخت. سالیسیلیک اسید یا ارتو هیدرکسی بنزوئیک اسید ترکیبی فنلی است که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته‌اش می‌باشد (راکسین، ۱۹۹۲)، و به صورت درونی توسط سلول‌های ریشه یا میکروارگانیسم‌های مختلف تولید می‌شود و به اشکال مختلف در سطح برگ، اطراف سلول‌های ریشه و بطور کلی در سراسر گیاه بطور گسترده ای وجود دارد (بزروکوا و همکاران، ۲۰۰۱). سالیسیلیک اسید یک ترکیب شبه هورمونی است که معمولاً با اثر بر هورمون‌های اتیلن و آبسازیک اسید بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد و در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی نقش عمده ای را ایفا می‌کند. همچنین این ماده یک نشانگر مولکولی قوی در پاسخ به تنش‌های زنده و غیر زنده محیطی به شمار می‌رود (نونومورا و بنسون، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید به صورت پودر کریستاله سفیدرنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی‌گراد،  $pH$  آن ۲/۴ و سوزش‌آور می‌باشد. فرمول مولکولی این ماده  $C_7H_6O_3$  می‌باشد. جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و چگالی آن

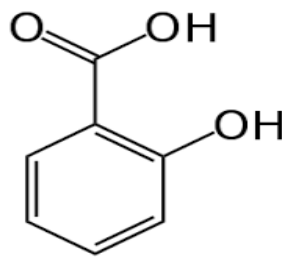
۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است. یکی از مشتقات اسیدسالیسیلیک، استیل اسیدسالیسیلیک یا آسپیرین می باشد که پس از جذب سریعاً به اسید سالیسیلیک تبدیل می شود (استیجر و همکاران، ۱۹۹۷). سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه ( $-OH$ ) هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات می باشد بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز ( ۱- آمینو سیکلوپروپان ۱- کربوکسیلات اکسیداز) موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود (راکسین، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید معمولاً با اثر بر روی هورمون های اتیلن (الطیب، ۲۰۰۵) و آبسزیک 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. 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 گیاهچه های گندم و همچنین سبب ایجاد تحمل به تنش شوری در دو لپه ای 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. بطور کلی 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، ۱۹۹۲). 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 طولی 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 ۱۹۸۱ در 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

تأثیر  $pH$  است بطوریکه با کاهش  $pH$  خاصیت مهارکنندگی سالیسیلیک اسید افزایش می یابد (الطیب، ۲۰۰۵؛ 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). گزارش هایی 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).

## ۲-۲۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است. 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- دی هیدرو بنزوئیک اسید یا ۲ و ۵- دی هیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). حدود سال ۱۹۶۰ پیشنهاد 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 (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) وجود دارد. مسیر دیگر، ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به ۴- 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 (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۲-۲- ساختار مولکولی سالیسیلیک اسید (هایات و همکاران، ۲۰۱۰)

## ۲-۲۲- 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 (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) و در نهایت توسط رادیکال های آزاد اکسیژن و کلسیم تنظیم شود (چن و همکاران، ۲۰۰۱). در سال های اخیر، برخی از مطالعات نشان داده اند که اسید سالیسیلیک می تواند رشد، عملکرد و کیفیت گیاه را افزایش دهد (خوداری، ۲۰۰۴).

## ۲-۲۳- محلول پاشی

محلول پاشی روی گیاهان که اصطلاحاً تغذیه برگي نیز نامیده می شود در برخی موارد از مصرف عناصر در خاک بهتر و مفیدتر است. مانند شرایط آهکی یا قلیایی خاک های 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 وقتی که 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 روکشگر 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، ۱۳۷۹ و 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). تیکسیرا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در لوبیا مصرف روی و منگنز به صورت محلول‌پاشی به ترتیب منجر به افزایش ۱۸ و 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 چغندرقد است و منجر به افزایش عملکرد این گیاه می‌گردد (فرماندز و همکاران، ۲۰۰۴). عبدالهادی (۱۹۸۶) نیز با محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز در چندین محصول از جمله چغندرقد، افزایش عملکرد بین ۱ تا ۵۱ درصد را گزارش نمود. همچنین مورتوت (۱۹۸۶) در آزمایشی بیان کرد محلول‌پاشی آهن در چغندرقد 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 چغندرقد در پی داشت (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸).

## ۲-۲۴- 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 (هایات 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. ارسالان 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. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

## ۲-۲۵- 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 روزه 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 (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی اکسید کربن درونی، کارآیی مصرف آب، هدایت روزه ای و نسبت تعرق در کلزا شد (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیقی دیگر، محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارآیی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت دی اکسید کربن درونی در سویا گردید (کومار و همکاران، ۲۰۰۰).

## ۲-۲۶- اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان در شرایط تنش خشکی

مطالعات نشان می دهد اسید سالیسیلیک می تواند در ایجاد مقاومت در برابر تنش آبی (تنش خشکی و تنش غرقابی) در گیاهان نقش مهمی داشته باشد. هایات 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.

# فصل سوم: مواد و روش ها

### ۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹ متر می‌باشد. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۱۳- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد است.

### ۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین بافت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتاً پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی که در بر گیرنده کل نمونه‌ها بود جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. با توجه به تجزیه فیزیکی و درصد هریک از اجزای خاک، بافت خاک از نوع لومی تعیین گردید و با مشورت با متخصصین حاصلخیزی خاک، کود لازم به خاک اضافه گردید.

### ۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل امواج آلتراسونیک، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بود. تیمار امواج آلتراسونیک در سه سطح صفر ( $W_1$ - شاهد)، ۴ دقیقه ( $W_2$ ) و ۸ دقیقه ( $W_3$ ) بود. تیمار سالیسیلیک اسید در دو سطح صفر ( $S_1$ - شاهد) و محلول پاشی در غلظت یک میلی مولار یک هفته بعد از گلدهی و یک هفته بعد از خمیری شدن دانه ( $S_2$ ) بود. تیمار تنش خشکی در دو سطح صفر ( $d_1$ - آبیاری

کامل) و قطع آبیاری از گلدهی به بعد ( $d_7$ ) در نظر گرفته شد. در مجموع هر تکرار شامل ۱۲ ترکیب تیماری و تعداد کل کرت های آزمایشی ۳۶ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۱-۳ مشاهده می گردد.

شکل ۱-۳- نقشه کاشت طرح آزمایشی

I	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
	W <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>3</sub>
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>

II	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
	W <sub>1</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>
	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>

III	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>1</sub>
	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>

### ۳-۴- عملیات اجرایی

#### ۳-۴-۱- آماده سازی زمین

عملیات تهیه زمین در خرداد ماه سال ۱۳۹۳ به روش معمول صورت گرفت. در ابتدا مزرعه توسط گاو آهن برگردان دار زیر و رو گردید و پس از خرد کردن کلوخه ها و مناسب شدن بستر جهت کاشت، زمین به وسیله فاروئر کرت بندی و جوی و پشته ها به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر آماده شد. سپس جوی های آبیاری تعبیه شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۵ متر بود و فاصله بذور روی ردیف های کاشت ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از عمل تداخل یک خط به صورت نکاشت به عنوان حایل بین کرت ها قرار گرفت. جوی های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت ها از مزرعه خارج شود.

### ۳-۴-۲- پرتودهی بذور

دانه های لوبیا چشم بلبلی بعد از ۴ ساعت هیدروپرایمینگ نمودن در شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه صنایع غذایی انتقال داده شدند. برای پرتودهی بذور از حمام آلتراسونیک (Digital ultrasonic مدل CD-۴۸۲۰) با فرکانس ثابت ۲۴ کیلو هرتز استفاده شد. بذور آماده سازی شده در ۲ سطح زمانی ۴ و ۸ دقیقه در دمای محیط در آب مقطر، تحت تأثیر امواج آلتراسونیک قرار گرفتند. بدین منظور ارتفاع ستون آب در داخل محفظه حمام آلتراسونیک تا خط نشانه ای بود که در دستگاه علامت گذاری شده است و تعداد نمونه ها در داخل محفظه حمام آلتراسونیک طوری بود که همه نمونه ها به طور یکنواخت تحت تأثیر امواج آلتراسونیک قرار گیرند. نسبت نمونه به آب مقطر ۱:۴ بود و پس از پرتودهی، بذور از آب مقطر خارج شده و به مزرعه جهت کاشت منتقل شدند.

### ۳-۴-۳- کاشت

عملیات کاشت بذور لوبیا چشم بلبلی رقم بسطامی در تاریخ ۳ تیر ۱۳۹۳ به روش دستی و به صورت هیرم کاری انجام شد. عمق کاشت بذر ۵ سانتی متر بود. کشت بذور روی خطوط کاشت با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر صورت گرفت. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

### ۳-۴-۴- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته ای و با دور آبیاری ۷ روز یکبار انجام شد. علف هرز های مهم در مزرعه قیاق، سلمه تره، تاج خروس، خارشتر و پیچک صحرایی بودند که پس از استقرار کامل گیاه، با وجین دستی با آن ها مبارزه گردید. در طول فصل رشد بیماری و آفت خاصی مشاهده نشد.

### ۳-۴-۵- اعمال تیمارها

محلول پاشی سالیسیلیک اسید در دو سطح {شاهد (پاشش آب) و پاشش محلول یک میلی مولار (یک هفته بعد از گلدهی و یک هفته بعد از خمیری شدن دانه)} انجام گرفت. محلول پاشی هنگام

عصر و در شرایط بدون وزش باد انجام شد، به طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. تنش خشکی نیز دو سطح داشت که شامل آبیاری کامل (شاهد) و قطع آبیاری از گلدهی (۶۰ روز پس از کاشت) به بعد بود.

### ۳-۴-۶- نمونه برداری

برای نمونه‌برداری، با در نظر گرفتن حاشیه، ۲ بوته درگیر در رقابت از سطح خاک و از ناحیه طوقه برداشت شدند. بوته‌ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند.

### ۳-۴-۷- برداشت

در تاریخ ۲۵ مهر ۱۳۹۳، اقدام به تهیه نمونه جهت تعیین عملکرد و برخی از اجزای عملکرد گردید که این امر با لحاظ اثر حاشیه به اجرا درآمد.

### ۳-۴-۸- اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

#### ۳-۴-۸-۱- طول ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی

به هنگام رسیدگی گیاه، طول ساقه اصلی برحسب سانتی متر اندازه‌گیری شد و میانگین دو نمونه به عنوان طول بوته‌های آن ترکیب تیماری ثبت گردید. همچنین تعداد شاخه‌های جانبی در بوته‌های انتخابی از هر کرت شمارش شدند.

#### ۳-۴-۸-۲- وزن خشک برگ، ساقه، غلاف، دانه

وزن خشک برگ ۲ هفته بعد از مرحله خمیری شدن دانه تعیین گردید ولی وزن خشک ساقه، غلاف و دانه به هنگام رسیدگی گیاه اندازه‌گیری شدند. برای خشک کردن اندام‌های گیاه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از آن، پاکت‌ها به مدت ۲۵-۲۰ دقیقه

در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

### ۳-۴-۸-۳- شاخص سطح برگ

این صفت نیز، ۲ هفته بعد از مرحله خمیری شدن دانه تعیین گردید. بدین منظور، سطح برگ ۲ نمونه پس از جداسازی، توسط دستگاه Leaf Area Meter AM 300 ساخت کشور انگلستان اندازه-گیری شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ به متر مربع سطح زمین محاسبه گردید.

### ۳-۴-۸-۴- عملکرد و اجزای عملکرد

در انتهای دوره رشد با رسیدگی کامل دانه ها و زرد شدن غلاف ها و بوته ها، تعداد ۴ بوته با در نظر گرفتن حاشیه برداشت گردید. با توجه به اینکه اجزای عملکرد در هر گیاه زراعی، خاص آن گیاه می باشد و در لوبیا این فاکتور شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه است، تعداد غلاف ها در بوته های برداشت شده شمارش گردید. سپس با جدا کردن بذور از غلاف، میانگین تعداد دانه در غلاف محاسبه شد. در انتها تعداد ۱۰۰ دانه توزین شد و عملکرد نهایی بعد از محاسبه مساحت زمین اشغال شده توسط ۴ بوته، بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

### ۳-۴-۹- صفات فیزیولوژیک و کیفی

#### ۳-۴-۹-۱- محتوی نسبی آب برگ (RWC)

به منظور تعیین مقدار آب نسبی برگ، از هر کرت دو بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته جدا شد. برگ ها بلافاصله درون پوشش های پلاستیکی قرار داده شده و بر روی تکه های یخ گذاشته شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از توزین با ترازویی به دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سپس برگ ها از آب مقطر خارج و به کمک کاغذ صافی خشک گردیدند و مجدداً توزین شدند (وزن اشباع). در نهایت نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار



داده شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۱-۳ محاسبه شد.

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک-وزن تر}}{\text{وزن خشک-وزن اشباع}} \times 100 \quad (1-3)$$

### ۳-۴-۹-۲- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ یک هفته بعد از محلول پاشی دوم، از هر کرت ۳ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته برگ‌گی جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. اندازه‌گیری میزان کلروفیل با استفاده از روش آرنون صورت گرفت. برای این منظور ۰/۵ گرم نمونه برگ‌گی با ۴ میلی لیتر استون ۸۰٪ در هاون سائیده شد، سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شده، میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور سوئیس در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید.

$$\text{chl a} = (19/3 A_{663}) - (0/86 A_{645}) \quad (2-3)$$

$$\text{chl b} = (19/3 A_{645}) - (3/6 A_{663}) \quad (3-3)$$

$$\text{chl t} = \text{chl a} + \text{chl b} \quad (4-3)$$

$$\text{carotenoid} = (1000 A_{470}) - (3/27 \text{ chl a}) - (104 \text{ chl b}) / 227 \quad (5-3)$$

اعداد به دست آمده از روابط ۲-۳ تا ۵-۳ در  $V/(W \times 1000)$  ضرب گردیدند تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آید.  $V$  حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و  $W$  وزن برگ بر حسب گرم می‌باشد.

### ۳-۴-۹-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه

به منظور تعیین پروتئین دانه مقدار ۱۰ گرم دانه لوبیا چشم بلبلی را پودر کرده و به پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان منتقل گردید و پروتئین دانه به روش کجدال توسط دستگاه NIR Component Analyzer اندازه گیری شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltac Analysis Unit 2300 ساخت کشور آمریکایی استفاده گردید. در این روش برای عمل هضم ۱ گرم از بافت پودر شده به بالن‌های مخصوص کجدال منتقل گردید و یک قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. همچنین ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که حدود ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوز آور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۳-۶ و ۳-۷ استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین گیاهی برای لوبیا چشم بلبلی ۶/۲۳ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین آن استفاده گردید (کافمن، ۱۹۸۵):

وزن نمونه (گرم) / (۰/۱۴ × A) = درصد نیتروژن (۶-۳)

ضریب تبدیل نیتروژن × درصد نیتروژن = درصد پروتئین (۷-۳)

که در آن، A حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر می باشد.

### ۳-۴-۱۰- تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و MSTATC و رسم شکل ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD صورت پذیرفت.



## فصل چهارم: نتایج و بحث

#### ۱-۴- صفات مورفولوژیک

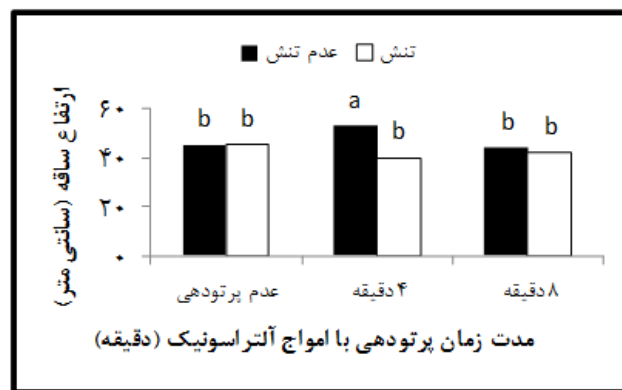
##### ۱-۱-۴- ارتفاع ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که بین سطوح تنش خشکی از نظر ارتفاع ساقه اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۱-۴). به طور مورد انتظار، بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار شاهد بود که ۱۱/۳۸ درصد بالاتر از ارتفاع ساقه نسبت به شرایط وجود تنش خشکی شد. امیری و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی بر ارتفاع نهایی بوته های نخود معنی دار بود. شوبهارا و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی های خود روی گل همیشه بهار دریافتند که ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. نزرلی و زردشتی (۲۰۱۰) بیان کردند که یک حداقل پتانسیل آب برای طول شدن سلول نیاز است و در نتیجه کمبود، میانگره ها و ارتفاع ساقه کوتاه می شود. یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) بیان کردند که فواصل آبیاری و اعمال تنش خشکی روی گیاه سویا به دلیل کاهش تقسیم و طول شدن سلولی، با کاهش رشد و ارتفاع گیاه همراه بود. کاکیر (۲۰۰۴)، نیز بیان کرد که آبیاری تأثیر معنی داری روی ارتفاع بوته ذرت دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ترکیب تیماری امواج آلتراسونیک و تنش خشکی نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به پرتودهی بذور به مدت ۴ دقیقه در شرایط آبیاری کامل (۵۲/۸۴ سانتی متر) بود. کمترین ارتفاع مربوط به گیاهان روئیده از بذور پرتودهی شده به مدت ۴ دقیقه و مواجه شده با تنش خشکی (۴۰/۱۷ سانتی متر) تعلق داشت (شکل ۱-۴). شایان ذکر است که بین این ترکیب تیماری با سه ترکیب تیماری دیگر تفاوت معنی داری وجود نداشت.

جدول ۴-۱- میانگین مربعات ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه
بلوک	۲	۳۲/۱۹۴
تنش خشکی (D)	۱	۲۱۰/۲۵۰*
آلتراسونیک (W)	۲	۳۱/۸۶۱ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۱/۷۷۷ <sup>ns</sup>
D×W	۲	۱۴۰/۵۸۳*
D×S	۱	۴/۶۹۴ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۱۰/۱۱۱ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۱۶/۳۶۱ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۴۱/۳۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۳۱

\*، \*\*، n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک

#### ۴-۱-۲- تعداد شاخه های فرعی

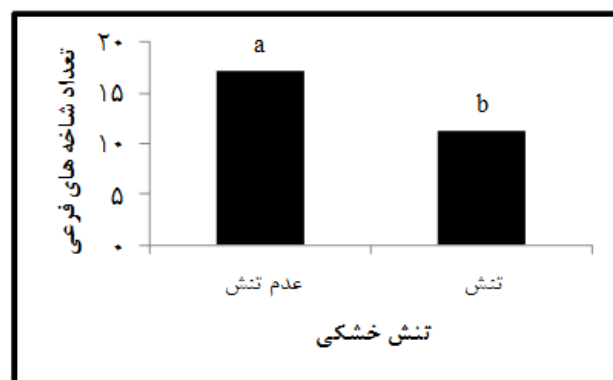
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) نشان داد که عامل تنش خشکی تأثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر تعداد شاخه های فرعی به جای گذاشته است. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه های فرعی در شاهد و کمترین تعداد در شرایط اعمال تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۴-۲)، به طوری که اعمال تنش خشکی ۳۴/۲۰ درصد تعداد شاخه های فرعی را نسبت به شاهد کاهش داد. نیلسن (۱۹۹۷) بیان کرد که تنش خشکی در مرحله رشد زایشی در کلزا، موجب شاخه های فرعی کمتر نسبت به سایر مراحل رشد می گردد. نیلسن و جامیک (۱۹۹۶) در بررسی اثر

تنش خشکی روی کلزا مشاهده کردند، تنش خشکی اعمال شده در دوره‌ی پر شدن دانه در مقایسه با سایر مراحل رشد، تعداد شاخه‌های فرعی کمتری تولید کرد. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) ادعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی و وزن خشک اندام رویشی آویشن را کاهش می دهد. شاخه‌دهی زیاد تحت شرایط خشکی یک صفت نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا باعث مصرف بیهوده‌ی رطوبت خاک و اتلاف آن می‌گردد (کیم و کروستد، ۱۹۸۱). بنابراین کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط کم آبی را شاید بتوان به عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه لوبیا چشم بلبلی در نظر گرفت.

جدول ۴-۲- میانگین مربعات تعداد شاخه‌های فرعی لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه‌های فرعی
بلوک	۲	۲۲/۷۹۸
تنش خشکی (D)	۱	۳۱۲/۱۱ **
آلتراسونیک (W)	۲	۲۱/۷۵ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۰/۲۵ <sup>ns</sup>
D×W	۲	۸/۷۵ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۰/۶۹ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۰/۱۴ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۲/۰۹۰ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۴/۸۲۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۶/۹۶

\*، \*\*، و <sup>ns</sup> به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



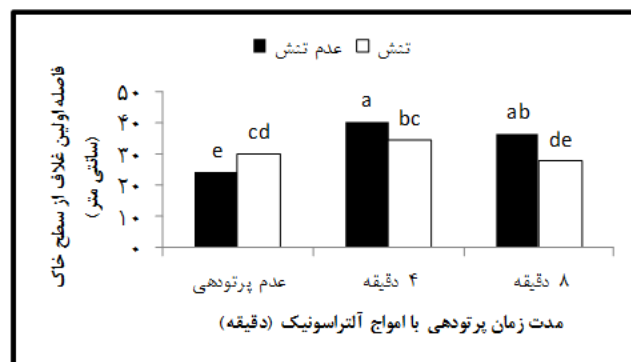
#### ۳-۱-۴- فاصله اولین غلاف از سطح خاک

در این بررسی کاربرد امواج آلتراسونیک، فاصله اولین غلاف از سطح خاک را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳-۴). به طوری که بیشترین فاصله مربوط به تیمار ۴ دقیقه پرتودهی با میانگین ۳۷/۳۷ سانتی متر و کمترین فاصله نیز مربوط به شاهد با میانگین ۲۷/۱۲۵ سانتی متر بود که حاکی از اثر افزایشی قابل توجه پرتودهی می باشد. مشاهده شد که با افزایش مدت زمان تیمار تا ۸ دقیقه فاصله اولین غلاف از سطح خاک ۱۳/۸۳ درصد نسبت به تیمار ۴ دقیقه کاهش یافت. طی تحقیقی بر روی گیاهان مختلف پس از تیمار بذور با امواج آلتراسونیک ۴۲ کیلوهرتز نتایج حاکی از برتری قابل توجه تیمار آلتراسونیک نسبت به شاهد بود (بینا، ۱۳۸۷). اثر متقابل امواج آلتراسونیک و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار شد (جدول ۳-۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می دهد که بیشترین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در شرایط آبیاری کامل و پرتودهی ۴ دقیقه‌ای حاصل شد (شکل ۳-۴). کمترین مقدار این صفت در شرایط شاهد و عدم پرتودهی بدست آمد. اثر متقابل کاربرد امواج آلتراسونیک و کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۳-۴). بیشترین فاصله غلاف مربوط به تیمار ۴ دقیقه پرتودهی و عدم محلول پاشی سالیسیلیک اسید (۴۳/۰۸ سانتی متر) بود (شکل ۴-۴). کمترین فاصله غلاف از سطح خاک به شاهد دو فاکتور تعلق داشت.

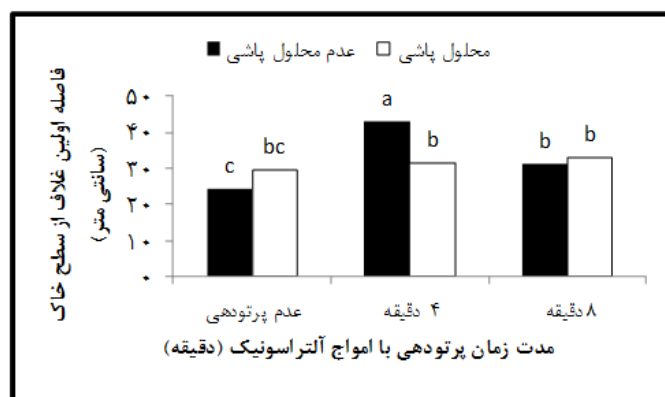
جدول ۳-۴- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	فاصله اولین غلاف از سطح خاک
بلوک	۲	۳۷/۱۹۴
تنش خشکی (D)	۱	۷۶/۵۶ <sup>ns</sup>
آلتراسونیک (W)	۲	۳۱۵/۱۹۴**
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۲۲/۵۶ <sup>ns</sup>
D×W	۲	۱۷۵/۷۵**
D×S	۱	۰/۳۴ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۲۲۶/۷۵**
D×W×S	۲	۵۲/۵۲ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۲۲/۵۴۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۷۲

\*، \*\*، n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۳-۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و امواج آلتراسونیک

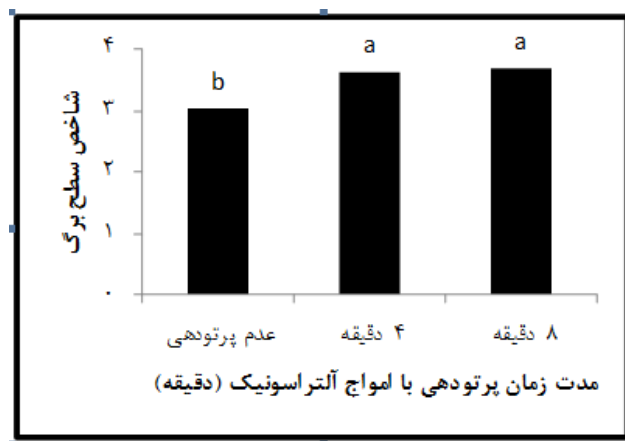
#### ۴-۱-۴- شاخص سطح برگ

براساس نتایج آزمایش، تأثیر کاربرد امواج آلتراسونیک بر شاخص سطح برگ در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۴). در نتیجه کاربرد امواج آلتراسونیک به مدت زمان ۸ دقیقه شاخص سطح برگ، به میزان ۲۰/۹۸ درصد نسبت به عدم کاربرد آن افزایش یافت (شکل ۴-۵). شایان ذکر است که بین دو سطح مدت زمان ۴ و ۸ دقیقه امواج آلتراسونیک اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین اثر تنش خشکی نیز بر شاخص سطح برگ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۴). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در شرایطی که هیچ گونه تنشی به گیاه وارد نشد بدست آمد (شکل ۴-۶). کاهش رشد سلول‌ها در اثر تنش خشکی، در درجه اول باعث کاهش رشد برگ می‌گردد. به علاوه در شرایط تنش، جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌شود. با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد بنابراین محدود شدن سطح برگ را می‌توان به عنوان اولین ساز و کار دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (لویت، ۱۹۸۰). با توجه به اینکه تنش خشکی سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو می‌شود سطح برگ به تنش رطوبتی بسیار حساس است (فیشر و هاگان، ۱۹۶۵). شکاری (۱۳۸۰) گزارش کرد که سطح برگ متناسب با افزایش میزان تنش کم آبی کاهش یافته و این کاهش حتی در صورت آبیاری مجدد نیز قابل بازیافت نیست. طالقانی (۱۳۷۷) در تحقیق خود اظهار داشت که تنش کم آبی شاخص سطح برگ در چغندر قند را کاهش می‌دهد. کاهش سطح برگ بر اثر تنش کم آبی در ذرت (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱) و کلزا (شکاری، ۱۳۸۰) نیز گزارش شده است.

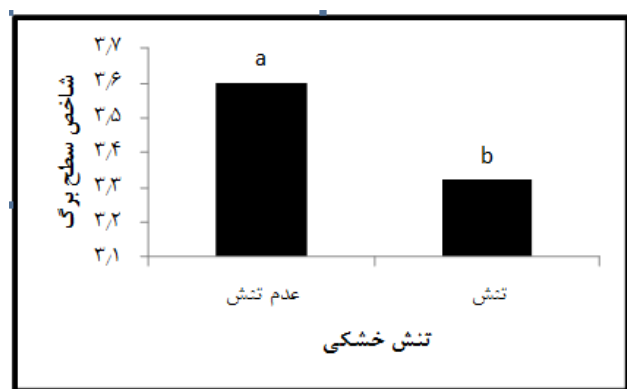
جدول ۴-۴- میانگین مربعات شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۰/۲۰۴
تنش خشکی (D)	۱	۰/۷۰۸ **
آلتراسونیک (W)	۲	۱/۴۹۸ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
D×W	۲	۰/۱۷ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۰/۰۰۴۳ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۰/۰۰۴۸ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۰۶۴
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۳۰

\*، \*\*، و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی

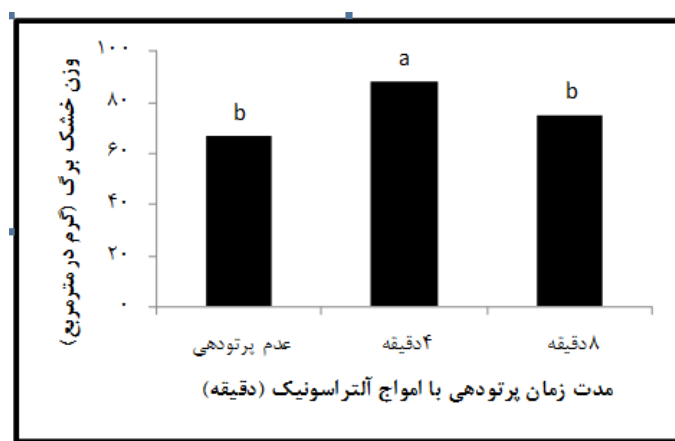
#### ۴-۱-۵- وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۵) مبین آن بود که اثر کاربرد امواج آلتراسونیک بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین صفات نشان داد بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار ۴ دقیقه امواج آلتراسونیک (۸۷/۸۵ گرم در مترمربع) و کمترین وزن خشک برگ با میانگین ۶۶/۵۵ و ۷۵/۰۰۸ گرم در مترمربع به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۸ دقیقه امواج آلتراسونیک بود که هر دو در یک سطح آماری قرار داشتند (شکل ۴-۷). همچنین براساس نتایج آزمایش تأثیر اعمال تنش خشکی بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۵). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ (۹۷/۳۷ گرم در مترمربع) در شرایطی بدست آمد که هیچ گونه تنشی به گیاه اعمال نشد و کمترین میزان (۵۵/۵۷ گرم در مترمربع) در شرایط اعمال تنش خشکی از گلدهی به بعد مشاهده شد. به طوری که اعمال تنش خشکی موجب کاهش ۴۲/۹۲ درصدی وزن خشک برگ نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۸).

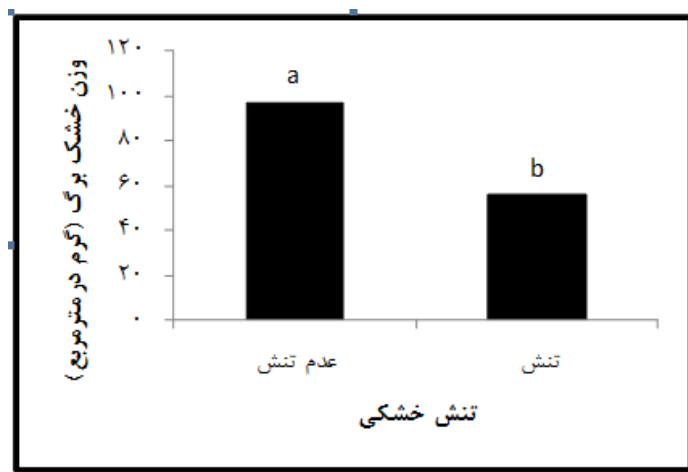
جدول ۴-۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ
بلوک	۲	۱۵۹۷/۲۳
تنش خشکی (D)	۱	۱۵۷۲۰/۹۸**
آلتراسونیک (W)	۲	۱۳۸۰/۴۳**
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۱۰۲/۳۴ <sup>ns</sup>
D×W	۲	۱۳۴/۴۰ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۴۸/۳۰ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۷۷/۷۵ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۳۰۴/۵۲ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۹۷/۶۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۳۸

\*، \*\*، n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی

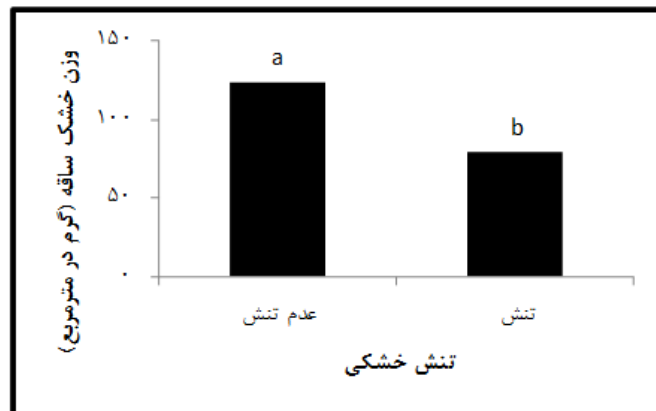
#### ۴-۱-۶- وزن خشک ساقه

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۶) بیان گر آن است که اعمال تنش خشکی تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک ساقه داشت. به طوری که بیشترین وزن خشک ساقه (۱۲۳/۷۳ گرم در مترمربع) در شرایط عدم تنش خشکی بدست آمد (شکل ۴-۹) و اعمال تنش خشکی باعث کاهش ۳۶/۴۶ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شد.

جدول ۴-۶- میانگین مربعات وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

وزن خشک ساقه	درجه آزادی	منابع تغییر
۳۸۳/۳۰	۲	بلوک
۱۸۳۱۹/۶۲ **	۱	تنش خشکی (D)
۳۶۷/۲۴ <sup>ns</sup>	۲	آلتراسونیک (W)
۴۳۶/۱۱ <sup>ns</sup>	۱	سالیسیلیک اسید (S)
۷۸۸ <sup>ns</sup>	۲	D×W
۱۳۹/۶۳ <sup>ns</sup>	۱	D×S
۱۱۳/۸۴ <sup>ns</sup>	۲	W×S
۳۱۴/۶۰ <sup>ns</sup>	۲	D×W×S
۵۸۱/۱۲	۲۲	خطا
۲۳/۸۲		ضریب تغییرات (درصد)

\*\*\* و ns: به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی

#### ۴-۱-۷- وزن خشک غلاف

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول تجزیه واریانس (۴-۷) بیان گر آن است که کاربرد امواج آلتراسونیک تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک غلاف داشت. مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک غلاف مربوط به تیمار ۴ دقیقه امواج آلتراسونیک (۳۷/۶۷ گرم در مترمربع) بود که با تیمار امواج ۸ دقیقه اختلاف معنی داری نداشت و نسبت به تیمار شاهد افزایش ۴۳/۱۲ درصدی نشان داد (شکل ۴-۱۱). اعمال تنش خشکی تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک غلاف به جای گذارد. به طور مورد انتظار، بیشترین وزن خشک غلاف (۴۰/۱۹ گرم در مترمربع) در شرایط عدم اعمال تنش خشکی بدست آمد (شکل ۴-۱۰). قطع آبیاری از گلدهی به بعد باعث کاهش ۳۲/۴۷ درصدی وزن خشک غلاف نسبت به شاهد شد. فیشر و هوگان (۱۹۶۵) عنوان داشتند که اثرات مضر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن غلافها با آبیاری مجدد کمتر می شود. وقتی گیاهان در مرحله گلدهی آبیاری می شوند، فعالیت های تولید مثل گیاهان شروع می شود. اما بسیاری از غلافها به دلیل تنش از بین می روند. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر وزن خشک غلاف در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۷). مقایسه میانگین سطوح محلول پاشی سالیسیلیک اسید حاکی از آن است

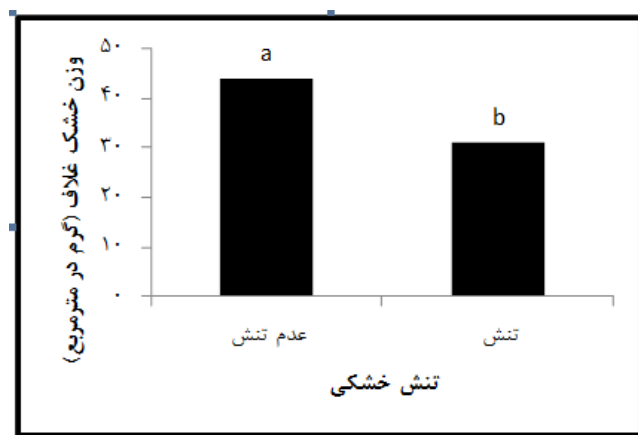


که بیشترین وزن خشک غلاف در گیاهان محلول پاشی شده با سالیسیلیک اسید به میزان ۳۷/۷۶ گرم در مترمربع بدست آمد که نسبت به شاهد ۲۷/۶۹ درصد بالاتر است (شکل ۴-۱۲).

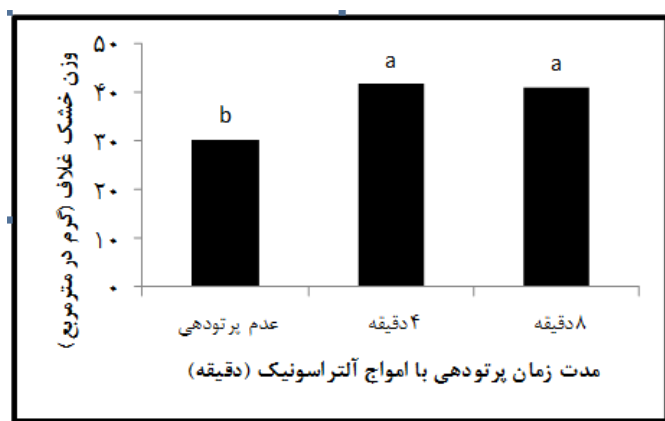
جدول ۴-۷- میانگین مربعات وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک غلاف
بلوک	۲	۵۱/۵۹
تنش خشکی (D)	۱	۱۵۳۲/۷۲ **
آلتراسونیک (W)	۲	۴۸۶/۸۰ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۶۰۴/۳۴ **
D×W	۲	۴۰/۱۷ ns
D×S	۱	۷/۰۲ ns
W×S	۲	۴۹/۷۲ ns
D×W×S	۲	۴۰/۸۲ ns
خطا	۲۲	۴۸/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲۰/۵۸

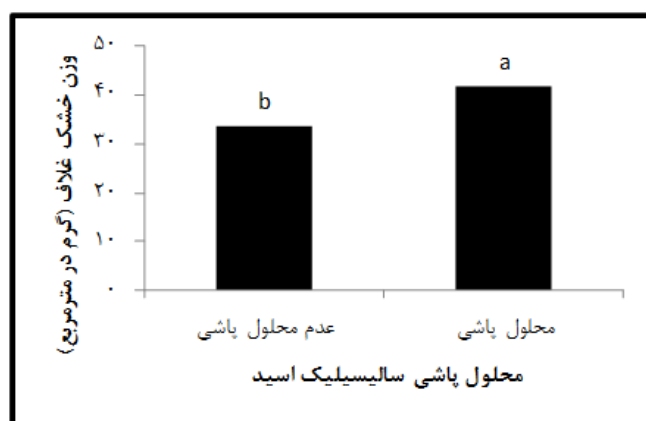
\* \*\*، n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید

#### ۴-۱-۸- تعداد غلاف در بوته

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۸) بیان گر آن است که اعمال تنش خشکی تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد غلاف در بوته داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر تنش خشکی، حدود ۱۱ درصد کاهش در این صفت نسبت به شاهد رخ می‌دهد. برهمکنش پرتو دهی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید نیز بر این صفت معنی دار بدست آمد. بیشترین تعداد غلاف (۱۱/۳۳ غلاف در بوته) در شرایطی حاصل شد که گیاه تحت تأثیر پرتو دهی به مدت ۴ دقیقه و محلول پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفت و کمترین تعداد غلاف مربوط به شاهد، ترکیب تیماری

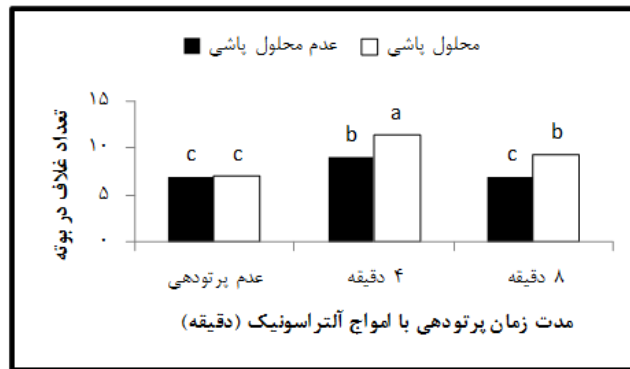
عدم محلول پاشی و ۸ دقیقه پرتو دهی بود (شکل ۴-۱۳). زابلوتوویچ و همکاران (۱۹۸۱) عنوان داشتند، کافی نبودن بارش و یا توزیع نامناسب آب، عملکرد لوبیا چشم بلبلی را کاهش می‌دهد. اگر این توزیع نامناسب آب در دوران اواسط گلدهی و دوران بسته شدن غلاف‌ها باشد، خسارت بیشتر است. هاشم و همکاران (۱۹۹۸) کاهش معنی‌داری در تعداد غلاف و وزن دانه گیاهانی که در اواخر رشد رویشی و آغاز تنش کم آبی قرار گرفته، مشاهده نمودند. با بررسی اثر تنش خشکی روی اجزای عملکرد سه رقم لوبیا نشان دادند تنش در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در وارسته‌های لوبیا چشم بلبلی شد (فین بائوم، ۱۹۹۱). تنش کم آبی در مرحله گل‌دهی موجب ریزش گل‌ها، سقط دانه‌های تازه تشکیل شده، کاهش طول دوره ی تشکیل اندام‌های زایشی و در نتیجه کاهش تعداد غلاف‌ها می‌شود (شکاری، ۲۰۰۶). پیش تیمار کردن بذر با هورمون‌های رشد گیاهی نه تنها جوانه زنی و سبز شدن، بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را نیز تحت شرایط عادی و تنش آبی افزایش می‌دهد (احمد و همکاران، ۱۹۹۵). نتایج به نقش سالیسیلیک اسید در تنظیم پاسخ خشکی گیاهان دلالت داشته و پیشنهاد می‌کنند که سالیسیلیک اسید می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش آبی مورد استفاده واقع شود (سناراتا و همکاران، ۲۰۰۰).

جدول ۴-۸- میانگین مربعات تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید

در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته
بلوک	۲	۰/۷۷۷
تنش خشکی (D)	۱	۷/۱۱ *
آلتراسونیک (W)	۲	۳۰/۷۷ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۲۱/۷۷ **
D×W	۲	۰/۷۷ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۰/۴۴ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۵/۴۴ *
D×W×S	۲	۰/۷۷ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱/۳۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۹۳

\*\*\* و ns. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین تعداد غلاف لوبیا چشم بلبلی در بوته تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک

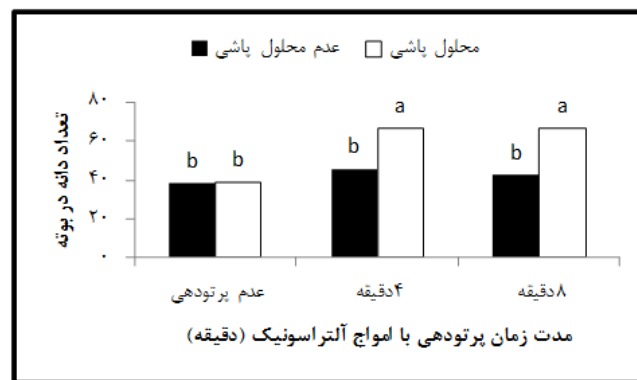
#### ۴-۱-۹- تعداد دانه در بوته

علاوه بر اثرات اصلی، اثر متقابل محلول پاشی سالیسیلیک اسید و امواج آلتراسونیک بر تعداد دانه در بوته معنی دار شد. به طوری که بیشترین تعداد دانه در بوته، مربوط به ترکیبات تیماری محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و کاربرد ۴ و ۸ دقیقه آلتراسونیک بود که تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند و کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به شاهد بود (شکل ۴-۱۴). لازم به ذکر است که بین شاهد و سه ترکیب تیماری دیگر تفاوت معنی داری بدست نیامد. نتایج شکاری و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که تنش کم آبیاری لوبیا در مرحله گلدهی و قبل از آن موجب کاهش تعداد دانه در غلاف می شود و همچنین مصرف سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد دانه در غلاف لوبیا شد. افزایش تعداد دانه در اثر کاربرد شاخساره‌ای سالیسیلیک اسید به علت افزایش نسبت تسهیم مواد پرورده به دانه گزارش شده است (امین و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۴-۹- میانگین مربعات تعداد دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در بوته
بلوک	۲	۲۵۲/۷۷
تنش خشکی (D)	۱	۱۱۷/۳۶ <sup>ns</sup>
آلتراسونیک (W)	۲	۱۱۱۹/۴۴ <sup>**</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۲۱۰۰/۶۹ <sup>**</sup>
D×W	۲	۳۱۱/۱۱ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۶/۲۵ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۴۷۷/۷۷ <sup>*</sup>
D×W×S	۲	۵۸/۳۳ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۲۳/۲۳۲
ضریب تغییرات		۲۲/۲۶

<sup>ns</sup>، <sup>\*\*</sup> و <sup>\*\*\*</sup> به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد دانه لوبیا چشم بلبلی در بوته تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک

#### ۴-۱-۱-۱۰- تعداد گره

اثر متقابل کاربرد امواج آلتراسونیک و تنش خشکی در سطح ۱ درصد بر تعداد گره لوبیا چشم بلبلی معنی دار شد. به طوری که بیشترین تعداد گره مربوط به پرتو دهی بذور به مدت ۴ و ۸ دقیقه و آبیاری کامل بود (شکل ۴-۱۵). اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد سالیسیلیک اسید نیز معنی دار شد (جدول ۴-۱۰). بیشترین تعداد گره در شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید و آبیاری کامل (۴۱/۹۴) بدست آمد. کمترین تعداد گره مربوط به شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید و قطع آبیاری (۲۶/۳۸) بود

(شکل ۴-۱۶). تعداد گره در ساقه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا تعداد برگ در گیاه را تعیین می‌کند و باعث افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود (ریدی و همکاران، ۱۹۹۷). با بررسی اثر تنش خشکی بر سویا، تعداد گره و ارتفاع گیاه را برای تشخیص حساسیت به تنش‌های جزئی قبل از گلدهی مفید دانستند (دی اسکالوکس و همکاران، ۲۰۰۰).

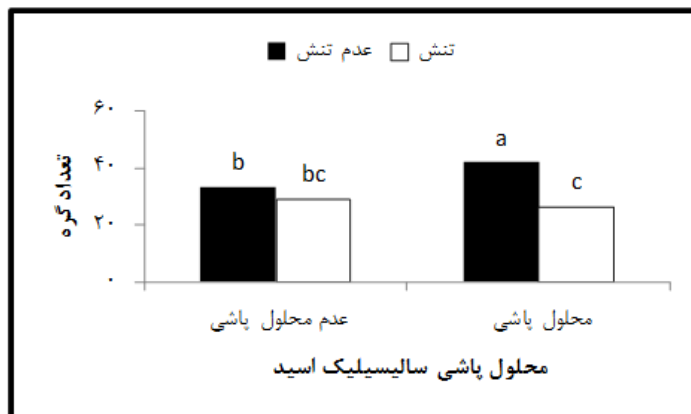
جدول ۴-۱۰- میانگین مربعات تعداد گره لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گره
بلوک	۲	۲/۶۴
تنش خشکی (D)	۱	۸۸۷/۵۴ **
آلتراسونیک (W)	۲	۲۳۷/۵۴ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۷۲/۹۶ ns
D×W	۲	۱۱۷/۲۳ **
D×S	۱	۲۸۴/۷۶ **
W×S	۲	۶۸/۹۳ ns
D×W×S	۲	۷۱/۸۴ ns
خطا	۲۲	۲۲/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۴۰

\*، \*\*، و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد گره در ساقه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد گره لوبیا چشم بلبلی در مترمربع تحت سطوح مختلف تنش خشکی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید

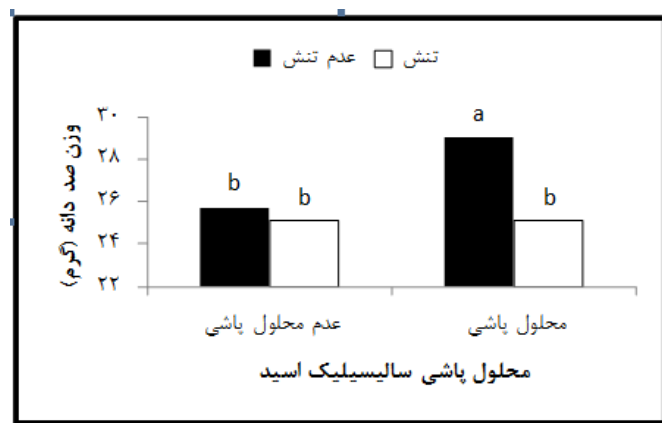
#### ۴-۱-۱۱- وزن صد دانه

اثر متقابل تنش خشکی و سالیسیلیک اسید و همچنین اثرات اصلی آنها بر وزن صد دانه معنی دار شد (جدول ۴-۱۱). بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط عدم اعمال تنش خشکی (۲۹/۰۵ گرم) بود. محلول پاشی گیاه با سالیسیلیک اسید نتوانست تأثیر تنش خشکی بر این صفت را تقلیل دهد زیرا از نظر آماری، میانگین این صفت همانند شاهد بود (شکل ۴-۱۷). در مطالعه دیگری نشان داده شد که در اثر تنش خشکی، وزن هزار دانه کاهش می یابد و با مصرف سالیسیلیک اسید این مقدار به صورت معنی داری افزایش می یابد (شکاری و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج بررسی مجد و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد وزن صد دانه نخود در گیاهان تیمار شده با غلظت ۰/۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی داری افزایش یافته است.

جدول ۴-۱۱- میانگین مربعات وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن صد دانه
بلوک	۲	۲۴/۶۳
تنش خشکی (D)	۱	۴۸/۰۴**
آلتراسونیک (W)	۲	۳/۰۲ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۲۴/۷۱*
D×W	۲	۱/۲۲ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۲۵/۰۵*
W×S	۲	۳/۲۳ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۳/۴۷ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۴/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۰۶

\*، \*\*، و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید

#### ۴-۱-۱۲- عملکرد دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۲) کلیه اثرات اصلی و اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش ۱۴/۷۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. نتایج این آزمایش با یافته های زیمر و همکاران (۱۹۷۶) که بیان نمودند خشکی روند رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهد و باعث تقلیل و کم شدن وزن گیاه می شود، مطابقت داشت.

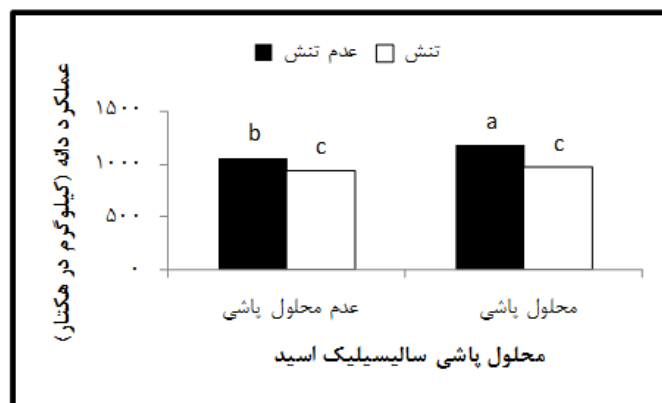


جعفری و ایمانی (۲۰۰۴) در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پر شدن دانه های ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هریک از مراحل فوق باعث کاهش معنی دار عملکرد ذرت می شود ولی تنش در مرحله گلدهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و باعث کاهش ۴۲ درصدی عملکرد گیاه شد. در گیاه سویا با افزایش شدت تنش خشکی میزان کلروفیل و عملکرد دانه کاهش یافته است (قاسمی و لطفی، ۲۰۱۲). از لحاظ ترکیبات تیماری، بیشترین عملکرد دانه (۱۱۷۶/۸۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایطی بدست آمد که هیچ گونه تنشی به گیاه اعمال نشد و گیاه تحت تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفته بود. کمترین عملکرد (۹۳۹/۶۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به عدم محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و وجود تنش خشکی بود (شکل ۴-۱۸). در مطالعه خان و همکاران (۲۰۰۳) کاربرد سالیسیلیک اسید در سویا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن صد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد هر بوته و در ذرت باعث افزایش وزن صد دانه و عملکرد هر بوته شد. در مطالعه دیگر محلول پاشی بوته ها با سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری بر اکثر خصوصیات گیاه کنگد داشته است (انصار و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج مقایسه میانگین صفات دلالت بر آن دارد که از لحاظ آماری پرتودهی ۴ دقیقه بیشترین عملکرد دانه (۱۰۹۷/۹۲ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۹۹۲/۸۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به شاهد بود که با تیمار ۸ دقیقه پرتودهی تفاوت معنی داری نداشت. در برخی گونه های گیاهی، پرایمینگ بذر با مواد رشدی، نشان داده شده که اثرات مضر تنش را روی رشد و عملکرد نهایی، تخفیف می دهد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵).

جدول ۴-۱۲- میانگین مربعات عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه
بلوک	۲	۲۱۷۵۵/۷۸
تنش خشکی (D)	۱	۲۴۵۷۸۴/۵۸ **
آلتراسونیک (W)	۲	۳۴۴۳۰/۲۵ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۴۶۴۹۷/۷۳ **
D×W	۲	۱۵۶۷/۴۵ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۱۲۸۶۷/۱۲ **
W×S	۲	۳۰۰۳/۷۰ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۳۷۴۶/۳۲ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۹۹۰/۶۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۲۹

\*، \*\*، و <sup>ns</sup> به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

#### ۴-۱-۱۳- عملکرد بیولوژیک

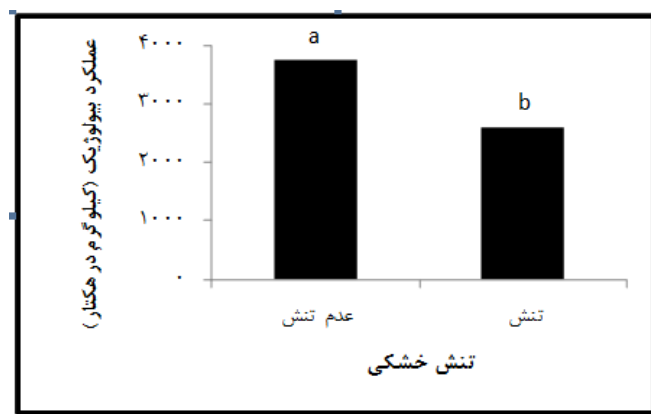
بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات اصلی فاکتورها بر عملکرد بیولوژیک معنی دار شد (جدول ۴-۱۳). تنش خشکی، کاهش ۳۹/۶۳ درصدی عملکرد بیولوژیک را به دنبال داشت (شکل ۴-۱۹). در گزارشی مشخص شد که تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی می گردد (رضایی و کامکار حقیقی، ۱۳۸۸). تنش شدید آب می تواند منجر به بسته شدن روزنه ها گردد و این امر جذب دی اکسید کربن و تولید ماده خشک را

کاهش می دهد (هیسائو، ۲۰۰۰). امام و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که عملکرد ماده خشک لوبیا در شرایط تنش خشکی به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. پرتودهی به مدت ۴ دقیقه، عملکرد بیولوژیک را به طور مثبت (۱۸/۴۱ درصد) متأثر نمود (شکل ۴-۲۰). این در حالی است که سطح ۸ دقیقه پرتودهی، از لحاظ آماری مابین شاهد و ۴ دقیقه پرتودهی قرار داشت. کاربرد سالیسیلیک اسید توانست عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با شاهد ۸/۳۹ درصد افزایش دهد (شکل ۴-۲۱). سالیسیلیک اسید تعادل هورمونی را در گیاه تغییر داده و باعث افزایش اکسین و سیتوکینین در گیاهان و در نتیجه موجب افزایش عملکرد می شود (شکیروا و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش هایی 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). شکیروا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند با کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار عملکرد دانه در گندم افزایش می یابد. فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند تجمع ماده خشک در گیاه *Brassica juncea* پس از محلول پاشی با غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید بیشتر بود.

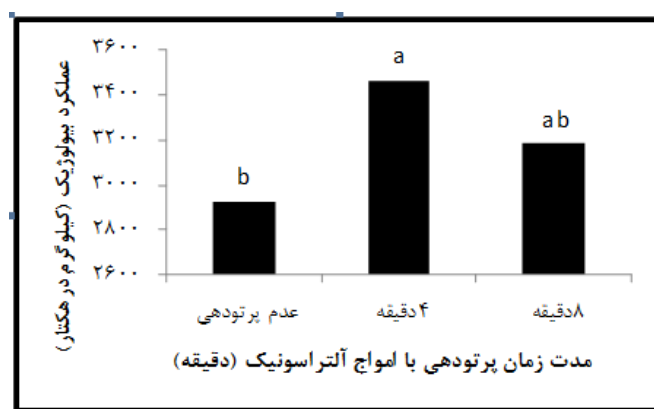
جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۱۰۲۵۹۶/۶۱
تنش خشکی (D)	۱	۱۲۲۱۳۳۹۴/۰۵ **
آلتراسونیک (W)	۲	۸۷۲۴۶۵/۴۵ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۵۹۵۴۱۸ *
D×W	۲	۲۴۷۷۳۳/۷۲ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۳۵۵۰۷/۱۲ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۱۹۴۷۰/۹۷ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۱۳۳۰۴۷/۶۵ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۳۰۶۶۰/۲۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۳۲

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد. <sup>ns</sup>



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید

## ۴-۲- صفات فیزیولوژیک

### ۴-۲-۱- محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج ارایه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۴) بیانگر آن است که کاربرد سالیسیلیک اسید و تیمار تنش خشکی تأثیر معنی داری بر محتوای آب نسبی برگ لوبیا چشم بلبلی داشتند. نتایج مقایسه میانگین مربوط به سطوح سالیسیلیک اسید از لحاظ این صفت نشان داد که محلول پاشی باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ گردید (شکل ۴-۲۲). سینگ و اوشا (۲۰۰۳) بیان کردند که بذور گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک (۱-۳ میلی مول) محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش نشان دادند. مطابق شکل ۴-۲۳ حداکثر محتوای آب نسبی در تیمار شاهد و کمترین مقدار محتوای آب نسبی در شرایط اعمال تنش خشکی حاصل شد. کاهش ناشی از تنش خشکی در این صفت نسبت به شاهد بر ۸/۸۶ درصد بالغ گردید. کاربرد امواج آلتراسونیک بر این صفت معنی دار نبود. محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش خشکی است که همبستگی خوبی با تحمل به خشکی نشان می دهد (کلوم و وازانا، ۲۰۰۳). کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص، و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت های اساسی گیاه را تغییر می دهد. به خوبی مشخص شده است که طی تنش هایی همچون تنش خشکی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول ها کاهش می یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). آنیا و هرزوغ (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که طی استرس خشکی در لوبیا چشم بلبلی محتوای نسبی آب کاهش می یابد. تأثیر محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ بر روی سرعت فتوسنتز، توسط صدیق و همکاران (۲۰۰۰) نیز تأکید شده است.

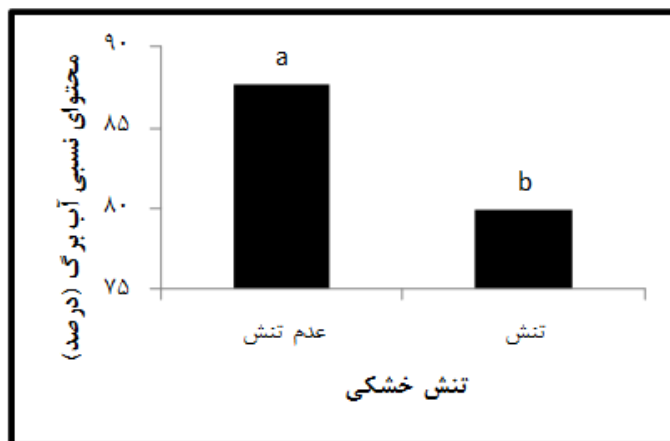
جدول ۴-۱۴- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ (RWC)
بلوک	۲	۶۹/۴۴
تنش خشکی (D)	۱	۵۴۲/۶۵ *
آلتراسونیک (W)	۲	۱۰۵/۴۴ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۴۷۸/۵۱ *
D×W	۲	۱۷/۹۳ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۱۵/۵۸ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۴/۲۵ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۸/۳۱ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۹۶/۹۹
ضریب تغییرات		۱۱/۷۵

\*، \*\*، و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی

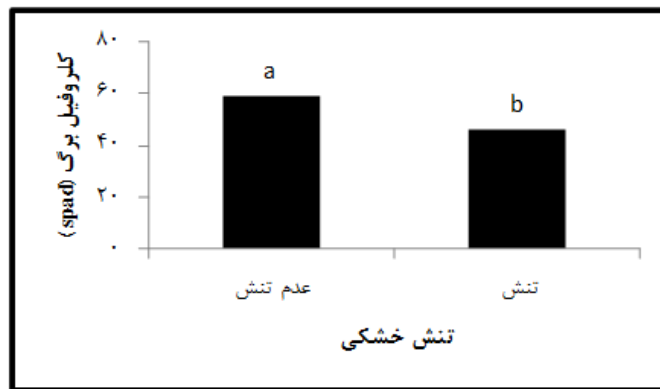
#### ۴-۲-۲- کلروفیل برگ (اسید)

همان طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود (جدول ۴-۱۵) اثرات اصلی پرتودهی بذر، کاربرد سالیسیلیک اسید و اعمال تنش خشکی تأثیر معنی داری بر کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید، کلروفیل برگ را به مقدار ۱۶/۶۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۶). بیشترین میزان کلروفیل (۱۵/۵۷ درصد بالاتر از شاهد) قرائت شده مربوط به گیاهان حاصل از بذور پرتودهی شده به مدت ۸ دقیقه بود (شکل ۴-۲۵). شایان ذکر است که بین سطوح ۴ و ۸ دقیقه‌ای پرتودهی، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. پرایمینگ بذور لوبیا چشم بلبلی با امواج آلتراسونیک از طریق تحریک و افزایش سرعت جوانه زنی و استقرار سریع گیاه می تواند فعالیت ریشه گیاه در جذب آب و مواد غذایی را بیشتر نماید که تأثیر مستقیمی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و نهایتاً عملکرد گیاه دارد. تقلیل کلروفیل به میزان حدود ۱۷ درصد، یکی دیگر از اثرات تنش خشکی بود (شکل ۴-۲۴).

جدول ۴-۱۵- میانگین مربعات کلروفیل برگ (عدد SPAD) لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل برگ
بلوک	۲	۵/۹۸
تنش خشکی (D)	۱	۱۴۹۱/۲۴ **
آلتراسونیک (W)	۲	۱۹۳/۵۲ *
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۵۹۱/۹۴ **
D×W	۲	۳۱/۶۵ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۸۴/۶۴ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۵/۰۱۳ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۸/۹۸ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۴۴/۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۶۸

\*، \*\*، و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.

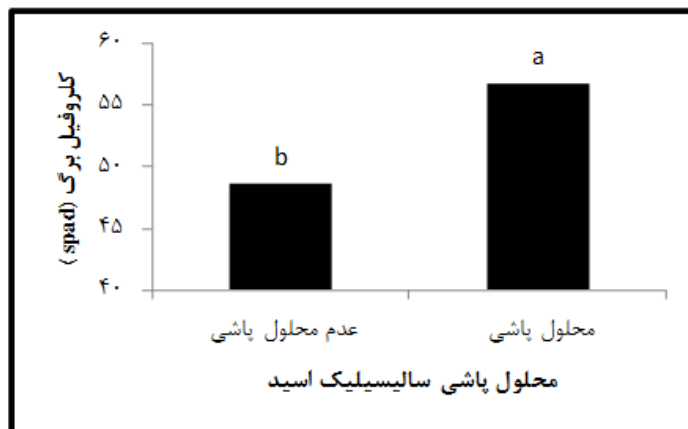


شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف پرتودهی بذور با امواج آلتراسونیک





شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین کلروفیل برگ لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید

#### ۴-۲-۳- کلروفیل a

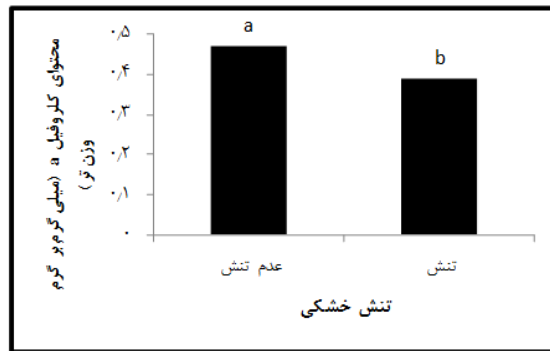
برخلاف اثرات متقابل، اثرات اصلی کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر کلروفیل a در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۱۶). تنش خشکی باعث شد که مقدار کلروفیل a از ۰/۴۷ میلی گرم بر گرم وزن تر به ۰/۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر تقلیل یابد (شکل ۴-۲۷). در شرایط تنش، پیش ماده سنتز کلروفیل (اسید گلوتامیک) به سمت تولید پرولین تمایل پیدا می کند و این امر موجب کاهش محتوای کلروفیل برگ می گردد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۸). یکی دیگر از دلایل کاهش کلروفیل افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز است که تحت شرایط تنش، بیان ژن مربوطه القا می شود. مطالعه ای دیگر کاهش محتوای کلروفیل بر اثر کمبود آب را به تولید رادیکال های آزاد اکسیژن (تنش اکسیداتیو) نسبت دادند که باعث کاهش صدمه به کلروپلاست می شود (شکیل و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش کلروفیل بر اثر تنش خشکی در مریم گلی نیز گزارش شده است (الیزابتا برائو و مانیبوش، ۲۰۰۸). بلوچ و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل در چغندر قند می شود. تأثیر مثبت محلول پاشی گیاهان با سالیسیلیک اسید بر مقدار کلروفیل a بر ۱۲/۵ درصد بالغ گردید (شکل ۴-۲۸). در مطالعه ای که توسط خوداری (۲۰۰۴) روی ذرت انجام گرفت مشخص شد محلول پاشی سالیسیلیک اسید موجب افزایش شاخص های رشد، مقدار رنگیزه و سرعت فتوسنتز می گردد. در یک آزمایش با محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر نهال

های خیار، محتوی کلروفیل برگ افزایش یافت (مردانی و همکاران، ۲۰۱۰). هایات و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه رشد گیاه گوجه فرنگی تحت تنش کم آبی در پاسخ به کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار گیاهان تحت تنش با غلظت های پائین اسید سالیسیلیک موجب بهبود اثرات نامطلوب ناشی از تنش آبی نظیر کاهش پتانسیل آبی، کاهش پارامترهای فتوسنتزی، کاهش انسجام غشاء و کاهش فعالیت آنزیم هایی نظیر نیترات رداکتاز و کربونیک آنهیدراز گردید. محلول پاشی برگی ذرت با سالیسیلیک اسید موجب افزایش شاخص های رشد، مقدار رنگیزه ها، سرعت فتوسنتز و مقدار کربوهیدرات ها گردید. همچنین سالیسیلیک اسید موجب افزایش مقدار فتوسنتز خالص، غلظت دی اکسید کربن داخلی، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه ای و مقدار تعرق در *Brassica juncea* گردید (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳).

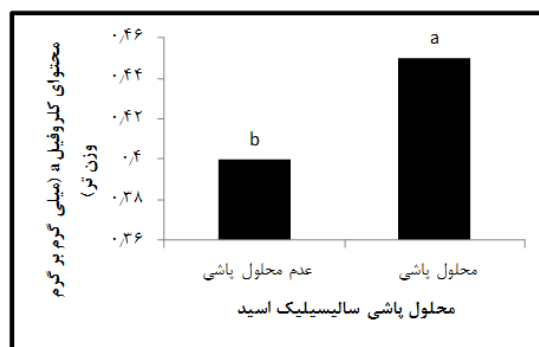
جدول ۴-۱۶- میانگین مربعات کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a
بلوک	۲	۰/۰۰۹
تنش خشکی (D)	۱	۰/۰۶ **
آلتراسونیک (W)	۲	۰/۰۰۱ ns
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۰/۰۲۳ **
D×W	۲	۰/۰۰۵ ns
D×S	۱	۰/۰۰۰۶ ns
W×S	۲	۰/۰۰۱۳ ns
D×W×S	۲	۰/۰۰۲ ns
خطا	۲۲	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۱۹

\*، \*\*، ns به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل a در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید

#### ۴-۲-۴- کلروفیل b

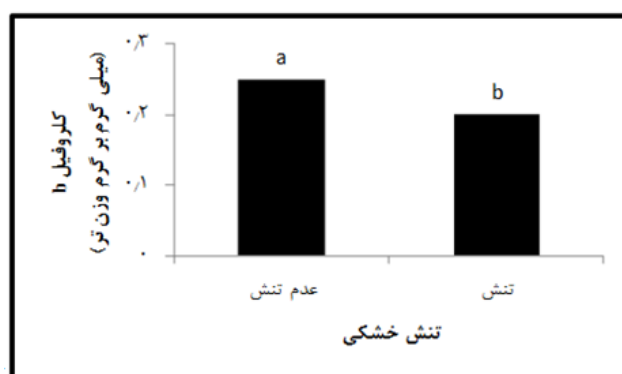
اثرات اصلی کلیه منابع تغییر بر کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱۷). نتایج مقایسه میانگین مربوط به کاربرد امواج آلتراسونیک نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار امواج ۴ دقیقه بدست آمد. این اثر پرتودهی از لحاظ آماری همانند اثر پرتودهی ۸ دقیقه‌ای بود (شکل ۴-۳۰). بیشترین محتوای کلروفیل b در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید به میزان ۰/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تر بدست آمد و کمترین میزان مربوط به شاهد بود (شکل ۴-۳۱). هایت و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند مقدار رنگیزه کلروفیل در گیاهچه های گندم حاصل از بدوری که با غلظت های پائین اسید سالیسیلیک (۵M-۱۰) تیمار شده بودند، افزایش یافت در حالی که غلظت های بالا به صورت بازدارنده عمل کردند. فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت های پایین تر روی *Brassica juncea* موجب افزایش معنی دار مقدار

کلروفیل می شود. همچنین مشاهده شده است که سالیسیلیک اسید می تواند فتوسنتز کل گیاهی را در گیاهان در معرض تنش افزایش دهد (لارکو، ۱۹۷۹). بر اساس گزارشی دیگر کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش باعث افزایش رنگدانه های فتوسنتزی و در نتیجه مقدار کلروفیل جو گردید (فای و بازید، ۲۰۱۴). اثر تنش خشکی بر این صفت به صورت کاهش ۲۵ درصدی آن ظاهر شد و میزان کلروفیل b را به ۰/۲۰ میلی گرم بر گرم وزن تر تقلیل داد (شکل ۴-۲۹). گیمنز و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که کاهش فتوسنتز در برگ های آفتابگردان تحت تنش خشکی به عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای مربوط می باشد، اما در گزارش هایی دیگر عنوان شده که کاهش در فتوسنتز تحت رطوبت های مختلف خاک، بیشتر به واسطه کنترل غیرروزنه ای فتوسنتز می باشد. کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی اساسا به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال های آزاد است (مفاخری، ۲۰۱۰). سینکی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند در تنش های طولانی مدت، دهیدراسیون بافت ها منجر به افزایش فرایند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعالیت فتوسنتز می شود. نتایج به دست آمده توسط سایر محققین نیز حاکی از آن است که مقدار کلروفیل با تنش خشکی کاهش می یابد (فاضلی رستم پور و همکاران ۱۳۸۹؛ میر آخوری و همکاران ۱۳۸۹؛ نزرلی و زردشتی ۲۰۱۰؛ مفاخری ۲۰۱۰). ترحمی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش معنی داری در مقدار کلروفیل a، b و کل گونه نوروزک می شود. در مطالعه دیگری تنش خشکی نیز سبب کاهش محتوی کلروفیل a، b شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱).

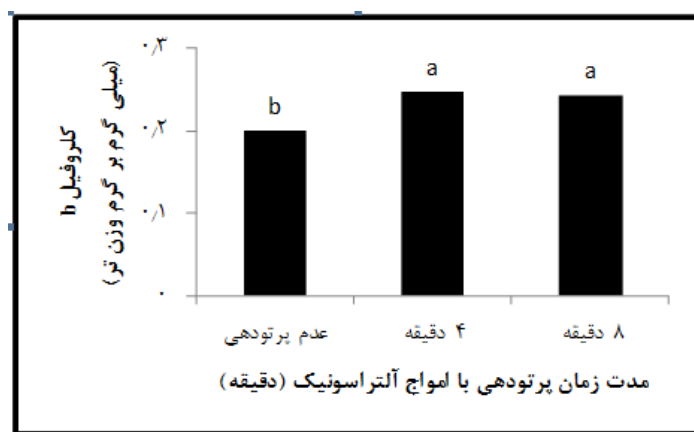
جدول ۴-۱۷- میانگین مربعات کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل b
بلوک	۲	۰/۰۸
تنش خشکی (D)	۱	۰/۰۰۰۲ **
آلتراسونیک (W)	۲	۰/۰۰۲۵ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۰/۰۰۰۵ **
D×W	۲	۰/۸۹ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۰/۳۸ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۰/۷۱ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۰/۶۴ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۰۰۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۹۹

\*\*\* و ns: به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف مدت زمان پرتو دهی بذور با امواج آلتراسونیک



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید

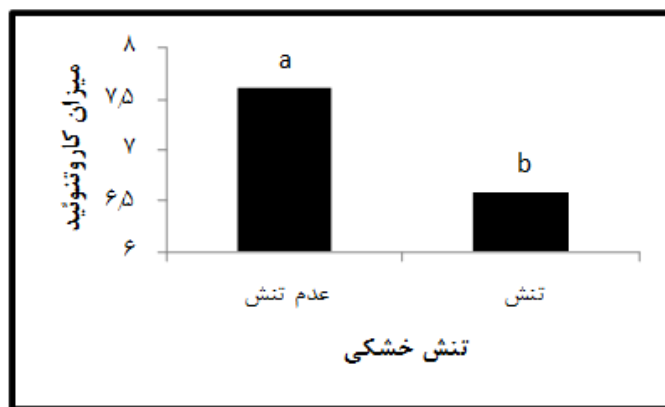
#### ۴-۲-۵- کاروتنوئید

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثرات اصلی محلول پاشی سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر میزان کاروتنوئیدها معنی دار شد (جدول ۴-۱۸). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بیشترین میزان کاروتنوئید در شاهد (۷/۶۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد که نسبت به میزان آن در شرایط اعمال تنش خشکی، حدود ۱۳ درصد بالاتر است (شکل ۴-۳۲). گیاهان محلول پاشی شده نسبت به شاهد، از محتوای کاروتنوئید بالاتری (حدود ۱۰ درصد) برخوردار شدند (شکل ۴-۳۳). ال طیب (۲۰۰۵) از افزایش معنی دار محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی در شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید گزارش کرده و نتیجه این امر را افزایش سرعت فتوسنتز دانسته است.

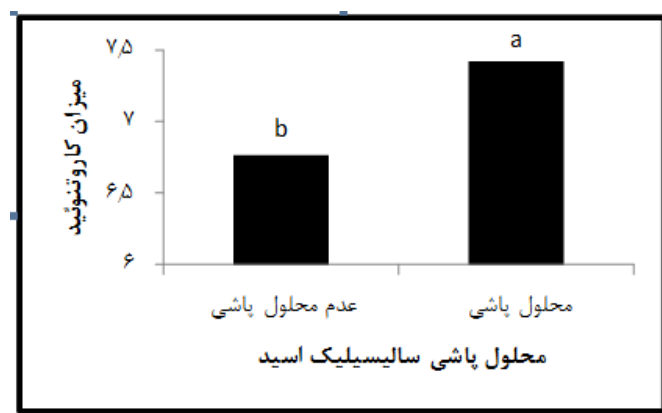
جدول ۴-۱۸- میانگین مربعات کاروتنوئید در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	کاروتنوئید
بلوک	۲	۰/۳۲
تنش خشکی (D)	۱	۹/۴۱ **
آلتراسونیک (W)	۲	۰/۱۷ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۳/۹۰ **
D×W	۲	۰/۰۲۴ <sup>ns</sup>
D×S	۱	۱/۱۲۷ <sup>ns</sup>
W×S	۲	۰/۰۳۱ <sup>ns</sup>
D×W×S	۲	۰/۱۲۹ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۴۷۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۶۵

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی



شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف محلول پاشی سالیسیلیک

اسید

#### ۴-۳- صفات کیفی

#### ۴-۳-۱- پروتئین دانه

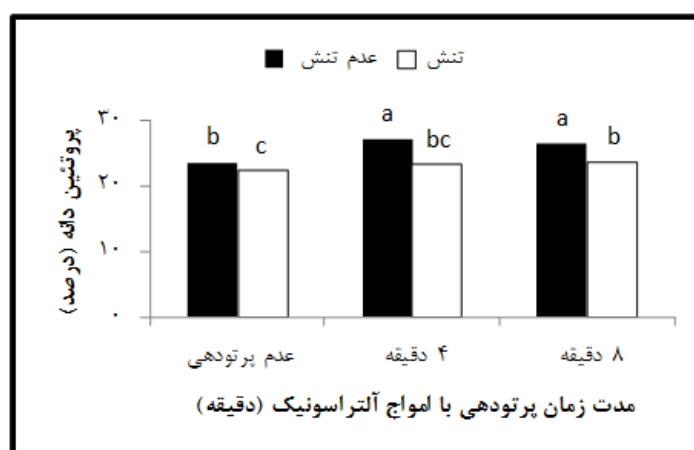
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثرات اصلی کلیه منابع تغییر در سطح احتمال ۱ درصد بر پروتئین دانه معنی دار شد (جدول ۴-۱۹). برهمکنش تنش خشکی و پرتودهی نیز معنی دار بدست آمد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به افزایش پروتئین دانه به میزان  $\frac{1}{3}$  درصد گردید. شکل ۴-۳۵، نتایج مربوط به مقایسه میانگین برای ترکیبات تیماری پرتودهی و تنش خشکی را نشان می دهد. بیشترین درصد پروتئین دانه ( $\frac{27}{17}$  درصد) از ترکیب تیماری عدم تنش خشکی و کاربرد ۴ دقیقه امواج آلتراسونیک بدست آمد. این در حالی است که این ترکیب تیماری با ترکیب تیماری عدم تنش خشکی و پرتودهی ۸ دقیقه ای تفاوت معنی داری نداشت. به طور کلی، در شرایط تنش خشکی بخصوص در مرحله پر شدن غلاف به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً ناشی از کاهش نشاسته می باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین در دانه افزایش می یابد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۰۵). تحقیقات نشان می دهد که مکانیسم های ساخت نشاسته در دانه، حساس تر از مکانیسم های ساخت پروتئین هستند، بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته چشمگیرتر است (احمدی و باکر، ۲۰۰۰). در شرایط تنش آبی، تیمار سالیسیلیک اسید محتوای پروتئین و نیتروژن برگ ها را در مقایسه با گیاهچه هایی که در شرایط آب کافی بودند، حفظ می کند (سناراتا و همکاران، ۲۰۰۰).



جدول ۴-۱۹- میانگین مربعات پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با امواج آلتراسونیک و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه
بلوک	۲	۰/۵۷۸
تنش خشکی (D)	۱	۶۴/۴۰۰ **
آلتراسونیک (W)	۲	۱۹/۷۹ **
سالیسیلیک اسید (S)	۱	۱۴/۲۲ **
D×W	۲	۵/۲۲۴ **
D×S	۱	۰/۴۸۳ ns
W×S	۲	۰/۹۲۸ ns
D×W×S	۲	۱/۱۸۰ ns
خطا	۲۲	۰/۹۷۹
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۵

\*\*\* و ns و \*\* به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی تحت سطوح مختلف تنش خشکی و پرتو دهی بدور با امواج آلتراسونیک

## نتیجه گیری کلی

۱- محلول پاشی سالیسیلیک اسید به میزان یک میلی مولار یک هفته بعد از گلدهی و یک هفته بعد از خمیری شدن دانه توانست بر بسیاری از صفات تأثیر مثبت بگذارد. به طوری که سالیسیلیک اسید اثر معنی داری بر وزن خشک غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل برگ (اسپد)، رنگیزه های فتوسنتزی و پروتئین دانه داشت.

۲- همچنین پرتودهی بذور لوبیا چشم بلبلی با امواج آلتراسونیک در دو سطح زمانی ۴ و ۸ دقیقه منجر به افزایش ویژگی های رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی در لوبیا چشم بلبلی گردید. برای بیشتر صفات، بین سطوح پرتودهی ۴ و ۸ دقیقه، تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

۳- بیشتر صفات بررسی شده به طور منفی از تنش خشکی تأثیر پذیرفتند.

۴- با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می توان استنباط کرد که نقش امواج آلتراسونیک در شرایطی که هیچ گونه تنشی به گیاه اعمال نشد منجر به افزایش ویژگی های ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد شاخه های فرعی، تعداد گره، فاصله اولین غلاف از سطح خاک و پروتئین دانه شد.

## پیشنهادات

- ۱- تکرار این آزمایش در شرایط مشابه به منظور مشخص شدن عادات رشدی در مناطق مختلف و با تنش های مختلف بر روی سایر گیاهان زراعی به ویژه حبوبات و غلات
- ۲- آزمون آلتراسونیک به عنوان یک آزمون غیرمخرب، برخی پارامترهای مرتبط با رشد لوبیا چشم بلبلی را افزایش داده و آن ها را تحریک کرد، درحالی که مطالعات گسترده تر بر روی خصوصیات امواج آلتراسونیک و تعیین ارتباط آن ها با ویژگی های رشدی سایر گیاهان زراعی نتایج مفیدی در بر خواهد داشت.
- ۳- بررسی غلظت های دیگر سالیسیلیک اسید در طول دوره رشد و مراحل مهم چرخه زندگی گیاه
- ۴- بررسی دیگر تنظیم کننده های رشد در کاهش اثرات تنش های مختلف بر روی گیاهان زراعی



# منابع

امام، ی.ع.، رنجبری، و.م. و بحرانی، ج. 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.

امیری، ا.، سیروس مهر، ع.، اسمعیل زاده بهابادی، ص. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد و درصد روغن گلرنگ در منطقه سیستان. سیزدهمین کنگره زراعت.

انصار، ز.، کمالی، م.، برادران فیروزآبادی، م. و کامکار، ب. ۱۳۸۹. بررسی محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات کمی، درصد روغن و پروتئین دانه کنگد. مقالات سیزدهمین کنگره زراعت.

بابایی، ک.، امین دهقی، م.، مدرس ثانوی، ع. م. و جباری، ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن. (*Thymus vulgaris L.*) فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۶، شماره ۲، صفحات ۲۵۱-۲۳۹.

برادران فیروزآبادی، م. و رجبیان، ط. ۱۳۸۸. بررسی اثر نیکل بر رشد ریشه و کلروفیل برگ در گیاه سویا. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه شهید بهشتی. ۲-۴ مردادماه ۱۳۸۹.

بینا، ف.، رضایی، آ. و آقایی زاده م. ۱۳۸۷. "بررسی تاثیر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیزیولوژی و مرفولوژی تنزیدن بذر" اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی.

پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

ترحمی، گ.، لاهوتی، م. و عباسی، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروبک (*Salvia leriifolia Benth.*). فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان. جلد ۳. شماره ۲، صفحه ۷-۱.

حسینی، م.ب. ۱۳۸۳. رساله دکتری زراعت، "اکوفیزیولوژی کشت مخلوط ارزن علوفه ای و لوبیای چشم بلبلی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

حسینی، ب.، مجیدی، م.، میرلطفی، ا. و موسوی، م. ۱۳۹۱. برآورد پارامترهای ژنتیکی و ترکیب پذیری عمومی در جوامع پلی کراس (*Dactylis glomerata*) تحت شرایط عدم تنش و تنش خشکی. مقالات سیزدهمین کنگره زراعت.

حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه)، انتشارات نیکنام، تبریز، ص ۳۷۸.

خوش‌گفتارمنش، ا.ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

رامک، م. ر.، خاوری نژاد، ح.، حیدری شریف آباد، م.، رفیعی و خادمی، ک. ۱۳۸۴. تاثیر تنش آب بر میزان ماده خشک و رنگیزه های فتوسنتزی در دو گونه اسپرس. فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. جلد ۱۴ شماره ۲: ۸۰-۹۱.

رحیمیان مشهدی، ح.، باقری، ع. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰. " اثر پتانسیل های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلیکول و کلور سدیم توام با درجه حرارت بر جوانه زنی در توده های گندم دیم "مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۵، صفحه ۳۶ تا ۴۵.

رضایی، ع. و کامگار حقیقی، ع. ۱۳۸۸. " اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی "مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)" شماره ۲۳، جلد ۱، صفحات ۱۱۸-۱۲۴.

سپهری، ع.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، قره یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴. شماره ۳. صفحات ۱۸۴ تا ۱۹۵.

سرمدنی، غ.ح. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۰ صفحه.

سرمدنی، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۱. " جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم " (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۴ صفحه.

طالقانی، د. ۱۳۷۷. مطالعه کارایی مصرف آب و ازت در شرایط مطلوب و تنش در دو آرایش کاشت چغندر قند. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.

فاضلی رستم پور، م.، ثقه الاسلامی، م.ج. و موسوی، غ. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی و سوپر جاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ و رابطه ی آن ها با عملکرد دانه در ذرت، فصل نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. س ۲، ش ۱، ص ۱۹-۳۱.

فرج زاده معماری تبریزی، ا.، یارنیا، م.، احمدزاده، و. و فرج زاده معماری تبریزی، ن. ۱۳۸۹. بررسی اثر روش های مختلف مصرف کودهای میکرو بر میزان تجمع عناصر میکرو در بذر و برگ و عملکرد ذرت رقم *Jeta*. فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار. (۲۱): ۶۷-۷۴.

- کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ح. ۱۳۸۸ "فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، ۵۰۲ صفحه.
- کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ح. ۱۳۸۸. "فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، ۵۰۲ صفحه.
- کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۲. "زراعت حبوبات" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۶ ص.
- کوچکی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۷۷. "اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک" ترجمه، انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۹۴۲ صفحه.
- کوچکی، ع.، سلطانی، ا. و عزیزی، م. ۱۳۸۲. "اکوفیزیولوژی گیاهی" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۵۶ صفحه.
- کوچکی، ع. ۱۳۸۶. "به نژادی و به زراعی در مناطق خشک" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۰۲ صفحه.
- کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۸۶. "زراعت حبوبات" چاپ هشتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- گلستانیان، ن. و بهار، م. ۱۳۷۶. فیزیک (جلد دوم). (تألیف هالیدی و رزنیک) چاپ هشتم. مرکز نشر دانشگاهی، ۳۴۹ ص.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۲. "زراعت حبوبات" انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۲۴۰ ص.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۸۳ صفحه.
- محمدیان، ر. ۱۳۸۰. تعیین شاخص های فیزیولوژیکی مؤثر در گزینش رگه های مقاوم به خشکی در چغندر قند. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- مسکوک، ع. م. و مرتضوی، ع. ۱۳۸۰. "طرح جامع استراتژیک تولید، تبدیل و توزیع زرشک بی دانه" وزارت صنایع، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.



مسکوکى، ع.م.، مرتضوى، ع. و مسکوکى، آ. ۱۳۸۶. "بررسى توام آلتراسونیک و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش" *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی*.

مظاهرى تیرانى، م.، منوچهرى کلانترى، خ. و حسیبى، ن. ۱۳۸۷. اثر متقابل اتیلن و اسید سالیسیلیک بر القای تنش اکسیداتیو و مکانیسم مقاومت به آن در گیاه کلزا (*Brassica napus*). *مجله زیست شناسی ایران*. جلد ۲۱. شماره ۳. صفحات ۴۲۱ تا ۴۳۱.

ملکوتى، م.ج. و ریاضى همدانى، ع. ۱۳۷۱. کود ها و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۸ صفحه.

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

ملکوتى، م.ج. و همایى، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک (( مشکلات و راه حلها)). انتشارات تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.

موحدى دهنوى، م.، مدرس ثانوى، ع. م.، سروشزاده، ع. و جلالى، م. ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. *بیابان*. ۹ (۱): ۹۳-۱۰۹.

نیاکان، م. و قربانلى، م. ۱۳۸۶. "اثر تنش خشکی بر شاخص های رشد فاکتورهای فتوسنتزی، میزان پروتئین و محتوای یونی در بخش های هوایی و زیرزمینی دو رقم سویا" *رستنی ها*، شماره ۸، جلد ۱، صفحات ۱۸ تا ۲۸

یارنیا، م.، فرجزاده، ا.، رضایی، ف.، احمدزاده و نوبری، ن. ۱۳۸۸. تأثیر روش کاربرد عناصر ریزمغذی بر تولید چغندر قند رقم منوژرم رسول. *مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۳ (۱۰): ۲۵-۳۸.

یزدانی، ف.، اله دادی، ا.، اکبری، غ.، بهبهانی، م. ر. ۱۳۸۶. تأثیر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (*Tarawat A200*) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۵. ۱۶۷-۱۷۴.

Abbott, J.A., Upchurch, R. and Strochine, R. L. 1997. "Technologies for nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables"

- Abd El Hadi, E.A.A. 1986.** Effect of foliar fertilization in different crops under Egyptian conditions. *Plant Soil Sci.*, 22: 126-141.
- Abdul jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R. Soma Sundaram, R. and Panneersevam, R. 2007.** Water deficit stress mitigation by calcium chloride in (*Catharanthus roseus*): Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces*. 60: 110-116.
- Ahmad, A., Haque, I., and Aziz, O. 1995.** Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. *Acta Agron. Hung.* 43: 211-221.
- Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001.**"The effect of water stress on grain filling processes in wheat"*J. Agric. Sci.*, 136, 257 pp 269.
- Alister, B. G., Stadin, J. V., Vanstaden, J. 1995.** Effect of artificially induced stress condition on the growth of medisenal plant. *Egyption Journal of Agronomi and Holticulture (1995)*. 97-108.
- Amin, A. A., Li, S., Rashad, M., Fatma, A. and Gharib, E. 2008.** Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, 2: 252
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Wang, L. 2011.** A review: "Morphological, physiological and biochemical responses of plant to drought stress"*Afric. J. Agric.*, 6,9, 2026 pp 2032.
- Anyia, A. O., and H. Herzog. 2004.** "Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought"*Europ. J. Agron.*, 20, 339 pp 327.
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P and Royo, C. 2002.** Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89, 925–940.
- Ashraf, M.Y., Azim, A.R., Khan, A.H. and Ala, S.A. 1994.** Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum*). *Acta Physiologia Plantarum*. 16: 185- 191.
- Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2005.** "Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions"*Advan. Agron.* 88, 271 pp 223.

- Azizinia, Sh., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi Samadi, B. and Ahmadi, A. 2005.** "Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat"**J. of Agric. Sci.**, 36, 281 pp 292.
- Bacem, M ., Aouani, ME . And Mohamadi, R. 2007 .** Nodulation and growth of common bean (*phaseous vulgaris*) under water deficiency. *soil Biology and Biochemistry* 39 : 1744 – 1750.
- Barton, S., Bullock, C. and Weir, D. 1996.** "The effects of ultrasound on the activities of som glycosidase enzymes of industrial importance, *Enzyme and Microb Technol.*, 18, 190 pp 194.
- 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.
- Beweley, J.D. and Lersen, K.M. 1982.** "Diffrences in the responses to water stress of growing and non growing regions of maize mesocotyls, protein synthesis on total free and membrane bound polyribosome fractions"**J. Exp. Bot.**, 33, 406 pp 415.
- 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.
- Bloch, D., Hoffman, C.M. and Martandar, B. 2006.** Impact of water supply onphotosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. *Euro. J. Agron.* 24. (3): 218-225.
- Blum, B. and Emercon, A. 1981.** Cell membrane staibility as a measure of drought and heat tolerance in weath. *J. Crop Sci.* 21: 43-47.
- Blum, A. 1988.** *Plant Breeding for Stress Enviornments*. CRC Press, Boca Raton, U.S.A.
- Blum, A. 1998.** "Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization " **Euphytica.**, 100, 77 pp 83.
- Blum, A. 2005.** "Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive"**Aus. J. of Agric. Res.**,56, 1159 pp 1168.
- Bonciarelli F. 1997,** “Caltivazioni erbacee da pieno campo “ vol. 1,University press UK.

- Bonnett, G.D. and Incoll, L.D. 1992.** "Potential pre- anthesis and post- anthesis contributions of stem internodes to grain yield in crops of winter barley" **Ann. Bot.**,69, 219 pp 225.
- Borras, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.E. 2004.** "Seed dry Weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal" **Field Crops Res.**, 86, 131 pp 146
- Burk, J.J. and Omahony, J. 2001.** Protective role in acquired temotolerance of developmentally regulated heat shok proteins in cotton seeds. *J. of Cotton Sci.* 2: 147-183.
- Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Camberato, J.J. 2004.** Foliar application on sugar beet. *J. of Fruit and Ornamental Plant Res.*, 12: 120-126.
- Cechin, I., Rossi, S., Oliveira, V. and Fumis, T. 2006.** Photosynthetic responses and Proline content of mature and young leaves of unflowerplants under water deficit *Photosynthetica*, 44(1):143-146.
- Chemat, S., Lagha, A., Amar, H. A. and Chemat, F. 2003.** Ultrasound assisted microwave digestion. *Ultrasonic Sonochemistry*. Available on the. url: <http://www.sciencedirect.com>
- Chen, H.J., Hou, W.C., Kuc, J. and Lin, Y.H. 2001.** Ca<sup>2+</sup> dependent and Ca<sup>2+</sup> independent excretion modes of salicylic acid in tobacco cell suspension culture. *J. Exp. Bot.* 52: 1219- 1226.
- Chimenti, C. A., Pearson and Hall A. J. 2002.** Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crop res.* 75: 235-246.
- 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. of California, Davis)" **Postharvest Horticulture Series.**, 9, 28 pp 30.

**Derosa, M.R., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y. 2010.** Nanotechnology in fertilizers. *Nature nanotechnol.*, 5 (2): 91.

**De Sclaux, D., Huynh, T.T. and Roumet, P. 2000.** "Identification of soybean plant characteristic that indicate the timing of drought stress"**Crop Sci.**, 40, 716 pp 722.

**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.

**Ebadi. A., Sajed, K., and Asgari. R. 2007.** "Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes" **J. Food Agric. Environ.**,5, 359 pp 362.

**Elizabeth Abreu, M. and Munne-Bosch, S. 2008.** Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown salvia officinalis. L. *Plants. Environmental and Experimental Botany.* 64 (2): 105- 112.

**El-Sharkawi, H., Farghali, K.A. and Sayad, S.A. 1989.** Interactive effects of water stress, Temperature and Nutrients in seed germination of tree desert plants. Academic Press of Egypt.

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

**Emam, Y. 2008.** "Water Relation in Plant. In: Koocheki, A. and Khaje Hosseini, M. (Eds.), *Modern Agronomy*"**Jihad Daneshgahi Mashhad Press.**, 163 pp 187. (In Persian).

**Emam. Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A.H. 2010.** "Water Stress Effects on Two Common Bean Cultivars with Contrasting Growth Habits" **American-Eurasian J Agric & Environ Sci.**, 9,5, 495 pp 499.

**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.

**FAO, 2006.** “ Food and Agriculture Organization of the United nations” Quarterly bulletin of statistics, Rome, Italy.

**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 salicylic 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.

**Fernands, V., Winkelmann, G. and Elbert, G. 2004.** Iron supply to suger beet plants through foliar application of iron citrate and ferric dimerum acid. *Phvsiol. Planta.*,122 (3): 380-385.

**Fienebaum, V., Santos, D.S., and Tillmann, M.A. 1991.** "Influence of water deficit on the yield components of three bean cultivars" *Pesquisa-Agropecuaria Breasileria.*, 26, 275 pp 280.

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

**Gebbing, T., Schnyder, H' and Kuhbauch, W. 1999.** "The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling in wheat. Assessment by steady-state <sup>13</sup>C<sub>2</sub>/<sup>12</sup>C<sub>2</sub>labelling" *Plant Cell Environ.*,22, 851 pp 858.

**Germna, C. and Teran, H. 2006.**"Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars"*Crop Sci.*, 46,2111 pp 2120.

**Ghaffaripor, A. 2005.** "Effects of drought stress on yield and quantitative and qualitative characteristics of new sunflower hybrid " M.Sc. thesis of Islamic Azad University of Karaj (in persian).

**Ghassemi-Golezani, K. and Lotfi, R. 2012.** Responses of soybean leaves and grain yield to stress at reproductive stages cultivars. *International Journal of plant, animal and environmental sciences*. Vol. 2, iss. 3, p. 63-68.

**Gimenez, K., Mitchell, V. and Lawlor, D., 1992.** Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress. *Plant Physiology*. 98: 516- 524.

**Gonzalez, A., Martin, I., and Ayerbe, L. 1999.** Barley yield in water- stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Res*. 62: 23-34.

**Hanson, A.D. and Hitz, W.D. 1982.** "Metabolic responses of mesophytes to plant water deficit" *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 33, 163 pp 203.

**Hanson, W.D. 1993.** Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean. *Crop Sci*. 32:968-972.

**Hanson, A. D., Nelson, C. E. and Pederson, A. R. 1999.** Capacity for proline accumulation during water stress in barley and implications for breeding for drought stress. *Crop Sci* 19: 489-493.

**Hashem, A., M.N.A. Magumdar, A. Hamid, and M.M. Hossein. 1998.** "Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized Brassica napus" *J. Agron and Crop Sci.*, 180, 3: 129 pp 136.

**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.

**Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010.** Effect of salicylic acid under changing environment: A review. *Environ and Experi. Botany*. 68:14-25.

**Hedrick, R. W., David, G. L. and starchman, E. 2005.** "ultrasound physics and instrumentation " Elsevier mosby publication, conditions, soil. *Boil. Biochem*. 38:1482-1487.

- Hirayama, M., Y. Wada., and H. Nemoto. 2006.** Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breed. Sci.* 56: 47-54.
- Hromadkova, Z., Kovacikova, J. and Ebringerova, A. 1999.** Study of the classical and ultrasound-assisted extraction of the corn cob xylan.
- Hsiao, T.C. 1973.** Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570
- Hsiao, T.C. 2000.** "Leaf and root growth in relation to water status" *Hort science.*, 35, 8, 1151 pp 1157.
- Hsu, S. Y. and Kao, C. H. 2003.** Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol and antioxidant enzymes in rice leaves. *Plant Growth Reg.* 39: 83-90.
- Hussein, M.M., Balba, L.K. and Gaballah, M.S. 2007.** Salicylic acid and a possible role in the induction of chilling tolerance. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3:321-328.
- Ishimori, Y., Karube, I., & Suzuki, S. 1981.** "Acceleration of immobilized alpha-chymotrypsin activity with ultrasonic irradiation" *J.Mol Catal.*, 12, 253 pp 259.
- Jaafari, P. and Imani, M. R. 2004.** Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301. Abstracts of the 8th. Iranian.
- Jaleel, C. A. ,Gopi, R. and Panneer, S. 2007.** Alteration in germination , seedling vigor lipid peroxidation and prolin metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings salt stress . *Sou. Afr. J. Bot.* 73:190-195.
- Jalilian, J., ModarresSanavy, S.A.M. and Sabaghpour, S.H. 2005.** "Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition" *J.AgricSciNaturResour.*, 12, 5, 1 pp 9.
- 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 protein suspensions" *Journal of Food Engineering.*, 86, 2, 281 pp 287.
- Jiang, Y. and N. Huang. 2001.** Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidase. *Crop Sci.* 41:436-442.



- Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O. and Rouphael, Y. 2007.** Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agr. Water Manag.* 75: 226-244.
- Kage, H., Kochler, M. and Stutzel, H. 2004.** "Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation"**Europ. J. Agron.**, 20,379 pp 394.
- Kazemiposhtmasari, H., Bahmanyar, M.A., Pirdasht, H. and Ahmadishad, M.A. 2008.** Effects of Zn rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in common Bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Asian.*
- 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.
- Keim, D.L. and Kronstad, W.E. 1981.** "Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions" **Crop Science.**, 21, 1: 11-15.
- Khodabandeh, n. 1991.** Cereal crops.Tehran University Pres.
- Khodary, SFA. 2004.** Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in the salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol.* 6: 5-8.
- Klamkowski, K., and W. Treder. 2006.** Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agricul Conspectus Sci.* 71 (4): 159-165.
- Kozlowski, G., Buchala, A. and M'etraux, J.P. 1999.** Methyl jasmonate protects Norwayprotects Norwayprotects Norway spruce [*Piceaabies (L.) Karst.* ] seedlings against Pythium against PythiummultimumTrow. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 55: 53 -58.
- Kumar, A., Singh, D.P. and Singh, P. 1994.** "Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica juncea L*" **Field Crop. Res.**, 37, 95 pp 101.
- Kuma, 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.
- Lahlou, O. and Quattar, S. 2003.** "The effects of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato" **Agron. J.**23, 3,257 pp 268.
- Larqu e, S.A. 1979.** Stomatal closure in response to acetalsalicylic acid treatment. *Z. Pflanzenphysiol.* 93:371–5.
- Larque-Saavedra, A. and Martin-Mex, R. 2007.** Effect of salicylic acid on the bio-productivity of plants. In: Hayat, S., Ahmad, A. (Eds). *Salicylic Acid. A Plant Hormone.* Springer Publishers. Dordrecht. The Netherlands.
- Lawlor, D. W. and Cornic., G. 2002.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. *Agron.J.* 73-583-587.
- Levitt, J. 1980.** "Stress terminology. In: Tuner,N.C. and Kramer,P.J. (Eds.), *Adaptation of plants to water and high temperature stress*" **Wiley, New York.,** 437 pp 439.
- Lin, C.H. 1996.** Method and sources of applied manganese on converted low-manganese paddy field for soybean. *Bulletin of Hualien Distinct Improvement Station.* No3: 30-35.
- Lopez, P., Sa nchez, A.C., Vercet, A., and Burgos, J. 1997.**"Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectin methylesterase at physiological pH" **Zeitschrift fur 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.
- Lopez, C.G., Banowetz,G.M., Peterson, C.J. and Kronstand,W.E. 2003.** "Dehydrin expression and drought in seven wheat cultivars"**Crop Sci.,** 43,577 pp 582.
- Mafakheri, A., Siosemardeh,A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, E. 2010.** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *AJCS .*4(8), 580-585.
- 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. 3:314-324

**Majundar, S., Ghosh, S., Glick, B.R. and Durnbroff, F.B. 1991.** Activities of chlorophyllase phosphoenol pyruvate carboxylase and ribulose- 1, 5- bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought. *Physiol. Plant.* 81: 473- 480.

**Mardani, H., Bayat, H., Selahvarzi, Y. and Azizi, M. 2010.** Effect of Foliar spray of salicylic acid on morphological and physiological properties cucumber seedling (*Cucumis sativus*) under drought stress conditions. Proceeding of the first National Conference on Sustainable Agriculture and Cleaner Products. 11-12 Nov. Isfahan Research Center of Agriculture and Natural Resources.

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

**May, L.H. and Milthorpe, F.L. 1962.** Drought resistance of crop plants. *Field Crop Abstracts.* 15: 171- 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.

**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.

**Moradi, A. 2005.** "Physiological response of Mungbean to severe and moderate water stress applied at different growth stage" M.Sc. thesis, University of Tehran (In Farsi).

**Mortvet, G.G. 1986.** Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problems. *J. Plant Nutri.*, **9**: 691-974.

- Movahedi-dehnavi, M., Modares-sanavi, A. and Mokhtassi-bidgoli, A. 2009.** Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower. *Indust. crops and products.*, 30 (1): 82-92.
- Nascentes, C. C., Korn, M. and Arruda, M. A. Z. 2001.** A fast ultrasound-assisted extraction of Ca, Mg, Mn and Zn from vegetables. *Microchemical Journal*, **69**: 37-43.
- Nasir Khan, M., Siddigui, H. M., Masroor, F., Khan, A. and Naeem, M. 2007.** Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, proline accumulation and yield in linseed genotypes. *World J Agric Sci.* 3: 685- 695.
- Nazarli, H. and Zardashti, M.R, 2010.** The Effect Of Drought Stress And Super Absorbent Polymer (A200) On Agronomical Traits Of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Under Field Condition. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 3(143): 4 – 14.
- Nielsen, D.C., and J. Janick. 1996.** "Potential of canola as a dry land crop in northeastern Colorado. Progress in new crop proceeding of the third national symposium Indiana polis., 22, 282 pp 187.
- Nielsen, D.C. 1997.** "Water use and yield of canola under dry land conditions in the Central Great Plains"*J. Prod. Agric.*, 10, 2, 307 pp 313.
- Nonomura, A.M. and Benson, A.A. 1992.** The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 89: 9794–9798.
- Paknejad, F. Majidi, E., Noormohammadi, G., Seadat, A. and Vazan, S. 2006.** Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Journal of Agricultural Sciences.* Vol11: 137-148.
- Parida, A.K. and Bandhu Das, A. 2004.** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol. and Envi. Safty.* 60:324-349.
- Passioura, J.B., Condon, A.G. and Richards, R.A. 1993.** Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith J.A.C., Griffiths H. (eds)
- Pattanagul, W. and madore, M.A. 1999.** "Water deficit effects on raffinose family oligosaccharide metabolism in coleus"*Plant Physiol.*, 121,987 pp 993.

**Piyasena, P., Mohareb, E. and Mckellar, R. C. 2003.** Inactivation of Microbes using ultrasound: a review. International Journal of Food Microbiology, 1-10. Available on the. url: <http://www.sciencedirect.com>

**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.

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

**Reddy, A. R., Chaitanya K.V. and Vivekananda, M. 2004.** Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants.J. Plant Physiol. 161:1189-1202. 1-8.

**Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2001.** Water stress tolerance of wheat *Triticum astivum* L.: vaiation in hydrogen peroxide assumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. J. Agron and Crop Sci., 186:63-700.

**Salehi, M. 2004.** The effect of increase of CO<sub>2</sub> and salinity, aridity and nitrogen stresses on some of physiological and morphological of spring wheat. M. Sc. thesis, Agriculture Faculty of Ferdowsi University.

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

**Scott, N.S., Munns, R. and Barlow, E.W.R. 1984.** "Polyribosome content in young and aged wheat leaves subjected to drought"**J. Exp. Bot.**, 30, 905 pp 911.

**Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000.** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30:157-161.

**Senaranta, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2002.** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30: 157-161.

- Seraj, R. and Sinclair, T.R. 2002.** Osmolyte accumulation can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environ.* 25: 333-341.
- shakeel, A. A., Xiao-yu, X., Long-chang, W., Muhammad, F. S., Chen, M. and Wang, L. 2011.** Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research.* 6: 2026-2032.
- Shakirova, F.M., Shakhbutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., Fatkhutdinova, D.R., 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seed ling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci*, 164, 317-322.
- Shan, L. , Lianzhou ,J., Yang L. 2011.**"Research of aqueous enzymatic extraction of watermelon seed Oil of ultrasonic pretreatment assisted" ***Procedia Engineering.***, 4949 pp 4955.
- Shaviv, A. 2000.** Advances in controlled release of fertilizers. *Adv. in Agron.*, 71:1-4.
- Shekari, F. 2001.** "Evaluation of common bean characters to drought stress tolerance" Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University.
- Shekari, F. 2006.**"Response of common bean to water shortage" Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University.
- 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.
- Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C. L. and Munjal, R. 2004.** Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum* 48(3): 445-448.
- Sinaki, j. M., Nourmohammadi, G. and Maleki, A. 2004.** Effect of water deficit on seedling, plantlets and compatible solutes of forage sorghum CV. speed feed. 4<sup>th</sup> International Crop Sci. Conference. Brisbane, Aus.
- Singh, B. and K. Usha. 2003.** Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regul.*, 39: 137-141.

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

**Si-o-semar deh, A. 2003.** Physiological of growth and yield of wheat cultivar related to drought resistance ATP synthesis. Ph.D. dissertation , University of Tehran, Iran.

**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.

**Specht, J.E., Chese, M., Macrander, G.L., Graef, J., Chung, J.P., Markwell, M., German, J.H. and Lark, K.G. 2001.** "Soybean response to water. A QTL analysis of drought tolerance"**Crop Sci.**, 41,439 pp 509.

**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 pp 74.

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

**Szilagyi, L. 2003.** "Influence of drought on seed yield components in common bean"**BulgJ PlantPhisio.**,320 pp 330.

**Tahrnasebi-Sarvestani, T.Z., Jenner, C.F. and Mac-Donald, G. 2003.** "Dry matter and nitrogen remobilization of two wheat genotypes under post- an thesis water stress conditions"**J. Agric. Sci. Technol.**, 5, 21 pp 29.

**Tahir, M.H.S. and Mehid, S.S. 2001.**"Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus L.*) populations under water stress and normal conditions"**Int. J. Agric. Biol.**, 3, 236 pp 238.

**Taiz, L., and Starks, J. E. 1977.** "Gibberellic acid enhancement of DNA turnover in barley aleurone cells" **Plant Physiol.**,60, 182 pp 189.

**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.

**Teixeira, I.R., Borem, A., Andrade Araujo, G.A., Lucio, R. and Fontes, F. 2004.** Manganese and zinc leaf application on common bean on a cerrado soil. *Sci. Agric.* (Piracicaba, Braz.), 61 (1): 77-81.

**Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M. 2006.** "Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-arid environment" *Europ. J. Agron.*, 25, 60 pp 70.

**Thomas, M., Robertson J. and Fukai, S. 2003.** "The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation on mungbean" *Field Crop Research.*, 86, 67 pp 80.

**Toselli, M.E. and Casenave, E.C. 2003.** Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of content seeds. *Seed Science and Technology.* 31:727- 735.

**Turner, C. and Myones, M. 198).** "Turgor maintenance by osmotic adjustment. A review and evaluation in adaptation of plant to water and high temperature stress" Turner, N.C. and Kramer, P.J. (eds). *Wiley, Newyork.*, 87 pp 103.

**Vajrabhaya, M., Kumpun, W. and Chadchawan, S. 2001.** The solute accumulation: The mechanism for drought tolerance in RD23 rice (*Oriza sativa L.*) Lines. *Science Asia.* 27: 93-97.

**Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L. and Gasparikova, O. 2006.** Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.* 52: 186-191.

**Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. and Bates, D. 2007.** "Applications and opportunities for ultrasoundassisted extraction in the food industry" *Areview, Innovative Food Science and EmergingTechnologies.*, 9, 161 pp 169.

**Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007.** "Tolerance in plants: an overview *Environ" Exp. Bot.*, 61, 199 pp 223.

**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.



**Wardlaw, Z.F. 1967.** The effect of water stress on the translocation in relation to photosynt

**Webber, M.J., Barnett, B., Finlayson, B. and Wang, M. 2006.** "Pricing china's irrigation water working paper, school of anthropology, geography and environmental studies" the university of Melbourne, Victoria, Australia. Hesis

**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.

**Yalpani, N., Enyedi, A.J., Leon, J. and Raskin, I. 1994.** Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis- related proteins and virus resistance in tobacco. *Planta*. 193: 372- 376.

**Yamada, Y. and Fukutoku, Y. 1986.** "Effect of water stress on soybean, soybean intropical and sub tropical cropping system" The Asian vegetable research and development center, Shan bue, Taiwn, China, Chapte., 48,373 pp 382.

**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.

**Yang, J., and Zhang, J. 2006.** "Grain filling of cereals under soil drying" *NewPhytol.* 169, 223 pp 236.

**Yegappan, T. M., Paton, D., Gates, C. T. and Muller, W. 1982.** Water stress in sunflower (response of cyptla size). *Annuals of Botany*. London. 49: 63-68.

**Zablotowicz, R.M., D.D. Focht, and G.H. Cannell. 1981."** Brady rhizobium liaoningensesp.nov., Isolated from the root nodules of soybeans.*Inter"J. Syst.Bacteriol.*, 45, pp 706.

**Zho, J.K. 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*53:247-278.

## **Abstract**

The aim of this experiment was to study the effect of ultrasonic waves and spraying salisilic acid on growth and yield of cowpea in drought stress. The experimental design in Shahrood University's Agriculture Research Station in 2014 as a factorial randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of three levels of seeds exposure with ultrasonic waves, in three levels of zero exposure, 4 and 8 minutes, salisilic acid spraying in two levels including control and spraying the value of one milimolar a week after flowering and a week in the drought stage onwards and two levels of drought stress applied including control and irrigation after flowering. Results showed that applying salisilic acid significantly increased dry weight of pod and grain, number of pod and grain, weight of 100 grains, grain and biological yield, relative water content (RWC), photosynthesis pigments and protein percentage as compared to controls. Ultrasonic waves also increased dry weight of shoot, number of pod and grain, number of node, leaf area (LA), distance of first pod from soil surface, grain and biological yield, chlorophyll content of leaves and protein percentage as compared to control. Also all of the reviewed factors except several exception than drought stress showed a negative impact. It was concluded that applying salisilic acid and also, 4 minutes exposure to ultrasonic waves are useful to improve growth and yield of cowpea.

*Keywords: Waves, Salisilic acid, Stress, Cowpea*



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Agriculture**

**Interaction of Ultrasonic waves and Salicylic acid on drought-stressed  
Cowpea**

**Mahsa Jamshidi**

**Supervisor:**

**Dr. M. Gholipoor**

**Advisors:**

**Dr.M. Baradaran Firouzabadi**

**Dr. H. Samadlouie**

**February 2016**