

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی فاردوس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

تأثیر امواج اولتراسونیک بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی

نگارنده: سید سامان محروقیان

استاد راهنما:

دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

بهمن ۱۳۹۵

تقدیم به

یکتا خالق که در آسمان ها و از رک کردن نزدیکتر است

پاس خدای را که سخوران، در ستودن آن بماند و شمارندگان، شمرن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن توانند و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، آمان که وجودمان و امدار وجودشان است.

پدر و مادر مهربانم

دو فرشته که از خواسته بایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

ای پدر، از تو هر چه می گویم باز هم کم می آورم، خورشیدی شدی و از روشنایی تو جان گرفتم و لبریزم کردی از شوق. اکنون حاصل دستان خسته ات رمز موفقیتم شد، به خود تبریک می گویم که تو را دارم.

و تو ای مادر، ای شوق زیبای نفس کشیدن، ای روح مهربان هستی ام، تورنگ شادی مایم شادی و نخطه های غم و اندوه را با تمام وجود از من دور کردی و عمری محنتی ما را به جان خریدی تا اکنون طعم خوش پیروزی را به من بخشانی.

پروردگارا، نه می توانم موبایشان را که در راه عزت من سفید شد سیاه کنم و نه برای دست های پسته آن ها که ثمره تلاش برای افتخار من است مرهمی دارم. پس توفیقم ده که هر نخطه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عرصای دست بود نشان بگذرانم.

پس از مدت ها و بعد از پیمودن راه های فراوان با حضور شیرین اساتید عزیزم، بار اهنایی ها و دغدغه های فراوانشان و شیفت های زیبای آن دوران، و زیبایی حضور برادرانم در کنارم، که محنتی های این راه را به امید و روشنی تبدیل کردند. امیدوارم که بتوانم در آینده ای نزدیک جو ابگوی محبت آنها باشم.

اکنون با احترام فراوان برای تلاش این عزیزان در جهت موفقیت من، این مجموعه را به پدر و مادرم، اساتید عزیزم، و برادرانم تقدیم می کنم، امیدوارم که قادر به درک زیبایی های وجودشان باشم.

و نسیفه خود می دانم که از زحمات استاد گرانقدرم، جناب آقای دکتر قلی پور که در طی دوران تحصیل و تدوین پایان نامه بار اهنایی های خود ایجاب رایاری نمودند سپاسگذاری نمایم و از اساتید محترم جناب آقای دکتر برادران و دکتر عباسدخت که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند، صمیمانه تشکر کنم.

در پایان از تمامی دوستان به ویژه دوست عزیزم، دکتر نصیری ده سرخی و کلیه کسانی که هر یک به نوعی با بهمدی و بهکاری یاریم دادند کمال تقدیر و تشکر را دارم و برایشان آرزوی موفقیت و سربلندی می کنم.

تعهد نامه

اینجانب سید سامان محروقیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر امواج اولتراسونیک بر رشد و عملکرد 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 شاهرود » و یا «Shahrood University» 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

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه 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 اثر متقابل تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی انجام گرفت. تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان و بخصوص حبوبات بشمار می‌رود. بر اساس گزارشات اندک منتشر شده یکی از تیمارهایی که انتظار می‌رود در شرایط خشکی بر رشد گیاه تأثیر مثبت داشته باشد، تیمار امواج فراصوت می‌باشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورها شامل تنش خشکی {شاهد (آبیاری کامل)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله خمیری دانه به بعد} و امواج فراصوت {شاهد (عدم تیمار)، ۱/۵، ۳/۵، ۵/۵ و ۷/۵ دقیقه پرتودهی} بود. براساس نتایج بدست آمده در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، رطوبت نسبی برگ، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی گردید ولی درصد پروتئین دانه را بیشتر نمود. امواج اولتراسونیک نیز باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، رطوبت نسبی برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و درصد پروتئین دانه گردید. بهترین مدت زمان پرتودهی در اکثر صفات کاربرد امواج فراصوت به مدت ۵/۵ دقیقه می‌باشد ولی کاربرد امواج به مدت ۷/۵ دقیقه بر روی اکثر صفات تأثیر منفی داشته و باعث کاهش آن‌ها می‌گردد. اثر متقابل تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر روی صفات تعداد غلاف، کلروفیل و وزن خشک برگ معنی‌دار شد. فاکتورهای اصلی و اثر متقابل آن‌ها در هیچ یک از سطوح آماری بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نگردید.

واژگان کلیدی: فاکتوریل، اولتراسونیک، مرحله گلدهی، مرحله خمیری دانه

فهرست مطالب

فصل اول	۱
مقدمه	۲
فصل دوم - بررسی منابع	۷
۱-۲- اهمیت	۸
۲-۲- لوبیا چشم بلبلی	۹
۱-۲-۲- منشاء و انواع لوبیا چشم بلبلی	۹
۲-۲-۲- تاریخچه و اهلی شدن	۱۰
۳-۲-۲- گیاهشناسی	۱۱
۳-۲- عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی (بوم شناسی)	۱۲
۴-۲- عملیات زراعی	۱۲
۱-۴-۲- کاشت	۱۲
۲-۴-۲- داشت	۱۳
۳-۴-۲- برداشت	۱۳
۵-۲- اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی	۱۳
۶-۲- تنش خشکی	۱۴
۱-۶-۲- اثرات تنش خشکی	۱۶
۷-۲- کارایی مصرف آب	۲۰
۸-۲- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی	۲۱
۱-۸-۲- فرار از خشکی	۲۲
۲-۸-۲- اجتناب از پسابدگی	۲۳
۳-۸-۲- تحمل پسابدگی	۲۴
۹-۲- فراصوت (Ultrasound)	۲۵
۱۰-۲- کاربردهای امواج فراصوت	۲۶
۱-۱۰-۲- کاربردهای صنعتی	۲۶
۲-۱۰-۲- کاربردهای امنیتی	۲۶

۲۷	..... رادار ۳-۱۰-۲
۲۷	..... کاربردهای پزشکی، سونوگرافی ۴-۱۰-۲
۲۷	..... کاربرد در صنایع غذایی ۵-۱۰-۲
۳۱	..... کاربردهای کشاورزی ۶-۱۰-۲
۳۱	..... ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی ۱۱-۲
۳۲	..... اثرات اصلی امواج فراصوت ۱۲-۲
۳۲	..... سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج فراصوت ۱۳-۲
۳۴	..... اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی ۱۴-۲
۳۷	..... فصل سوم- مواد و روش ها ۳۷
۳۸	..... زمان و محل اجرای آزمایش ۱-۳
۳۸	..... موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی ۲-۳
۳۸	..... شرایط آب و هوایی منطقه ۳-۳
۳۹	..... خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش ۴-۳
۴۰	..... مشخصات طرح آزمایش ۵-۳
۴۱	..... آماده سازی زمین ۶-۳
۴۱	..... رقم بذربویا چشم بلبلی مورد استفاده در آزمایش ۷-۳
۴۱	..... پرتودهی بذور ۸-۳
۴۲	..... کاشت بذر ۹-۳
۴۲	..... مبارزه با علفهای هرز و آفات ۱۰-۳
۴۲	..... آبیاری ۱۱-۳
۴۲	..... نمونه برداری ۱۲-۳
۴۳	..... وزن خشک برگ و ساقه ۱۳-۳
۴۳	..... سطح برگ ۱۴-۳
۴۳	..... تعیین کلروفیل ۱۵-۳
۴۳	..... تعیین محتوای سبی آب برگ (RWC) ۱۶-۳
۴۴	..... اجزای عملکرد ۱۷-۳
۴۴	..... اندازه گیری عناصر غذایی ۱۸-۳

۴۴	.....۳-۱۸-۱- تعیین درصد پروتئین دانه
۴۶	.....۳-۱۸-۲- تعیین فسفر دانه
۴۷	.....۳-۱۹- تجزیه آماری نتایج
۴۹	..... فصل چهارم- نتایج و بحث
۵۰	.....۴-۱- ارتفاع بوته
۵۲	.....۴-۲- وزن خشک ساقه
۵۴	.....۴-۳- وزن خشک برگ
۵۷	.....۴-۴- محتوای نسبی آب برگ (RWC)
۶۰	.....۴-۵- محتوای کلروفیل برگ
۶۱	.....۴-۶- شاخص سطح برگ (LAI)
۶۳	.....۴-۷- تعداد برگ
۶۵	.....۴-۸- تعداد شاخه فرعی
۶۷	.....۴-۹- تعداد غلاف
۶۸	.....۴-۱۰- تعداد دانه در غلاف
۶۹	.....۴-۱۱- وزن صد دانه
۷۱	.....۴-۱۲- عملکرد دانه
۷۴	.....۴-۱۳- عملکرد بیولوژیکی
۷۶	.....۴-۱۴- فسفر دانه
۷۸	.....۴-۱۵- درصد پروتئین دانه
۸۱	..... نتیجه گیری کلی
۸۱	..... پیشنهادات
۸۳	..... فهرست منابع

فصل اول

مقدمه

جمعیت کره‌ی زمین پیوسته در حال افزایش است. بیش از ۷۵٪ جمعیت جهان مربوط به کشورهای در حال توسعه است و متأسفانه سهم عمده‌ی افزایش جمعیت مربوط به این کشورها می‌باشد که امروزه با مشکل گرسنگی و سوء تغذیه دست به گریبان هستند، به گونه‌ای که ۲۰ درصد جمعیت این کشورها هم اکنون دچار سوء تغذیه هستند (گالاگر، ۱۹۸۴).

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 عرضه‌ی 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).

حبوبات نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری بویژه در کشورهای در حال توسعه آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین دارند. حبوبات در حقیقت گوشت فقرا بوده و با کمبود پروتئین در جهان نقش این محصولات روشن‌تر می‌شود. در اکثر کشورهای که با کمبود مواد غذایی روبرو هستند، کیفیت و کمیت پروتئین مسأله اساسی تغذیه است (جلیلیان و همکاران، ۱۳۸۴) و یکی از مهمترین منابع سرشار از پروتئین به حبوبات تعلق دارد. دانه حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات و دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌رود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد.

حبوبات غیر از ارزش غذایی خود دارای اهمیت خاص از نظر اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشند و آن قابلیت تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی باکتری‌ها می‌باشد و باعث حاصلخیزی خاک- های فقیر می‌شوند. قرار گرفتن حبوبات در تناوب زراعی می‌تواند در هر فصل زراعی حداکثر ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار تثبیت نیتروژن انجام دهد (کومار و ابو، ۲۰۰۱). حبوبات به دلیل شکستن سیکل بیماری‌ها، اصلاح فیزیکی خاک (مجنون حسینی، ۱۳۸۷)، حفظ پایداری خاک به علت نیاز کمتر به شخم (باقی و همکاران، ۱۳۸۸)، حرکت ریشه به سمت منابع فسفر دور از دسترس خاک (هوشیکاوا، ۱۹۹۱) از اهمیت خاصی برخوردار هستند (ناتمن، ۱۹۸۷). لویا 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 می‌باشد. معمولاً این محصول بصورت تازه خوری و سبزی 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).

با وجود افزایش ۸ برابری تولید غلات در سده گذشته، افزایش عملکرد این گیاهان محسوس نیست (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). این موضوع می‌تواند به دلیل حساسیت ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف به تنش‌های زیستی و غیرزیستی باشد. یکی از این تنش‌ها که می‌تواند مهم‌ترین آنها نیز باشد، تنش خشکی نام دارد. متوسط افت عملکرد بدلیل خشکی در جهان سالیانه حدود ۱۷ درصد است که تا بیش از ۷۰ درصد نیز گزارش شده است (ادمیدس، ۱۹۹۳). کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی در مناطق نیمه گرمسیر، غرب آسیا و شمال آفریقا (وانا) از ۳۵ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (ICRISAT، ۱۹۹۶). خسارت تنش‌های خشکی، شوری و گرما در سطح جهان بین گیاهان زراعی گسترده تر از سایر تنش‌ها می‌باشد. در زمینه اصلاح نباتات جهت مقابله با تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها) کارهای زیادی انجام داده است ولی در خصوص تنش‌های غیر زیستی (خشکی، سرما و

گرما) بدلیل عدم وجود استراتژی و روش‌های آزمایشی مناسب، فقدان ژنوتیپ مناسب که در مراحل مختلف رشد به تنش محیطی عکس العمل نشان دهند موفقیت کمتری داشته است.

همه تنش‌های زنده و غیر زنده باعث کاهش محصول می‌شوند (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶). اما تنش خشکی عامل مهم کاهش تولید در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (دبک و عبدالله، ۲۰۰۴). برای افزایش تولید و بالابردن مقاومت گیاهان در مقابله با تنش خشکی از روش‌های گوناگون استفاده شده است، اما به کارگیری مستمر و زیاد این روش‌ها موجب تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده است. بر اساس گزارشات اندک منتشر شده یکی از تیمارهایی که انتظار می‌رود در شرایط خشکی بر رشد و تولید گیاه تأثیر مثبت داشته باشد، تیمار امواج اولتراسونیک (فراصوت) است. معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ و یا ۲۵ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود و امواج اولتراسونیک فرکانسی خارج از محدوده شنوایی انسان دارند. مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به طور کلی به علت ایجاد حباب‌های بسیار ریزی است که در اثر انقباض و انبساط لحظه‌ای ونقطه‌ای ناشی از حرارت و فشار فوق‌العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می‌شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه دما به ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و فشار تا $10^4 \times 5$ کیلو پاسکال افزایش می‌یابد). این وضعیت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی مولکول‌های مجاور می‌شود. تیمار اولتراسونیک با تولید حباب‌هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم‌ها می‌شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰).

از مهم‌ترین مزایای استفاده از امواج فراصوتی می‌توان به غیر مخرب بودن، سهولت و سرعت استفاده از آن، مقرون به صرفه و ارزان بودن و نهایتاً ایمنی بالای آن اشاره نمود. امواج فراصوت 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 می‌گیرد. به طور مثال استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره‌وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش شناخته می‌شود

(مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۶). همچنین می‌توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی استفاده نمود (میزارچ و گالیلی، ۱۹۹۶).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اثرات مکانیکی امواج فراصوت و کاویتاسیون‌های تولید شده، تأثیرات بسزایی در خصوصیات کیفی و کمی گیاهان بجا خواهند گذاشت. کاربرد این امواج در عصاره‌گیری، هیچ‌گونه افت احتمالی در ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز ایجاد نکرده است (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین‌ها، ترکیبات دیگری مثل پلی‌فنل‌ها، پلی‌ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه‌ها را توانسته‌اند با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا استخراج نمایند (ویلیخ و ماوسون، ۲۰۰۷). تیمار بذور جو با امواج فراصوت هیچ‌تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز نداشته و در مقابل آن را بیشتر نموده است (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۷). از طرفی کاربرد این امواج روی بذور جو افزایش ۳۰ الی ۴۵ درصدی جوانه زنی را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (یلداگرد، ۲۰۰۸).

بذر تربچه تیمار شده با امواج فراصوت نسبت به شاهد از سرعت جوانه‌زنی بالاتر و افزایش ۱۳ تا ۱۶ درصدی طول ریشه‌چه برخوردار بوده است (شیمومورا، ۱۹۹۰). در پژوهشی دیگر امواج فراصوت، وزن صد دانه و راندمان بیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی را در مقایسه با تیمار شاهد به طور چشم‌گیری افزایش داد (عبادی قهرمانی، ۱۳۹۱). هم‌چنین پژوهش‌های میلانی و همکاران (۱۳۹۰) حاکی از اثر مثبت این امواج در استخراج اینولین از ریشه بابا آدم بوده است.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- اهمیت

لگوم (Legume) کلمه ای لاتین به معنی بذرهای تشکیل شده درون غلاف یا نیام می‌باشد. لگوم خوراکی به غلاف‌های نارس حبوبات، بذرهای خشک و خوراکی گیاهان خانواده لگومینوز اطلاق می‌گردد (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۸۰). به طور متوسط دانه حبوبات دارای ۳۲-۱۸٪ پروتئین می‌باشند که ۲-۳ برابر پروتئین غلات و ۱۰-۲۰ برابر پروتئین گیاهان غده‌ای است. حبوبات مقادیر کمی ویتامین‌های ریوفلاوین (پیش ماده ویتامین آ)، اسید اسکوربیک (ویتامین ث)، نیاسین و تیامین دارند. از نظر عناصر معدنی آهن و کلسیم نیز غنی می‌باشند. تثبیت نیتروژن اتمسفر در همزیستی با ریزوبیوم (لوپز-بلیدو و همکاران، ۱۹۹۷) و برقراری تعادل عناصر معدنی خاک در کشاورزی زیستی (پاتل و همکاران، ۲۰۰۶)، شخم بیولوژیکی خاک به کمک سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی دسترسی به منابع رطوبتی اعماق، بعنوان کود سبز در بهبود فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله نقش‌های حبوبات می‌باشد. سطح زیر کشت حبوبات حدود ۶۹/۳ میلیون هکتار با تولید ۳/۴ میلیون تن گزارش شده است. در ایران سطح زیر کشت حبوبات ۸۶۸۷۵۶ هکتار معادل ۶/۹۹ درصد اراضی زیر کشت است که ۸۵/۴۱ درصد آن دیم و ۱۴/۵۹ درصد آبی می‌باشد. نخود با ۶۴/۴۸ درصد، عدس با ۲۱/۸۳ درصد و لوبیا با ۱۰/۸۱ درصد بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند. استان کرمانشاه با ۱۵/۹۵ درصد بیشترین و استان بوشهر با کمتر از ۰/۰۱ درصد کمترین سطح زیر کشت حبوبات را دارا می‌باشند. تولید حبوبات ایران معادل ۵۰۸ هزار تن است که ۴۴/۱۷ درصد آن مربوط به اراضی آبی و ۵۵/۸۳ درصد آن حاصل از اراضی دیم است. نخود با ۴۱/۱۵ درصد و لوبیا با ۳۵/۷۲ درصد به ترتیب در رتبه اول و دوم تولید حبوبات کشور قرار دارند و این نشان دهنده اهمیت لوبیا در جهان و ایران می‌باشد. یکی از پر کشت‌ترین انواع لوبیا در جهان، لوبیا چشم بلبلی می‌باشد.

۲-۲- لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی با نام های رایج Cherry bean، Black-eyed Pea، Cowpea و غیره گیاهی از خانواده لگومینوز و زیر خانواده پروانه آسا می باشد (بنچیارلی، ۱۹۹۷). این گیاه به صورت دانه خشک و یا به صورت لوبیا سبز، سبزی خوردن و همچنین علوفه سبز و کود سبز مورد استفاده قرار می گیرد. دانه آن سرشار از پروتئین و سایر مواد غذایی است و لذا به عنوان «گوشت گیاهی» شناخته می شود. دانه خشک آن محتوی ۲۲/۴٪ پروتئین، ۱/۸٪ چربی و ۶۰/۳٪ کربوهیدرات است (مجنون حسینی، ۱۳۷۲). همچنین منبع غنی از کلسیم و آهن می باشد. ارزش علوفه لوبیا چشم بلبلی با یونجه قابل مقایسه است. در آمریکا بوته سبز آن در تغذیه دام مورد استفاده قرار می گیرد. علوفه خشک آن دارای ۱۴٪ پروتئین، ۴۵/۵٪ کربوهیدرات، ۱/۴٪ چربی و ۲۶/۱٪ سلولز است. این گیاه اغلب به عنوان کود سبز برای اصلاح خاک ها کاشته می شود و چنان رشد رویشی زیادی دارد که سطح خاک را پوشانیده و مانع فرسایش خاک می شود (مجنون حسینی، ۱۳۷۲). شخم زدن و زیر خاک بردن بقایای گیاهی لوبیا چشم بلبلی باعث تقویت و اصلاح زمین زراعی می گردد (بنچیارلی، ۱۹۹۷).

۲-۲-۱ منشاء و انواع لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی زراعی *Vigna unguiculata (L) Walp.* عضوی است از شش زیر جنس *Vigna* (یعنی Catajang) که شامل فقط یک گونه دیگر *V. nervosa* است. این گونه به چهار زیر گونه زراعی شامل *Texfilis*، *Seguipedali*، *Biflora*، *Ungulculata* 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).

گروه *Biflora (V. unguiculata ssp. Cylindrica (L.) van Eseltine)* یا لوبیا Catjang:

یکساله، بوته ایستاده، نیمه ایستاده تا خوابیده و به ارتفاع ۸۰-۱۵ سانتی متر است. غلاف ها ۱۲-۷/۵ سانتی متر می باشد. بوته بالا رونده و مستحکم است و دانه ها معمولا به طول ۳-۶ میلی متر می باشد.

گروه *Sesguipedalis* (*V. unguiculata ssp. Sesguipedalis* (L.) Verde.) یا لوبیای *Lon*

Yard- بوته ها یکساله، بالا رونده و به طول ۲ تا ۴ متر می باشد. غلافها به طول ۱۰۰-۳۰ سانتی متر بوده و در هنگام جوانی آویزان سست و نرم اند. دانه ها معمولا به طول ۱۲-۸ میلی متر هستند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

واویلوف هندوستان را به عنوان خاستگاه لوبیا چشم بلبلی و آفریقا و چین را به عنوان مراکز تنوع ثانویه مطرح کرد. بیشترین تنوع لوبیا چشم بلبلی در اتیوپی است. با این وجود، جایی که اولین بار این گیاه اهلی شده است به طور قطع مشخص نشده است. به نظر برخی، دو مرکز تنوع برای این گونه وجود دارد که شامل فرم های وحشی و زراعی است. یکی در غرب آفریقا (برای گروه زراعی *Unguiculata*) و دیگری در هندوستان و جنوب شرقی آسیا (برای گروه زراعی *Biflora* و گروه زراعی *Sesguipedalis*). لوبیا چشم بلبلی معمولی پراکنش وسیعی در سرتاسر مناطق حاره و نیمه حاره (حد فاصل ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی عرض جغرافیایی) به ویژه در آفریقا دارد. خارج از آفریقا، این محصول همچنین در آسیا به ویژه در هند، استرالیا، کارائیب، جنوب ایالات متحده و مناطق پست و نواحی ساحلی جنوب و مرکز آمریکا کشت می شود.

لوبیا چشم بلبلی *Catjang* عمدتا در هند و سریلانکا و تا اندازه ای در جنوب شرقی آسیا کشت می شود. لوبیای *Yard-long* بیشتر در هند، بنگلادش و جنوب شرقی آسیا و اقیانوسیه کشت می شود. اما به طور وسیعی در کل مناطق گرمسیری به عنوان یک محصول فرعی گسترش دارد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۲- تاریخچه و اهلی شدن

گفته می شود که کشت و کار لوبیا چشم بلبلی ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد در آفریقای مرکزی بر قرار بوده، در حالی که لوبیا چشم بلبلی همراه با سورگوم از طریق دریا و همچنین راه های زیر-

زمینی حدود ۱۵ سال قبل از میلاد به هندوستان رسید که از آنجا به چین و آسیای جنوب شرقی راه یافت. ورود این گیاه به اروپا احتمالاً حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد از طریق مصر و ورود آن به دنیای جدید در قرن شانزدهم بوده است. اهلی شدن لوبیا چشم بلبلی احتمالاً در دو جا یعنی منطقه zabezian و آفریقای غربی به وقوع پیوسته است. با این حال، زیر گروه‌های *Seguipedalis* و *Biflora* در جنوب و جنوب غربی آسیا جایی که مرکز تنوع آن‌ها است، گسترش یافته‌اند.

۳-۲-۲- گیاهشناسی

لوبیا چشم بلبلی گیاهی یکساله به فرم‌های خوابیده، بالارونده، ایستاده یا نیمه ایستاده است. بوته تقریباً صاف و بدون کرک بوده و طول آن بین ۰/۳ تا ۴ متر است. سیستم ریشه‌ای آن توسعه یافته، عمودی با تجمع گره‌های کروی تثبیت کننده ازت می‌باشد. مقطع ساقه کم و بیش چهار گوش، کمی راه راه با گره‌های اغلب بنفش رنگ بوده و گوشواره‌ها برجسته و بیضوی هستند. برگ‌های آن متناوب، سه برگچه‌ای و با دمبرگی به طول ۲۵-۵ سانتی‌متر است که دو برگچه اولیه متقابل، غیر-متقارن، برگچه انتهایی متقارن، بیضوی، گاهی دارای بریدگی‌های کم عمق و ابعاد معمولاً بین ۱۳/۵-۷ × ۹/۵ سانتی‌متر می‌باشد. گل آذین محوری و با چندین گل مجتمع نزدیک انتها می‌باشد. در جام گل، گلبرگ درفش راست و پهن بوده و به طول ۲-۳ سانتی‌متر است. ابعاد گلبرگ‌های بال ۱۲×۲۲ میلی‌متر و گلبرگ ناو قایق شکل به ابعاد ۱۲×۲۱ میلی‌متر می‌باشد. پرچم‌ها دیادلفوس (۹+۱) بوده و تخمدان با ۲۱-۱۲ عدد تخمک فشرده شده از طرفین، چسبیده (بدون پایه) و کمی کرکدار می‌باشد. غلاف‌ها، آویزان، خطی و به طول ۱۰۰-۱۰ سانتی‌متر هستند. دانه‌ها از نظر اندازه و شکل به صورت چهار گوش تا کشیده و به ابعاد ۱۰-۸×۵-۴ میلی‌متر و به رنگ‌های متنوع می‌باشند. لپه‌ها سفید تا سفید مایل به زرد است. جوانه‌زنی لوبیا چشم بلبلی به صورت اپی جیل است (بنچیارلی، ۱۹۹۷).

۲-۳- عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی (بوم شناسی)

این گیاه، گرمسیری بوده و حرارت را بهتر از حبوبات دیگر تحمل می‌کند. مناسب‌ترین دمای خاک برای رشد اولیه ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. برای جوانه زدن به دمای بین ۱۲-۱۵ درجه سانتی-گراد نیاز دارد و در دمای بین ۲۷-۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای بهترین رشد و نمو خواهد بود. این گیاه به سرما حساس بوده و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا چشم بلبلی مقاومت نسبتاً خوبی به خشکی هوا داشته ولی خشکی خاک بر روی تولید محصولش تأثیر نامطلوب به جای می‌گذارد. آبیاری به هنگام گلدهی و تشکیل بذر تأثیر افزایشی بر عملکرد لوبیا چشم بلبلی خواهد داشت. عملکرد آن در مناطق مرطوب به علت خسارت آفات و امراض کاهش می‌یابد (حسینی، ۱۳۸۳). این گیاه روز کوتاه است و به آسانی سایه را تحمل می‌کند. روزهای گرم و شب‌های سرد باعث افزایش فعالیت غده‌های حاوی باکتری‌های خاکزی ریزوبیوم می‌شود. البته طول روز بایستی کمتر از ۱۶ ساعت باشد (بنچیرلی، ۱۹۹۷).

۲-۴- عملیات زراعی

۲-۴-۱- کاشت

در پائیز (قبل از کاشت لوبیا چشم بلبلی) انجام شخم به عمق ۲۵-۳۰ سانتی متر لازم می‌باشد. زمان کاشت لوبیا چشم بلبلی بسته به آب و هوای مناطق مختلف و هدف کشت تفاوت دارد. در مناطقی که زمستان سردی دارند باید کاشت در بهار انجام گیرد و درجه حرارت به ۱۳-۱۴ درجه سانتی‌گراد رسیده باشد. ولی در مناطق که زمستان گرم و ملایم است، می‌توان لوبیا چشم بلبلی را به عنوان کود سبز در زمستان نیز کشت نمود. در آب و هوای معتدل، بهترین زمان کاشت اواخر اردیبهشت یا اوایل خرداد ماه است (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۲؛ مجنون حسینی، ۱۳۸۳).

به دلیل تثبیت نیتروژن هوا در داخل گره های موجود در ریشه، فقط در اوایل رشد سبزینه- ای باید به مقدار ۱۵-۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بصورت اوره یا نیترات آمونیم به خاک اضافه نمود. لوبیا چشم بلبلی بیش از دیگر حبوبات به فسفر نیاز دارد که معمولاً به صورت فسفات آمونیم یا سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شود. این گیاه به پتاسیم واکنش مثبت نشان می‌دهد (بنچپارلی، ۱۹۹۷).

برداشت لوبیا چشم بلبلی معمولاً در چند چین صورت می‌پذیرد، البته می‌توان در یک چین هم برداشت نمود. زمانی که به منظور علوفه کشت می‌گردد پس از رشد رویشی کافی، وقتی ۱۰-۱۵٪ گل‌ها در بوته‌ها آشکار شدند باید برای درو محصول اقدام نمود. علوفه برداشت شده به صورت سبز و تازه را می‌توان به مصرف تغذیه دام رساند و یا سیلو کرد. اگر لوبیا چشم بلبلی به عنوان کود سبز کاشته شده باشد پس از این که بوته‌ها رشد کافی نمودند قبل از گل دادن، مزرعه را شخم زده و بوته‌ها را در عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متر خاک دفن می‌کنند (بنچپارلی، ۱۹۹۷). عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در کشاورزی بدوی آفریقا، تا ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در زراعت پیشرفته صنعتی متغیر است. از ارقام اصلاح شده تحت کشت در ایران (کامران، پرستو، مشهد) می‌توان حدود ۲ تن در هکتار محصول برداشت کرد (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

۲-۵- اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی

تجزیه و تحلیل رشد گیاه وسیله‌ای برای شناخت فیزیولوژی، اکولوژی و اصلاح نبات است (پورتر و گارنیر، ۱۹۹۶). رشد و نمو رویشی و زایشی گیاه تحت تاثیر محیط می‌باشد که فرآیندهای توزیع و تجمع مواد در اندام‌های اقتصادی گیاه را متأثر می‌سازد (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۳). به کمک

تجزیه رشد و معادلات ریاضی، اجزای رشد گیاه را می‌توان به صورت کمی تعیین نمود. پارامترهای مورد استفاده برای تعیین اجزای رشد به عنوان شاخص‌های رشد شناخته می‌شوند (واری، ۱۹۹۰).

هدف اصلی از کاربرد معادلات رشد توضیح عکس العمل گیاه به شرایط محیط می‌باشد (بالوک و همکاران، ۱۹۸۸). رشد گیاه در مزرعه غالباً بر اساس میزان تجمع ماده خشک و سطح برگ تعیین می‌شود. کوچکی و بنایان (۱۳۷۳) رابطه اجزای عملکرد حبوبات را بشرح رابطه زیر بیان کردند:

$$Y = D \times P \times S \times T / 100000$$

که در آن، Y عملکرد دانه (تن در هکتار)، D متوسط تعداد بوته در واحد سطح (متر مربع)، P متوسط تعداد غلاف در بوته، S متوسط تعداد بذر در غلاف، T وزن هزار دانه (گرم) می‌باشد. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه اجزای عملکرد می‌باشند (خان‌چوپرا و سینه‌ها، ۱۹۸۸).

۲-۶- تنش خشکی

حدود ۴۰ درصد اراضی زراعی جهان در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. کشور ما نیز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکی، تغییرات شدید مقدار، شدت و پراکنش بارندگی و نوسانات دمای هوا از ویژگی‌های این مناطق است. معمولاً خشکی برنامه ریزی توسعه‌ای کشور را دچار رکود می‌نماید و بحران‌های گسترده سیاسی، اجتماعی و اقتصادی را در سطح منطقه، قاره و حتی دنیا به وجود می‌آورد. خشکی در سال‌های اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت دام‌ها، طغیان علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی، مهاجرت، بهداشت و درمان جوامع تأثیر سوء زیادی داشته است. تنش خشکی، رایج‌ترین عامل محدودیت تولیدات گیاهی در جهان می‌باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش خشکی زمانی که آب موجود در خاک کاهش می‌یابد و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک می‌کند، اتفاق می‌افتد (چارلیز، ۱۹۹۷). تنش

خشکی کمبود آب در گیاه است که بر اثر بیشتر شدن مقدار تعرق از میزان جذب آب صورت می‌گیرد (بری، ۱۹۹۷). گیاهان در معرض سه نوع تنش خشکی قرار دارند:

- خشکی فصلی^۱: برای تولید اقتصادی گیاه زراعی بارندگی ناکافی است و بصورت دوره‌ای در حاشیه مناطق نیمه خشک و خشک اتفاق می‌افتد.

- خشکی موقتی^۲: دوره‌های تنش به صورت موقت در مراحل نمو گیاه در مناطق نیمه خشک حادث می‌شود.

- خشکی انتهایی^۳: بیشتر در مناطق مدیترانه‌ای اتفاق می‌افتد و از رسیدگی معمول بذر جلوگیری می‌کند (کاظمی، ۱۳۸۷).

تعاریف مختلفی از خشکی، در منابع علمی ارائه شده است. خشکی زمانی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه و کاهش تولید به دلیل تاخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف یا تخریب گیاه استقرار یافته، تضعیف گیاه در برابر حمله آفات و امراض، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در متابولیسم گیاه می‌شود (لارسون و اشتاین، ۱۹۷۱). خشکی یک اصطلاح هواشناسی است که در مدت زمانی مشخص، مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه می‌شود. خشکی بر اثر یک یا چند عامل آب و هوایی کاهنده میزان آب در گیاه، بوجود می‌آید و شرایط خاک و هوا و یا هر کدام را، جهت عدم دسترسی گیاه به آب کافی تغییر می‌دهد؛ ادامه این وضع باعث از دست رفتن آب بافت‌های گیاه و خشکی می‌شود (لویت، ۱۹۸۰).

بعضی وقت‌ها فیزیولوژیست‌ها آن را به اثر تنش آبی روی سلول به کار می‌برند که تنش آبی می‌تواند در کوتاه مدت هم روی دهد (حکمت شعار، ۱۳۷۲). به عبارت دیگر زمانی که تلفات آب از گیاه بر اثر تعرق، بیشتر از جذب آن شود، در گیاه کمبود آب حادث شده و گیاه دچار تنش خشکی می‌شود.

¹ Seasonal Drought

² Transient Drought

³ Terminal Drought

وقوع خشکی ممکن است بصورت پیوسته که شدت آن دائماً زیاد می‌شود یا در اوایل فصل و یا در اواخر فصل رویش و هم زمان با پر شدن دانه‌ها باشد (اهدایی، ۱۳۷۲). بر اساس گزارش بیکر (۱۹۹۴) زمانی که نسبت تبخیر و تعرق در گیاه کمتر از یک شود تنش کمبود آب حادث می‌شود.

از نظر علم کشاورزی، زمانی که نزولات آسمانی، آب آبیاری و آب ذخیره در خاک طی فصل رشد با شرایط آب و هوایی معین، پاسخگوی نیاز گیاه برای حصول عملکرد مناسب نباشد خشکی اتفاق می‌افتد. عدم توازن ذخیره آب داخل خاک و نیاز گیاه را خشکی می‌نامند (توماس، ۱۹۹۷). خشکی عدم وجود آب قابل دسترس از نظر کمیت و توزیع رطوبت در خاک طی دوره رشد و نمو گیاه است که باعث محدودیت بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه می‌شود (صبغ پور، ۱۳۸۵). زمانی که آب قابل دسترس خاک، آب مورد نیاز گیاه را تأمین نکند گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود و با توجه به شدت و طول دوره کمبود آب می‌تواند باعث آسیب به گیاه شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶).

۲-۶-۱- اثرات تنش خشکی

نیلسن (۲۰۰۱) عقیده دارد واکنش‌های سازگاری در برابر کم آبی به شدت و مدت دوره کم آبی، مرحله تکاملی و پارامترهای مرفولوژیکی / آناتومیکی گیاه بستگی دارد. سلول‌های تمام جانداران دارای گیرنده‌ها، فرستنده‌ها و تنظیم کننده‌هایی برای محرک‌ها می‌باشند. دستگاه‌های پاسخ سلولی شامل: مواد انتقال دهنده^۱، محلول‌هایی مثل اکواپورین‌ها^۲، فعال کننده‌های رونویسی^۳ یا رونوشت برداری، آنزیم‌های سنتز کننده محلول‌های سازگار، تخریب کننده‌های اکسیژن فعال و پروتئین‌های محافظ می‌باشد.

دو مکانیسم مؤثر جهت مقابله با خشکی شامل سنتز مولکول‌های محافظ در مرحله آب کشیدگی برای جلوگیری از صدمه و فعال شدن مکانیسم جبرانی در طی جذب مجدد آب جهت

¹ Transporters

² Aquaporins

³ Transcriptional activators

خشکی سازی و جبران صدمات است (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲). پیام دهنده‌های ویژه کلسیمی (پیام دهنده های ثانویه)، میزان کلسیم، سیگنال‌های فسفوریلاسیون، کانال‌های یونی ویژه و ترانسپورترها و نیز تشخیص زمان بسته شدن روزنه‌ها را تحت اثر القایی اسید آسبیزیک (که خود به واسطه کاهش فشار تورگر سلولهای محافظ صورت می‌گیرد) تنظیم می‌نمایند (شرودر و همکاران، ۲۰۰۱).

واکنش گیاهان به تنش‌ها، با مدت و شدت تنش، ژنوتیپ، سن، مرحله نمو، اندام و نوع سلول گیاه در معرض تنش، رابطه دارد. اثرات متقابل گیرنده - لیگاند^۱ و پروتئین - DNA و تغییر پروتئین‌ها از مکانیسم های کنترل تنش است. فرایند فسفوریلاسیون، مکانیسم مؤثر و سریع برای تغییرات پس از ترجمه می‌باشد. سیگنال‌دهی کلسیم با افزایش موقتی غلظت یون‌های کلسیم در واکنش به یک سری از محرک‌های زنده و غیر زنده در گیاه مشاهده می‌شود (اوانز و همکاران، ۲۰۰۱). تغییر در سیالیت غشای سلولی باعث تغییر فعالیت کانال‌های یونی کلسیم و تغییر غلظت یون‌های کلسیم در سیتوزول (نفوذ از منابع خارجی یا ترشح واکوئلی) می‌شود.

افزایش غلظت یون کلسیم در سیتوزول یکی از واکنش‌های اولیه به تنش خشکی است (ساندرز و همکاران، ۱۹۹۹). تجمع ساکارز در نتیجه آب کشیدگی با تحمل به خشکی ارتباط دارد. پاسخ گیاهان عالی به تنش خشکی پیچیده است که به اثرات تنش و پاسخ‌های گیاه در شرایط محیط بر می‌گردد. پاسخ‌های گیاهان به خشکی بصورت غیر مستقیم توسط فرآیندهای پاسخ به کمبود آب و فشارهای وابسته به آن (مثل گرمای برگ) در گیاه اتفاق می‌افتد (بلوم، ۱۹۹۶).

واکنش‌های گیاه به تنش آب در سطح سلول بصورت کاهش پتانسیل آب یا فعالیت سلولی، افت فشار تورژسانس سلول، تراکم مولکول‌های کوچک و درشت (حجم سلول در افت تورژسانس کاهش می‌یابد)، به هم خوردن روابط فضای پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی بر اثر تغییرات

^۱ لیگاندها اثرات بیولوژیکی را توسط ترکیب با گیرنده‌های خاص اعمال می‌کنند.

حجمی و تغییر در ساختمان و شکل ماکرو مولکول‌ها (بر اثر حذف آب هیدراسیون یا از تغییر ساختمان آب پیوندی) مشاهده می‌گردد.

تنش خشکی سیستم اسیده‌های نوکلئیک را که ارتباط نزدیکی با ساخت پروتئین دارند مختل می‌کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). واکوئل‌ها به سرعت در برخورد با خشکی آب خود را از دست می‌دهند. آب سیتوپلاسم با ثبات تر از آب واکوئل است و کلروپلاست حداکثر قدرت حفظ آب را دارد (حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸). در شرایط تنش کمبود آب، سلول و بافت گیاه آماس کامل ندارد (علیزاده، ۱۳۸۳). کاهش رشد بر اثر کاهش آماس سلولی از عمده‌ترین آسیب‌های وارده به گیاه بر اثر کمبود آب است که تا حدودی قابل برگشت می‌باشد.

تقسیم و اندازه سلول به تنش خشکی حساس است. ولی تعداد سلول برگ در گیاهان تحت تنش و غیر تنش مشابه بوده است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). انتقال فسفر از برگ‌های مسن به ساقه و بافت‌های مریستمی از اولین علائم تنش خشکی است. جذب فسفر به علت از بین رفتن ریشه-ها در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (فورد، ۱۹۷۲). تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ و وزن خشک دانه در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی می‌شود (سانتوز و همکاران، ۲۰۰۶).

کاهش فتوسنتز بر اثر افت پتانسیل آب ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها و افت میزان کلروفیل صورت می‌گیرد. تنش خشکی با ارسال پیام‌های ویژه‌ای باعث تسریع رشد زایشی در گیاه می‌شود که در اصل، مراحل رشدی گیاه تسریع می‌گردد (دسکلاکس و همکاران، ۲۰۰۰). طول دوره رشد و تغییر مراحل رشد باعث تغییر اجزاء عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی گیاه می‌شود (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). معمولاً در اثر تنش آب مقدار کل ریشه کاهش می‌یابد ولی نسبت ریشه به شاخه و برگ (در مورد باقلا) افزایش می‌یابد (سینگ، ۱۹۹۱).

تأثیر مهم تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن، کاهش تعداد بوته در واحد سطح است. با افزایش مقدار رطوبت خاک، درصد سبز شدن افزایش یافته و زمان لازم تا رسیدن به

حداقل ۵۰ درصد سبز شدن، کاهش می‌یابد. اهمیت کمبود آب، زمانی بیشتر است که آب کافی برای جوانه زنی وجود داشته باشد ولی رشد جوانه‌ها و گیاهچه‌های تازه استقرار یافته با کمبود آب مواجه گردد (فرجی، ۱۳۸۸). تنش رطوبت و کمبود مولیبدن باعث کاهش مقدار تثبیت نیتروژن می‌شوند (اسواراج، ۱۹۸۷).

خشکی با سه عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد: ۱- با کاهش سطح برگ که ناشی از پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌باشد جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی کاهش می‌یابد (ایرل و دیویس، ۲۰۰۳). ۲- کارایی مصرف نور به ازای واحد نور جذب شده کاهش می‌یابد. این کاهش توسط سنجش میزان ماده خشک تجمع یافته به ازای واحد نور جذبی در یک دوره زمانی خاص بدست می‌آید (استون و همکاران، ۲۰۰۲). ۳- کاهش سریع گاز کربنیک تبدالی به ازای واحد نور جذب شده (کرامر، ۱۹۸۳). تنش خشکی در دوره پر شدن دانه کلزا باعث تسریع در پیر شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ، تولید ماده خشک، وزن دانه و عملکرد شد (بی نام، ۲۰۰۹). عملکرد دانه در نخود ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (توکر و کانسی، ۲۰۰۶). در تحقیق سه ساله‌ای که روی ارقام لوبیا صورت گرفت تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، میزان تجمع بیوماس، سرعت تجمع ماده خشک و شاخص برداشت شد (پادیلای-رامیرز و همکاران، ۲۰۰۵). فرجی (۱۳۸۸) گزارش نمود کمبود آب در دوره گلدهی کلزا، از طریق کاهش سطح برگ، دوام سطح برگ، تعرق، فتوسنتز و تولید ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود. تنش کمبود آب در طی مرحله رویشی ممکن است سبب تحریک و سرعت بخشیدن به رشد زایشی شود (فرجی، ۱۳۸۸). خشکی اغلب با درجه حرارت بالا و کمبود مواد غذایی، باعث افت شدید عملکرد گیاه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۳). تنش خشکی از شرایط محیطی مؤثر بر تغییر مقدار تثبیت انرژی خورشید در نباتات است (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۷- کارایی مصرف آب

عملکرد اقتصادی گیاه به ازای هر واحد آب مصرفی را کارایی مصرف آب می‌گویند (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰) که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$WUE = Y / ET$$

که در آن کارایی مصرف آب، Y عملکرد اقتصادی، ET تبخیر و تعرق می‌باشد. کارایی مصرف آب از عوامل مهم در برنامه ریزی آبیاری مزرعه می‌باشد. این واژه و مقاومت به خشکی در برخی موارد بصورت مترادف بکار می‌روند درحالیکه در اغلب مواقع با هم ارتباطی ندارند. عملکرد و کارایی مصرف آب می‌توانند با یکدیگر رابطه مستقیم داشته باشند به این صورت که اگر میزان آب مصرف شده برای تبخیر و تعرق نوسان زیادی نداشته باشد افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب به صورت توأم حادث می‌شود. ولی اگر افزایش عملکرد با افزایش مصرف بیش از حد آب همراه باشد رابطه بین کارایی مصرف آب و عملکرد دانه تغییر کرده و حتی معکوس می‌شود (نادورا-وژن و همکاران، ۱۳۸۴).

شیب رابطه خطی بین تولید ماده خشک و تبخیر و تعرق، میزان آب مورد استفاده را نشان می‌دهد (بویر، ۱۹۹۶). عملکرد بیشتر تحت تأثیر عوامل زراعی، و تبخیر و تعرق تابع عوامل اقلیمی است. کاربرد کودهای شیمیایی با افزایش عملکرد، باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شوند (اوتگول، ۱۹۹۷). کارایی مصرف آب، تعرق و آب هدر رفته بر اثر تبخیر از سطح خاک را شامل می‌شود (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). تبخیر ۴۰-۷۵ درصد از کل آب از دست رفته را شامل می‌گردد (ریچارد، ۱۹۹۱). در صورت پوشش سطح خاک و وجود رطوبت کافی، تبخیر و تعرق به پوشش گیاهی وابسته نیست که عملاً این شرایط در مناطق خشک به ندرت اتفاق می‌افتد (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰). در بررسی تنش کم آبی روی لوبیا، کاهش کارایی مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش مشاهده شده است (مانوز-پریا و همکاران، ۲۰۰۵).

در بعضی مواقع نیاز بالای اتمسفری و مکش زیاد اتمسفر و همچنین عدم توانایی گیاه در جذب آب سبب بروز پدیده "حفره سانی" یا ایجاد حباب‌های هوا در آوندهای چوبی گیاه شده و با بستن آن‌ها، عمل انتقال آب و مواد غذایی مختل می‌شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶). در این ارتباط وجود آوندهای باریک می‌تواند نقش زیادی در افزایش تحمل آوندها نسبت به پدیده حفره‌سانی داشته باشد و در نتیجه انتخاب ارقام با قطر آوند چوبی کم می‌تواند در افزایش تحمل آن‌ها به تنش خشکی مفید باشد. ذکر این نکته ضروری است که کمتر بودن قطر آوندها با کاهش قابلیت هدایت هیدرولیکی آن‌ها همراه است و این مساله می‌تواند تحت شرایط مناسب رطوبتی، از طریق کاهش توانایی انتقال آب و مواد غذایی، باعث کاهش عملکرد شود.

۲-۸- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی

جهت اصلاح گیاه در مقابل خشکی نیاز به اطلاعات کاملی از مجموعه عوامل محیطی کاهنده بارندگی می‌باشد که این عوامل در هر منطقه، خاص آن منطقه می‌باشند (گوتو و همکاران، ۱۹۷۹). برخی محققین تنش گرما را برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی به علت کنترل آسان‌تر آن نسبت به خشکی، به کار می‌برند. دو روش مقاومت به خشکی، اجتناب از خشکی^۱ و تحمل خشکی^۲ توسط لویت (۱۹۸۰) بیان شده است. تحمل خشکی از نظر متخصصین مختلف موارد زیر را در بر می‌گیرد:

- بیولوژی سلولی: زنده ماندن سلول به تنهایی یا در موجود تک سلولی به کمک سازگاری تنظیم اسمزی.
- بیوشیمی: تحمل بازدارندگی ساخت پروتئین و بقای mRNA در شرایط کمبود آب در موجود زنده.
- فیزیولوژی: ادامه رشد تحت شرایط تنش آب.

¹ Drought Avoidance

² Drought Tolerance

- زراعت: پایداری عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبت.

همبستگی بین صفات و مرفولوژی نشان می‌دهد که گیاه بیشتر مکانیسم فرار از خشکی را از طریق سرعت رشد، گلدهی زودتر و زودرسی ترجیح می‌دهد. در شرایط تنش خشکی شدید این حالت برعکس است، زیرا ممکن است بوته‌ها زنده باشند ولی به دلیل شدت خشکی نتوانند به مرحله زایشی بروند و عملکردی تولید نمایند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). در این شرایط به عقیده ترنر (۱۹۷۹) اجتناب از خشکی اهمیت پیدا می‌کند. بدین صورت که گیاه با نگهداری حالت آماس توسط تغییر در سیستم ریشه یا تنظیم سطح برگ می‌تواند دوره خشکی را تحمل کند. در هر صورت ترکیبی از اجتناب و تحمل نیاز است (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

اصلاح برای خشکی در سویا (بویر، ۱۹۹۲)، گندم (هورد، ۱۹۷۶) از طریق اجتناب و در گندم (بویر، ۱۹۸۲) از طریق تحمل انجام شده است. اصلاح برای خشکی از طریق فرار برای گندم، جو، نخود و عدس که در شرایط رطوبت ذخیره شده رشد می‌کنند و ارقام زودرس قبل از مواجه شدن با تنش خشکی تولید بذر می‌کنند، ساده است. گیاهان از سه طریق فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل به پسابیدگی به تنش خشکی سازگاری نشان می‌دهند (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۲-۸-۱- فرار از خشکی

فرار از خشکی^۱، روشی مناسب جهت اصلاح فنولوژی گیاه در مناطق با فصل رشد کوتاه و تنش خشکی آخر فصل زراعی می‌باشد (ترنر، ۱۹۸۶). انتخاب واریته‌های زودرس برای این مناطق مطلوب است. فرار از تنش خشکی با کوتاه کردن یا تنظیم دوره زندگی گیاه یکی از مؤثرترین روش‌های سازگاری گیاه است (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). واکنش شامل حفظ تعادل بین فعالیت‌های ریشه و ساقه می‌باشد که با ارسال پیام‌هایی، سرعت گسترش برگ و بسته شدن نسبی روزنه‌ها کنترل می‌شود. فرار از خشکی به کمک شناخت ارقام زودرس قابل اجرا است. زودرسی در مناطق مدیترانه بدلیل

¹ Drought Escape

برخورد با درجه حرارت پایین و یخبندان در هنگام زودگلدهی دارای محدودیت است. زودرسی باعث می‌شود گیاه قبل از کاهش رطوبت خاک بتواند حداکثر ماده خشک ممکن را تولید کند. ژنوتیپ‌های زودرس با قابلیت جوانه‌زنی سریع در بستر نسبتاً کم رطوبت، قدرت رشد اولیه زیاد، تیپ بوته گسترده جهت پوشش سریع سطح خاک برای کاهش تبخیر، باعث کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی می‌شوند.

۲-۸-۲- اجتناب از پسابیدگی

گیاه به کمک ریشه عمیق و توسعه یافته، سطح سایه انداز، تغییر زاویه برگ و حرکت آن، ضخامت مناسب کوتیکول، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک روز و تنظیم فشار اسمزی از اثرات تنش خشکی تا حد زیادی می‌تواند در امان باشد. اجتناب از پسابیدگی^۱، حاصل توانایی گیاه در حفظ آماس بالا در زمان تنش خشکی است که از طریق افزایش پتانسیل آب یا کاهش پتانسیل اسمزی، همراه با تنظیم اسمزی در سلول صورت می‌گیرد (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳).

اجتناب از پسابیدگی، به قابلیت گیاه در نگهداری بیلان مناسب آب و آماس خود، حتی در شرایط بروز تنش گفته می‌شود که معمولاً توسط خصوصیات مورفولوژیکی و آناتومیکی گیاه شناخته می‌شود. این نیز نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی حاصل از تنش خشکی است (لویت، ۱۹۷۲). بیلان مناسب آب در شرایط خشکی از طریق ذخیره آب با کاهش تبخیر و تعرق در قبل یا آغاز بروز تنش و تسریع در جذب آب برای تأمین مجدد آب از دست رفته صورت می‌گیرد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶).

¹ Dehydration Avoidance

تحمل پسابیدگی^۱ عبارت از توانایی سلول به ادامه سوخت و ساز در شرایط پتانسیل آب کم می‌باشد. گیاه واجد این مکانیسم با تامین رطوبت قادر است دوباره رشد کند. این مکانیسم روش اساسی حیات گیاهان پست و عالی در حال رکود می‌باشد. ضخیم شدن دیواره سلولی از سازگاری برگ به شرایط خشک است (کرامر، ۱۹۵۹). افزایش تحمل پسابیدگی در طی دوره خشکی متوسط و ملایم باعث ادامه رشد برگ‌ها و کاهش پیری شده و می‌تواند اثرات مثبتی در تولید کشاورزی داشته باشد. ۲۸ تا ۳۰ درصد آب سلول گیاهی برای حفظ فعالیت ساختمان غشاء بکار می‌رود (بلوم، ۱۹۸۸).

املاح سازگار از جمله قندها، اسیدهای آمینه (پرولین)، ترکیبات آمونیوم (گلا یسین بتائین) باعث حفظ غشاء و آنزیم‌ها از خسارت پسابیدگی می‌شوند (هسیائو و همکاران، ۱۹۸۴). تحمل پسابیدگی به توانایی سلول جهت نگهداری غشاء خود در شرایط غیر نرمال و جلوگیری از تغییر ماهیت پروتئین آن بستگی دارد. تخریب غیر قابل برگشت دیواره سلولی را سایتوریز^۲ گویند که بر اثر آن مقدار بحرانی فشار منفی آماس، ایجاد می‌گردد. مواد محلول مثل قندها، اسیدهای آمینه، ترکیبات آمونیوم و پروتئین‌های خانواده دهیدرین‌ها^۳ می‌توانند باعث حفظ غشاء و آنزیم‌ها از خسارت پسابیدگی شوند.

افزایش معنی‌داری در قابلیت نفوذ مواد قطبی و چگالی پروتوپلاسم گیاهان تحت تنش گزارش شده است (راسل، ۱۹۹۶). گیاه در این شرایط با پیچیدن برگ، زرد شدن و ریزش برگ، خود را سازگار می‌نماید (بیلو و همکاران، ۱۹۸۱). مقاومت در برابر آب کشیدگی با تجمع محلول‌های سازگار که وزن مولکولی پایینی داشته و غیر سمی می‌باشند صورت می‌گیرد. موادی مثل بتائین‌ها (گلا یسین بتائین)، اسیدهای آمینه (به ویژه پرولین)، پلی‌ال‌ها، قندها (مانیتول، سوربیتول، ساکاروز یا تری‌هالوز) با افزایش تعداد ذرات در محلول، به نگهداری فشار تورگر در طی آب کشیدگی کمک می‌-

¹ Dehydration Tolerance

² Cytorrhysis

³ LEA-D-11

کنند و میزان سیالیت غشاء را کنترل می‌نمایند. محلول‌های سازگار، پروتئین‌ها را به حالت هیدراته نگه داشته و باعث پایداری ساختمان آن‌ها می‌شوند (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). در نهایت قندها جایگزین مولکول آب شده و سیتوزول را اصطلاحاً به حالت "شیشه‌ای" در می‌آورند.

پروتئین‌های نوع LEA و قند غیر احیاء، باعث شیشه‌ای شدن محیط و حفاظت سلول می‌شوند. مواد محلول ممکن است به عنوان مولکول‌های پیام دهنده عمل کنند و سبب فعال شدن مسیرهای حفاظتی شوند یا به عنوان تخریب کننده انواع اکسیژن فعال^۱ عمل نمایند. تحمل آب کشیدگی و خشکی با مقدار بالای الیگوساکاریدها و دی‌ساکاریدهای غیر احیاء در ارتباط است (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲). دوره‌هایی که آب خاک در شرایط ایده‌آل قرار داشته باشد معمولاً کوتاه و نامنظم است و این امر در نهایت منجر به کاهش تراکم گیاه می‌شود. صفات ریشه، درجه حرارت سایه انداز، وجود حالت مومی و تنظیم اسمزی تکنیک‌های مناسبی برای دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی است (ترنر، ۱۹۸۱).

۲-۹- فراصوت (Ultrasound)

صوت یک انرژی مکانیکی است که از ماده عبور می‌کند. تغییرات پریودیک فشار در اثر عبور صوت، باعث نوسان مولکول‌های جسم حول محل آن‌ها می‌گردد. فرکانس صوت در واقع تعداد نوسانات مولکول‌ها یا تعداد تکرار سیکل نوسانات در هر ثانیه می‌باشد. فراصوت موجی است که فرکانسی بیش از فرکانس شنیداری (۲۰ KHz) دارد و برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸). امواج فراصوتی به صورت‌های گوناگون می‌باشند که مهم‌ترین آن‌ها شامل ۱. امواج طولی پیش رونده ۲. امواج عرضی می‌باشند. در امواج طولی^۲، ارتعاش ذرات در جهت مسیر انتشار انرژی موج است. در این نوع موج، مولکول‌های ماده در جهت حرکت موج به سمت جلو و عقب ارتعاش می‌کند.

¹ Reactive oxygene species

² Longitudinal wave

در امواج عرضی^۱ حرکت ذرات بر مسیر انتشار انرژی موج، عمود است. در بیشتر کاربردهای بیولوژیک از امواج طولی استفاده می‌شود.

۲-۱۰- کاربرد های امواج فراصوت

۲-۱۰-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات
- توانایی تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالا و طول موج بسیار کوچک
- استفاده از امواج فراصوت برای آزمون فلزات
- استفاده از امواج فراصوت برای حذف رسوبات وسایل آزمایشگاهی
- توانایی تشخیص صدمات شیمیایی
- جوشکاری ترموپلاستیک (جوشکاری اولتراسونیک بسیار سریع و کمتر از ۱ ثانیه می‌باشد).
صنایعی که این نوع جوشکاری در آن کاربرد دارد: صنعت بسته بندی، صنعت اتومبیل‌سازی، صنعت پزشکی، صنعت اسباب بازی

۲-۱۰-۲- کاربردهای امنیتی

در سامانه‌های امنیتی اماکن و خودروها از حسگر فراصوت برای تشخیص حرکت اشیا به وفور استفاده می‌شود. پلیس از این سیستم برای کنترل سرعت خودروها استفاده می‌کند.

^۱. Transverse wave

۲-۱۰-۳- رادار

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

۲-۱۰-۴- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی

در علوم پزشکی برای تشخیص بافت‌های طبیعی، غیر طبیعی و شرایط رشد جنین قبل از تولد از امواج فراصوت استفاده می‌شود. به عنوان مثال استفاده از امواج اولتراسونیک برای تشخیص عدم تقارن در مغز به دلیل وجود تومور یا خونریزی مغزی امری متداول است. این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد.

۲-۱۰-۵- کاربرد در صنایع غذایی

اولتراسونیک در صنایع غذایی از سال ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفته است (پوی و ویلکینسون، ۱۹۸۰). امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن هم برای تشخیص و اندازه‌گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیندهای مواد غذایی استفاده می‌شود. محدوده استفاده از فراصوت در صنایع غذایی به دو دامنه تقسیم می‌شود:

۱- فرکانس زیاد با طول موج کوتاه و انرژی بالا در محدوده MHz

۲- فرکانس کم با طول موج بلند و انرژی پایین در محدوده KHz

از کاربردهای مهم امواج فراصوت با انرژی کم در صنایع غذایی می‌توان به کریستالیزه کردن (مانند بلورسازی قند)، تمیز کردن سطح مواد غذایی (سطح میوه)، تأثیر بر روی آنزیم‌ها (مانند غیر فعال کردن آنزیم پکتیناز در فرآیند تولید خیارشور که باعث تردی خیارشور می‌گردد)، فرآیند تشکیل امولاسیون (مثلاً تشکیل سس مایونز که ترکیبی از تخم مرغ، سرکه و روغن است)، تصفیه کردن، در فرآیند خشک کردن و منجمد کردن که نمونه بارز آن ترد کردن گوشت می‌باشد و در فرآیند خشک کردن انگور به منظور حذف قلیا و تهیه کشمش استفاده می‌شود و امکان جایگزینی این فناوری به جای روش‌های سنتی وجود دارد (مسکوکا و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین می‌توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی نیز استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). به منظور استفاده از امواج فراصوت در تعیین ویژگی‌های میوه‌ها و سبزی‌ها لازم است که ویژگی‌های مهم آن‌ها نظیر رسیدگی را به پارامترهای قابل اندازه‌گیری نظیر سرعت، تضعیف و مقاومت ارتباط دهیم. برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها (نظیر سیب، موز، خیار و هندوانه، سیب زمینی و کدو) ضرایب تضعیف بسیار زیادی دارند و سرعت اولتراسونیک آن‌ها کمتر از سرعت اولتراسونیک هواست.

محققان با اندازه‌گیری دامنه یک پالس منعکس شده اولتراسونیک از سطح میوه‌ها و سبزی‌های مختلف نظیر گوجه فرنگی و ذرت شیرین برای تعیین میزان صافی، ترک‌ها و معایب سطحی آن‌ها استفاده کرده‌اند. علاوه بر این آن‌ها کیفیت آب مرکبات بسته بندی شده در پاکت‌های کاغذی را به وسیله سنسورهای اولتراسونیک به طریقه on-line مورد بررسی قرار داده‌اند. فراصوت قابل رقابت با سایر تکنیک‌ها جهت تعیین میزان قند در آبمیوه‌ها و نوشیدنی‌هاست. مزیت آن بر سایر روش‌ها این است که می‌تواند جهت کنترل فرآیند به طریقه on-line بکار برده شود.

به طور کلی، از امواج فراصوت با شدت پائین به عنوان روش تجزیه‌ای در تهیه اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی استفاده می‌شود. در این حالت، هیچ گونه تغییری در خواص فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی ایجاد نمی‌شود، به همین دلیل به این تکنیک

غیرمخرب می‌گویند و از آن می‌توان در اندازه‌گیری ضخامت، تشخیص حجم خارجی، اندازه‌گیری فلوریت، تعیین ترکیبات متشکله و اندازه ذرات استفاده کرد (سالا و بارگاس، ۱۹۹۶؛ بریتباک و همکاران، ۲۰۰۲).

از کاربردهای مهم امواج فراصوت با انرژی بالا می‌توان به گاز زدایی مایعات مانند نوشابه‌ها، استخراج آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و غیر فعال سازی آنزیم‌ها (مانند آنزیم کاتالاز و پروکسیداز در میوه و سبزیجاتی که جهت کنسرو کردن به کار می‌رود) اشاره نمود. در امواج فراصوتی با شدت بالا که در آن‌ها از توان بالا استفاده می‌شود به عنوان ابزاری در تغییر ویژگی‌های مواد غذایی نظیر هموژنیزه کردن، تمیز کردن، استریل کردن، حرارت دادن، امولسیته کردن، مهار فعالیت آنزیم‌ها و میکروب‌ها و متلاشی کردن سلول، تشدید واکنش‌های اکسیداسیون، اصلاح گوشت و اصلاح کریستالیزاسیون استفاده می‌شود (گالگو و همکاران، ۲۰۰۳؛ شافیر رحمان، ۲۰۰۰).

کاربرد عمده فراصوت با شدت پائین در صنایع لبنیات، تعیین ترکیب شیر و محصولات لبنی یعنی غلظت گلبول‌های چربی، مواد جامد غیر چرب و کل ماده جامد است. سرعت و تضعیف امواج فراصوتی در لبنیات به ساختمان میکروسکوپی و ترکیب آن‌ها بستگی دارد. اندازه‌گیری میزان تضعیف امواج فراصوتی روش مفیدی در تعیین زمان انعقاد شیر و تغییرات ویسکوزیته ظاهری حین انعقاد شیر به صورت غیرتخریبی است. زمانی که شیر منعقد می‌شود ضریب تضعیف آن به شدت کاهش می‌یابد. از امواج فراصوتی در بررسی ضایعات ساختمان و تشخیص حفرات توخالی پنیر نیز استفاده می‌شود زیرا خواص پنیر در تعیین سرعت و تضعیف فراصوت اثر می‌گذارد (چیستی، ۲۰۰۲). علاوه بر این برای تخمین اندازه و غلظت حباب‌های موجود در خامه زده شده و ماست از این روش استفاده می‌شود. اثر امواج فراصوتی در افزایش هیدرولیز لاکتوز در شیر تخمیری با لاکتوز سیلوس دلبروکی زیرگونه بولگارکوس بررسی شده است. شیرهای تخمیر شده حاوی مقادیر کمی لاکتوز برای افرادی توصیه می‌شود که نمی‌توانند لاکتوز را تحمل نمایند. تابش امواج فراصوتی سبب رها سازی

بتاگالاکتوریداز داخلی سلول شده و در نتیجه هیدرولیز لاکتوز افزایش می‌یابد. به طور کلی کاربردهای این تکنیک در صنایع لبنیات شامل تمیزسازی، غیر فعال کردن باکتری‌ها و آنزیم‌ها و هموژنیزاسیون می‌باشد. برای اولین بار در صنایع غذایی از امواج فراصوتی برای تعیین چربی کره و ماده خشک بدون چرب در شیر^۱ استفاده نمودند (فیتزجرال و همکاران، ۱۹۴۱).

محققین در پژوهشی برای تعیین کیفیت سبزی و میوه به صورت غیرتخریبی از یک دستگاه امواج فراصوتی آزمایشگاهی استفاده نمودند. آن‌ها سرعت پخش امواج، میزان تضعیف و خصوصیات انعکاسی محصولاتی مانند آووکادو، خیار، هویج، سیب و هندوانه را در فرکانس ۵۰ کیلوهرتز مورد مطالعه قرار دادند (میزارچ و همکاران، ۱۹۸۹). پژوهشگران با اندازه گیری میزان تضعیف امواج فراصوتی ۱/۵ تا ۷ مگاهرتز، یک روش مؤثر غیر تخریبی برای نمایش انعقاد شیر مایه زده و تعیین زمان صحیح پنیرسازی ابداع نمودند (ساندرام و چیانی، ۱۹۹۴). امروزه از امواج فراصوتی به صورت موفقیت آمیزی برای میکروب زدایی پوست مرغ، تعیین میزان چربی حیوانات زنده، زردپی و دیگر ترکیبات آن‌ها استفاده می‌شود.

تکنیک فراصوت مزایای اساسی نسبت به سایر روش‌های تجزیه‌ای و تکنیک‌های مورد استفاده برای کنترل عملیات فرآیند مواد غذایی دارد، زیرا در حالی که بسیاری از این روش‌های تخریبی و وقت گیر بوده و نیاز به نیروی کار زیاد و آماده کردن مقادیر زیادی نمونه و همچنین وجود سیستم‌هایی دارند که نور را از خود عبور می‌دهند. این روش نیازی به آماده سازی نمونه نداشته، دقیق و نسبتاً ارزان است و می‌تواند به سرعت کمتر از یک ثانیه به طور غیرتخریبی در طی فرآیند فراوری مواد غذایی در تعیین ویژگی‌ها و کیفیت غذاها حتی مواد غذایی تغلیظ شده و کدر نیز به کار برده شود و بنابراین سبب افزایش بازده و کاهش هزینه تولید محصول می‌شود. در نتیجه انتظار می‌رود در آینده فراصوت هم به عنوان یک ابزار مهم تحقیق در تهیه اطلاعاتی راجع به رابطه بین خواص فیزیکی و شیمیایی غذاها با ویژگی‌های مولکولی ساختمانی آن‌ها و هم به منظور بررسی مداوم و بهتر کیفیت و

^۱ .Solid noufat

خواص مواد غذایی در طی تولید و نگهداری به عنوان حس گر بر خط^۱ کاربرد فزاینده‌ای داشته باشد. از جمله کاربردهای مفید امواج فراصوتی، بررسی بافت، ویسکوزیته و غلظت مواد غذایی جامد و مایع، اندازه گیری ضخامت، سطح و درجه حرارت و همچنین تعیین ترکیبات میوه‌ها، سبزی‌ها، گوشت، لبنیات و سایر محصولات است. به علاوه استفاده از فراصوت، به دست آوردن اطلاعات را در مواردی که به کمک سایر روش‌ها دشوار است به راحتی امکان پذیر می‌سازد. از آن جمله کنترل و بازرسی مداوم و اتوماتیک عملیات خط تولید نظیر تعیین اندازه ذرات تولید شده به وسیله هموژنایزر، آسیاب کلوئیدی و مخلوط‌کن می‌باشد، همچنین تعیین میزان جرم گرفتگی لوله‌ها، ضخامت لایه‌های شکلات و شیرینی‌جات و ضخامت چربی یا بافت بدون چربی در گوشت و تعیین درجه حرارت در شرایطی که با استفاده از سنسورهای متداول امکان پذیر نمی‌باشد.

۲-۱۰-۶- کاربردهای کشاورزی

امواج فراصوت در کشاورزی کاربردهای فراوانی دارد، به طوری که نه تنها در تیمارهای بذر و کاهش و حذف آفات و بیماری‌ها کاربرد دارد، بلکه این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. افزایش تقاضای روز افزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی‌های جدید شده است. کیفیت محصول عمدتاً شامل ارزش غذایی، ترکیبات شیمیایی، خواص مکانیکی و عدم وجود نقص می‌باشد که هر یک به عنوان موضوعی برای بسیاری از مطالعات مد نظر قرار گرفته است. فناوری استفاده از امواج فراصوت یکی از روش‌های صوتی استفاده شده در کشاورزی به خصوص در ارزیابی کیفیت و عملکرد محصولات زراعی است.

۲-۱۱- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی

۱. استفاده از تکنولوژی‌های جدید غیر مخرب مانند اولتراسونیک ضروری است.

^۱ . On-Line sensor

۲. اولتراسونیک به ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی آسیبی نمی‌رساند.
۳. ارزیابی کیفیت محصول و افزایش عملکرد محصولات زراعی
۴. امواج فراصوت در تیمارهای بذر و کاهش و حذف آفات و بیماری‌ها کاربرد دارد.
۵. اندازه‌گیری و تشخیص عیوب فیزیکی بسیار کوچک (ترک‌های میکروسکوپی) موجود در بذور

۲-۱۲- اثرات اصلی امواج فراصوت

۱. ایجاد پدیده حفرگی یا تشکیل حباب‌های بسیار ریز
۲. اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه‌ای و نقطه‌ای
۳. ایجاد حرارت و فشار فوق‌العاده زیاد در محیط مایع
۴. امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز-مایع تحت تاثیر قرار می‌دهد.
۵. تیمار اولتراسونیک با تولید حباب‌هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم‌ها می‌شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰).

۲-۱۳- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر امواج فراصوت

برخلاف کاربرد وسیع تکنیک آزمون فراصوت در صنعت، در زمینه کیفیت سنجی محصولات کشاورزی کاربرد محدودی داشته است. اما در سال‌های اخیر، مطالعه و بکارگیری تکنیک فراصوت در کشاورزی و صنایع غذایی رو به افزایش بوده است. پژوهش‌هایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف بوسیله امواج فراصوت انجام شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰). همچنین در عصاره‌گیری با امواج فراصوت هیچ گونه تغییر شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز شود وجود ندارد (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه

بر آنتوسیانین‌ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل‌ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا می‌توان استخراج نمود (ویلخو و همکاران، ۲۰۰۷).

افزایش ضریب تضعیف امواج فراصوتی عبور کرده از میان بافت هندوانه با میزان رسیدگی آن گزارش شده است (کلارک و شاکلفورد، ۱۹۷۵). می‌توان از تغییرات سرعت موج فراصوت در میوه‌ها و سبزی‌ها، جهت درجه‌بندی رسیدگی آن‌ها استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره‌وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش مؤثر است (مسکوک و همکاران، ۱۳۸۶). امواج اولتراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه موثر است (کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولتراسونیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولتراسونیک با تولید حباب‌هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم‌ها می‌شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱ و ساسلیک، ۱۹۹۰).

آلفا آمیلاز در جو به صورت تثبیت شده و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج فراصوت غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می‌شود (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵). بذر تربچه تیمار شده با امواج فراصوت، افزایش سرعت جوانه زنی و همچنین 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 فراصوت 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 فراصوت ۴۲ الی ۵۹ کیلو هرتز، برتری بسیار بالای نسبت به تیمار شاهد دارد (بینا و رضایی، ۱۳۸۷).

۲-۱۴- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی

اثرات امواج فراصوت بر روی آنزیم‌ها اغلب با چندین فرآیند مکانیکی و سونوشیمیایی مرتبط است که به وسیله پدیده حفرگی ایجاد می‌شود. در شدت‌های بالای پرتودهی امواج فراصوت، میکروجت‌های مایع تولید شده به وسیله فروپاشی متقارن حباب‌های حفرگی، تنش‌های برشی در مایع پرتودهی شده و میکروجریان‌هایی که معلول حباب‌های نوسان کننده پایدار می‌باشند، قادر به رساندن آسیب مکانیکی به تمامیت ساختمان پروتئین می‌باشند و باعث افت فعالیت آنزیم می‌شوند.

مکانیسم دیگری که در طی آن آنزیم‌های صوت‌دهی شده غیر فعال می‌شوند به واسطه تغییر و تحول و یا آسیب ساختار مولکولی آنزیم می‌باشد. رادیکال‌های آزاد که ذراتی با الکترون‌های 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 می‌برند.

فشار بالای بوجود آمده توسط امواج فراصوت در درون مایع باعث پارگی و تکه تکه شدن مولکول‌های پروتئین و تغییر شکل ساختار آن می‌شوند، در حالی که گرادیان‌های دمای بالا منجر به غیر فعال سازی گرمایی یا پرولیز پیوندهای آن می‌شوند (اثرات مکانیکی صوت) و طبق مکانیسم اثرات سونوشیمیایی صوت، هر حباب تولید شده به وسیله امواج فراصوت به منزله میکرواکتور کوچکی عمل می‌کند که تولید نقاط داغ موضعی نموده و دما و فشار در داخل این حباب‌ها به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد (ساسلیک، ۱۹۹۰). این دماها و فشارهای بالا، ساختار فعال آنزیم را غیر فعال می‌نماید. اثرات سینرژیستی امواج فراصوت و گرما بر روی آنزیم‌ها در دماهای بالا مسجل شده است (لوپز و همکاران، ۱۹۹۷) و این احتمالاً به دلیل افزایش فشار بخار مایع در اطراف حباب‌های حفرگی می‌باشد که منجر به کاهش فروپاشی حباب‌ها شده و باعث می‌شود که فروپاشی حباب‌ها کمتر صورت

بگیرد (ساسلیک، ۱۹۸۸). ضمناً اثر امواج فراصوت بر روی آنزیم‌ها مشابه اثر آن بر آنزیم پکتین متیل است.

گزارش‌های مربوط به افزایش فعالیت آنزیم‌های آزاد در محیط آزمایشگاه در حضور امواج فراصوت محدود می‌باشد. به طور غیر قابل انتظار در شدت‌های پرتودهی پایین، بعضی از آنزیم‌ها مانند گلوکوآمیلاز و آلفا آمیلاز تثبیت شده در خلل و فرج سلیکاژل و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج فراصوت غیر فعال نشده بلکه فعال‌تر هم می‌شوند (اسکمیدت، ۱۹۸۸). از این رو شدت اولتراسونیک نقش مهمی در فعال سازی یا غیرفعال سازی بیشتر آنزیم‌ها دارد. گزارش‌های زیادی توسط محققان مختلف در مورد افزایش فعالیت آنزیم‌های آزاد تحت شرایط تابش ملایم امواج فراصوت منتشر شده است که از جمله به افزایش فعالیت آلفا کیموتریپسین بر روی کازین در شدت‌های پایین، و از طرف دیگر کاهش فعالیت این آنزیم در شدت‌های بالا می‌توان اشاره کرد (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱). فعالیت آنزیم‌ها به عنوان کلید واکنش‌های بیوشیمیایی با تنظیم خوب پرتو افکنی فراصوت افزایش می‌یابد (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷؛ ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ اسکمیدت، ۱۹۸۸).

مؤثر بودن امواج فراصوت بر روی میزان غیرفعال سازی آنزیم نشان داد که با افزایش شدت آن میزان فعالیت آنزیم کاهش می‌یابد. از آنجا که فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در حرارت ۳۰ درجه از بین نمی‌رود، کاهش فعالیت آنزیم و در نتیجه کاهش میزان جذب، صرفاً به واسطه اثرات امواج فراصوت می‌باشد. غیرفعال سازی آنزیم آلفا آمیلاز جو باعث تولید رادیکال‌های آزاد و نیروهای برشی می‌شود که در نتیجه باعث تغییر و تحول و آسیب بیشتر به ساختار آلفا آمیلاز می‌شود و در نهایت منجر به غیر فعال سازی بیشتر خواهد شد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

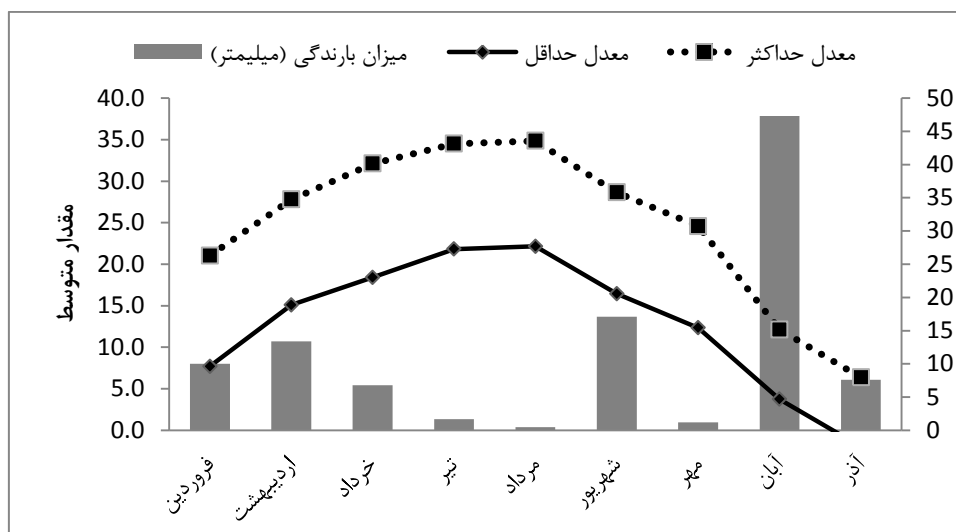
این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام به اجرا درآمد.

۳-۲- موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی

شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع مرکز شهرستان از سطح دریا ۱۳۶۷ متر است.

۳-۳- شرایط آب و هوایی منطقه

براساس تقسیم بندی‌های اقلیمی منطقه شاهرود دارای اقلیم سرد و خشک است. در زمستان برودت هوا به ۱۴- درجه سانتی‌گراد زیر صفر و گرمای هوا نیز در تابستان تا ۴۲ درجه بالای صفر می‌رسد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی بسطام میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. میانگین بارندگی سالانه نیز حدود ۱۵۴ میلی‌متر بوده (آمار هواشناسی بسطام، ۹۱) و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل بهار و پاییز رخ می‌دهد. میزان بارندگی، حداکثر و حداقل دما در شکل ۳-۱ آمده است.



شکل ۳-۱- حداکثر و حداقل دما و متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر در ماه‌های سال ۱۳۹۱

۳-۴- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک جدا گردید، سپس نمونه‌های جمع آوری شده را مخلوط کرده، نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. با توجه به تجزیه فیزیکی و درصد هر یک از اجزای خاک، بافت خاک از نوع شنی لومی تعیین گردید.

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک مزرعه

pH	EC dS/m	OC%	N%	P	K	Sand%	Silt%	Clay%
				ppm	ppm			
۷/۷۹	۱/۵۶	۰/۳۵	۰/۰۲۴	۴/۸۹	۱۷۷	۵۵	۳۴	۱۱

۳-۵- مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود. فاکتورها شامل تنش خشکی $\{S_1$ (شاهد-آبیاری کامل)، S_2 (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد)، S_3 (قطع آبیاری از مرحله خمیری دانه به بعد) $\}$ و امواج فراصوت $\{W_1$ (شاهد-عدم تیمار)، W_2 (۱/۵ دقیقه)، W_3 (۳/۵ دقیقه)، W_4 (۵/۵ دقیقه) و W_5 (۷/۵ دقیقه) $\}$ می‌باشد. نقشه آزمایش به صورت زیر اجرا گردید:

I	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_1	S_3	S_1	S_2	S_3	S_2	S_1	S_2	S_1	S_3
	W_1	W_3	W_4	W_2	W_2	W_5	W_1	W_3	W_3	W_4	W_4	W_2	W_5	W_1	W_5
II	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_2	S_1	S_3	S_3	S_1	S_2	S_1	S_2	S_3
	W_4	W_1	W_3	W_3	W_2	W_4	W_3	W_5	W_5	W_2	W_1	W_4	W_2	W_5	W_1
III	S_3	S_2	S_1	S_1	S_3	S_2	S_2	S_1	S_3	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
	W_1	W_2	W_5	W_4	W_5	W_4	W_5	W_3	W_4	W_2	W_1	W_2	W_1	W_3	W_3

طبق نقشه کاشت، ۳ تکرار با فاصله ۳ متر از یکدیگر تعبیه شد. هر تکرار شامل ۱۵ پلات بود. طول هر پلات ۵ متر در نظر گرفته شد که مشتمل بر چهار ردیف کاشت بود و یک ردیف نکاشت به عنوان مرز بین هر دو پلات مجاور قرار گرفت. فاصله بین خطوط کاشت ۶۵ سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود.

۳-۶- آماده سازی زمین

عملیات تهیه زمین در اواسط خرداد ماه سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۶۵ سانتی متر ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و سپس دو جوی یکی برای ورود آب آبیاری و دیگری برای خروج زه‌آب تعبیه گردیدند.

۳-۷- رقم بذرلوبیا چشم بلبلی مورد استفاده در آزمایش

رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم بسطامی می‌باشد.

۳-۸- پرتودهی بذور

دانه‌های لوبیا چشم بلبلی بعد از ۳ ساعت هیدرو پرایمینگ نمودن در شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه زراعت منتقل شدند. برای اعمال تیمار فراصوت از حمام فراصوت (Digital ultrasonic مدل CD-۴۸۲۰ ساخت کشور ژاپن) با فرکانس ثابت ۲۴ کیلو هرتز استفاده شد. بذور آماده‌سازی شده در ۴ سطح زمانی ۱/۵، ۳/۵، ۵/۵ و ۷/۵ دقیقه در دمای محیط در آب مقطر، تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفتند. بدین منظور ارتفاع ستون آب در داخل محفظه حمام فراصوت تا خط نشانه‌ای بود که در دستگاه علامت گذاری شده است و ارتفاع آب داخل محفظه حمام فراصوت طوری بود که بالاتر از سطح آب داخل ستون نمونه باشد تا همه نمونه‌ها به طور یکنواخت تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گیرند. نسبت نمونه به آب مقطر ۱:۴ بود و پس از پرتودهی، بذور از آب مقطر خارج شده و بلافاصله به مزرعه جهت کاشت منتقل شدند.

۳-۹- کاشت بذر

کاشت بذور لوبیا چشم بلبلی به صورت دستی و طبق نقشه طرح، در تاریخ ۲۴ خرداد ۱۳۹۳ صورت گرفت. کاشت بذور در عمق ۴-۵ سانتی متری با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر و بین ردیف ۶۵ سانتی متر روی پشته‌ها انجام شد.

۳-۱۰- مبارزه با علف‌های هرز و آفات

وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد گیاه به صورت دستی انجام شد. اولین وجین ۲۰ روز بعد از سبز شدن و دو وجین دیگر ۲۵ روز یکبار صورت گرفت. مهم‌ترین گونه‌های علف هرز مزرعه به ترتیب فراوانی آن‌ها در سطح زمین شامل: سوروف، پیچک صحرائی، خارشتر، خرفه و تاج ریزی بودند. هیچ گونه بیماری و حشره‌ای که آفت لوبیا چشم بلبلی باشد در مزرعه مشاهده نشد، بنابراین به مبارزه شیمیایی احتیاجی نبود.

۳-۱۱- آبیاری

آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته انجام گرفت. اولین آبیاری ۳ روز قبل از کاشت و دومین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد تا ردیف‌ها کاملاً مرطوب شوند. آبیاری‌های بعدی هر ۸ روز یکبار تا مرحله اعمال تنش ادامه یافت. برای اعمال تنش خشکی، با مشاهده ۵۰ درصد گلدهی در مزرعه و ۵۰٪ دانه‌ها دارای بافت خمیری، آبیاری قطع شد.

۳-۱۲- نمونه برداری

نحوه نمونه برداری برای ارزیابی صفات به این صورت بود که از ۴ ردیف کاشت در هر کرت، ۲ ردیف کناری و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس بوته‌ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوط را نشان دهند. در هر نمونه برداری قطع بوته‌ها از سطح خاک و ناحیه طوقه انجام گرفت.

۳-۱۳- وزن خشک برگ و ساقه

۱۵ روز بعد از اعمال تنش در مرحله خمیری دانه بوته‌ها جهت اندازه گیری صفات مورد نظر به دو بخش برگ و ساقه تقسیم گردید. اجزا به صورت جداگانه در داخل پاکت شماره‌دار گذاشته شده و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گرفتند تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن با ترازوی حساس به دقت ± 0.001 وزن شدند.

۳-۱۴- سطح برگ

۱۵ روز بعد از اعمال تنش در مرحله خمیری دانه و در یک مرحله بعد از جدا کردن تمام برگ‌ها از بوته‌های نمونه آن‌ها را به آزمایشگاه زراعت برده و از دستگاه سطح برگ سنج Area Meter AM (ADC Bioscientific Ltd) 300 ساخت کشور انگلستان استفاده شد. سپس برحسب متر مربع سطح برگ به متر مربع سطح زمین محاسبه گردید.

۳-۱۵- تعیین کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل ۸ روز بعد از اعمال تنش در مرحله خمیری دانه انجام شد. محتوای کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل سنج (Minolta SPAD-502 japan) ارزیابی گردید. بدین صورت که برای هر پلات دو بوته و از هر بوته سه برگ (یک برگ زیر بوته، یک برگ وسط و یک برگ در انتهای بوته)، و از هر برگ نیز در سه نقطه (ابتدای برگ، مرکز برگ و انتهای برگ) و در مجموع از هر بوته در ۹ نقطه کلروفیل برگ‌ها اندازه گیری شد. ملاک برای هر بوته میانگین داده‌ها می‌باشد.

۳-۱۶- تعیین محتوای نسبی آب برگ (RWC)

۱۰ روز بعد از تنش در مرحله خمیری دانه برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، دو برگ از وسط بوته نمونه جدا و به آزمایشگاه انتقال یافت. وزن برگ بلافاصله اندازه‌گیری شد. سپس نمونه داخل یک بشر در آب مقطر قرار داده شد تا آب جذب نموده و به آماس کامل برسد. در مرحله بعد

این نمونه برگ در داخل پاکت قرار داده شد و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت جهت خشک شدن قرار گرفت. پس از طی شدن این مدت، با وزن کردن نمونه برگ، وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد و با قرار دادن داده‌ها در رابطه مربوطه، مقدار آن بر حسب درصد بدست آورده شد.

$100 \times (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن اشباع برگ}) / (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}) = \text{درصد محتوای نسبی آب}$

۳-۱۷- اجزای عملکرد

نمونه برداری برای این صفات در آخر فصل در یک مرحله انجام شد. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی، مولفه‌های میزان تولید نهایی آن به شمار می‌رود و هر گیاه زراعی، دارای اجزای عملکرد خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه لوبیا چشم بلبلی شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۲ بوته از هر کرت از ناحیه طوقه بریده شد و صفات مذکور اندازه‌گیری گردید.

۳-۱۸- اندازه‌گیری عناصر غذایی

۳-۱۸-۱- تعیین درصد پروتئین دانه

برای اندازه‌گیری ازت و پروتئین خام دانه لوبیا چشم بلبلی از دستگاه کجلدال (مدل ۲۳۰۰، ساخت شرکت Tecator سوئد) استفاده شد. آزمایش اندازه‌گیری پروتئین شامل ۳ بخش می‌باشد:

۱- مرحله هضم ۲- مرحله تقطیر ۳- مرحله تیتراسیون

مرحله اول : هضم ماده غذایی

در این مرحله ابتدا ۵/۳ گرم از بذر لوبیا چشم بلبلی پودر شده و داخل بالن کجدال ریخته شد. سپس ۷ گرم از سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس بعنوان کاتالیزور به نمونه داخل بالن اضافه شد. مجموعه با اضافه کردن ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ کامل شد. بعد از آن درب بالن را بوسیله حباب جمع آوری گاز و قیف مخصوص آن که محتوی مقدار معینی سود ۵۰٪ بود پوشانده شد. سپس مجموعه روی هیتر جهت گرم شدن قرار داده شد تا نمونه بطور کامل هضم شده و محتویات بالن به رنگ سبز درخشان در بیاید. رؤیت این حالت نشانه پایان عملیات هضم می باشد. محتویات داخل بالن را در گوشه‌ای جهت سرد شدن قرار داده شد. در این هنگام حدود ۳۰۰ سی سی آب مقطر به محلول حاصل از هضم داخل بالن اضافه شد. در این حالت رنگ محلول حاصل تقریباً سبز کم رنگ می باشد.

مرحله دوم : مرحله تقطیر

در این مرحله دستگاه کجدال برای مرحله تقطیر آماده شد. حدود ۷۵ سی سی سود ۵٪ از طریق قیف بالای سه راهی به محتویات داخل بالن به آرامی اضافه شد. رنگ محلول بعد از اضافه شدن سود به رنگ آبی مایل به سیاه در آمد. در طرف دیگر دستگاه داخل ارلن ۳۰۰ میلی لیتری ۵۰ سی سی اسید بوریک ۲٪ تهیه شده و چند قطره متیل رد به عنوان نشانگر به آن اضافه شد. شیر آب مبرد باز شده و شعله هیتر جهت اینکه محلول بجوشد روشن شد. در این مرحله رنگ محلول کاملاً سیاه شد. تقطیر را تا زمانی که حجم محلول داخل ارلن به حدود ۳۰۰ میلی لیتر برسد ادامه داده شد. بعد از آن تمام آمونیاک موجود در بذر استخراج شده و بصورت مایع وارد اسید بوریک موجود در ارلن شد و با آن ترکیب شده و بورات آمونیوم تشکیل شد.

مرحله سوم : مرحله تیتراسیون

در این مرحله، بورات آمونیوم موجود در ارلن با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیترا شد. بدین صورت که بالن روی هات پلیت قرار گرفت. سپس محلول را که به رنگ زرد بود با اسید یاد شده

مخلوط شد تا به رنگ ارغوانی در آمد. حجم اسید مصرف شده را یادداشت کرده و در فرمول زیر قرار داده شد :

$$(\text{حجم اسید مصرفی} \times \text{نرمالیتة اسید} \times 0/14) = \text{درصد ازت} \times (1000 \times \text{وزن نمونه})$$

برای تعیین درصد پروتئین درصد نیتروژن بدست آمده در فاکتور پروتئینی ضرب شد.

$$\text{فاکتور پروتئینی} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین}$$

جدول ۳-۳: ضرایب تبدیل ازت به پروتئین در محصولات مختلف

نوع غذا	ضریب تبدیل
مخلوط	۶/۲۵
سویا	۵/۷۱
ذرت	۶/۲۵
برنج	۵/۹۵
لوبیا	۶/۲۳

۳-۱۸-۲- تعیین فسفر دانه

مقدار فسفر دانه به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات و انادات) محاسبه گردید. جهت انجام آزمایش ابتدا دانه‌های لوبیا را درون پاکت کاغذی قرار داده و در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی-گراد به مدت ۷۲ ساعت گذاشته تا نمونه‌ها خشک شوند سپس نمونه‌ها را با استفاده از دستگاه آسیاب به پودر ریز تبدیل می‌کنیم سپس مقدار یک گرم از نمونه را وزن کرده و درون کروزه (بوتله چینی) ریخته و درون کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار می‌دهیم. در مرحله بعد به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه نموده و نمونه‌ها را در بن ماری به مدت ۱۵ دقیقه قرار می‌دهیم سپس نمونه‌ها را با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف می‌کنیم و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر می‌رسانیم. در مرحله بعد ۵ میلی لیتر از عصاره تهیه شده را برداشته و با استفاده از محلول مولیبدات - وانادات و اسید نیتریک عصاره نهایی آماده شده و در نهایت نمونه‌ها

را درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان ریخته و در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت می‌کنیم. با استفاده از اعداد ثبت شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و روابط منحنی استاندارد میزان فسفر دانه محاسبه گردید (جونز و همکاران، ۱۹۹۱).

۳-۱۹- تجزیه آماری نتایج

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد. برای رسم شکل‌ها نیز نرم افزار Excel 2010 بکار برده شد.

فصل چہارم

نتایج و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته

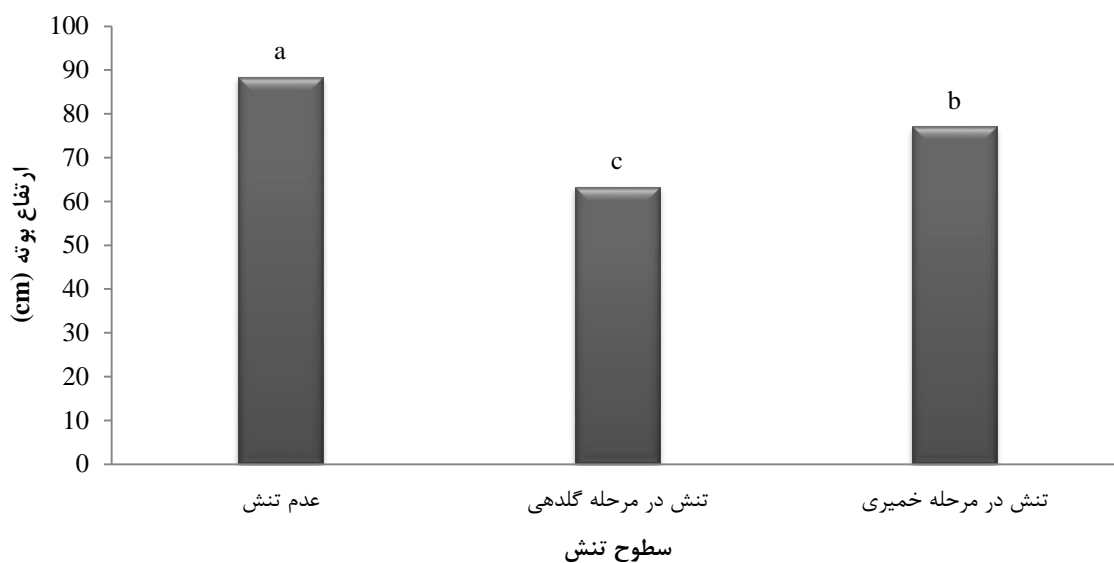
ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند (سلیمی، ۱۳۸۹). نتایج تجزیه واریانس در این پژوهش نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر ارتفاع بوته

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۱۱۶/۴۷۸
تنش	۲	۳۲۱۹/۷۳۴**
امواج اولتراسونیک	۴	۲۱۹/۵۲۰*
تنش * اولتراسونیک	۸	۲۰/۸۷۲ ns
خطا	۲۸	۸۴/۸۷۵

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

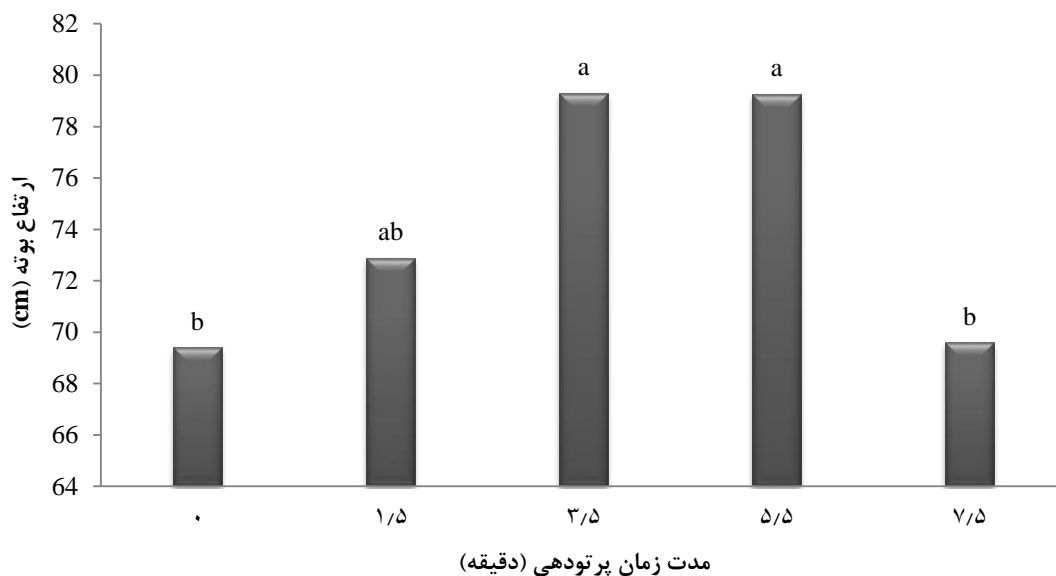
مهمترین عامل در افزایش رشد طولی ساقه، جذب آب و تقسیم سلولی است که با کاهش آب این صفت به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (فویر و همکاران، ۲۰۰۹). همان‌طور که در شکل ۴-۱ مشاهده می‌شود، بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد (عدم تنش) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد. کمترین ارتفاع را نیز تنش از مرحله گل‌دهی به بعد به خود اختصاص داد. به طور کلی تنش در مرحله خمیری شدن دانه به بعد و گل‌دهی به بعد به ترتیب باعث کاهش ۱۲/۷ و ۲۸/۳ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد. در مورد گیاه نخود گزارش شده است که کاهش آب قابل دسترس ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه شدن دوره رشد زایشی تأثیر منفی بر ارتفاع بوته داشته است (کورت و همکاران، ۱۹۹۳).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی

همانطور که در جدول ۴-۱ آمده است، سطوح مختلف امواج اولتراسونیک نیز تأثیر معنی داری ($p \leq 0.05$) بر ارتفاع گیاه دارند. کمترین ارتفاع مربوط به تیمار پرتودهی به مدت ۷/۵ می باشد که با تیمارهای شاهد و پرتودهی ۱/۵ دقیقه در یک گروه آماری قرار دارند (شکل ۴-۲). بیشترین ارتفاع نیز متعلق به تیمار ۳/۵ و ۵/۵ دقیقه است. در تیمار پرتودهی به مدت ۳/۵ دقیقه، ارتفاع گیاه افزایش ۱۴/۲ درصدی نسبت به شاهد دارد.

طی تحقیقی بر جوانه زنی بذور گیاه همیشه بهار مشخص شد که با افزایش زمان تیمار فراصوت، درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک گیاهچه کاهش می یابد (سرخی لئه لو، ۱۳۸۸). در آزمایشی با امواج فراصوت با شدت ۷۰۰ KHz بذر تربچه را تیمار کردند که باعث افزایش سرعت جوانه زنی و افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه نسبت به شاهد گردید (شیمومورا، ۱۹۹۰).



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط پرتو دهی بذور با امواج اولتراسونیک

تأثیر مثبت امواج فراصوت بر خصوصیات جوانه زنی گندم مثل سرعت جوانه زنی، طول ریشه-چه و ساقه چه و وزن گیاهچه نیز تأیید شده است (شرفی و همکاران، ۲۰۰۶). امواج دهی بذور باعث افزایش سرعت جوانه زنی و رشد اولیه گیاه و سبب افزایش ارتفاع و زیست توده می شود (نصیری، ۱۳۹۴). پرتو دهی امواج اولتراسونیک نیز تا ۵/۵ دقیقه باعث افزایش ارتفاع و از آن به بعد تأثیر منفی گذاشته و کاهش ارتفاع را در پی خواهد داشت.

۴-۲- وزن خشک ساقه

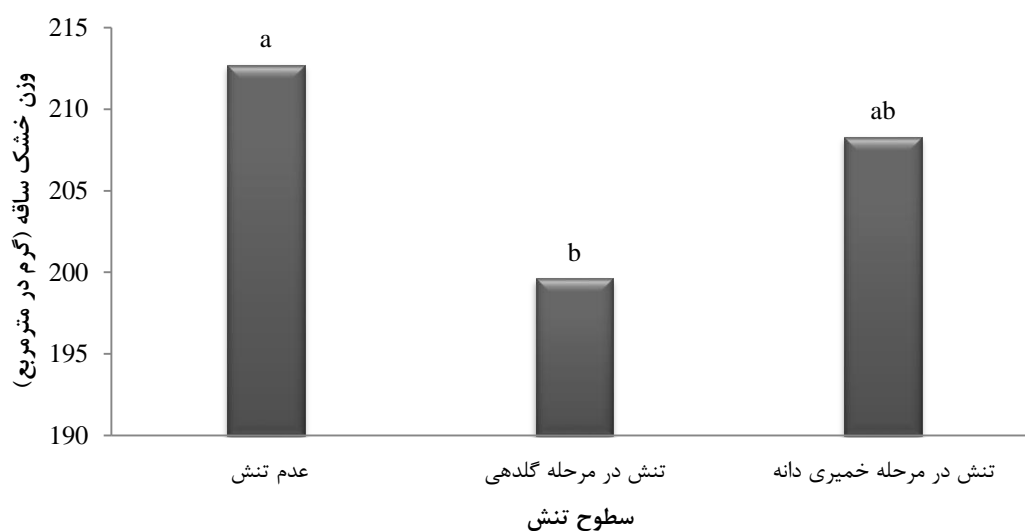
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بین سطوح فاکتورهای اصلی وجود داشت (جدول ۴-۲)، این در حالی بود که اثر متقابل معنی دار نگردید.

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر وزن خشک ساقه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵۸۸/۲۳۲
تنش	۲	۶۶۳/۳۹۴*
امواج اولتراسونیک	۴	۵۳۳/۹۱۱*
تنش * اولتراسونیک	۸	۲۱۱/۳۲۷ ns
خطا	۲۸	۱۴۰/۳۹۳

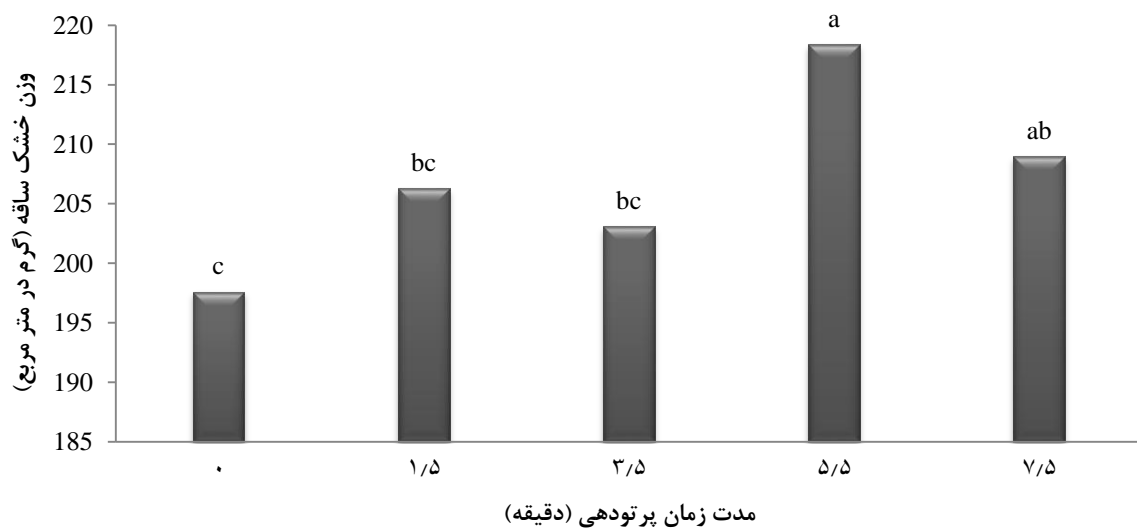
* بیان گر معنی داری در سطح ۵ درصد و ns بیان گر عدم معنی داری می باشد.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تنش در مرحله گلدهی به بعد کمترین وزن خشک ساقه را به همراه داشت و باعث کاهش قابل توجه آن نسبت به شاهد (عدم تنش) گردید (شکل ۴-۳). کمیت این صفت در شرایط تنش در مرحله خمیری، مابین شاهد و سطح دیگر تنش قرار دارد. در پژوهشی بیان شد که در ارقام مختلف نخود، تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ساقه می گردد (نصر اصفهانی، ۱۳۹۲).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی

بیشترین وزن خشک ساقه از تیمار ۵/۵ دقیقه پرتودهی به دست آمد (شکل ۴-۴). تیمارهای ۵/۵ و ۷/۵ دقیقه پرتودهی باعث افزایش وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۱۰/۵ و ۵/۷ درصد نسبت به شاهد (عدم پرتودهی) گردیدند.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در شرایط پرتودهی بذور با امواج اولتراسونیک

۴-۳- وزن خشک برگ

همانطور که در جدول ۳-۴ مشهود است فاکتورهای اصلی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید.

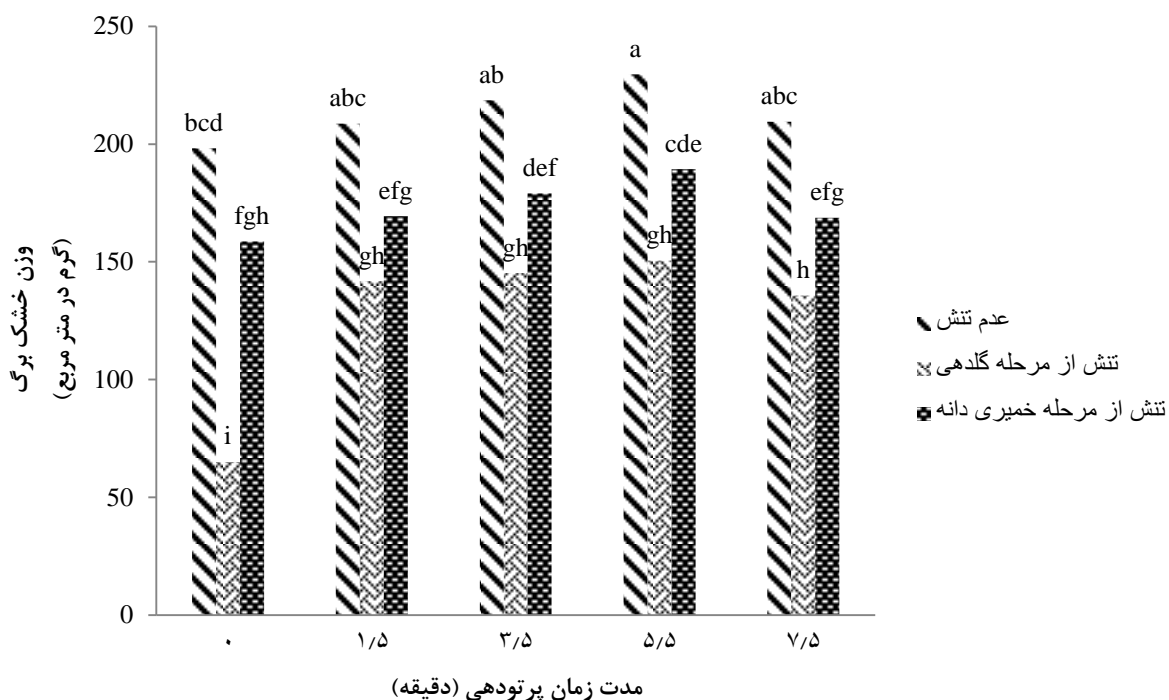
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر وزن خشک برگ

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵۱۸۳۹/۲۹۸
تنش	۲	۲۷۳۴۰/۰۲۹**
امواج اولتراسونیک	۴	۳۱۰۴/۵۲۱**
تنش * اولتراسونیک	۸	۷۳۸/۷۲۵*
خطا	۲۸	۲۸۹/۱۰۶

* و ** به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

به طوری که در شکل ۵-۴ آورده شده است، در شرایط واجد تنش نسبت به شرایط فاقد تنش، وزن خشک برگ کمتر بود که با نتایج به دست آمده توسط دیگر پژوهشگران (گالشی و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۰۸) مشابه است. کاهش مداوم آب در خاک، به کاهش اندازه برگ و سطح برگ و در نتیجه به کاهش ماده خشک اندام هوایی منجر می‌شود (والدرون و همکاران، ۱۹۸۷). این امر نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز تحت تأثیر تنش خشکی می‌باشد که می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها یا کاهش سطح برگ در پاسخ به تنش خشکی نسبت داده شود.

پرتودهی توانست وزن خشک برگ را در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی بالاتر ببرد (شکل ۵-۴). بر همین اساس می‌توان گفت که پرتودهی اثر تنش خشکی را بر این صفت تقلیل داده است. در بررسی‌های دیگر از جمله آلاجاجیان و ییلیوا (۲۰۰۲) در مورد توتون و همچنین پژوهش اتک و همکاران (۲۰۰۳) روی سویا نیز تأثیر مثبت پرتودهی بر رشد اندام هوایی لوبیا چشم بلبلی گزارش شده است.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و امواج فراصوت بر وزن خشک برگ

بیشترین وزن خشک برگ از تیمار ترکیبی پرتودهی ۵/۵ دقیقه و عدم تنش به دست آمد که باعث افزایش ۱۵/۸ درصدی نسبت به شرایط عدم پرتودهی گردید. طی پژوهشی مشخص شد که استفاده از امواج اولتراسونیک می‌تواند به کاهش ۳۰ تا ۴۵ درصدی زمان جوانه‌زنی بذور جو و افزایش درصد جوانه‌زنی منجر گردد (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸).

با توجه به شکل ۴-۵ مشخص می‌شود که افزایش مدت زمان پرتودهی تا ۵/۵ دقیقه، تأثیری کاملاً مثبت داشته ولی با افزایش آن به ۷/۵ دقیقه از اثر مثبت آن کاسته می‌شود. سرخی لاله‌لو (۱۳۸۸) طی تحقیقی بر جوانه‌زنی بذور گیاه همیشه بهار دریافت که با افزایش مدت زمان تیمار اولتراسونیک درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه کاهش می‌یابد. همچنین در مطالعه‌ای در مورد اثر پیش تیمار بذورهای فلفل شیرین با شدت‌های بالاتر میدان مغناطیسی، گیاه‌چه‌های ضعیف و کم بنیه تولید شد (العباد و عباس، ۲۰۰۹).

۴-۴- محتوای نسبی آب برگ (RWC)

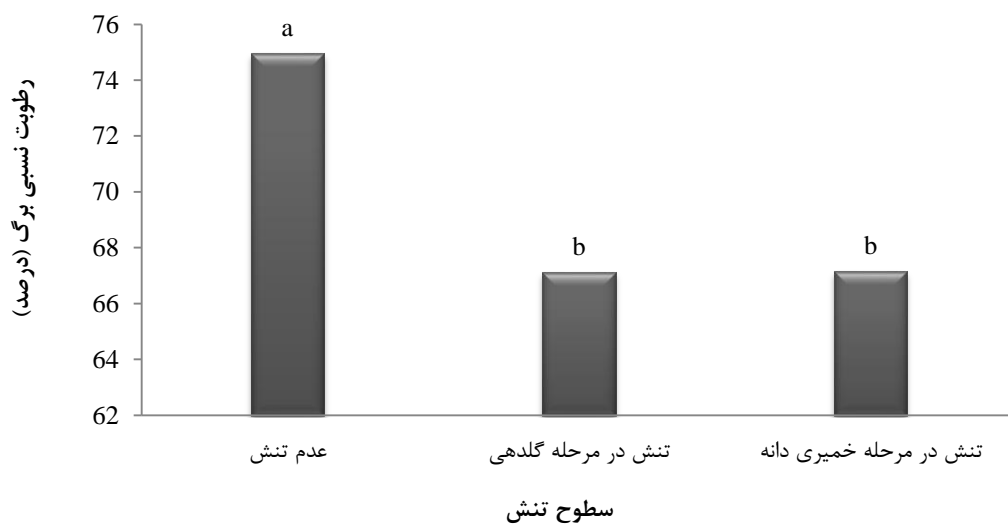
بسیاری از فرایندهای مهم فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی برگ مانند طولیل شدن برگ، باز و بسته شدن روزنه‌ها و فتوسنتز تحت تأثیر رطوبت نسبی برگ قرار می‌گیرند و کاهش آن‌ها سبب کاهش عملکرد می‌شود (رینا سانچز و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این پژوهش نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) رطوبت نسبی برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جدول ۴-۴).

جدول ۴-۴- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر رطوبت نسبی برگ

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱/۹۲۲
تنش	۲	۳۰۷/۳۳۴ **
امواج اولتراسونیک	۴	۷۳/۰۱۷ *
تنش * اولتراسونیک	۸	۷/۶۸۸ ns
خطا	۲۸	۲۳/۲۵۸

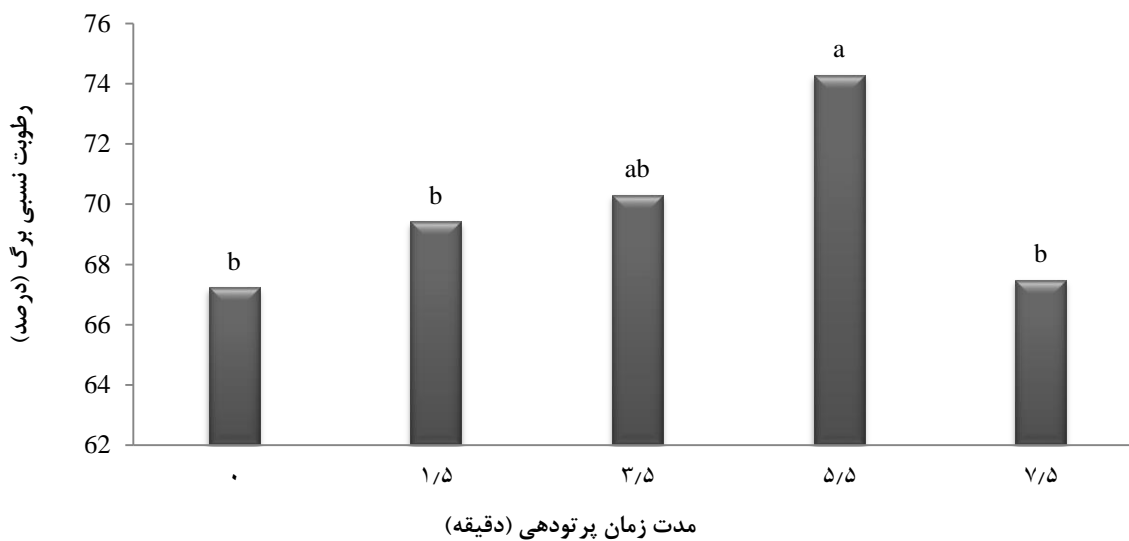
* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۴-۶ مشهود است تنش در مرحله گلدهی و خمیری به شدت رطوبت نسبی برگ را به طور منفی تحت تأثیر قرار داد. شایان ذکر است که بین دو سطح تنش خشکی اختلاف معنی‌داری به دست نیامد. به طور متوسط، تنش در این دو مرحله باعث کاهش ۷ درصدی رطوبت نسبی برگ نسبت به شاهد (عدم تنش) گردید. این نتایج با گزارش‌های محققان بر روی گیاهان دیگر در خصوص رطوبت نسبی برگ در اثر اعمال تنش خشکی مطابقت دارد (آلتینکوت و همکاران، ۲۰۰۱؛ کوچوا و همکاران، ۲۰۰۳؛ واعظی و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی

با توجه به جدول ۴-۴ مشخص می‌شود که امواج اولتراسونیک نیز در سطح احتمال ۵ درصد رطوبت نسبی برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند. پرتودهی به مدت ۵/۵ دقیقه بیشترین رطوبت نسبی برگ را به خود اختصاص داد (شکل ۴-۷). این تیمار نسبت به شاهد، افزایش حدود ۸ درصدی این صفت را به دنبال داشت. از لحاظ آماری بین شاهد، ۱/۵ و ۷/۵ دقیقه پرتودهی اختلاف معنی‌داری بدست نیامد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین رطوبت نسبی برگ در شرایط پرتو دهی بذور با امواج اولتراسونیک

نصیری دهسرخی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند پرتو دهی با امواج اولتراسونیک می تواند جایگزین مناسبی برای علف کش ها در کنترل علف های هرز باشد، زیرا پرتو دهی بذور از طریق افزایش سرعت جوانه زنی و سبز شدن بذور لوبیا چشم بلبلی و بهره برداری زودتر گیاهچه ها از منابع غنی در ابتدای فصل می تواند باعث افزایش قابلیت رقابت گیاه لوبیا چشم بلبلی شده و با افزایش محتوای کلروفیل و آب نسبی برگ زمینه افزایش زیست توده و عملکرد را فراهم نماید. به نظر می رسد امواج اولتراسونیک از طریق بهبود رشد گیاهچه لوبیا چشم بلبلی باعث افزایش طول ریشه چه می گردند که در نهایت باعث افزایش جذب رطوبت از خاک خواهد شد. در آزمایشی با استفاده از امواج فراصوت با شدت ۷۰۰ KHZ بذورهای تربچه تیمار و گزارش شده که این تیمار باعث افزایش سرعت جوانه زنی و همچنین باعث افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه نسبت به شاهد گردیده است (شیمومرا، ۱۹۹۰).

کویسنبری و ریتز (۱۹۸۷) در مطالعات خود همبستگی بالایی را بین رطوبت نسبی برگ و عملکرد گزارش کردند، بنابراین گیاهانی که توان حفظ آب در بافت های خود را داشته باشند، یعنی

دارای رطوبت نسبی بالاتری باشند، تحمل به خشکی بیشتر و عملکرد بیشتری دارند. ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین شاخص رطوبت نسبی برگ با مقدار عملکرد گندم تحت تأثیر تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای گزارش شده است (خاکوانی و همکاران، ۲۰۱۱). رطوبت نسبی برگ، شاخصی برای نشان دادن آسیب‌های ناشی از تنش خشکی معرفی شده است. رطوبت نسبی بیشتر سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۴-۵- محتوای کلروفیل برگ

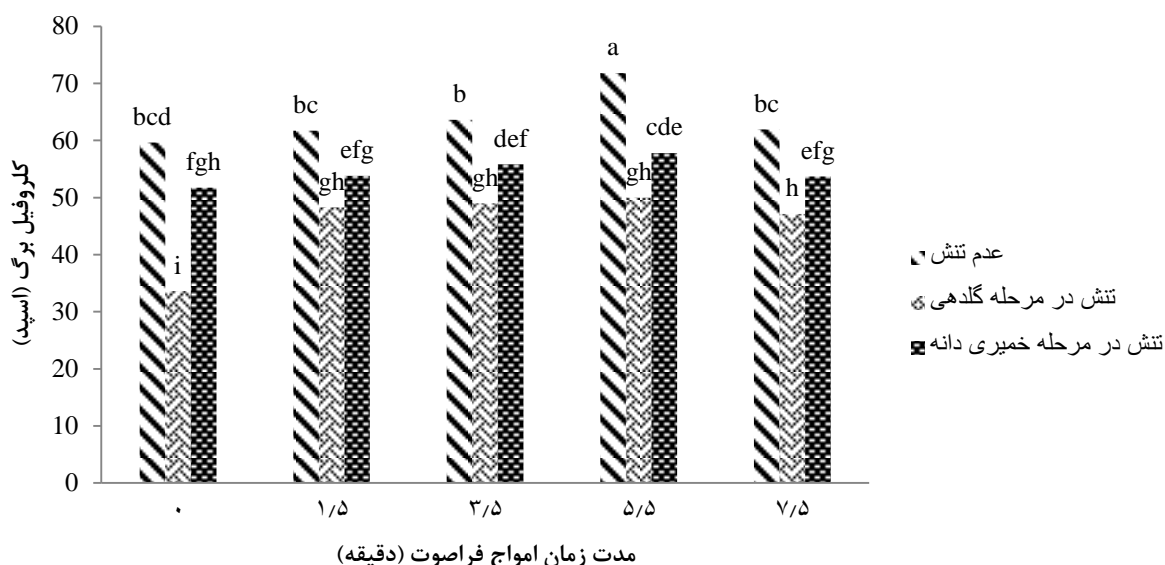
همانطور که در جدول ۴-۵ مشهود است فاکتورهای اصلی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد، محتوای کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر محتوای کلروفیل برگ

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۲۰۶۴/۱۸۹
تنش	۲	۱۲۳۱/۳۱۱**
امواج اولتراسونیک	۴	۱۵۸/۰۸۴**
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۳۲/۰۲۳*
خطا	۲۸	۱۱/۲۸۵

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۴-۸ آمده است، بیشترین محتوای کلروفیل برگ مربوط به تیمار ترکیبی عدم تنش و پرتودهی به مدت ۵/۵ دقیقه می‌باشد. این در حالی بود که کمترین محتوای کلروفیل برگ در تیمار ترکیبی تنش در مرحله گلدهی و عدم پرتودهی مشاهده گردید. نتایج نشان داد که کاربرد امواج فراصوت به مدت ۵/۵ دقیقه در شرایط عدم اعمال تنش باعث افزایش ۲۰/۴ درصدی کلروفیل برگ نسبت به شاهد می‌گردد.



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و امواج فراصوت بر کلروفیل برگ

بر اساس شکل ۴-۸ مشهود است که پرتودهی در هر شرایطی (تنش یا عدم تنش) باعث افزایش کلروفیل برگ خواهد شد. البته با نگاهی به همین نمودار متوجه می‌شویم که پرتودهی تا زمان ۵/۵ دقیقه تأثیر مثبت دارد ولی افزایش آن از ۵/۵ به ۷/۵ دقیقه باعث کاهش کلروفیل برگ می‌گردد. نصیری دهرخی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند بیشترین محتوای کلروفیل برگ گیاه لوبیا چشم بلبلی در تیمار اولتراسونیک و وجین تمام فصل علف هرز به دست آمد. همچنین مرغایی زاده و همکاران (۱۳۹۳) نیز افزایش میزان کلروفیل برگ گیاه زنیان در اثر پرتودهی با امواج اولتراسونیک نسبت به شاهد را گزارش دادند. عدم کاربرد امواج در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد نیز باعث کاهش ۴۳/۶ نسبت به شاهد گردید.

۴-۶- شاخص سطح برگ (LAI)

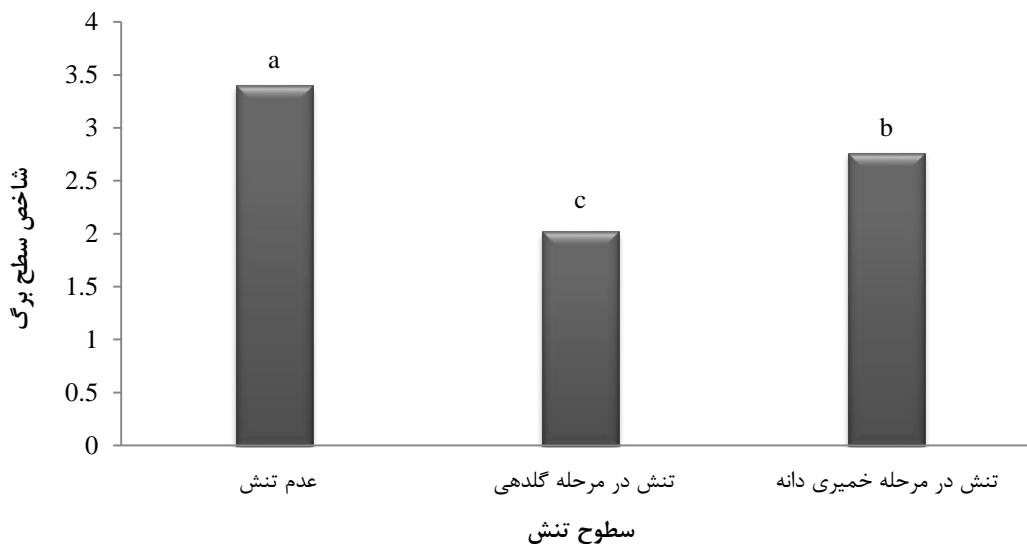
نتایج تجزیه واریانس در این پژوهش نشان داد که تنش خشکی و امواج اولتراسونیک به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) سطح برگ را تحت تأثیر قرار داد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۴-۶).

جدول ۴-۶- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر سطح برگ

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۶۰۱
تنش	۲	۴/۷۶۷ **
امواج اولتراسونیک	۴	۰/۷۹۹ **
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۰/۱۳۷ ns
خطا	۲۸	۰/۱۶۶

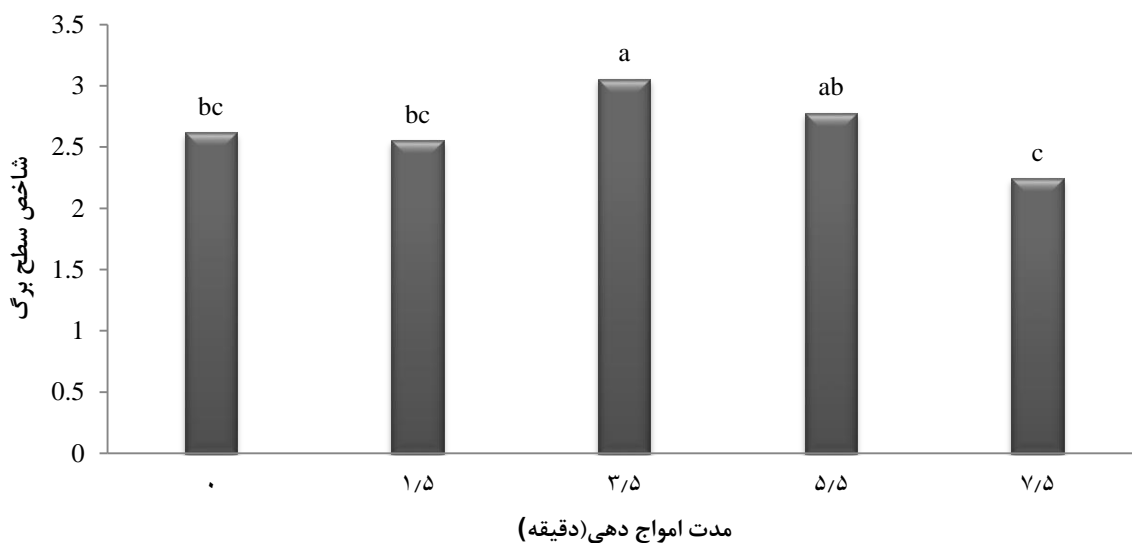
** بیان گر معنی داری در سطح ۱ درصد ns بیان گر عدم معنی داری می باشد.

با توجه به شکل ۴-۹، بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (عدم تنش) و تیمار تنش در مرحله گلدهی می باشد. مقدار شاخص سطح برگ در تنش مرحله گلدهی با کاهش ۴۰/۵ درصدی نسبت به شاهد روبه رو شده است. خواجه پور (۱۳۸۳) گزارش کرد که تنش خشکی با افزایش رادیکال های آزاد اکسیژن در مرحله رشد رویشی، از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می شود.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در شرایط تنش خشکی

با توجه به شکل ۴-۱۰ مشخص می‌شود که بیشترین شاخص سطح برگ را تیمار پرتودهی به مدت ۳/۵ دقیقه به خود اختصاص داده و نسبت به شاهد، افزایش ۱۶/۴ درصدی را به دنبال داشته است. نتایج پژوهش عبادی (۱۳۹۲) نشان داد که اعمال تیمار اولتراسونیک به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی نسبت به شاهد گردید. در این بررسی، کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار ۷/۵ دقیقه بود. سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین کننده رشد می‌باشد و یک همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده افشانی با عملکرد بیولوژیک و دانه در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (ساکسنا، ۱۹۹۰ و سینگ، ۱۹۹۷). بنابراین می‌توان این‌گونه اظهار کرد که تأثیر امواج فراصوت بر سطح برگ می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه کمک نماید.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در شرایط پرتودهی بذور با امواج اولتراسونیک

۴-۷- تعداد برگ

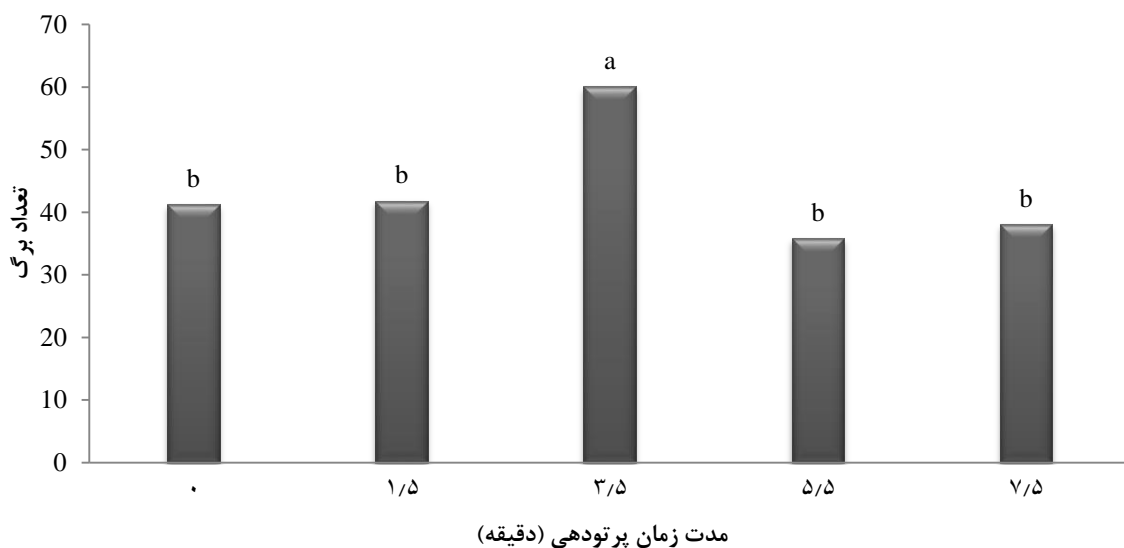
همان‌طور که در جدول ۴-۷ دیده می‌شود، امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد تعداد برگ را تحت تأثیر قرار داد. این صفت تحت تأثیر تنش خشکی و اثر متقابل تنش و امواج قرار نگرفت.

جدول ۴-۷- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد برگ

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۷۴/۵۹۶
تنش	۲	۵۶/۴۲۲ ns
امواج اولتراسونیک	۴	۸۳۴/۰۰۰ ***
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۸۰/۱۱۷ ns
خطا	۲۸	۴۲/۲۶۵

*** بیان گر معنی داری در سطح ۱ درصد و ns بیان گر عدم معنی داری می باشد.

بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار پرتودهی به مدت ۳/۵ دقیقه بوده و افزایش ۴۵/۸ درصدی این صفت را نسبت به شاهد به دنبال داشت (شکل ۴-۱۱). بین مابقی سطوح پرتودهی با شاهد تفاوت معنی داری بدست نیامد. طبق گزارش مرغایی زاده و همکاران (۱۳۹۳) بیشترین میانگین تعداد برگ گیاه زنیان مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه ارزیابی شد.



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد برگ در شرایط پرتودهی بذور با امواج اولتراسونیک

۸-۴- تعداد شاخه فرعی

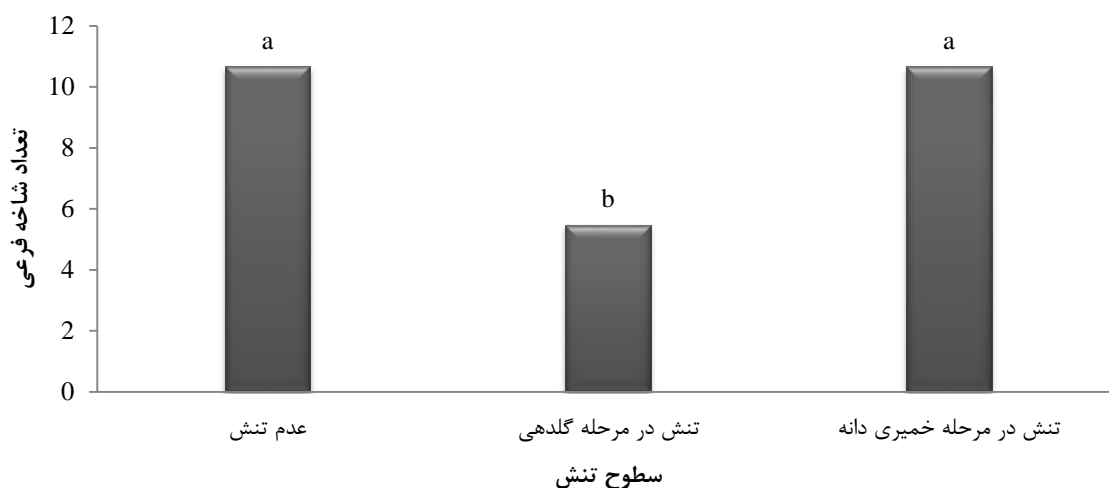
نتایج حاصل از انجام تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۸-۴ بیان‌گر معنی دار بودن اثرات اصلی تنش و امواج اولتراسونیک بر تعداد شاخه فرعی می‌باشد.

جدول ۸-۴- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد شاخه فرعی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۲/۶۰۰
تنش	۲	۱۳۵/۲۰۰ **
امواج اولتراسونیک	۴	۳/۹۲۲ **
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۰/۵۸۹ ns
خطا	۲۸	۰/۳۸۶

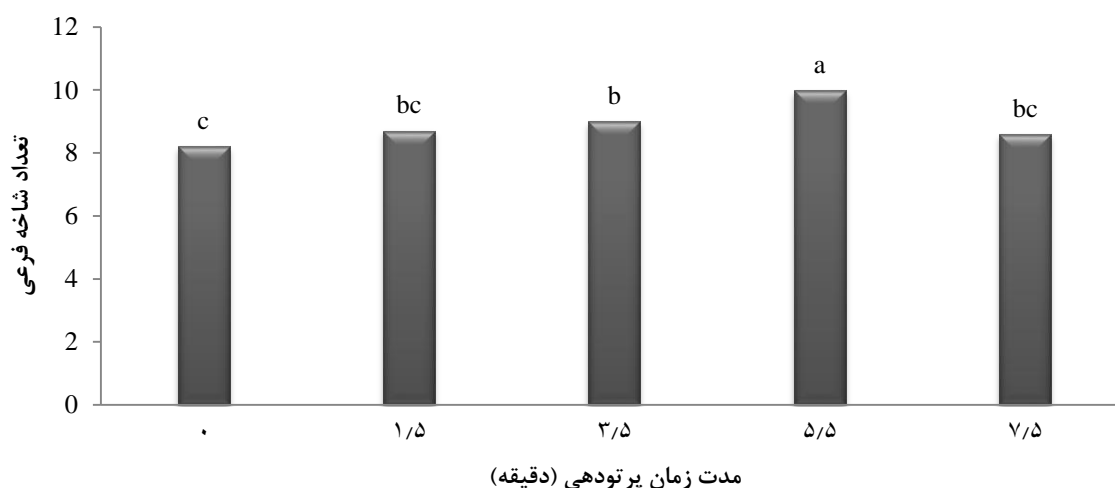
* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

با توجه به شکل ۴-۱۲ بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار شاهد (عدم تنش) می‌باشد که با تیمار تنش در مرحله خمیری دانه در یک گروه آماری قرار دارد. کمترین تعداد شاخه فرعی را نیز تنش در مرحله گلدهی به خود اختصاص داده است که دارای کاهش ۴۸/۷ درصدی نسبت به شاهد می‌باشد. یوسفی و همکاران (۱۳۷۶) نشان دادند که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های جانبی نخود داشت و در این زمان رشد رویشی فعال بود. در مطالعات نیلسن (۱۹۹۷) روی کلزا مشخص شد که تنش خشکی در مرحله رشد زایشی موجب می‌شود شاخه‌های فرعی کمتری نسبت به سایر مراحل حاصل گردد.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش خشکی

بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار ۵/۵ دقیقه پرتودهی می باشد که نسبت به شاهد (عدم پرتودهی) افزایش ۲۲ درصدی دارد (شکل ۴-۱۳). کمترین تعداد شاخه فرعی نیز مربوط به تیمار شاهد بود. طی تحقیقی بر جوانه زنی بذور گیاه همیشه بهار مشخص شد که با افزایش زمان تیمار اولتراسونیک با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز از ۲ دقیقه تا ۶ دقیقه درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک گیاهچه افزایش و از ۶ دقیقه به ۸ دقیقه کاهش می یابد (شیمومورا، ۱۹۹۰).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در شرایط پرتودهی بذور با امواج اولتراسونیک

۹-۴- تعداد غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد تنش خشکی و امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد تعداد غلاف در بوته را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول ۹-۴).

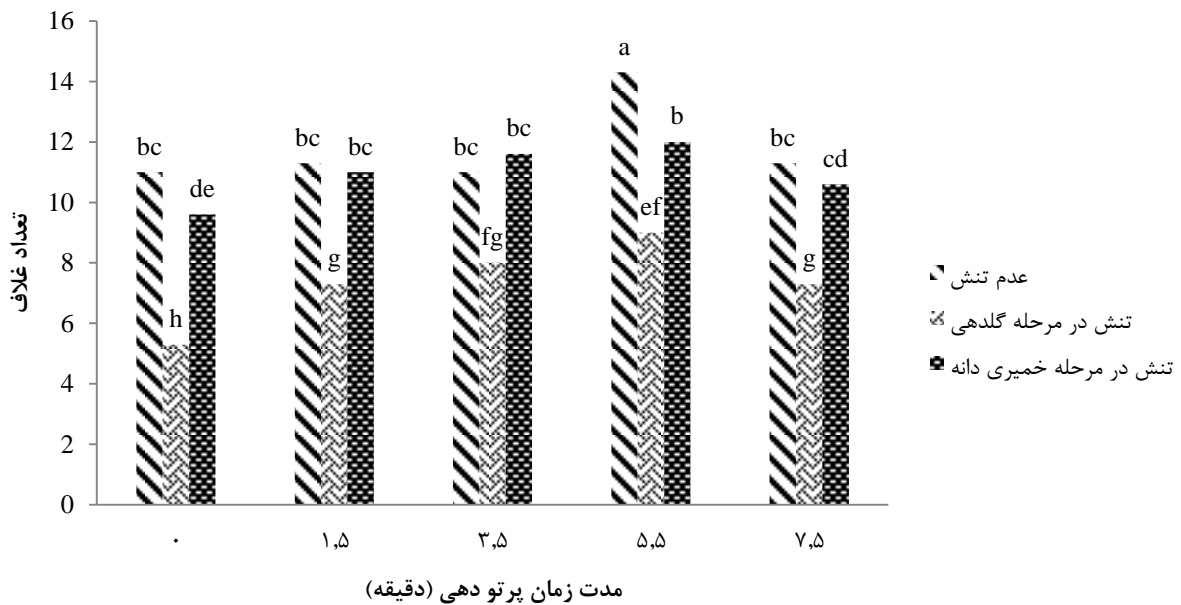
جدول ۹-۴- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد غلاف

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۲۱/۰۶۷
تنش	۲	۸۲/۴۰۰ **
امواج اولتراسونیک	۴	۱۱/۳۱۱ **
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۱/۳۴۴ *
خطا	۲۸	۰/۴۹۵

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

در کلیه سطوح پر توده‌ی، اثر کاهش تنش خشکی بر تعداد غلاف مشهود است (شکل ۴-۱۴). به نظر می‌رسد که وقوع تنش در مرحله گلدهی باعث ریزش گل‌ها شده است که به تبع آن تعداد غلاف نیز کاهش یافته است. اما تنش در مرحله خمیری دانه اثر کمتری بر تعداد غلاف دارد، زیرا تأثیر تنش در این مرحله بر تعداد غلاف و تعداد دانه بسیار کم است و عمدتاً بر وزن دانه تأثیر می‌گذارد (گنجعلی و نظامی، ۱۳۸۷). تنش خشکی مهمترین عامل کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی می‌باشد، این کاهش عمدتاً به ریزش غلاف‌ها مربوط می‌شود. در این مورد غلاف‌ها زمانی شروع به ریزش می‌کنند که پیری برگ‌ها به دلیل تنش خشکی آغاز شده باشد (سیدیکو و همکاران، ۲۰۰۰). گزارشات اولاه‌ها و همکاران (۲۰۰۲) نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر منفی بر تعداد غلاف داشته و با آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و قبل از تشکیل غلاف می‌توان اثرات آن را کاهش داد. همچنین باید به این نکته اشاره داشت که تحت تنش کمبود آب تعداد غلاف بیش از سایر اجزاء، عملکرد را کاهش می‌-

دهد (یاداو و همکاران، ۱۹۹۶). با توجه به شکل ۴-۱۴ بیشترین تعداد غلاف مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و پرتو دهی ۵/۵ دقیقه می باشد. کمترین تعداد غلاف نیز مربوط به تیمار تنش در مرحله گلدهی و عدم تنش می باشد.



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد غلاف

۴-۱۰- تعداد دانه در غلاف

همان گونه که در نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۰) مشهود است تنش خشکی، امواج اولتراسونیک و اثر متقابل آنها بر تعداد دانه در غلاف معنی دار نگردید. این امر نشان می دهد که صفت مذکور شدیداً تحت تأثیر کنترل ژنتیکی بوده و واکنشی به عوامل بیرونی از خود نشان نمی دهد.

جدول ۴-۱۰- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد دانه در غلاف

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۹۵۶
تنش	۲	۲/۰۸۹ ns
امواج اولتراسونیک	۴	۱/۴۱۱ ns
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۱/۷۲۸ ns
خطا	۲۸	۱/۵۲۷

ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.

۴-۱۱- وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بر خلاف اثر متقابل، اثرات اصلی تیمارها بر این صفت

معنی دار شد (جدول ۴-۱۱).

جدول ۴-۱۱- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر وزن صد دانه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۷/۲۱۴
تنش	۲	۳۷۴/۹۲۹**
امواج اولتراسونیک	۴	۱۸/۲۷۱**
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۲/۸۵۸ ns
خطا	۲۸	۲/۲۱۱

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

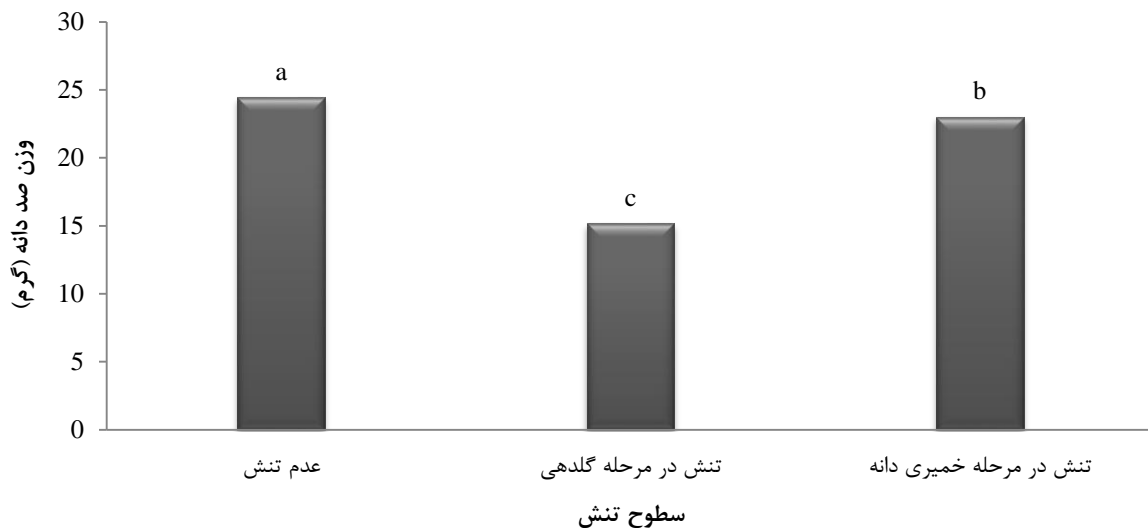
با توجه به شکل ۴-۱۵، بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب مربوط به شاهد (عدم

تنش) و تنش در مرحله گلدهی می باشد. در تنش گلدهی نسبت به شاهد، ۳۸ درصد کاهش در

کمیت این صفت دیده می شود. به نظر می رسد که تنش در مرحله گلدهی با اختلال در فتوسنتز و

انتقال مواد فتوسنتزی سبب کاهش وزن دانه می گردد. طی پژوهشی بیان شد که تنش خشکی در هر

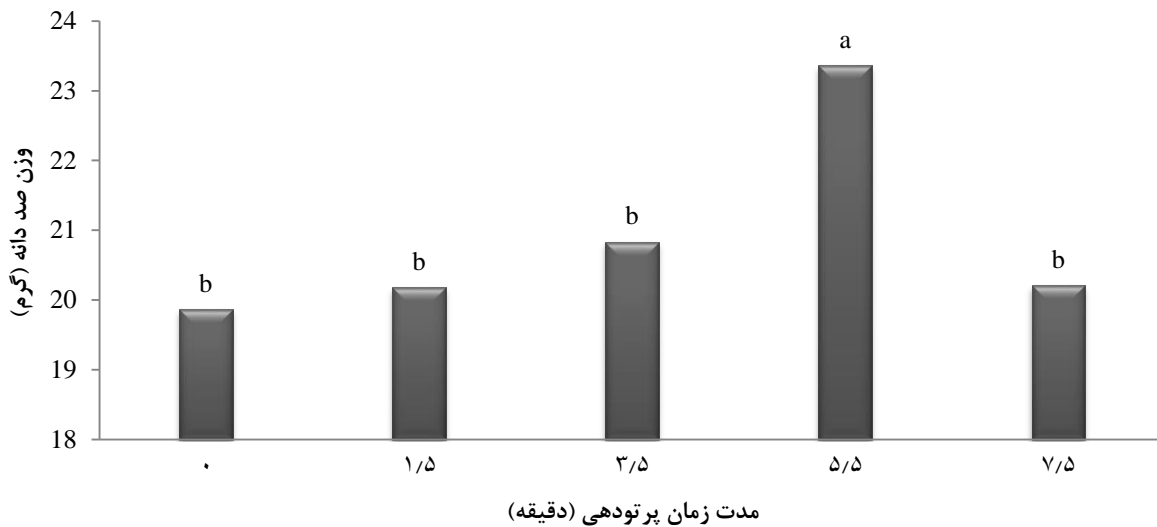
مرحله‌ای باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود به نحوی که بیشترین خسارت وارده به آن ناشی از ریزش گل‌ها و سپس تنش در مرحله پرشدن غلاف می‌باشد (جلیلیان و خدابنده، ۱۳۷۷). با بررسی روی گیاه نخود مشخص شد که محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلاف‌دهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه می‌شود (یولاه‌ها و همکاران، ۲۰۰۲). در دسترس بودن رطوبت کافی در زمان گلدهی باعث طولانی شدن دوره پر شدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه اختصاص می‌یابد. در پژوهش دیویس و همکاران (۱۹۹۹) نیز تنش خشکی وزن دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی

بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب مربوط به تیمار پرتودهی ۵/۵ دقیقه و شاهد (عدم پرتودهی) می‌باشد (شکل ۴-۱۶). ۵/۵ دقیقه پرتودهی افزایش ۱۷/۶ درصدی این صفت نسبت به شاهد را باعث گردید. بین مابقی سطوح و شاهد اختلاف معنی‌داری دیده نشد. افزایش وزن دانه در اثر اعمال امواج فراصوت در گیاهان لوبیا چشم بلبلی (عبادی، ۱۳۹۲؛ نصیری، ۱۳۹۴)، زنیان (مرغایی زاده و همکاران، ۱۳۹۳)، ذرت (رجبیان، ۱۳۹۱)، سیاه دانه (کریمی فرد، ۱۳۹۲) و نخود (ملازم

الحسینی، ۱۳۹۳) نیز گزارش شده است. رانگ و رادپیر (۲۰۰۷) نیز در مطالعه خود روی رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه در شرایط پرتو دهی بذور با امواج اولتراسونیک

۱۲-۴- عملکرد دانه

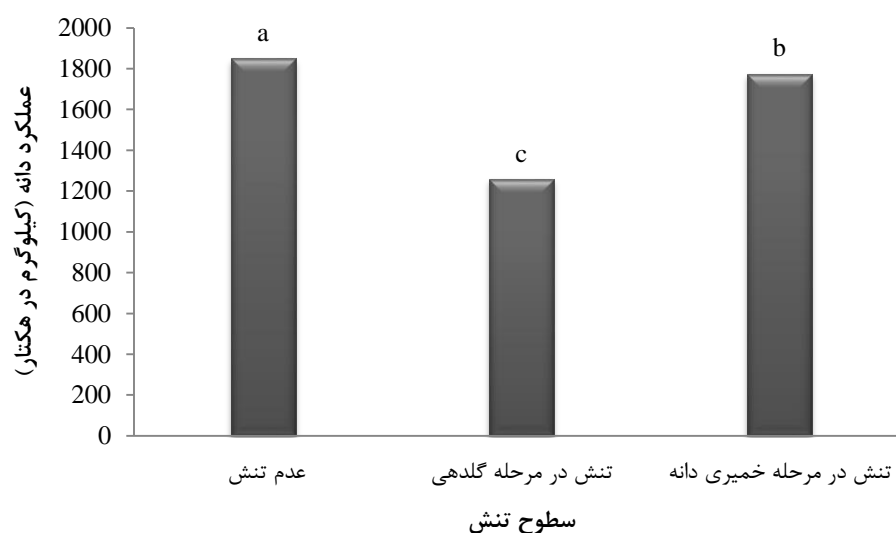
با توجه ب جدول تجزیه واریانس، تنش خشکی و امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول ۴-۱۲).

جدول ۴-۱۲- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر عملکرد دانه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۶۸۱۷۳۶/۹۸۲
تنش	۲	۶۱۹۶۷۰۶/۷۰۷***
امواج اولتراسونیک	۴	۲۲۲۹۱۷۰/۹۳۵***
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۴۰۳۸۷۰/۵۳۱ ns
خطا	۲۸	۲۷۵۰۲۷/۷۱۷

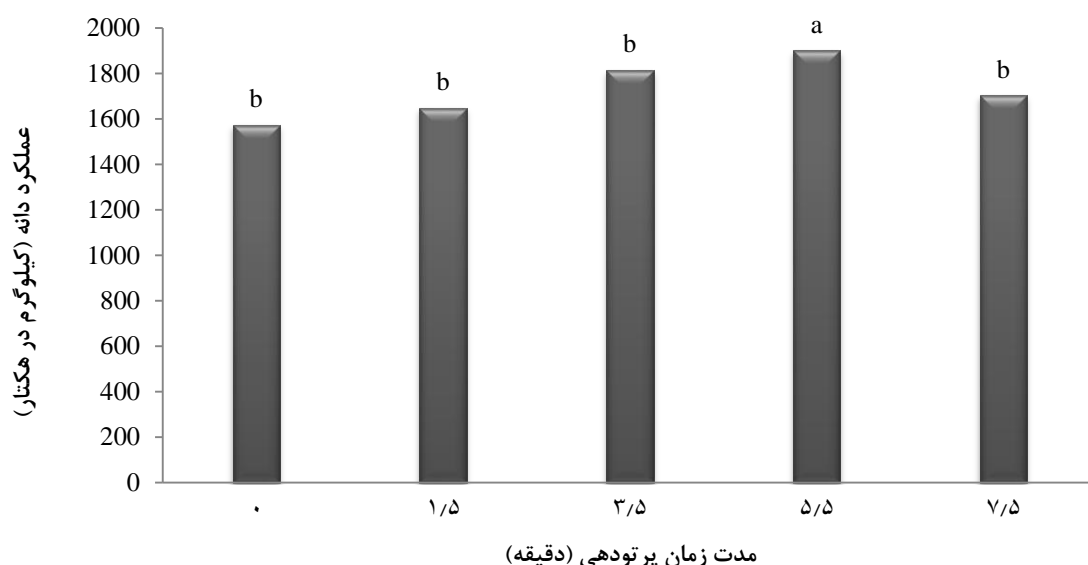
*** بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

همان طور که انتظار می‌رفت بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد و تنش در مرحله گلدهی می‌باشد (شکل ۴-۱۷). تنش در مرحله گلدهی نسبت به شاهد ۳۲ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. تنش خشکی از طریق القای زودرسی، زمان لازم برای رشد بیشتر گیاه و انتقال بهینه تولیدات فتوسنتزی به دانه‌ها را محدود نموده و لذا پتانسیل عملکرد دانه کاهش می‌یابد (کومار و ابو، ۲۰۰۱). در آزمایشی بر روی لوبیا معمولی، لوبیا چشم بلبلی و نخود گزارش شد که مهم‌ترین و اثر گذارترین مرحله بر کاهش عملکرد در هر سه گیاه مورد آزمایش، مرحله گلدهی و تشکیل غلاف می‌باشد (تزفای و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه نخود، دوره رشد زایشی حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی معرفی گردیده است (لپرت و همکاران، ۲۰۰۶). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه بود. به نظر می‌رسد بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط عدم تنش، افزایش طول دوره رشد و فتوسنتز در گیاه، افزایش دوره پرشدن دانه و نیز بهبود قابل ملاحظه اجزای عملکرد یعنی تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بوده است.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

با توجه به شکل ۴-۱۸، تنها سطح ۵/۵ دقیقه پرتودهی توانست افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه به دنبال داشته باشد. بین شاهد و مابقی سطوح پرتودهی اختلاف معنی‌داری بدست نیامد. عبادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در پژوهش‌های خود بالاترین عملکرد دانه را در کاربرد ۶ دقیقه-ای امواج اولتراسونیک در لوبیا چشم بلبلی حاصل کردند. این امر احتمالاً می‌تواند مربوط به استقرار سریع‌تر، یکنواخت‌تر و کامل‌تر گیاهچه‌ها در مزرعه باشد. یکی از اثرات مفید امواج اولتراسونیک افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها و آفات است (مرغایی زاده و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش عملکرد دانه در اثر اعمال امواج فراصوت در گیاهان ذرت (رجبیان، ۱۳۹۱)، زنیان (مرغایی زاده و همکاران، ۱۳۹۳) و سیاه دانه (کریمی فرد و همکاران، ۱۳۹۲) نیز گزارش شده است. در مطالعه یلداگرد و مرتضوی (۲۰۰۸) تیمار بذرها با امواج فراصوت موجب افزایش ۶/۵ درصدی در عملکرد دانه گردید. همان‌گونه که توسط واسیلوسکی (۲۰۰۳)، آلاجیان (۲۰۰۷) و همچنین داوی (۲۰۰۹) گزارش شده است. تیمار بذور با امواج به بهبود پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی منجر می‌گردد. احتمالاً این نتایج به دلیل افزایش درصد نهایی سبز کردن بذرها در اثر تیمار امواج فراصوت می‌باشد. به نظر می‌رسد استفاده از امواج اولتراسونیک، با تسریع سبز شدن بذور و همچنین افزایش طول ریشه باعث می‌شود که گیاه از منابع موجود در ابتدای فصل استفاده بیشتری کرده و در نتیجه عملکرد گیاه افزایش یابد.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط پرتو دهی بذور با امواج اولتراسونیک

۴-۱۳- عملکرد بیولوژیکی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی و امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد عملکرد بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار داده ولی اثر متقابل آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۴-۱۳).

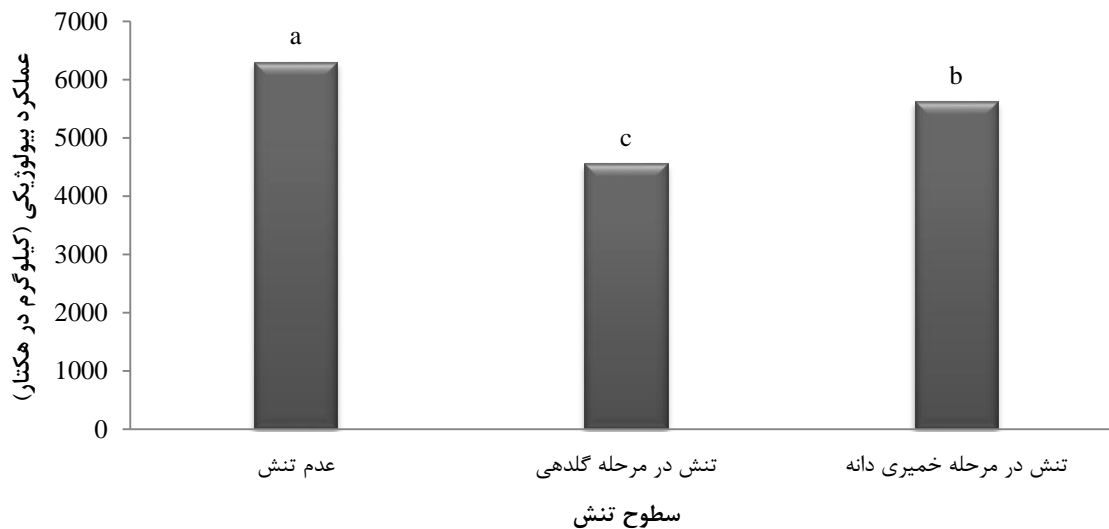
جدول ۴-۱۳- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر تعداد وزن عملکرد بیولوژیکی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۲۳۱۵۶۸/۴۱۶
تنش	۲	۱۳۷۴۵۳۴۶/۶۴۰**
امواج اولتراسونیک	۴	۵۵۰۳۵۷۰/۴۴۶**
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۵۳۳۵۸۱/۴۲۲ ns
خطا	۲۸	۳۲۸۹۷۷/۹۴۱

** بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

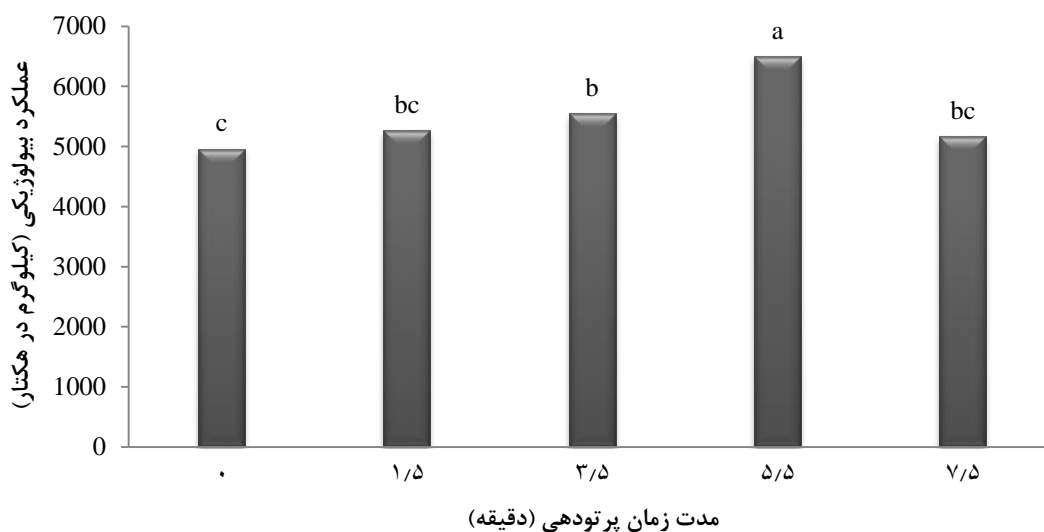
بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد (عدم تنش) و تنش در مرحله گلدهی بود (شکل ۴-۱۹). تنش در این مرحله، عملکرد بیولوژیکی را به میزان حدود

۲۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. بلوم و همکاران (۱۹۸۹) در ارقام محلی گندم کاهش ۲۱ درصدی عملکرد بیولوژیکی را در اثر تنش خشکی گزارش کردند. تأثیر تنش خشکی بر کاهش تجمع ماده خشک و کاهش طول دوره رشد به خصوص گرده افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سطح برگ به تأیید محققین رسیده است (اولد و همکاران، ۱۹۸۸؛ داهیا و همکاران، ۱۹۹۳).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی

بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی به ترتیب مربوط به تیمارهای ۵/۵ دقیقه و شاهد (عدم پرتودهی) می‌باشد. پرتودهی به مدت ۵/۵ دقیقه توانست عملکرد بیولوژیکی را ۳۱ درصد افزایش دهد. در خصوص تأثیر امواج اولتراسونیک بر روی عملکرد بیولوژیکی لوبیا چشم بلبلی، می‌توان اینگونه اظهار کرد که کاربرد این امواج از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد موجب افزایش بیوماس گیاهی و در نهایت عملکرد بیولوژیکی می‌گردد. وانگ و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که امواج در یک فرکانس و شدت معین می‌تواند رشد و تقسیم سلول‌ها در گیاه هویج را افزایش دهد. گزارش شده است استفاده از امواج اولتراسونیک باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی در گیاهان ذرت (رجبیان، ۱۳۹۱) و سیاه دانه (کریمی فرد، ۱۳۹۲) گردید.



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی در شرایط پرتو دهی بذور با امواج اولتراسونیک

۴-۱۴- فسفر دانه

نتایج مندرج در جدول ۴-۱۴ نشان می‌دهد که تنها اثرات اصلی تنش خشکی و امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد بر مقدار فسفر دانه معنی‌دار بود.

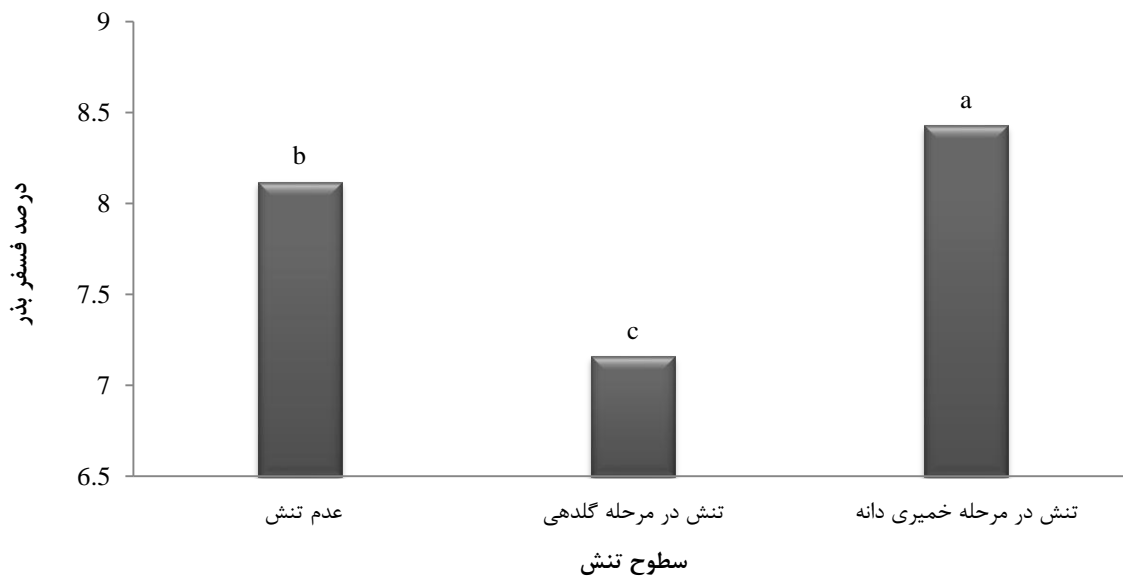
جدول ۴-۱۴- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر فسفر دانه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۵۴۶
تنش	۲	۴/۸۵۱**
امواج اولتراسونیک	۴	۳/۹۸۳**
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۰/۵۰۱ ns
خطا	۲۸	۰/۴۲۱

** بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

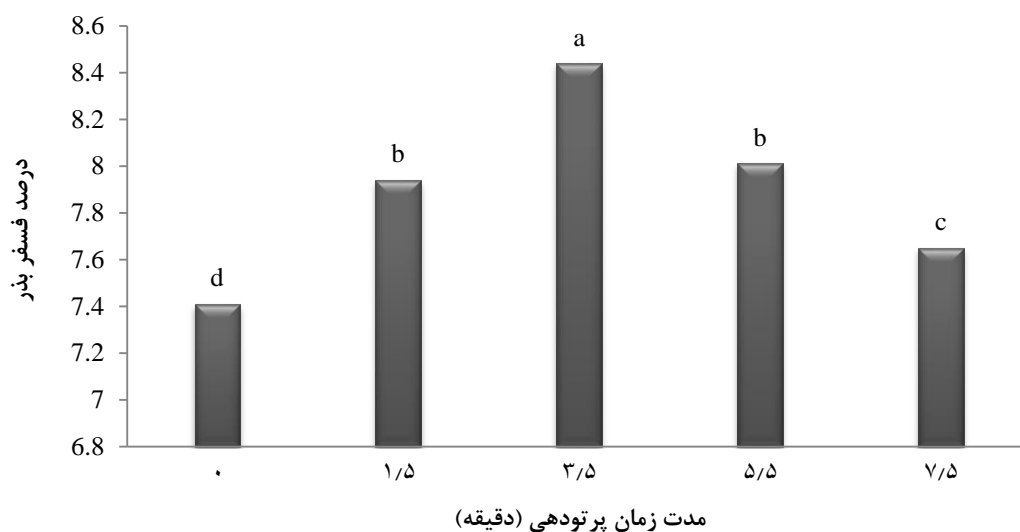
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش طولانی باعث کاهش معنی‌دار محتوای فسفر دانه گردید (شکل ۴-۲۱). این در حالی است که در شرایط تنش کوتاه مدت، دانه‌ها از درصد فسفر بالاتری نسبت به شاهد برخوردار شدند. به طور کلی، یکی از اثرات تنش خشکی برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در

گیاه است (جیانگ و هانگ، ۲۰۰۱). در شرایط تنش طولانی، افت وزن ریشه می‌تواند کاهش جذب عناصر را به دنبال داشته باشد؛ از طرف دیگر، در شرایط تنش نسبت کربوهیدرات‌های ذخیره شده در دانه به عناصر معدنی دستخوش تغییر و تحول می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳). چگونگی تغییر این نسبت می‌تواند تعیین کننده نوع تغییر محتوای فسفر در واکنش به تنش خشکی باشد.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین درصد فسفر دانه در شرایط تنش خشکی

بیشترین و کمترین درصد فسفر دانه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۳/۵ دقیقه و شاهد (عدم پرتودهی) می‌باشد (شکل ۴-۲۲) به نحوی که فسفر دانه در تیمار ۳/۵ دقیقه نسبت به شاهد یک درصد افزایش داشته است. به نظر می‌رسد که واکنش مثبت محتوای فسفر دانه به پرتودهی ممکن است به واسطه اثرات مثبت پرتودهی بر رشد و ریشه‌دهی گیاه باشد.



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین درصد فسفر بذر در شرایط پرتو دهی بذر با امواج اولتراسونیک

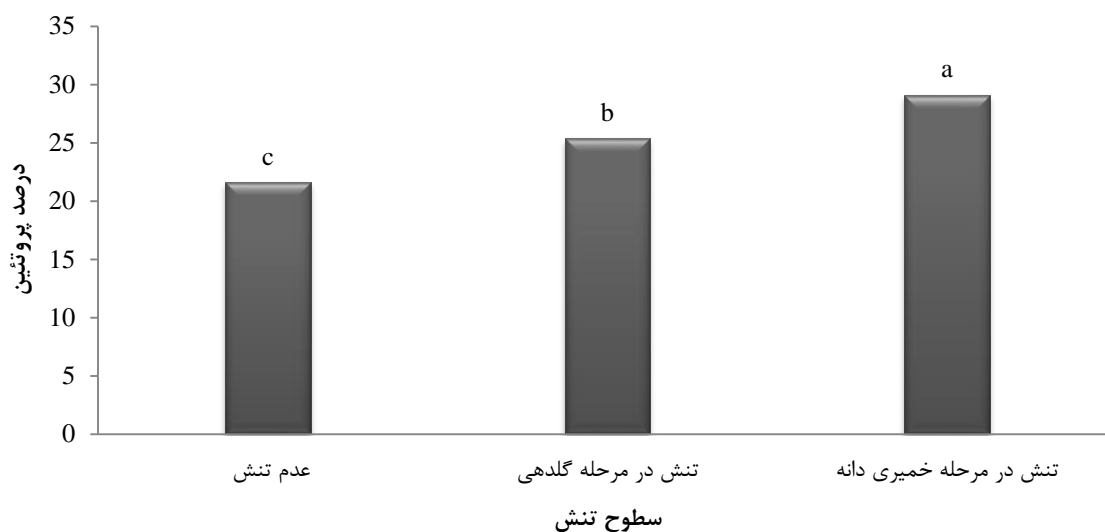
۴-۱۵- درصد پروتئین دانه

با توجه به نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۵)، تنش خشکی و امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار داده ولی اثر متقابل آن‌ها در هیچ یک از سطوح آماری معنی‌دار نشد.

جدول ۴-۱۵- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر درصد پروتئین دانه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۸/۶۹۰
تنش	۲	۲۰۹/۹۶۴ **
امواج اولتراسونیک	۴	۳۱/۲۶۷ **
تنش * امواج اولتراسونیک	۸	۷/۵۳۳ ns
خطا	۲۸	۷/۳۰۱

** بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.

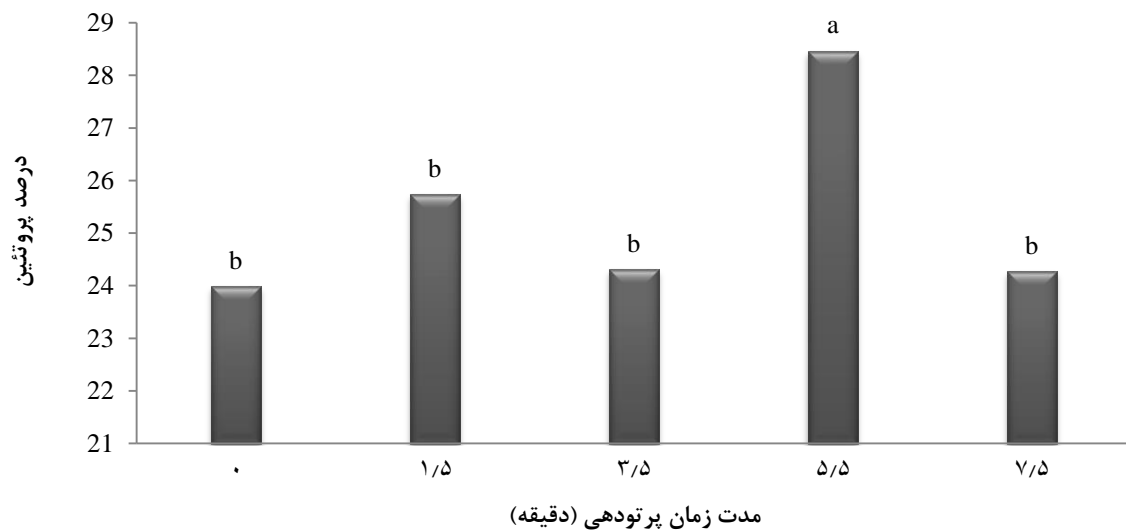


شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی

بیشترین و کمترین پروتئین دانه مربوط به تیمارهای تنش در مرحله خمیری دانه و شاهد (عدم تنش) می باشد (شکل ۴-۲۳). تنش در مرحله گلدهی و خمیری دانه پروتئین را به ترتیب ۳/۷۶ و ۷/۴۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در شرایط تنش خشکی به خصوص 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، ۱۳۸۴).

همان طور که در جدول ۴-۱۶ ارائه شده، امواج اولتراسونیک در سطح احتمال یک درصد پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار داده است. بیشترین و کمترین پروتئین دانه را به ترتیب تیمارهای ۵/۵ دقیقه پرتودهی و شاهد (عدم پرتودهی) به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۲۴). درصد پروتئین در تیمار ۵/۵ دقیقه نسبت به شاهد، حدود ۴/۴۷ درصد افزایش داشته است. لازم به ذکر است که تیمارهای شاهد، ۱/۵، ۳/۵ و ۷/۵ از لحاظ آماری در یک گروه قرار می گیرند و اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. گزارش شده است که اعمال امواج اولتراسونیک باعث افزایش معنی دار پروتئین دانه در گیاهان لوبیا چشم بلبلی (نعیمی، ۱۳۹۳) و نخود (ملازم الحسینی، ۱۳۹۳) گردید. امواج فراصوت در

بهبود فرآیند استخراج اینولین نیز از ریشه گیاه بابا آدم نیز کارایی مفیدی دارد (میلانی و همکاران، ۱۳۹۰)، همچنین در پژوهشی دیگر پرتودهی بذر ذرت به مدت چهار دقیقه توانسته است اثر مثبت امواج فراصوت بر استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و پایداری آن در شرایط مختلف را به دنبال داشته باشد (مسکوک و مرتضوی، ۱۳۸۰).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در شرایط پرتودهی بذور با امواج اولتراسونیک

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار اکثر صفات می‌گردد. این صفات شامل ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، رطوبت نسبی برگ، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بودند. لازم به ذکر است که تنش خشکی بر روی درصد پروتئین تأثیر مثبت داشته و باعث افزایش این صفت می‌شود. امواج اولتراسونیک نیز باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، رطوبت نسبی برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین دانه گردید. این امواج در بازه زمانی ۳/۵ تا ۵/۵ دقیقه تأثیر مثبتی داشتند ولی در مدت زمان ۷/۵ دقیقه سبب کاهش اکثر صفات شدند. اثر متقابل تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر روی صفات تعداد غلاف، کلروفیل و وزن خشک برگ معنی‌دار گردید. لازم به ذکر است که فاکتورهای اصلی (تنش و امواج) و اثر متقابل آن‌ها در هیچ یک از سطوح آماری بر فسفر بذر معنی‌دار نگردید.

پیشنهادهات

- ۱- تکرار این آزمایش حداقل یک سال زراعی دیگر
- ۲- تکرار این آزمایش در شرایط آب و هوایی دیگر
- ۳- بررسی اثر متقابل امواج اولتراسونیک و تنش‌های زنده و غیر زنده دیگر
- ۴- بررسی مدت زمان‌های مختلف امواج در آزمایش‌های دیگر جهت یافتن بهترین زمان پرتودهی
- ۵- بررسی اثر امواج اولتراسونیک و تنش خشکی بر روی گیاهان زراعی دیگر
- ۶- بررسی دقیق تأثیر امواج فراصوت بر گیاهان زراعی در شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی

۷- بررسی اثر متقابل امواج اولتراسونیک با تیمارهای دیگر جهت بهتر مشخص شدن تأثیر این امواج

روی بذور گیاهان زراعی

فهرست منابع

- اهدایی، ب. (۱۳۷۲). "انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم"، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکده کشاورزی تهران، کرج، ص ۳۶.
- باقری، ع. نظامی، ا. و سلطانی، م. (۱۳۸۰). اصلاح حبوبات سرما دوست برای تحمل به سرما. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- باقی، ا. ملاحسینی، ح. امینی، ح. و سعادت‌مند، غ. (۱۳۸۸). "مدیریت حفظ پایداری خاک"، اولین همایش ملی الگوی مصرف و توسعه پایدار کشاورزی، ۲۹ مهرماه، تهران.
- بینا، ف. رضایی، آ. و آقایی زاده، م. (۱۳۸۷). بررسی تأثیر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیزیولوژی و مرفولوژی بذر. اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی.
- پارسا، م. و باقری، ع. (۱۳۸۷). حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ص.
- جلیلیان، ج. مدرس ثانوی، ع. صباغ پور، س. (۱۳۸۴). اثر تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان پروتئین چهار رقم نخود در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲، ص ۱-۹.
- جلیلیان، ع. و خدابنده، ن. (۱۳۷۷). بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد زایشی بر عملکرد و اجزاء عملکرد سویا. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
- حسینی، م. ب. (۱۳۸۳). رساله دکتری، "اکوفیزیولوژی کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای و لوبیای چشم بلبلی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- حکمت شعار، ح. (۱۳۷۲). "فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار" (ترجمه)، انتشارات نیکنام، تبریز، ص ۳۷۸.
- خواجه پور، م. (۱۳۸۳). گیاهان صنعتی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۵۸۳ ص.
- دانشیان، ج. نورمحمدی، ق. و جنوبی، پ. (۱۳۸۱). بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
- رجبیان، س. (۱۳۹۱). اثر امواج اولتراسونیک و باکتری سودوموناس بر رشد و عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود.
- سرخ‌لله لو، ف. (۱۳۸۸). ارزیابی اثرات امواج فراصوت و میدان مغناطیسی بر جوانه زنی بذور گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم باغبانی ایران. ص ۱۱۶۵-۱۱۶۱.
- سلطانی، ا. و فرجی، ا. (۱۳۸۶). "رابطه آب خاک و گیاه"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۴۶.

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

صباغ پور، ح. (۱۳۸۵). "شاخص ها و مکانیزم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان"، چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، ص ۱۵۲.

عبادی قهرمانی، ش. قلی پور، م. و غلامی، ا. (۱۳۹۱). اثر امواج اولتراسونیک و کود بیولوژیکی نیتروکسین بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. ص ۱۳-۱.

عبادی قهرمانی، ش. (۱۳۹۲). اثر امواج اولتراسونیک و کود بیولوژیکی نیتروکسین بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود.

عبادی قهرمانی، ش.، قلی پور، م.، غلامی، ا. (۱۳۹۲). اثر امواج اولتراسونیک و کود بیولوژیکی نیتروکسین بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna Sinensis*). دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. ۷ شهریور.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳). "رابطه آب، خاک و گیاه"، دانشگاه امام رضا (ع)، ص ۴۷۰.

فرجی، ا. (۱۳۸۸). "مبانی کاربردی تاثیر تنش خشکی در کلزا"، نشر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، ص ۲۶.

کاظمی، ح. (۱۳۸۷). "اصول دیمکاری"، چاپ دوم، دانشگاه تبریز، ص ۵۰۷.

کریمی فرد، ش. (۱۳۹۲). برهمکنش میکوریزا و امواج آلتراسونیک بر رشد و عملکرد سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود.

کریمی فرد، ش.، قلی پور، م.، غلامی، ا. و آریانی محمدی، ح. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر قارچ میکوریزا و امواج فراصوت بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاه دانه. اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. دانشکده شهید مفتاح همدان، ۱۸ مهر. ۱-۱۱.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۷۳). "فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۸۷.

کوچکی، ع.، تبریزی، ل. و قربانی، ر. (۱۳۸۷). ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*)، نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۶: ۱۲۷-۱۳۷.

کوچکی، ع. سرمدنیا، غ. (۱۳۷۷). فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه، چاپ هفتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۸۶). زراعت حبوبات. چاپ هشتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۳۶.

گنجعلی، ع. و نظامی، ا. (۱۳۸۷). اکوفیزیولوژی و محدودکننده‌های عملکرد حبوبات، در: حبوبات، پارسا، م. و باقری، ع. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۷۲). "حبوبات در ایران"، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۲۴۰ ص.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۸۳). "زراعت غلات"، انتشارات نقش مهر، ۱۳۰ ص.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۸۷). زراعت و تولید حبوبات. چاپ چهارم، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران، ۲۸۳ ص.

مرغایی زاده، غ.، قرینه، م. ح.، فتحی، ق. ا.، ابدالی، ع. و فرید، م. (۱۳۹۳). تاثیر امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر جوانه زنی، شاخص های رشد و عملکرد گیاه زنیان (*Carum copticum* (L) C. B.) در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. دو ماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۰(۴): ۵۳۹-۵۶۰.

مسکوکوی، ع. م. مرتضوی، ع. و مسکوکوی، آ. (۱۳۸۶). بررسی توام فراصوت و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران.

مسکوکوی، ع. م. و مرتضوی، ع. (۱۳۸۰). تولید، تبدیل و توزیع زرشک بیدانه، انتشارات معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد ص ۴۵.

ملازم الحسینی، ح. (۱۳۹۳). برهمکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود.

میلانی، ا. کدخدایی، ر. گلی موحد، غ. حسینی، ف. (۱۳۹۰). بهینه سازی استخراج اینولین از ریشه بابا آدم توسط امواج فراصوت با استفاده از روش سطح پاسخ. فصل نامه گیاهان دارویی.

نادرواوژن، ر. اردکانی، م. ر. نورمحمدی، ق. و نجفی، ا. (۱۳۸۴). "بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری قطره ای،

نواری بر کارایی مصرف آب و صفات مورفولوژیک ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۰)"، زراعت و اصلاح نباتات

ایران، ۱۱(۱): ۶۳-۷۳.

نصر اصفهانی، م. (۱۳۹۲). تأثیر تنش خشکی بر رشد و سیستم آنتی اکسیدان در سه رقم نخود. زیست شناسی

گیاهی، سال پنجم، شماره پانزدهم، بهار ۱۳۹۲، ص ۱۱۱-۱۲۴.

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

نعیمی نوشهر، ه. (۱۳۹۳). برهمکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود.

نورمحمدی، ق. سیادت، ع. و کاشانی، ع. (۱۳۸۰). زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۴۶ ص.

وفابخش، ج. نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. (۱۳۸۷). "اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا"، مجله پژوهش های زراعی ایران، ۶(۱): ۲۰۴-۱۹۳.

یوسفی، ب. کاظم یاری، ح. رحیم زاده خویی، ف. و مقدم، م. (۱۳۷۶). تجزیه و بررسی ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۸(۴)، ص ۱۴۷-۱۶۱.

Aladjajjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*. 8: 369-380.

Aladjajjiyan, A., and Ylieva, T. 2002. Influence of stationary magnetic field oil the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum L.*). *Journal of Central European Agriculture*. 4: 131-135.

Altinkut, A.K.K., Ipekci, Z. and Gozukirmizi, N. (2001). Tolerance to paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F2 populations of barley and wheat. *Euphytica*, 121, 81-86.

Atak, C., Emiroglu O., Alikamanoglu S. and Rzakoulieva A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max L. Merrill*) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*. 2: 113-119.

Auld D.L., Crock J.E., and Kephart K.D. 1988. Planting date and temperature effect on germination, emergence and seed yield of chickpea. *Agron. J.* 80: 909-914.

Baker, R.J. 1994. "Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes". *Euphytica*. 73:67 72.

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.* 18:190-194.

- Below, F. E., Christensen, L. E., Reed, A. J and Hagmane, R. H. 1981.** "Availability of reduced N and carbohydrate for ear development of maize". *Plant Physiol.* 68:1186-1190.
- Blum, A. 1988.** "Plant Breeding For Stress Environments". CRC press, Boca Raton, FL. pp:38-78.
- Blum, A. 1996.** "Crop responses to drought and the interpretation of adaptation". *Plant Growth Regulation.* 20:135-148.
- Blum, A. 1996.** "Crop responses to drought and the interpretation of adaptation". *Plant Growth Regulation.* 20:135-148.
- Blum. A., J. Golan, B. Mayer, L. Sinmena and Burra J. 1989.** The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. *Euphytica* 43:87-96.
- Bonciarelli, F. 1997.** "Caltivazioni erbacee da pieno campo", Edagricole Bologna.
- Boyer, J. S. 1982.** "Plant Productivity and environments". *Science* 218:443-447.
- Boyer, J. S. 1992.** "Mechanisms for obtaining water use efficiency and drought resistance". In: *Plant Breeding in the 1990s*.pp.181-200, Stalker, H. T. and J. P. Murphy, Eds., CAB International, U.K.
- Boyer, J. S. 1996.** "Advances in drought tolerance in plant". *Adv. Agron.* 56:187-217.
- Bray, A. E. 1997.** "Plant responses to water deficit". *Trends in Plant Sc.* 2:45-54.
- Breitbach, M.D., Bathen, T., and Schmidt, F. 2002.** Desorption of a fixed bed adsorber by ultrasound *Ultrasonic. Anal Botany,* 40:679 – 682.
- Bullock, D. G., Niesen, R. L., and Nyquist, W. E. 1988.** "A Growth analysis comparison of corn growth conventional and equidistant plant spacing". *Crop Sci.* 24:1187-1191.
- Charlies, S. 1997.** "Localization of Hydrogen Proxide Accumulation during the hypersensitive syringae PV phaseolical the plant cell".*American Society of Plant Physiologists.* 9:209-221.
- Chen, F., Sun, Y., Zhao, G., Liao, X., Hu, X.,Wu, J., and Wang, Z. 2006.** Optimization of ultrasound – assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using HPLC–MS, *Ultrasonics Sonochemistry.* 14 (2007)767 – 778.
- Chisti, Y.2002.** Sonobioreactors: Using ultrasound for enhanced microbial productivity. *Trends in biotech.;* 21 (3): 89-93.
- Clark, R.L., and P.S. Shackelford. 1975.** Methods for Testing the Dynamic Mechanical Response of Solid Foods. *Transactions of the ASAE.* 16 (6), 1140.

- Crisosto, C. 1996.** Optimum procedures for ripening stone fruit. Management of Ripening Fruit (Univ. of California, Davis). Postharvest Horticulture Series, 9, 28-30.
- Czerner, R., Millner, R., Roenfeld, E., Schellenberger, A., and Schmidt, P. 1987.** Theoretical and experimental studies on the influence of ultrasound on immobilized enzymes, *Biotechnol Bioengin.* 30: 928-935.
- Dahiya, S., Singh, M., and Singh, R.B. 1993.** Economic and water use efficiency of chickpea as effected by genotypes, irrigation and fertilizer application. *Crop Research. Hisar.* 6: 532-534.
- Debaeke, P. and abdellah, A. 2004.** "*Adaptation of crop management to water limited Environments*". *Eur. J. Agron.* 21:433-446.
- Desclaux, D., Huynh, T.T., and Roumet, P. 2000.** "Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress". *Crop Sci.* 40:716-722.
- Dhawi, F., J.M. Al-Khayri, and Hassan, E. 2009.** Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera L.*). *Research Journal of Agriculture and Biological Science.* 5: 161-166.
- Earl, H. J., and Davis, R. F. 2003.** "*Effect of drought stress on Leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of Maize*". *Agron. J.* 95:688-696.
- Edmeades, G. O., Bolanos, J., Hernandez, M., And Bello, S. 1993.** "*Causes for Silk delay in a Lowland tropical Maize population*". *Crop Sci.* 33:1029-1035.
- El-ebad, M., and R. Abbas. 2009.** Sweet pepper seed responses to different doses of magnetic field. *Egyptian Journal of Medicinal Plants.* 19 (4): 111-116.
- Evans, B., and Waians, J. G. 1993.** "*Variation in water use efficiency and its component in wheat*". *Crop Sci.* 33:294-299.
- Evans, N. H., McAinsh. M. R., Hetherington. A. M. 2001.** "*Calcium oscillations in higher plants*". *Plant Biol.* 4:415-420.
- FAO. 1986-2006.** "Food and Agriculture Organization of the United Nations", Quarterly bulletin of statistics, Rome, Italy.
- FAO. 1992.** "The use of saline waters for crop production" FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48. 133 pp.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. Basra, S.M. 2009.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development,* 29, 185-212.

- Fitzgerald, J.W., Ringo, G.R., and Winder, C.W. 1961.** "An ultrasonic method for measurement of solid – non fat in fluid milk" J.Dairy sci. 44:1165.
- Foyer, C.H., M. Lelandais, and K. J. Kurent. 2009.** Photooxidative stress in plants. Plant Physiol. 92 : 696 – 717.
- Galeshi, S., Torabi, B., Resam, Gh., Rahemi, A., and Barzegar, A. 2009.** Stress Management in Plants. Publications Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 307 p.
- Gallagher, E.J. 1984.** "Cereal production", Butterworths, 345 pp.
- Gallego, J.A.L., Elvira, S., and Rodriguez, G. 2003.** A power ultrasonic technology for deliquoring. Ultrasonic; 4: 255-259.
- Gholipour, M. and Mohammadi, Y. 2008.** Evaluating the Effect of Wheat Germination on Magnetic Field. Paper Abstracts of the 1st National Conference on Iranian Seed Science and Technology, Gorgan.
- Gotoh, K., Chang, T. T., OToole, J. C., Riley, R., and Murty, B. R. 1979.** "Crop adaptation. In: Plant breeding perspectives". Eds. J. Sneep and A. J. T. Hendriksen, Centre for Agricultural Publication and Documentation, Wageningen, pp. 234-261.
- Gupta, S. N., Dahiya, B. S., Malik, B. P. S., and Bishnoi, N. R. 1995.** "Response of chickpea to water deficits and drought stress". Haryana Agriculture university journal of
- Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., Buitink, J. 2001.** "Mechanisms of plant desiccation tolerance". Trends Plant Sci. 6:431-438.
- Hoshikawa, K. 1991.** "Significance of legume crops in improving the productivity and stability of cropping systems". In: Phosphorus Nutrition of Grain Legumes in the Semi-Arid Tropics. pp. 173-181, Johansen, C., K. K. Lee, and K. L. Sahrawat, Eds., International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India.
- Hsiao, T. C., OToole, J. C., Yambao, E. B., and Turner, N. C. 1984.** "Influence of osmotic adjustment on leaf rilling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.)". Plant Physiol. 75:338-341.
- Hurd, E. A. 1976.** "Plant Breeding for drought resistance". Pages 317-353 in Water deficits and plant growth. Volume 4 (Kozlowski, T. T., ed.). New York, USA: Academic Press.
- ICRISAT. 1996.** "ICRISAT Asia Region Annual Report, 1995". pp.17-20, Patancheru 502-324, A. P., India: ICRISAT.
- Ishimori, Y., Karube, I., & Suzuki, S. 1981.** Acceleration of immobilized alpha-chymotrypsin activity with ultrasonic irradiation. J.Mol Catal. 12:253-259

- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, L.J.I. 2008.** Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering* 86 (2), 281–287.
- Jones, J. R., Wolf, J. B., and Mills, H. A. 1991.** *Plant Analysis: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide.* Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia.
- Khakwani, A.A., Dearin, M. & Munir, M. 2011.** Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33, 135-142.
- Khanna–Chopra, R., and Sinha, S.K. 1988.** "What limits the yield of pulses? Plant process or plant type". P:68-278.
- Kocheva, K. & Gorgek, G. 2003.** Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 49, 290-294.
- Korte, L.L., Williams, J.H. Specht T.E. and Sorensen. R.C. 1993.** Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. *Crop Sci.* 28:521-530.
- Kramer, P. J. (1983).** "Water relations of plants". Academic Press. P.342-415.
- Kumar, J., and Abbo, S. 2001.** "Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments". *Adv. Agron.* 72: 107-138.
- Larson, K. L., and Eastin, J. D. 1971.** "Drought injury and resistance in crops". CSSA Special Publication No. 2 Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006.** Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy* 24: 236-246.
- Levitt, J. 1972.** "Responses of Plants to Environmental Stresses". Academic Press, New York.
- Levitt, J. 1980.** "Response of plants to environmental stresses. II. Water, radiation, salt and other stresses". Academic Press. New York. PP. 187-211.
- Li, R., Baum, M., Grando, M. & Ceccarelli, S. 2008.** Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agriculture Science in China*, 5, 751-757.

- Lopez, P., Sańchez, A.C., Vercet, A., & Burgos, J. 1997.** Thermal resistance of tomatopolygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH. *Zeitschriftfu" r lebensmitteluntersuchungund -forschung*, 204: 146-150.
- Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, F.J., Fuentes, M., Castillo, J.E., and Fernandez, E.J. 1997.** "Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions". *Soil Tillage Res.* 43,277–293.
- Mizrach, A., N. Galili, S. Ganmor, U. Flitsanov and Prigozin, I. 1996.**" Models of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf life", *Journal of Agricultural Engineering Research.*, 65, 261–267.
- Munoz-Perea, C. G., Wright, R. A. J., Westermann, D., Teran, H., Dennis, M., Hayes, R., and Singh, S. P. 2005.** "Drought resistance, water use efficiency and nutrientuptake by old and new dry bean cultivars". *Bean Improvement Cooperative, New York*, 48:144-145.
- Nasiri Dehsorkhi, A., Makarian, H., Gholipoor, M., Abbasdokht, H. 2015.** The effect of ultrasonic waves and seed priming on chlorophyll content and leaf relative water content of cowpea (*Vigna sinensis*) in the competitive of weeds. *Novel findings in bio and agriculture sciences. Shahid Beheshti University, Tehran.* P:1-5.
- Nielsen, D.C. 2001.** "Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plains". *Agronomy journal.* 93:563-569.
- Nielsen, D.C. 1997.** "Water use and yield of canola under dry land conditions in the Central Great Plains" *J. Prod. Agric.*10(2):307-313.
- Nutman, P.S. 1987.** "Centenary lecture on nitrogen fixation". In: *A Century of nitrogen Fixation Research: Present Status and Future Prospects.* pp. 69-106, Bergersen, F. J. and J. R. Postgate, Eds., The Royal Society. London, U. K.
- Otegul, M. E. 1997.** "Kernel set and flowers synchrony within the ear of maize. II. Plant population effects". *Crop Sci.* 37:44.
- Padilla-Ramirez, K. S., Acosta-Gallegos, K. A., Acosta- Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J. D. 2005.** "Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non stressed dry bean genotypes". *Bean Improvement Cooperative.*New York, 48: 153-153.

- Patel, B.D., Patel, V.J., Patel, J.B., and Patel, R.B. 2006.** "Effect of fertilizers and weed management practices on weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under middle Gujarat conditions". Indian Journal of Crop Science 1(1-2): 180-183.
- Phillips, J. R., Oliver. M. J., and Bartels. D. 2002.** "Molecular genetics of desiccation and tolerant systems". In: Black. M. Pritchard. H. W. (Eds). Desiccation and survival in plants: Drying without dying CAB International.
- Poorter, H., and Garnier, E. 1996.** "Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods". J. Exp. Bot. 47:1343-1351.
- Povey, M.J.W., and Wilkinson, J.M. 1980.** Application of ultrasonic pulse-echo techniques to eggalbumin quality testing a preliminary report. British Poultry Science, 21, 489–495.
- Quisenberry, K.S., and Reitz, L.P. 1987.** *Wheat and Wheat Improvement* .Am. Soc. Agron. Inc. Madison, WI., USA.
- Rang, J., and Radpir, R. 2007.** Fennel (*Foeniculum vulgare* L.) yield components responses to seed priming with physical agents. *Indian Journal of Plant Science*. 8 (1): 123-128.
- Reina-Sanchez, A., Romero-Aranda. R., and Cuartero, J. 2005.** "Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with salin water". *Agricultural Water Management*, 78: 54-66. *Research*. 25(1/2):11-19.
- Richard, R. A. 1991.** "Crop improvement for temperate Australia". Future opportunities. *Field Crop Res*. 26:141-169.
- Rosales – Serna, Kohashi – Shibata, R. J., Acosta – Gallegos, J. A., Trejo – Lopez, C., Ortiz – Cereceres, J., and Kelly, J. D. 2004.** "Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought – stressed common bean cultivars". *Field Crop Res*. 85:203-211.
- Russel, M. B. 1996.** "Water and its relation to soil crop". Academic Press Inc, New York, London. 445P.
- Sala, F.j. and Borgos, J. 1996.** Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: Gold GW(ed). In *New Methods of Food Preservation*. An Aspen Publication; 176-202.
- Sandavam , G. and A. chyun. 1994.** Evaluating milk coagulation with ultrasonic., food technology : 74-78.
- Sanders, D., Brownlee. C., and Harper. J. F. 1999.** "Communicating with calcium". *Plant Cell*. 11:691-706.

- Santos, M. G., Ribeiro, R. V., Oliverira, R. F., Machado, E. C., and Pimetel, C. 2006.** "The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit". *Plant Sci.* 170: 659-664.
- Saxena, M.C. 1990.** Problems and Potential of chickpea production in the nineties. In: Chickpea in the Nineties. PP.13-25. *proe. of the second International work shop on Chickpea Improvement, 4-8 Dec. 1989, ICRISAT. Potancheru Indica.*
- Schmidt, P., Rosenfeld, E., Millner, R., and Schellenberger, A. 1987.** Effects of ultrasound on the catalytic activity of matrix-bound glucoamylase, *Ultrasonics*, 25:295-299.
- Schroeder, J. I., Allen. G. J., Hugouvieux. V., Kwak. J. M., and Waner. D. 2001.** "Guard cell signal transduction". *Annal Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 52:627-658.
- ShafiurRahman, M. 2000.** Light and sound in food preservation. *Horticulture and food research. J. Institute of New Zealand, 3:* 669-685.
- Sharafi, S., Gholipoor, M., Ghassemi, S., and Sharafi. A. 2006.** Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. *African Journal*(publishing).
- Shimomura, S. 1990.** The effects of ultrasonic irradiation on sprouting radish seed. *Ultrasonic Symposium Proceedings, 3:*1665-1667.
- Siddique, A., Hamide, A., and Islam, M.S. 2000.** "Drought stress effects on water relations of wheat". *Bot. Bull. Acad. Sin.* 41: 35 – 39.
- Siddique, K.H.M., Sedegly, R.H and Marshal, C. 2000.** Effects of plant density on growth and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Research.* 31: 193-203.
- Singh S.P. 1997.** Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Res.* 53: 161-170.
- Singh, P. 1991.** "Influence of water deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum*)". *Field Crops Res.* 28:1-15.
- 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, 70–76.
- Smith, V. L. 1996.** "Enhancement of snap bean emergence by *Gliocladium virens*", *Hort Science.*, 31: 984-985.
- Stone, L. R., Goodrum, D. E., Jaafar, M. N., and Khan, A. H. 2002.** "Rooting Front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower". *Agronomy Journal* 93:1105-1110.

- Summerfield, R. J. 1988.** "World Crops: Cool - Season Food Legumes" (Eds). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Summerfield, R.J., Minchin, F.R., Roberts, E.H., and Hadley, P. 1980.** "The effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.)". In: Proc. Int. workshop, Chickpea Improvement, 28 February 2 March 1979, ICRIAT, Patancheru, India, pp.121-149.
- Suslick, K.S. 1990.** Sonochemistry Science. 247:1439-1445.
- Suslick, K.S. 1988.** Ultrasound: Its physical, chemical and biological effects, VCH, New York.
- Swaraj, K. 1987.** "Environmental stress and symbiotic N₂ fixation in legume". Plant Physiol. Biochem. 14:117-130.
- Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006.** Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.
- Thomas, H. 1997.** "Drought resistance in Plants". In: Basra, S. A and Basra, R. K. (Eds), Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. IPH Publishers, New Delhi, India. pp. 1-42.
- Toker, C., and Canci, H. 2006.** "Selection for drought and heat resistance in chickpea under terminal drought conditions". 4th International Food Legumes Research Conference: Food Legumes for Nutritional Security and Sustainable Agriculture. 18–22 October 2005. New Delhi, India, (in press).
- Turner, N. C. 1979.** "Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants". In: Stress Physiology in Crop Plants. pp. 343-372, mussel, H. and Staples, R. C. (Eds). Wiley Interscience, New York.
- Turner, N. C. 1981.** "Designing crop for dryland Australia. Can the desert help us?" J. Aust. Inst. Agri. Sci. 47:29-34.
- Turner, N. C. 1986.** "Crop water deficits: A decade of progress". Advances in Agronomy 39:1-51.
- Turner, N. C. 1996.** "Further progress in crop water relations". Adv. Agron. 58: 293-338.
- Ullah, A., Bakht, J. Shafi, M. and Islam, W.A. 2002.** Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Science. 4:355-357.
- Vaezi, B., Borman, V., and Shiran, B. 2010.** Screening of barley genotypes for drought tolerance by agro-physiological traits in field condition. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 881-892.

- Vasilevski, G. 2003.** Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue*: 179-186.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., and Bates, D. 2007.** Applications and opportunities for ultrasound-assisted extraction in the food industry - A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2008)161–169
- Wang, X., B. Wang, Y. Jia, Ch. Duan and Akio, S. 2002.** Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 29: 99-102.
- Wery, J. 1990.** "adaptation to frost and drought stress in chickpea and implication in plant breeding". In saxena, M.C., Cubero, J.I. and Wery, J. (Eds) Present Status and Future Prospect of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries. *Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires Mediterraneens*: No. 9. Zaragoza, Spain: CIHEAM.
- Yadav, V.K., Yadav, N., Singh, R.D. 1996.** "Metabolic changes and their impact on yield in chickpea under water stress". *Plant Physiology and Biochemistry* 23(1):49-52.
- 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 & Distilling*.
- Yaldagard, M., and S.A. Mortazavi, S.A. 2008.** Application of ultrasonic waves as a priming technique for the germination of barley seed. *Journal of the Institute Brewing*. 114(1): 14-21.

Abstract

This experiment was aimed to study the interactive effects of drought stress and ultrasonication on growth and yield of cowpea. Drought stress is one of the important factors decreasing the yield of plants especially pulse crops. Based on a few reports, ultrasonication is expected to have a positive effect on drought-stressed crops. This experiment was as factorial based on randomized complete block design with 3 replications which was conducted in research farm of Shahrood University of technology in 2014. Treatments were drought stress [control (full irrigation), no irrigation after flowering and dough stages] and ultrasonication duration [control (no irradiation), 1.5, 3.5, 5.5, and 7.5 minutes]. Results indicated that drought stress decreased plant height, stem dry weight, leaf relative humidity, leaf area index, number of branch, number of pod, 100 seed weight, grain yield and biological yield, but increased grain protein content. Ultrasonication increased plant height, stem dry weight, leaf relative humidity, number of branch, number of pod, 100 seed weight, grain yield, biological yield, and grain protein content. For most of traits, the best irradiation duration was 5.5 minutes and 7.5 minutes had negative effect on most of the traits. The interaction of drought and ultrasonication appeared to be significant on number of pod, chlorophyll and leaf dry weight. The simple and interactive effects of factors were not significant on number of seed in pod.

Key words: factorial, ultrasonication, flowering stage, dough stage.



Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

**Effect of ultrasonic waves on growth and yield of cowpea under
drought stress conditions**

By: Saman Mahroughian

Supervisor:

Dr. Manoochehr Gholipoor

Advisors:

Dr. Hamid Abbasdokht

Dr. Mahdi Baradaran

February 2017