

سید البرصم



دانشگاه شاهرود

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد
برهمکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی لوبیا چشم بلبلی

دانشجو
هاشم نعیمی نوشهر

استاد راهنما
دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور
دکتر احمد غلامی
مهندس حسن آریانی محمدیه

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

خرداد ۹۳

دانشگاه شاهرود

دانشکده : کشاورزی

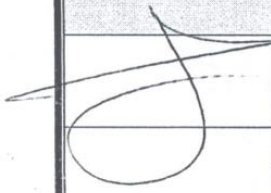
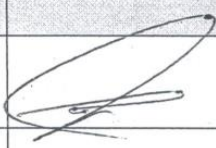
گروه زراعت

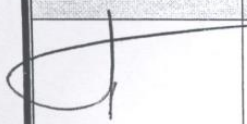
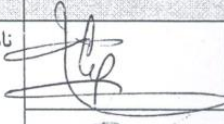


پایان نامه کارشناسی ارشد آقای هاشم نعیمی نوشهر

تحت عنوان: بر همکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی لوبیا چشم بلبلی

مورد ارزیابی و با

در تاریخ ۱۳۹۴/۰۳/۰۹ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد *زرراعت* درجه *کالی* مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : دکتر منوچهر قلی پور
	نام و نام خانوادگی : مهندس حسن آریانی محمدیه		نام و نام خانوادگی : -

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری		نام و نام خانوادگی : دکتر حسن مکاریان
			نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی برادران فیروزآبادی
			نام و نام خانوادگی : -
			نام و نام خانوادگی : -

تقدیم بہ

"پدر فداکار، مادر عزیز و مہربانم"

مشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خدای را سزا است که نامش آرایش عنوان کلام است و یادش آرام بخش قلب هاست از استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور به خاطر راهنمایی ها و مساعدت بی دریغ شان در طی انجام این تحقیق، نهایت تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم دکتر احمد غلامی و مهندس حسن آریانی محمديه به خاطر مشاوره ها و کمک هایشان، بسیار تشکر می کنم.

و نیز از تمامی دوستانم در دانشگاه شاهرود، مشکر می نمایم، کسانی که بدون حمایت و حضور آنها، انجام این تحقیق، میسر نبود. از خانواده ام به خاطر حمایت های معنوی و مادی که در طی انجام این تحقیق و کل زندگی ام از من داشته اند، تشکر ویژه می نمایم.

هاشم نعیمی نوشهر

خرداد ۹۳

تعهد نامه

اینجانب هاشم نعیمی نوشهر دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بر همکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی لوبیا چشم بلبلی تحت راهنمایی جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۹۳،۳،۲۴

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

از آنجائیکه خشکی به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده‌ی رشد و تولید گیاهان زراعی شناخته شده و موجب تغییر در برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه می‌شود، استفاده از تکنولوژی‌های جدید و غیر مخرب جهت کاهش خسارات ناشی از تنش‌های محیطی و افزایش عملکرد از راه حل‌های نوین در کشاورزی محسوب می‌شود. جهت بررسی این موضوع در گیاه لوبیا چشم بلبلی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی شاهد- آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه به بعد، قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و امواج آلتراسونیک در پنج سطح شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه در معرض تابش امواج با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب کاهش وزن خشک غلاف، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گره ساقه، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، طول غلاف، وزن صد دانه، تعداد غلاف در متر مربع، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و موجب افزایش درصد انتقال وزن خشک ذخیره شده و پروتئین دانه گردید. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله خمیری شدن دانه به بعد موجب افزایش فسفر و پتاسیم دانه گردید. از لحاظ آماری تنش خشکی در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد در شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه در یک سطح آماری قرار گرفتند. پرتودهی بذور لوبیا چشم بلبلی با امواج آلتراسونیک تأثیر مثبت معنی‌داری بر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گره ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، وزن خشک غلاف، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، پتاسیم دانه، فسفر دانه و پروتئین دانه گردید. اثر متقابل امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲، تعداد غلاف در متر مربع، تعداد دانه در بوته و فسفر دانه معنی‌دار شد. به جز فسفر دانه، گیاهانی که با هیچ گونه تنشی مواجه نبودند و با امواج آلتراسونیک پرتودهی شده بودند میزان بیشتری از این صفات را به خود اختصاص دادند.

واژگان کلیدی: آلتراسونیک، تنش خشکی، لوبیا چشم بلبلی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- نعیمی نوشهر، ه.، قلی پور، م.، غلامی، ا.، و آریانی محمدی، ح. تاثیر امواج اولتراسونیک و تنش خشکی بر روی صفات رشد رویشی و مورفولوژیکی لوبیا چشم بلبلی (*vigna sinensis*)، همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۳. سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران.
- ۲- نعیمی نوشهر، ه.، قلی پور، م.، غلامی، ا.، و آریانی محمدی، ح. تاثیر امواج اولتراسونیک و تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*vigna sinensis*)، همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۳. سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۷	فصل دوم: بررسی منابع
۸	۱-۲- لوبیا چشم بلبلی
۸	۱-۱-۲- گیاه شناسی
۸	۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف
۹	۳-۱-۲- سازگاری
۹	۴-۱-۲- نیاز غذایی
۱۰	۵-۱-۲- مراحل رشد و نمو
۱۰	۶-۱-۲- عملیات زراعی
۱۰	۱-۶-۱-۲- عملیات داشت
۱۱	۲-۶-۱-۲- برداشت
۱۲	۲-۲- تنش
۱۲	۳-۲- نقش و اهمیت آب در گیاه
۱۳	۴-۲- تنش خشکی
۱۴	۱-۴-۲- تاثیر تنش کم آبی بر فرآیندهای رشدی گیاهان
۱۴	۱-۱-۴-۲- جوانه زنی
۱۵	۲-۱-۴-۲- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ
۱۷	۳-۱-۴-۲- فتوسنتز و تنفس
۱۹	۴-۱-۴-۲- بیوماس (تر و خشک) و عملکرد
۲۰	۵-۱-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک
۲۲	۲-۴-۲- صفات کیفی
۲۲	۱-۲-۴-۲- روغن دانه
۲۲	۲-۲-۴-۲- تنش خشکی و پتاسیم
۲۳	۳-۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر جذب فسفر
۲۴	۴-۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر پروتئین دانه
۲۵	۵-۲- فراصوت (Ultrasound)
۲۵	۶-۲- آزمون فراصوت
۲۵	۷-۲- کاربردهای امواج فراصوت
۲۵	۱-۷-۲- کاربردهای صنعتی
۲۶	۲-۷-۲- کاربردهای امنیتی
۲۶	۳-۷-۲- رادار

۲۶	۴-۷-۲- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی
۲۶	۵-۷-۲- کاربرد در صنایع غذایی
۲۸	۶-۷-۲- کاربردهای کشاورزی
۲۹	۸-۲- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی
۲۹	۹-۲- اثرات اصلی امواج فراصوت
۳۰	۱۰-۲- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر فراصوت
۳۱	۱۱-۲- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی

۳۵ فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳۶	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۳۶	۲-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش
۳۶	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۳۹	۴-۳- اعمال تیمارها
۳۹	۵-۳- عملیات اجرایی
۳۹	۱-۵-۳- کاشت و کود دهی
۳۹	۲-۵-۳- داشت
۴۰	۳-۵-۳- برداشت
۴۰	۶-۳- صفات زراعی و مورفولوژیک
۴۰	۱-۶-۳- ارتفاع و قطر ساقه
۴۰	۲-۶-۳- وزن خشک برگ و ساقه و غلاف
۴۱	۳-۶-۳- سطح برگ
۴۱	۴-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد
۴۱	۵-۶-۳- انتقال مجدد ماده خشک
۴۲	۷-۳- صفات کیفی
۴۲	۱-۷-۳- روغن دانه
۴۲	۲-۷-۳- فسفر و پتاسیم دانه
۴۳	۳-۷-۳- درصد پروتئین دانه
۴۴	۸-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴۵ فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۶	۱-۴- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف
۴۶	۱-۱-۴- وزن خشک برگ
۴۷	۲-۱-۴- وزن خشک ساقه
۴۸	۳-۱-۴- وزن خشک غلاف
۵۰	۲-۴- ارتفاع بوته
۵۳	۳-۴- قطر ساقه
۵۶	۴-۴- تعداد گره ساقه
۵۸	۵-۴- سطح برگ
۶۰	۶-۴- تعداد شاخه‌های فرعی

۶۱	۷-۴- تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲
۶۴	۸-۴- فاصله اولین غلاف از سطح خاک
۶۷	۹-۴- طول غلاف
۶۹	۱۰-۴- عملکرد و اجزای عملکرد
۶۹	۱-۱۰-۴- وزن ۱۰۰ دانه
۷۰	۲-۱۰-۴- تعداد غلاف در متر مربع
۷۳	۳-۱۰-۴- تعداد دانه در بوته
۷۶	۴-۱۰-۴- عملکرد دانه
۷۹	۱۱-۴- عملکرد بیولوژیک
۸۱	۱۲-۴- شاخص برداشت
۸۳	۱۳-۴- درصد انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده
۸۵	۱۴-۴- صفات کیفی
۸۵	۱-۱۴-۴- روغن دانه
۸۶	۲-۱۴-۴- پتاسیم دانه
۸۸	۳-۱۴-۴- فسفر دانه
۹۱	۴-۱۴-۴- پروتئین دانه
۹۵	۱۵-۴- نتیجه‌گیری
۹۵	۱۶-۴- پیشنهادها
۹۷	منابع

فهرست شکل‌ها

صفحه	شکل
۳۸	شکل ۱-۳- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده
۴۷	شکل ۱-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه
۴۸	شکل ۲-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه
۵۰	شکل ۳-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)
۵۰	شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه
۵۲	شکل ۵-۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)
۵۳	شکل ۶-۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه
۵۳	شکل ۷-۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک
۵۳	شکل ۸-۴- مقایسه میانگین قطر ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)
۵۵	شکل ۹-۴- مقایسه میانگین قطر ساقه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

- شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین قطر ساقه برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۵۶
- شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد گره ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۵۸
- شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین تعداد گره ساقه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۵۸
- شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین سطح برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) در ۹۵ روز پس از کاشت ۶۰
- شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۶۱
- شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۶۳
- شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۶۴
- شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۶۴
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۶۶
- شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۶۶
- شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۶۷
- شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین طول غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۶۸
- شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۷۰
- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین تعداد غلاف در متر مربع در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۷۲
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در متر مربع برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۷۳
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۷۵
- شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۷۶
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۷۶
- شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۷۹
- شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۷۹

- شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۸۱
- شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۸۳
- شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۸۵
- شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین پتاسیم دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۸۸
- شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین پتاسیم دانه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۸۸
- شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین فسفر دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۹۰
- شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین فسفر دانه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۹۱
- شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین فسفر دانه برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک ۹۱
- شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) ۹۳
- شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین پروتئین دانه در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه ۹۴

فهرست جداول

صفحه	جدول
۳۷	جدول ۱-۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۳۸	جدول ۲-۳- فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش
۴۶	جدول ۱-۴- میانگین مربعات وزن خشک برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۸۰ روز پس از کاشت
۴۸	جدول ۲-۴- میانگین مربعات وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۸۰ روز پس از کاشت
۴۹	جدول ۳-۴- میانگین مربعات وزن خشک غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک
۵۲	جدول ۴-۴- میانگین مربعات ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک
۵۵	جدول ۵-۴- میانگین مربعات قطر ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک
۵۷	جدول ۶-۴- میانگین مربعات تعداد گره ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک
۵۹	جدول ۷-۴- میانگین مربعات سطح برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۹۵ روز پس از کاشت

- جدول ۴-۸- میانگین مربعات تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۶۱
- جدول ۴-۹- میانگین مربعات تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۶۳
- جدول ۴-۱۰- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح خاک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۶۵
- جدول ۴-۱۱- میانگین مربعات طول غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۶۸
- جدول ۴-۱۲- میانگین مربعات وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۷۰
- جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات تعداد غلاف در متر مربع در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۷۲
- جدول ۴-۱۴- میانگین مربعات تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۷۵
- جدول ۴-۱۵- میانگین مربعات عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۷۸
- جدول ۴-۱۶- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۸۰
- جدول ۴-۱۷- میانگین مربعات شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۸۲
- جدول ۴-۱۸- میانگین مربعات انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۸۴
- جدول ۴-۱۹- میانگین مربعات روغن دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۸۶
- جدول ۴-۲۰- میانگین مربعات پتاسیم دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۸۷
- جدول ۴-۲۱- میانگین مربعات فسفر دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۹۰
- جدول ۴-۲۲- میانگین مربعات پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک ۹۳

فصل اول

مقدمہ

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 می یابد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). کمبود پروتئین نیز در تغذیه میلیون ها نفر انسان در کشورهای رشد نیافته امروزه یکی از مشکلات حاد تغذیه ای محسوب می شود (مجنون حسینی، ۱۳۷۲). دانه حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات و دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می رود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن دانه های حبوبات را پروتئین تشکیل می دهد. حبوبات غیر از ارزش غذایی خود دارای اهمیت خاص از نظر اکوسیستم های کشاورزی دارند و آن قابلیت تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی باکتری ها می باشد و باعث حاصلخیزی خاک های فقیر می شوند. لوبیا چشم بلبلی یکی از حبوبات ارزشمندی است که از نظر سطح زیر کشت در جهان مقام اول را دارا است (کوچکی و بنایان، ۱۳۸۶). علاوه بر دارا بودن همه محاسن این گروه از گیاهان زراعی از نظر غذایی نیز به واسطه دارا بودن اسید فولیک فراوان و عوامل نفخزای کمتر نسبت به سایر حبوبات متمایز می باشد. 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 اینکه آب از فراوان ترین ترکیبات موجود روی زمین است و دوسوم از سطح زمین را آب فرا گرفته است اما در بخش های عمده ای از جهان کمبود آب عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۸). گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته به وسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تاثیر قرار می گیرند. بعضی از عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می کنند (آزینیا و همکاران، ۲۰۰۵). تنش رطوبتی جزء تنش های عمومی می باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان زراعی می گذارد (بلوم، ۲۰۰۵). تنش کم آبی به طور مستقیم می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد و به طور غیر مستقیم، ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه ها را که به علت تنش آب بسته شده اند، کاهش دهد. همچنین

انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (کوچکی، ۱۳۸۶). تنش کم آبی سبب ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (پاتنگول و مادورو، ۱۹۹۹). تنش کم آبی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (علیزاده، ۱۳۶۹). انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرند و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

افزایش تقاضای روز افزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی‌های جدید و بدون عوارض مانند آلتراسونیک شده است. آلتراسونیک به کیفیت محصولات غذایی (ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی) آسیبی نمی‌رساند. یک از تیمارهایی که انتظار می‌رود بر رشد گیاه تاثیر مثبت داشته باشد، تیمار امواج فراصوت (*Ultrasound*) می‌باشد. این امواج دارای فرکانسی بیشتر از بازه فرکانسی شنوایی انسان هستند. بازه فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و بالا رفتن سن این بازه کاهش می‌یابد. ولی معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ و یا ۲۵ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود. نقطه مقابل این امواج، امواج فروصوت (مادون صوت) هستند که دارای فرکانسی زیر حد پایین فرکانس شنوایی انسان (حدود ۲۰ هرتز) می‌باشند. اصطلاح فراصوت متفاوت از مافوق صوت (*Supersonic*) بوده که برای سرعت حرکت بالاتر از سرعت صوت استفاده می‌شود. از این امواج برای آزمون فلزات نیز استفاده می‌شود. به طوری که امواج فراصوت با فرکانس بالا و دامنه کم به داخل قطعه فرستاده می‌شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می‌شوند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می‌توان به مشخصه‌های این گسستگی پی برد. از کاربردهای دیگر این امواج می‌توان به تشخیص صدمات فیزیکی وارد شده به بذر اشاره نمود. یکی از امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص صدمات جزئی بوده که به علت فرکانس بالای این

امواج و در نتیجه طول موج بسیار کوچک آن‌ها است. 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 فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلاً از امواج فراصوت برای حذف قلیا در فرایند خشک کردن انگور و تهیه کشمش استفاده می‌شود.

مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به طور کلی به علت ایجاد حباب‌های بسیار ریزی است که در اثر انقباض و انبساط لحظه‌ای و نقطه‌ای ناشی از حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می‌شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه دما به ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و فشار تا $10^4 \times 5$ کیلو پاسکال افزایش می‌یابد). این وضعیت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی ملکول‌های مجاور می‌شود. هم‌چنین امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز-مایع تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این امواج نه تنها در تیمارهای بذری و کاهش و حذف آفات و بیماری‌ها استفاده می‌شود، بلکه در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. بررسی‌های زیادی در خصوص تاثیر امواج فراصوت انجام شده است. پژوهش‌های مسکوکوی و مرتضوی (۱۳۸۰) حاکی از اثر مثبت این امواج بر استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و پایداری آن در شرایط مختلف بوده است. کاربرد این امواج در عصاره‌گیری، هیچ‌گونه افت احتمالی در ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز ایجاد نکرده است (چن و یانگ، 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 (ویلخ و ماوسون، ۲۰۰۷).

بین تضعیف امواج فراصوتی عبور کرده از میان بافت با رسیدگی هندوانه یک هم بستگی بالایی وجود داشته است (کلارک و شاکلفورد، ۱۹۷۵). می‌توان از امواج فراصوت در درجه‌بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی استفاده نمود (میزارچ و گالیلی، ۱۹۹۶). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره‌وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش شناخته

می‌شود (مسکوکوی و مرتضوی، ۱۳۸۶). موثر بودن این امواج در فرایند مالت سازی نیز مسجل شده است (تایز و استارکز، ۱۹۷۷؛ بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار آلتراسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانسیم‌ها می‌شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰). تیمار بذور جو با امواج فراصوت هیچ تاثیر منفی بر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نداشته و در مقابل آن را بیشتر نموده است (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۷). بذر تریچه 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 دیده شد که استفاده از این امواج می‌تواند به کاهش ۳۰ تا ۴۵ درصدی زمان تا جوانه‌زنی بذور جو و افزایش درصد جوانه زنی منجر گردد (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸).

اهداف در نظر گرفته شده برای این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- بررسی تاثیر تنش خشکی و عدم تنش در مراحل مختلف رشد گیاه لوبیا چشم بلبلی بر برخی پارامترهای زراعی
- ۲- بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد در لوبیا چشم بلبلی
- ۳- بررسی تاثیر زمان‌های مختلف امواج آلتراسونیک بر برخی خصوصیات کیفی و زراعی لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی و عدم تنش

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- لوبیا چشم بلبلی

۲-۱-۱- گیاه شناسی

لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گیاهی علفی، یکساله، با رشد کم، بوته ای، نیمه بالارونده یا پیچکدار است. ریشه مستقیم به طول ۶۰ تا ۸۰ سانتی متر و ریشه‌های جانبی کاملاً توسعه یافته دارد. گرهک‌های روی ریشه آن بزرگ و کروی است که معمولاً به صورت گروهی روی ریشه قرار می‌گیرند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). ساقه به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر و به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بسته به رقم و شرایط محیطی کشت، به رنگ‌های زرد، سبز روشن یا قهوه‌ای است. برگ‌های آن سه برگچه ای با دمبرگ بلند و متناوب می‌باشند. گل آذین به صورت خوشه جانبی، به طور متناوب از محل گره‌های ساقه تشکیل می‌شود و گل‌ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می‌شوند. غلاف‌ها پهن یا استوانه ای و نسبتاً طویل به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر با نوکی پهن به طرف پایین که به سادگی شکفته می‌شوند. غلاف‌های نارس سبز رنگ، و غلاف‌های رسیده به رنگ زرد یا قهوه‌ای تغییر می‌یابند. در هر بوته تا حدود ۵۰ غلاف تشکیل می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). دانه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می‌باشند. جوانه زنی لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف

لوبیا چشم بلبلی از سازگارترین، متنوع‌ترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می‌رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیری جهان کشت و کار می‌شود. لوبیا چشم بلبلی به صورت لوبیا سبز، دانه خشک، سبزیجات، علوفه سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه آن سرشار از عناصر غذایی شامل پروتئین‌ها (۲۲/۴ درصد)، چربی (۱/۸ درصد) و کربوهیدرات‌ها (۶۰/۳ درصد) است. همچنین منبع غنی از کلسیم و آهن می‌باشد. ترکیبات غذایی دانه لوبیا چشم بلبلی و لوبیای معمولی مشابه است، اما لوبیا چشم بلبلی اسید فولیک و عوامل تولید نفخ بیشتری دارد. ارزش علوفه خشک آن با یونجه برابر است و حاوی ۱۴ درصد پروتئین، ۴۵/۵ درصد کربوهیدرات، ۴/۱ درصد چربی و

۲۶/۱ درصد سلولز است. لوبیا چشم بلبلی با رشد رویشی خیلی زیاد و پوشاندن سطح خاک مانع فرسایش می‌گردد و بقایای آن به عنوان کود سبز در اصلاح خاک‌های اسیدی به کار گرفته می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۳- سازگاری

لوبیا چشم بلبلی سازگاری خوبی به دمای بالا و خشکی در مقایسه با سایر لگوم‌ها دارد. مناسب‌ترین دمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۹ درجه سانتی‌گراد است و چنانچه دمای خاک کمتر شود جوانه زنی بذر خوب و سریع نخواهد بود. حداقل دمای هوا برای جوانه زدن ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و در دمای بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین رشد و نمو را خواهد داشت. این گیاه به سرما حساس است و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا به خشکی هوا مقاوم است ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری به هنگام گلدهی و تشکیل بذر تاثیر بسزایی بر عملکرد محصول خواهد داشت. عملکرد لوبیا چشم بلبلی در مناطق مرطوب نیز به علت خسارت آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد. در خاک‌های شنی رسی با زهکشی مناسب محصول خوبی می‌توان برداشت کرد. خاک‌هایی که رطوبت متوسط داشته و غنی از مواد آلی باشند بهترین محیط کشت برای این محصول به شمار می‌آید. خاک‌های اسیدی با اسیدیته ۵/۵-۵ را تحمل می‌کند و در برخی مواقع به عنوان اصلاح کننده خاک‌های اسیدی کشت می‌شود. خاک‌های آهکی و خنثی با اسیدیته ۷-۶/۵ برای آن مطلوب است. لوبیا چشم بلبلی گیاهی روز کوتاه است و به راحتی سایه را تحمل می‌کند و به همین دلیل در برخی مناطق در سیستم کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴- نیاز غذایی

بررسی‌های متعدد جهت مشاهده عکس العمل گیاه لوبیا به مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی پرمصرف و کم‌مصرف انجام شده است. این گیاه حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌نماید که بخش عمده‌ی آن توسط باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن

تأمین می‌شود. لذا مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن) با توجه به نوع خاک و مقدار ماده آلی و نیتروژن آن، جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم است. در مواقعی که خاک از لحاظ میزان مواد آلی و نیتروژن بسیار فقیر باشد تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیز توصیه شده است. اغلب عناصر غذایی برای گیاه در محدوده اسیدیته ۶/۵ تا ۷ که اسیدیته مناسب جهت کشت لوبیا است، قابل جذب می‌باشند. در بین گیاهان زراعی، لوبیا بیش از سایرین به مصرف عناصر کم مصرف واکنش نشان می‌دهد. کمبود عناصری مانند روی، بر، آهن، مولیبدن و مس موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه و سبب کاهش عملکرد آن می‌شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو

مراحل رشد و نمو حبوبات را می‌توان به سه مرحله رشد رویشی، تمایز اندام‌های زایشی و تشکیل غلاف، بذر و رسیدن تقسیم کرد. طی دوره رویشی برگ‌های حقیقی، ساقه و جوانه‌های جانبی رویشی تشکیل می‌شود. این دوره در لوبیا چشم بلبلی ۹۰ تا ۱۵۰ روز به طول می‌انجامد. در دوره تمایز اندام‌های زایشی برگ‌های حقیقی بیشتری تشکیل می‌شوند، ساقه‌های جانبی شاخه‌های زاینده را تولید می‌کنند و در نهایت گل‌ها تشکیل خواهند شد. این دوره بین ۲ تا ۴ هفته در ارقام زودرس و ۲ تا ۲/۵ ماه در ارقام دیررس به طول می‌انجامد. در گونه‌های رشد محدود حبوبات، رشد رویشی با آغاز گلدهی متوقف می‌شود در حالی که در گونه‌های رشد نامحدود رشد رویشی در زمان گلدهی و حتی پس از آن ادامه می‌یابد. سومین مرحله رشد با گلدهی و تلقیح گل‌ها، تشکیل غلاف‌ها و دانه‌ها و در نهایت رسیدگی توام است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۶- عملیات زراعی

۲-۱-۶-۱- عملیات داشت

بذرهای لوبیا چشم بلبلی برای جوانه زدن حدود ۲۶ الی ۸۳ درصد وزن خود آب جذب می‌کنند (کوچکی، ۱۳۷۷). مقدار آب مورد نیاز گیاه و تعداد دفعات آبیاری به جنس زمین و آب و هوای منطقه کشت بستگی دارد. معمولاً پس از سبز شدن این گیاه با دور آبیاری ۷ تا ۱۰ روز یک بار مزرعه را

آبیاری و این آبیاری تا هنگام زرد شدن غلاف‌ها ادامه می‌یابد (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷). در مزرعه به علت اینکه لوبیا چشم بلبلی دارای شاخ و برگ و قدرت رویشی زیادی می‌باشد بایستی اقدام به تنک کردن بوته‌ها نمود. تا فضای کافی برای استفاده کامل گیاه از نور آفتاب، مواد غذایی و رطوبت خاک فراهم گردد. معمولاً موقع کاشت، فاصله بذور را از یکدیگر ۵ تا ۶ سانتی متر در نظر می‌گیرند و وقتی بوته‌ها به مرحله ۳ یا ۴ برگی رسیدند و دیگر احتمال از بین رفتن بعضی از بوته‌ها به وسیله سله بستن خاک و امراض و آفات نباتی و غیره نمی‌رود، یک در میان بوته‌ها را تنک می‌کنند تا فاصله بوته‌ها از همدیگر ۱۰ الی ۲۰ سانتی متر برسد و بتوان محصول خوبی برداشت نمود. در بعضی ارقام لوبیا چشم بلبلی به علت داشتن شاخ و برگ فراوان و سنگینی زیاد بعضی اوقات بوته‌ها به طرف زمین متمایل شده و با بوته‌های ردیف‌های بعدی مخلوط می‌شوند (مجنون حسینی ۱۳۷۲). برای جلوگیری از این امر بهتر است که پای بوته‌های این ارقام خاک داده شود، که همین عمل در زراعت-های خطی در موقع وجین کردن علف‌های هرز به آسانی و به کمک بیل با کندن مقداری خاک از وسط خطوط کاشت و ریختن آن در اطراف ساقه‌های لوبیا چشم بلبلی انجام می‌شود. در زراعت‌های خطی و کپه‌ای از وجین کارهای موتوری استفاده می‌شود. پشت دستگاه وجین کار می‌توان نهرکن کوچکی نصب نموده که پس از وجین کردن، خاک را روی پشته‌ها که خاک را روی پشته‌ها بریزد، معمولاً وقتی بوته‌های لوبیا چشم بلبلی ۲ تا ۴ برگه شدند اقدام به عملیات وجین و سله شکنی همزمان می‌نمایند و پس از آن هر وقت احتیاج به وجین یا سله شکنی مجدد باشد این عمل را بایستی ۲ تا ۳ بار در طی دوره رشد انجام داد.

۲-۱-۶-۲- برداشت

دوره کامل رشد لوبیا چشم بلبلی در وارپته‌های مختلف بطور متوسط حدود ۹۰ تا ۱۲۰ روز طول می‌کشد. زمان رسیدن محصول موقعی است که ساقه‌ها و غلاف‌ها کاملاً خشک شده و رطوبت دانه‌ها به حدی کاهش می‌یابد که در تماس با دست خشک و شکننده به نظر می‌رسد. لوبیا چشم بلبلی

محصولی است که در چند چین برداشت می‌شود. البته محصول را در یک چین هم می‌توان برداشت نمود ولی مقدار آن کم خواهد شد (کوجکی و بنایان اول، ۱۳۷۲ مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

۲-۲- تنش

واژه تنش به معانی مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیشتر موارد، تنش به معنای تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می‌شود (استوکر، ۱۹۹۶) و همچنین به معنای از بین رفتن شرایط طبیعی در سطوح مختلف تنش از جمله محیط، گیاه، سلول و حتی اجزای سلولی است (بلوم و همکاران، ۱۹۸۱). گیاهان دارای پتانسیل تولید بالایی هستند اما تنش‌های محیطی که شامل دو دسته تنش‌های زنده و غیر زنده هستند از مهمترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان می‌باشند. در محیط فاقد تنش‌های محیطی عملکرد های واقعی باید برابر با عملکرد پتانسیل گیاهان باشد در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد واقعی گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد عملکرد پتانسیل آنها است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه

از بین عوامل مورد نیاز برای رشد و فعالیت گیاه، آب به عنوان مهمترین و در عین حال محدودترین منبع برای کشاورزی محسوب می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). آب بیشتر از ۹۵ درصد وزن تر اندام‌های گیاهی را تشکیل می‌دهد و در اکثر پدیده‌هایی که در گیاه اتفاق می‌افتد نقش اساسی دارد. آب بر خلاف برخی دیگر از مواد درون سلول گیاهی، یک جزء موقت محسوب می‌شود زیرا سلول به طور دائم آب را جذب کرده و از دست می‌دهد. تقریباً ۹۵ درصد آب موجود در پیکره گیاه از طریق تعرق خارج می‌گردد و تنها کمتر از ۵ درصد در فرآیندهای مختلف گیاهی شرکت می‌کند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

آب در اساسی‌ترین فرآیند گیاهی، یعنی فتوسنتز، به عنوان ماده تأمین کننده الکترون، هیدروژن و اکسیژن نقش دارد. آب در حفظ ساختار گیاه نقش دارد و محیط مناسبی جهت انجام واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌نماید. همچنین مؤثر بر ساختمان مولکول‌ها، خصوصیات پروتئین‌ها، غشاءها و

اسیدهای نوکلئیک است و در پراکنش انرژی و کمک به تداوم حیات گیاه نقش اساسی دارد (تایز و زایگر، ۲۰۰۶؛ کافی و دامغانی، ۱۳۸۱ و سلطانی، ۱۳۸۶).

۲-۴- تنش خشکی

از نظر فیزیولوژیست گیاهی، خشکی چیزی بالاتر از فقدان بارندگی است و از این منظر پاسخ گیاه به تنش در نظر گرفته می‌شود، یعنی زمانی خشکی ظهور می‌نماید که اندام‌های مختلف گیاه تحت تأثیر قرار گرفته باشند. در این شرایط معمولاً تبخیر و تعرق بیشتر از مقدار فراهمی آب برای گیاه است. تنش خشکی در گیاه نیز همراه به هم خوردن شیب پتانسیل آب، از دست رفتن فشار آماس، از بین رفتن انسجام غشاء و در نهایت از دست رفتن شکل طبیعی پروتئین‌هاست (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

تنش کم‌آبی در گیاه به وضعیتی گفته می‌شود که در آن سلول‌ها از حالت آماس خارج شده باشند. به عبارت ساده‌تر تنش کم‌آبی زمانی رخ می‌دهد که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب باشد، با کاهش آب در خاک و عدم جایگزین آن، پتانسیل آب در منطقه توسعه ریشه‌ها و به تبع آن پتانسیل آب در گیاه کاهش می‌یابد. تنش کم‌آبی شدید موجب کاهش شدید فتوسنتز، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر از آنجایی که وضعیت آب در گیاه به وسیله‌ی اندازه‌گیری محتوای آب توصیف می‌شود، اگر تعادل آب در گیاه به سبب کم‌آبی برهم بخورد گیاه دچار تنش کم‌آبی می‌گردد (دانشیان، ۱۳۸۱). تنش کم‌آبی از تنش‌های مهم غیرزنده است که بسته به فصل، شدت و زمان وقوع می‌تواند به صورت جدی، موجب کاهش عملکرد در گیاهان زراعی شود (امام، ۲۰۰۸). خشکی همواره یک تهدید اصلی برای گیاهان زراعی به شمار می‌آید و عامل مهم محدودکننده‌ی تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود (امام و شیخ‌الاسلامی، ۲۰۰۵). در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه کاهش یافته و پراکنش آن الگوی مشخصی ندارد، کمبود آب در این مناطق، دمای بالای هوا و بادهای گرم عواملی هستند که در مجموع باعث کاهش شدید عملکرد گیاهان می‌شود (دیسکلوکس، ۲۰۰۰).

از نظر ترنر و ماینز (۱۹۸۰) خشکی زمانی حادث می‌شود که رطوبت موجود در خاک به نقطه‌ای برسد که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران آب از دست رفته از طریق تعرق نباشد.

۲-۴-۱- تاثیر تنش کم آبی بر فرآیند های رشدی گیاهان

۲-۴-۱-۱- جوانه زنی

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به شدت رشد و توسعه گیاه را مختل می‌کند و بیش از هر عامل محیطی تولید و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند (شائو و همکاران، ۲۰۰۹). تنش آب عامل ناتوانی بذور برای جوانه زنی در شرایط مزرعه می‌باشد زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد. کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک باعث کاهش دسترسی بذر به آب می‌شود. بنابراین، پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰). واکنش گیاهان به تنش خشکی در سطوح مختلف گیاه بسته به شدت و مدت زمان تنش، گونه گیاهی و مرحله رشدی گیاه متفاوت است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه زنی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان است (اشرف و وحید، ۱۹۹۰). تنش کمبود آب مهم‌ترین عامل ناتوانی بذور برای جوانه زنی در شرایط مزرعه است. زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاه را به تأخیر می‌اندازد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰). جوانه زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه‌ای است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بذوری که در شرایط تنش، جوانه زنی مناسبی داشته باشند گیاهچه‌هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه ای قوی‌تری تولید می‌کنند (آپک و همکاران، ۱۹۹۶).

حمیدی و صفرنژاد (۱۳۷۹) نیز با بررسی اثر تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر شش وارپته یونجه مشاهده نمودند که ارقام یونجه در سطوح تنش بالا از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش معنی‌داری نشان دادند. جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه‌ای است. گزارشات متعدد حاکی از آن است که بذوری که بتوانند در

مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشت و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند (اشرف و شاکارا، ۱۹۷۸؛ کوچکی، ۱۳۶۷؛ کاخکی و کافی، ۱۳۸۲). گرچه ممکن است در فصل کاشت میزان بارندگی زیاد باشد اما در برخی شرایط به دلیل تبخیر رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه با مشکل مواجه می‌شود (ساکسنا و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-۱-۴-۲- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ

ارتفاع بوته به شدت به محیط رشد وابسته است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر حجم سلول‌ها، ارتفاع کم می‌شود (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). شاید در شرایط خشکی، به دلیل اینکه ارتفاع تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد، انتخاب ارقام پابلندتر برای گیاه مفیدتر باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مورد آستین (۱۹۸۹) نیز اظهار نمود در شرایط خشکی انتهایی، ممکن است وجود ذخایر بیشتر آسمیلات‌ها در ساقه و مصرف آنها در دوران پرشدن دانه‌ها در این رابطه نقش داشته باشد. در رابطه با سورگوم اشاره شده است که در شرایط تنش خشکی، ارقام با ارتفاع بیشتر عملکرد علوفه بیشتری را دارند و نیز از ریشه‌های عمیق‌تری برخوردار بودند (یوردانو و همکاران، ۲۰۰۳). در شرایط تنش ارتفاع بوته کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول‌های در حال رشد و پیری برگ گیاه (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷) باشد. کاهش در ارتفاع ساقه در گوجه فرنگی (هئور و نادلر، ۱۹۹۵)، لوبیا چشم بلبلی (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷ b) و سویا (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴) تحت تاثیر تنش خشکی مشاهده شد. خان و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند در ذرت با افزایش تنش خشکی، ارتفاع گیاه و قطر ساقه کاهش یافت.

برگ‌ها به عنوان واحدهای فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه‌ای دارند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نخستین پاسخ گیاه به تنش آب، بسته شدن روزنه‌هاست که متعاقب آن رشد برگ‌ها کاهش می‌یابد (نیلسن، ۲۰۰۱). تنش خشکی در طول دوره رویشی موجب کوچک شدن برگ‌ها می‌شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (لویت، ۱۹۸۰). یکی از راهکارهای گیاه در زمان وقوع تنش کاهش سطح برگ و تعداد برگ می‌باشد (پالد و همکاران، ۱۹۸۵). در نخود، تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، کوچک شدن و ضخیم شدن برگ‌ها و ریزش زود هنگام آنها شد (معصومی و همکاران، ۱۳۸۴). کاهش تعداد برگ به هنگام تنش به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش می‌باشد (ساکسنا و همکاران، ۱۹۹۳). تنش کم آبی به مقدار زیادی رشد و سطح برگ را در سویا (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴)، لوبیا چشم بلبلی (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷ b) و آفتابگردان (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۸) تحت تأثیر قرار داد. منفی شدن بیشتر پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز غالباً موجب کاهش فشار تورژسانس به حد پایین‌تر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول می‌گردد، بنابراین عموماً گونه‌های گیاهی حداکثر رشد خود را در شب یعنی در زمانی که پتانسیل منفی سلول کمتر می‌شود، انجام می‌دهند. همچنین فرآیند تقسیم و طویل شدن سلول نسبت به خشکی بسیار حساس است. به طور کلی، تنش خشکی در طول دوره رویشی باعث کوچک شدن برگ‌ها می‌شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (لویت، ۱۹۸۰). باید بین کاهش میزان تعرق و سطح بحرانی برگ برای فتوسنتز تعادل پایداری وجود داشته باشد. وقتی این تعادل به دست نیاید، مزیت کاهش تعرق به وسیله عدم دسترسی کافی به مواد جذب‌شونده، از بین می‌رود. از لحاظ تئوری، کاهش سطح برگ یک سازوکار سازگاری مهم به شمار می‌رود، زیرا کاهش سطح برگ اولین راهبردی است که گیاه زراعی در مواجهه با محدودیت آب انتخاب می‌کند (حسین و همکاران، ۱۹۹۰). بلوم (۱۹۹۶) نیز اشاره کرد که تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش از طریق آن کنترل خود را برای

استفاده از آب حفظ می‌کنند و از طریق تعدیل سطح برگ، کاهش آب را از سایه انداز با توجه به مقدار آن در خاک تنظیم می‌نمایند. خشکی از طریق کاهش تعداد برگ‌های فعال، سطح جذب دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد.

۲-۴-۱-۳- فتوسنتز و تنفس

تنش آب از موانع مهم محیطی در برابر فتوسنتز است. نتایج بسیاری از مطالعات در رابطه با تنش خشکی کاهش در میزان فتوسنتز را نشان می‌دهد. کاهش فتوسنتز در این شرایط در ارتباط با مختل شدن فرآیندهای بیوشیمیایی مسیرهای فتوسنتزی است. فتوسیستم ۲ فتوسنتزی حساس‌ترین بخش به تنش است و کمپلکس دریافت کننده اکسیژن و مرکز واکنش در این سیستم بیشترین خسارت را از خشکی می‌بیند (گیاردی و همکاران، ۱۹۹۶). در شرایط تنش همراه با کاهش در ظرفیت بیوشیمیایی کربن گیری، محدودیت انتشار گازی نیز مشاهده می‌شود. در مطالعه در برگ انگور در شرایط تنش مشاهده شد که کاهش فتوسنتز هم ناشی از کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و هم به‌خاطر کاهش فعالیت آنزیم‌ها بوده است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). کافی و همکاران (۱۳۸۸) ذکر کرده‌اند که تنها فعالیت مقدار کمی از رابیسکو به دلیل حضور بازدارنده‌ها (حضور قندهای فسفات و بلوکه شدن محل‌های فعال) کاهش می‌یابد. با تقلیل قندهای فسفات به وسیله آنزیم رابیسکو اکتیواز، دوباره فعالیت این آنزیم سرعت می‌یابد. این آنزیم می‌تواند تحت شرایط تنش نقش تنظیم‌کنندگی در جذب کربن داشته باشد. از طرفی، کاهش فعالیت رابیسکو متناسب با غلظت ADP در کلروپلاست و استروما است (یوردانو و همکاران، ۲۰۰۳). دلیل کاهش جذب کربن در محتوای نسبی پایین آب برگ علاوه بر کاهش فعالیت رابیسکو، به خاطر محدودیت غلظت ریبولوز ۱ و ۵ بی فسفات نیز می‌باشد که آن نیز وابسته به محدودیت ATP است (فلکاس و مدرانو، ۲۰۰۲).

انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌شود که فتوسنتز را محدود می‌کند. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آنها را

هم تسریع و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را، خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد. برای مثال، تنش خشکی به سطحی که میزان جذب خالص را فقط ۵۰ درصد کاهش دهد، کافی است که رشد برگ‌ها را کاملاً متوقف کند. این موضوع نمایان‌گر آن است که سطح برگ‌ها بیشتر از سرعت جذب خالص تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرد. همچنین ثابت شده است که فتوسنتز در مقایسه با توسعه برگ حساسیت کمتری به پتانسیل فشاری دارد، به همین دلیل واکنش میزان فتوسنتز برگ در پاسخ به تنش متوسط آب به ندرت مشابه واکنش توسعه برگ به تنش است (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

به طور معمول، تنش آب موجب کاهش رشد و فتوسنتز می‌شود که به نوبه خود به کاهش تنفس رشد منجر می‌شود؛ از طرف دیگر، گیاهان تحت تنش آب اغلب مقدار زیادی از مواد آلی را ذخیره می‌کنند و نگهداری این مواد ممکن است مستلزم فعالیت تنفسی بیشتر باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین، در تنش ممکن است تنفس بیشتر به شکل تنفس نگهداری و نه تنفس رشد ظاهر شود. مواد آلی و مولکول‌های دیگر ممکن است به عنوان ترکیبات تنظیم‌اسمزی استفاده شوند که فعالیت آنها با هزینه قابل توجهی همراه است. در حقیقت، افزایش غلظت مواد محلول در داخل سلول، به خصوص یون‌ها، واکنش‌های ثانویه فتوسنتز و تنفس را مختل می‌کند (میرجلیلی، ۱۳۸۴). تنظیم فرآیند گلیکولیز تنفس در طی تغییر شرایط محیطی از طریق حفظ سطوح متابولیت‌ها صورت می‌گیرد (لارسون و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از راهکارهای تحمل گیاهان به شرایط محیطی افزایش آنزیم‌های گلیکولیتیکی است؛ با افزایش این آنزیم‌ها تولید ATP به عنوان منبع انرژی متابولیسم سلولی نیز حفظ می‌گردد (دنیز و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین در گیاه توتون تحت تنش خشکی و شوک حرارتی ناشی از آن ژن‌های مربوط به این آنزیم‌ها بیشتر بیان و ترجمه شدند (رای‌ژسکی و همکاران، ۲۰۰۲).

تولید بیوماس بالا در شرایط محدودیت رطوبت از صفات مطلوب در گیاه به شمار می‌رود. زیرا تنش خشکی موجب کاهش در میزان بیوماس گیاه می‌شود (فروغ و همکاران، ۲۰۰۹). عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدیداً به فرآیندهای تسهیم ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس وابسته است (کیچ و همکاران، ۲۰۰۴). در آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش در مقدار بیوماس مشاهده شد (تاهیر و مهید، ۲۰۰۱). همچنین در سویا (اسپیچ و همکاران، ۲۰۰۱) و لوبیا سبز (ویبر و همکاران، ۲۰۰۶) تنش کم آبیاری موجب کاهش بیوماس شد.

وزن خشک شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌شود (غفاری پور، ۲۰۰۵). لاهو و گواتار (۲۰۰۳) کاهش در وزن خشک ساقه و برگ را در سیب زمینی تحت تاثیر تنش خشکی گزارش کردند. نتیجه تحقیق غفاری پور (۲۰۰۵) نیز بیان‌گر کاهش وزن خشک ساقه و برگ در شرایط تنش کم‌آبی است. تنش ملایم در چغندر قند وزن خشک ساقه را تحت تاثیر قرار داد به طوری که وزن خشک ساقه بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش یافت (محمدیان و همکاران، ۲۰۰۵).

بسیاری از فرآیندهای تعیین‌کننده عملکرد تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. کمبود آب موجب کاهش در صفات مربوط به عملکرد می‌شود که دلیل آن را می‌توان اختلال در تبادلات گازی برگ دانست که نه تنها سبب محدودیت در اندازه منبع و مخزن می‌شود بلکه در جذب و انتقال مواد و تسهیم ماده خشک ایجاد اختلال می‌کند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). خشکی موجب کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (کورنیک، ۲۰۰۰). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) مشاهده کردند که عملکرد دانه گیاه سویا بر اثر تنش، کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه بود. در سه گیاه لوبیا سبز، لوبیا چشم بلبلی و نخود تنش کم‌آبیاری در زمان گلدهی و غلاف بندی موجب کاهش عملکرد شد (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶). کومار و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که در کلزا تنش کم آبی سبب کاهش تعداد دانه در غلاف شد در حالی که وزن دانه ها را افزایش داد. سینگ (۲۰۰۷) در بررسی اثر خشکی بر لوبیا، کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی را ۶۰ درصد و کاهش

وزن دانه را ۱۴ درصد گزارش کرد. خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا شد (جرمن و ترن، ۲۰۰۶).

تنش خشکی بیشتر از طریق کاهش تعداد غلاف در متر مربع به دلیل کاهش تسهیم زیست توده به غلاف، کاهش ظرفیت فتوسنتزی یا قدرت منبع بر اثر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ماده خشک کل گیاه، عملکرد را کاهش می‌دهد (مرادی، ۲۰۰۵). در آزمایشی بر گیاه ماش اثر دور آبیاری را در مراحل رویشی، اوایل گلدهی و اوایل پر شدن غلاف مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته شد که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۵ درصد در مرحله رویشی، ۳۹ درصد در مرحله اوایل گلدهی و ۵۹ درصد در مرحله اوایل پر شدن غلاف نسبت به شاهد گردید (توماس و همکاران، ۲۰۰۳). آنها بیان داشتند وقوع تنش در مرحله زایشی به خصوص در اوایل پر شدن غلاف، عملکرد گیاه را خیلی شدیدتر از وقوع تنش در مراحل دیگر تحت تاثیر قرار می‌دهد. با بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا مشاهده گردید که تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰٪، تعداد غلاف در بوته را ۶۰٪، تعداد دانه در غلاف را ۲۶٪ و وزن صد دانه را ۱۳٪ کاهش می‌دهد (اسزیلاگی، ۲۰۰۳). تنش خشکی نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تأمین رطوبت برای گیاه، شرایط را برای جذب و انتقال عناصر غذایی فراهم می‌سازد.

۲-۴-۱-۵- تاثیر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک

فتوسنتز اولین منبع هیدرات کربن برای نگهداری و رشد است. توزیع مجدد یا انتقال داخلی دومین منبع بشمار می‌رود. در واقع گلوکز تشکیل شده قبل از گلدهی که به صورت پلی ساکاریدهایی چون نشاسته ذخیره شده، در مرحله تشکیل دانه که فتوسنتز قادر به تأمین احتیاجات مقصد های گیاه نیست، این ترکیبات ذخیره ای می تواند دوباره منتقل شوند و به مراکز فعال، مانند دانه ها حرکت نمایند. منبع اصلی کربن در گیاهان شامل فتوسنتز جاری برگ‌ها و سایر اندام‌های سبز نظیر ساقه، سنبله و همچنین انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی در مراحل قبل از گرده

افشانی می‌باشد (بوراس و همکاران، ۲۰۰۴). در شرایط خشکی و عدم آبیاری، کاهش فتوسنتز از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده، جبران می‌شود (یانگ و ژانگ، ۲۰۰۶). در جو پاییزه سهم ماده خشک انتقال یافته از اندام‌های هوایی در دوره قبل از گلدهی در عملکرد دانه بین ۶۰ تا ۷۵ درصد و در شرایط عدم دریافت آب کافی تا ۱۰۰ درصد نیز گزارش شده است (بونت و اینکول، ۱۹۹۲). بلوم (۱۹۹۸) اعلام داشت که نسبت سهم ذخایر ساقه به کل ماده خشک برای عملکرد غلات بسته به شرایط محیطی و ارقام بین ۲۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. اشنايدر (۱۹۹۳) اظهار داشت که بین برگ‌ها از لحاظ انتقال مجدد ماده خشک تفاوت وجود دارد به گونه‌ای که برگ پرچم مواد فتوسنتزی را سریعاً به ساقه منتقل می‌کند، در حالی که سرعت انتقال مواد فتوسنتزی در برگ دوم تنها به اندازه یک سوم سرعت انتقال برگ پرچم بوده و حدود ۹۰ درصد این مواد را در خود نگه داشته و بعد به سنبله انتقال می‌دهد. سهم مواد فتوسنتزی قبل از گلدهی به دانه وابسته به میزان ماده‌ای است که بین گلدهی و رسیدگی انتقال می‌یابد و به صورت کارایی تبدیلات ماده انتقالی (انتقال مجدد) به دانه تعریف می‌شود (گبینگ و همکاران، ۱۹۹۹). عبادی و همکاران (۲۰۰۷) عنوان داشتند که عدم آبیاری باعث افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک از اندام‌های متعدد گیاهی به دانه شد. سهم انتقال مجدد ماده خشک در شرایط عدم آبیاری و قطع آبیاری در مرحله گلدهی به ترتیب ۸۲/۵ و ۳۶/۵ درصد نسبت به آبیاری معمول در تولید جو بهاره بود. ایشان عنوان داشتند که عدم آبیاری دارای اثر مستقیم بر کاهش عملکرد دانه است و ژنوتیپ‌های جو بهاره مورد مطالعه عکس‌العمل‌های متفاوتی نسبت به عدم آبیاری از خود نشان می‌دهند. طهماسبی سروسستانی و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تنش رطوبتی در مرحله بعد از گلدهی اثر نامطلوبی بر میزان جذب مواد پرورده داشته و بنابراین میزان محصول وابستگی نسبتاً زیادی به میزان دسترسی به رطوبت و رفتار ژنوتیپ‌ها از نظر انتقال مجدد ذخایر موجود در اندام‌های هوایی در مرحله پر شدن دانه دارد.

۲-۴-۲- صفات کیفی

۲-۴-۲-۱ روغن دانه

سطوح مختلف تنش کم آبی سبب کاهش درصد روغن دانه گردیده است (خلیلوند، ۲۰۰۶). رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند درصد روغن دانه به عنوان یکی از اجزاء کیفی مهم بذر آفتاب‌گردان تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت. این نتیجه با نتایج کاراتا (۱۹۹۱) و گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر اینکه افزایش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه ندارد، مطابقت دارد.

۲-۴-۲-۲- تنش خشکی و پتاسیم

پتاسیم نقش فیزیولوژیک مهمی در شرایط نامساعد محیطی در سلول ایفا کرده و زیاد بودن آن موجب افزایش تحمل گیاه می‌شود (کاک‌مک، ۲۰۰۵). پتاسیم برای تثبیت دی‌اکسیدکربن در کلروپلاست‌ها و برای فعالیت ریبولوزی فسفات کربوکسیلاز ضروری است. این عنصر در سنتز پروتئین‌ها، فتوسنتز و انتقال مواد حاصل از آن، ایفای نقش می‌کند و در صورت کمبود پتاسیم فعالیت آنزیم‌هایی مانند سینتتازها، اکسید ردکتازی هیدروژنازها، ترانسفرازها و کینازها مختل و فعالیت آنزیم ATPase، جذب و انتقال تعدادی از عناصر غذایی با کاهش مواجه می‌شود (کانایی و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش نیاز به پتاسیم در گیاهان در تحت تأثیر تنش خشکی وابسته به این حقیقت است که پتاسیم در حفظ تثبیت دی‌اکسید کربن فتوسنتزی موثر است. تنش خشکی با بستن روزنه‌ها ضمن کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن سبب تولید فرم‌های فعال اکسیژن شده که تحت فراهمی پایین پتاسیم تشکیل آنها تشدید می‌گردد (کاک‌مک، ۲۰۰۵). طی بررسی در کلزا اعلام شده است گیاهانی که پتاسیم دریافت نمودند، توزیع و حرکت مواد فتوسنتزی تسریع و ذخیره هیدرات‌های کربن در ریشه‌ها حفظ گردید و تجمع پرولین و اثر تنش در برگ‌های تیمار شده با پتاسیم در حداقل بود (مانیول و همکاران، ۱۹۹۵). در گونه‌های جنس براسیکا در عکس العمل به کاربرد پتاسیم تحت شرایط تنش رطوبتی کاهش تدریجی در پرولین و افزایش نشاسته و کربوهیدرات محلول و محتوی

پروتئین محلول کل دیده شد و اثر زیانبار تنش رطوبتی به صورت معنی‌داری به واسطه افزایش مصرف پتاسیم کاهش یافت (شارما و کوهاد، ۲۰۰۶).

از نقش‌های حیاتی پتاسیم، نقش اسمزی این عنصر در بالا بردن کارایی مصرف آب در گیاه است، به طوری که در حضور مقدار کافی از پتاسیم، وظیفه سلول‌های روزنه که باز و بسته شدن آنها با توجه به شرایط رطوبتی گیاه است، به درستی صورت می‌گیرد که راندمان مصرف آب را بالا می‌برد. پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی سلول‌های روزنه برگ، گیاه را در شرایط کم آبی در برابر خشکی مقاوم می‌سازد. در شرایط عدم حضور پتاسیم کافی و کمبود آب، روزنه‌ها به موقع بسته نشده و منجر به پژمردگی و پلاسیدگی گیاه می‌گردد (ملکوئی، ۱۳۷۳). مشخص شده که متابولیت‌های تنش به عنوان شاخص در تعیین وضعیت آبی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۴-۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر جذب فسفر

تنش خشکی نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأمین رطوبت برای گیاه، شرایط را برای جذب و انتقال عناصر غذایی فراهم می‌سازد. فسفر از جمله عناصری است که در شرایط تنش میزان جذب آن در گیاه کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). فسفر یک عنصر کلیدی در گیاه به شمار می‌رود و وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. این عنصر در نقل و انتقالات انرژی در فرآیندهای متابولیسمی گیاه، تقسیم سلولی، ساختمان فسفولیپیدهای دیواره سلولی، توسعه بخش‌های زایشی گیاه، رشد و تکامل ریشه‌های فرعی و مویی و همچنین در تولید و انتقال موادی مانند قندها و نشاسته در گیاه شرکت می‌نماید (مارچنر، ۱۹۵۵). فسفر در مقاومت گیاه در برابر ورس و بیماری‌های گیاهی، بهبود کیفیت محصولات، تلقیح گل و تشکیل میوه و دانه، نقش بسزایی دارد (مظاهری و مجنون حسینی، ۱۳۸۱). جین و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی سویا مشاهده کردند کمبود رطوبت تجمع فسفر را محدود کرد و سبب کاهش انتقال فسفر به بذر شد.

یکی از تغییرات عمده بیوشیمیایی که در اثر تنش رطوبتی در گیاهان روی می‌دهد تغییر در میزان تولید پروتئین‌ها، افزایش تجزیه و جلوگیری از ساختن بعضی از آنها است (بیولی و لارسن، ۱۹۸۲). تولید پروتئین‌های تنشی از جمله سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاه به کمبود آب است (وحید و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط تنش رطوبتی، تخریب پروتئین‌ها و تجمع برخی اسیدهای آمینه آزاد جهت تنظیم فشار اسمزی صورت می‌گیرد (یامادا و فاکاتوکو، ۱۹۸۶).

کاهش رطوبت، وضعیت پلی‌ریبوزوم‌های موثر در ساخت پروتئین‌ها در بافت‌ها را تغییر می‌دهد. در شرایط کم آبی تعداد پلی‌ریبوزوم‌ها کاهش می‌یابد. کاهش در فراوانی پلی‌ریبوزوم‌ها با کاهش سنتز پروتئین‌ها در ارتباط است (اسکات و همکاران، ۱۹۷۹). کاهش غلظت پروتئین به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین در شرایط تنش بوده و این پدیده خود با کاهش میزان آنزیم روبیسکو و نقصان فتوسنتز همراه است (هنسون و هیتز، ۱۹۸۲). در آزمایشات انجام شده روی چغندر قند (شاه و لومیس، ۱۹۶۵) و سویا (نیاکان و قربانلی، ۱۳۸۶) کاهش در میزان پروتئین کل تحت تاثیر تنش خشکی مشاهده شد.

پروتئین‌های دهیدرین در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی و سرما دیده می‌شوند. این پروتئین‌ها فاقد سیستئین و تریپتوفان و غنی از لایسین هستند و آبدوست، پایدار در برابر گرما و مرتبط با سنتز آبسزیک اسید هستند. پروتئین‌های دهیدرین پایداری غشا و پروتئین، تنظیم اسمزی و تحمل به پسابیدگی در دانه‌ها را برعهده دارند، و ارتباط آنها با تحمل به تنش مبین آن است که امکان استفاده از دهیدرین‌ها برای ارتقای سازگاری به خشکی وجود دارد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۳). همزمان با کاهش کل پروتئین‌ها، مقدار آمینواسیدهای آزاد افزایش می‌یابد. تجمع بیشتر آمینواسیدها مربوط به کاهش سنتز پروتئین است اما در بعضی موارد بیوسنتز بعضی آمینواسیدهای غیرپروتئینی خاص مثل بتائین و پرولین تحریک می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از آنزیم‌هایی که در تنش ملایم

خشکی فعالیت آن به شدت کم می‌شود نیترا ریداکتاز است، در نتیجه گیاه با تجمع نیترا در این شرایط مواجه خواهد شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲).

۲-۵- فراصوت (Ultrasound)

به امواج صوتی گفته می‌شود که دارای فرکانسی بیشتر از بازه فرکانسی شنوایی انسان هستند. بازه فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن این بازه کاهش می‌یابد، ولی معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ و یا ۲۵ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸). نقطه مقابل امواج مافوق صوت^۲، امواج فروصوت یا مادون صوت هستند که دارای فرکانس کمتر از حد پایین فرکانس شنوایی انسان (حدود ۲۰ کیلوهرتز) هستند (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۶- آزمون فراصوت

آزمون فراصوت یکی از روش‌های آزمون‌های غیر مخرب است. در این روش امواج فراصوت با فرکانس بالا و با دامنه کم به داخل جسم فرستاده می‌شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می‌شوند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می‌توان به مشخصه‌های این گسستگی پی برد. از کاربردهای این روش می‌توان به اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در اجسام نام برد. یکی از امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالای این امواج و در نتیجه طول موج بسیار کوچک آن‌ها است.

۲-۷- کاربردهای امواج فراصوت

۲-۷-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات
- توانایی تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالا و طول موج بسیار کوچک

² - Supersonic

- امواج فراصوت برای آزمون فلزات نیز استفاده می‌شود.
- امواج فراصوت برای حذف رسوبات وسایل آزمایشگاهی استفاده می‌شود.
- از امتیازات آلتراسونیک توانایی آن در تشخیص صدمات شیمیایی است.

۲-۷-۲- 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. حسگرهای فراصوت یا آلتراسونیک حسگرهایی هستند که به وسیله صفحات پیزوالکتریک موجود سیگنال الکتریکی را با لرزش صفحات به سیگنال مکانیکی (موج صوتی) تبدیل می‌کنند. عکس این عمل نیز در گیرنده انجام می‌گیرد. اصول کارکرد این حسگرها بر مدت زمان رفت و برگشت موج صوتی استوار است و با داشتن سرعت صوت تخمین فاصله امکان پذیر خواهد بود.

۲-۷-۳- 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 آلتراسونیک برای پی بردن به وجود پرنده‌های بدون سرنشین نیز استفاده می‌گردد.

۲-۷-۴- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی

این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد.

۲-۷-۵- کاربرد در صنایع غذایی

آلتراسونیک 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 اندازه گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیندهای مواد غذایی استفاده می‌شود.

محدوده استفاده از فراصوت در صنایع غذایی به دو دامنه تقسیم می شود:

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

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

محدوده پایین به طور کلی به دلیل ایجاد پدیده حفرگی^۱ یا تشکیل حباب های بسیار ریزی است که تحت اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه ای و نقطه ای حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می شوند. بدین صورت که در زمانی به اندازه یک هزارم ثانیه دما تا 5500 درجه سانتی گراد و نیز فشار تا 5×10^4 کیلو پاسکال افزایش می یابد. لازم به ذکر است که این اثر انقباض و انبساط در محیط مایع به صورت پریودی تکرار می شود. این وضعیت باعث اثرات فیزیکی و شیمیایی بر مولکول های مجاور می شود. اثرات مکانیکی و شیمیایی پدیده حفرگی بسیار مهم است و کاربردهای آن نیز وسیع است (کاپلند و ساجین، ۲۰۰۳؛ سالا و بارگاس، ۱۹۹۶؛ چیستی، ۲۰۰۲؛ بریتباک و همکاران، ۲۰۰۲).

هم چنین نشان داده شده است که امواج فراصوت سبب تخریب و افزایش قابلیت نفوذ سلول های گیاهی و جانوری شده و ضمن افزایش نفوذ حرارت و خروج رطوبت، باعث کاهش زمان خشک کردن مواد غذایی می شود. امواج فراصوت با مکانیسم های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی در طی فرایند خشک کردن یا سایر عملیات واحد، مستلزم انتقال جرم شوند که از جمله آنها می توان به افزایش دما در لایه مرزی، تغییر فشار در اثر کاویتاسیون، توسعه میکروکانال ها در اثر ایجاد ترک در نتیجه تنش برشی حاصل از کاویتاسیون، اغتشاش در لایه مرزی و ایجاد تغییرات ساختمانی در محیط اشاره کرد (گالگو و همکاران، ۲۰۰۳؛ شافیر رحمان، ۲۰۰۰).

تنش متغیر صوتی از طریق حفظ کانال های موجود یا ایجاد کانال های جدید سبب تسهیل خشک کردن می شود. هم چنین امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز- مایع تحت تأثیر قرار می دهد و سبب تشدید تبخیر می شود. جنبش مولکولی در لایه مرزی که ناشی از متلاشی شدن

حباب‌ها طی پدیده حفرگی است، ضمن کاهش ضخامت و افزایش دما، اختلاط بهتر را میسر می‌کند (چیستی، ۲۰۰۲).

امواج فراصوت برای فرایند خشک کردن انگور به منظور حذف قلیا و تهیه کشمش استفاده می‌شود و امکان جایگزینی این فناوری به جای روش‌های سنتی وجود دارد (مسکوک‌ی و همکاران، ۱۳۸۶). می‌توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی نیز استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). بکارگیری این امواج سبب بهبود مقدار و کیفیت استخراج در شیره خرما و منجر به افزایش راندمان استخراج شده است (میلانی، ۲۰۱۱). تیمار فراصوت امکان استخراج در درجه حرارت پایین‌تر را در شیره خرما، روغن بذر چای، مواد جامد چای و روغن دانه‌های سویا امکان‌پذیر می‌سازد و منجر به استخراج بالاتر در مدت زمان کوتاه‌تر می‌شود (انتظاری و همکاران، ۲۰۰۴). در کوششی دیگر، استخراج قند از چغندر قند تحت تاثیر امواج فراصوت با استفاده از یک دستگاه حمام فراصوت مطالعه شد. زمان کوتاه‌تر، راندمان بالاتر و درجه خلوص بالاتر شیره تحت تاثیر استخراج قند با امواج فراصوت مشاهده شد (استاسیاک، ۲۰۰۵). در مطالعه‌ای بر روی تاثیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا بر استخراج روغن از دانه‌های آسیاب شده زیتون مشخص شد که در حضور این امواج دیواره سلول‌ها و بافت‌های گیاهی تخریب شده و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (پلی‌فنل‌ها و توکوفرول‌ها) و رنگدانه‌های (کلروفیل و کارتنوئید) بیشتری به داخل روغن راه یافتند و باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای گردیدند (جیمینز و بلترن، ۲۰۰۷).

۲-۷-۶- کاربردهای کشاورزی

امواج فراصوت 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 (رجبی ۱۳۹۱). افزایش تقاضای روز افزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی‌های جدید شده است. کیفیت محصول عمده‌تاً 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.

۲-۸- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی

۱. استفاده از تکنولوژی‌های جدید و غیر مخرب مانند آلتراسونیک ضروری است
۲. آلتراسونیک 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

۲-۹- اثرات اصلی امواج فراصوت

۱. ایجاد پدیده حفرگی یا تشکیل حباب‌های بسیار ریز
۲. اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه‌ای و نقطه‌ای
۳. حرارت و فشار فوق‌العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می‌شوند
۴. امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز-مایع تحت تاثیر قرار می‌دهد
۵. تیمار آلتراسونیک 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).

دو پارامتر مهمی که در رابطه با امواج فراصوتی بوده و برای اندازه‌گیری خواص محصولات کشاورزی دارای اهمیت فراوانی می‌باشد، سرعت موج فراصوت و ضریب تضعیف آن است. سرعت امواج فراصوت (V) از طریق اندازه‌گیری زمان مورد نیاز (T) برای عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد (L) مطابق رابطه (۱-۲) تعیین می‌گردد:

$$V = \frac{L}{T} \quad \text{رابطه (۱-۲)}$$

با داشتن دامنه موج فراصوت فرستاده شده (A) و دریافت شده (A_0) و هم چنین فاصله بین پروبها (L)، ضریب تضعیف امواج فراصوت (α) مطابق رابطه (۲-۲) قابل محاسبه است (ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$a_{dB} = \frac{-20}{L} \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \quad \text{رابطه (۲-۲)}$$

موج فراصوت فرستاده شده و گرفته شده، پس از پردازش در واحد پردازش سیگنال، برای نمایش به نرم افزار Oscilloscope TNM انتقال داده می شود.

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 اندازه گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیندهای مواد غذایی استفاده می شود.

۲-۱۰- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر فراصوت

به نقل از رجبی (۱۳۹۱) پژوهش هایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف به وسیله امواج فراصوت انجام شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰). هم چنین در عصاره گیری 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 آنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا می توان استخراج نمود (ویلخ 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).

می توان از تغییرات سرعت موج فراصوت در میوه ها و سبزی ها، جهت درجه بندی رسیدگی آن ها استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش موثر است (مسکوکی و همکاران، ۱۳۸۶). امواج آلتراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه موثر است

(کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار آلتراسونیک باعث فعالیت آنزیم‌ها می‌شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار آلتراسونیک 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). آلفاآمیلاز در جو چه 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 جوانه‌زنی 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 بادمجان، 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). استخراج پروتئین از دانه‌های بدون روغن سویا توسط وانگ (۱۹۸۱) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از امواج فراصوت نسبت به هر یک از تکنولوژی‌های مرسوم بازدهی بیشتری داشته است.

۲-۱۱- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم‌ها در شدت بالای پرتودهی

به نقل از رجبی (۱۳۹۱) میزان جذب صرفاً به واسطه اثرات امواج فراصوت می‌باشد. غیر فعال سازی آنزیم آلفاآمیلاز جو باعث تولید رادیکال‌های آزاد و نیروهای برشی می‌شود که در نتیجه باعث تغییر و تحول و آسیب بیشتر به ساختار آلفا آمیلاز 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 میکروجهت‌های 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 می شوند. مکانیسم دیگری که در طی آن آنزیم های پرتودهی شده غیر فعال می شوند به واسطه تغییر و تحول و یا آسیب ساختار مولکولی آنزیم می باشد. رادیکال های آزاد که ذراتی با الکترون های جفت نشده و با فعالیت واکنش پذیری خیلی بالا هستند، توزیع بار بر روی سطح پروتئین را تغییر داده و باعث رساندن آسیب جدی به ناحیه فعال آنزیم شده بنابراین میل ترکیبی آنزیم با سوبسترا را از بین می برند.

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

این دماها و فشارهای بالا ساختار فعال آنزیم را غیر فعال می نماید. اثرات سینرژیستی امواج فراصوت و گرما بر روی آنزیم ها در دماهای بالا مسجل شده است (لوپز و همکاران، ۱۹۹۷) و این احتمالاً به دلیل افزایش فشار بخار مایع در اطراف حباب های حفرگی می باشد که منجر به کاهش فروپاشی حباب ها شده و باعث می شود که فروپاشی حباب ها کمتر صورت بگیرد (ساسلیک، ۱۹۸۸). ضمناً اثر امواج فراصوت بر روی آنزیم ها مشابه اثر آن بر آنزیم پکتین متیل است.

گزارش های مربوط به افزایش فعالیت آنزیم های آزاد در محیط آزمایشگاه در حضور امواج فراصوت محدود می باشد. به طور غیر قابل انتظار در شدت های پرتودهی پایین، بعضی از آنزیم ها مانند گلوکوآمیلاز و آلفا آمیلاز تثبیت شده در خلل و فرج سلیکاژل و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج فراصوت غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می شوند (اسکمیدت، ۱۹۸۷). از این رو میزان فعالیت آلتراسونیک نقش مهمی در فعال سازی یا غیر فعال سازی بیشتر آنزیم ها دارد. گزارش های زیادی توسط محققان مختلف در مورد افزایش فعالیت آنزیم های آزاد تحت شرایط تابش ملایم امواج

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، ۱۹۸۷).

موثر بودن امواج فراصوت بر روی میزان غیر فعال سازی آنزیم نشان داد که با افزایش شدت پرتو دهی صوت میزان فعالیت آنزیم کاهش می‌یابد از آنجا که فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در حرارت ۳۰ درجه از بین نمی‌رود، فعالیت آنزیم‌ها کاهش یافته و در نهایت منجر به غیر فعال سازی بیشتر خواهد شد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود - آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی متر است و بارندگی عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی گراد است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۳۰-۰ سانتی متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتاً پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در بر گیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورها شامل تنش خشکی S₁ (شاهد- آبیاری کامل)، S₂ (قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)، S₃ (قطع آبیاری از گلدهی به بعد) و امواج فراصوت W₁ (شاهد- عدم تیمار)، W₂ (۲ دقیقه)، W₃ (۴ دقیقه)، W₄ (۶ دقیقه) و W₅ (۸ دقیقه) می باشد (جدول ۳-۲). در مجموع در هر تکرار ۱۵ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۴۵ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

واحد	مقدار	
درصد	۳۲/۲	درصد اشباع
دسی زیمنس بر متر	۰/۶۵	قابلیت هدایت الکتریکی
-	۷/۰۵	اسیدیته گل اشباع
درصد	۲۶/۵	درصد مواد خنثی شونده
درصد	۰/۵۵	کربن آلی
درصد	۰/۲۰۵	نیترژن کل
پی پی ام	۴۲/۵	فسفر قابل جذب
پی پی ام	۱۲۱/۰	پتاسیم قابل جذب
درصد	۳۴	رس
درصد	۵۰/۰	لای
درصد	۱۶/۰	شن
درصد	۳/۳	درصد رطوبت
-	۲/۸	نسبت جذب سدیم
میلی اکی والان در لیتر	۶۴/۰	مجموع کاتیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۰/۰	Na ⁺
میلی اکی والان در لیتر	۲۲/۰	Mg ²⁺
میلی اکی والان در لیتر	۴۲/۰	Ca ²⁺
میلی اکی والان در لیتر	۶۳/۲	مجموع آنیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۴۸/۰	SO ₄ ²⁻
میلی اکی والان در لیتر	۲۰/۰	Cl ⁻
میلی اکی والان در لیتر	۷/۲	HCO ₃ ⁻
میلی اکی والان در لیتر	۰	CO ₃ ²⁻

جدول ۳-۲- فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش

S_1W_1	عدم پرتودهی در شرایط عدم تنش
S_1W_2	پرتودهی ۲ دقیقه در شرایط عدم تنش
S_1W_3	پرتودهی ۴ دقیقه در شرایط عدم تنش
S_1W_4	پرتودهی ۶ دقیقه در شرایط عدم تنش
S_1W_5	پرتودهی ۸ دقیقه در شرایط عدم تنش
S_2W_1	عدم پرتودهی در شرایط اعمال تنش از مرحله خمیری به بعد
S_2W_2	پرتودهی ۲ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله خمیری به بعد
S_2W_3	پرتودهی ۴ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله خمیری به بعد
S_2W_4	پرتودهی ۶ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله خمیری به بعد
S_2W_5	پرتودهی ۸ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله خمیری به بعد
S_3W_1	عدم پرتودهی در شرایط اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد
S_3W_2	پرتودهی ۲ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد
S_3W_3	پرتودهی ۴ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد
S_3W_4	پرتودهی ۶ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد
S_3W_5	پرتودهی ۸ دقیقه در شرایط اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد

تکرار ۱	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
تکرار ۲	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
تکرار ۳	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

شکل ۳-۱ نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴- اعمال تیمارها

دانه های لوبیا چشم بلبلی بعد از ۴ ساعت هیدرو پرایمینگ نمودن به غیر از شاهد در شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه فیزیک انتقال داده شدند. برای اعمال فراصوت از حمام فراصوت (Digital ultrasonic مدل CD-۴۸۲۰) با فرکانس ثابت ۴۲ کیلو هرتز استفاده شد. بذور آماده سازی شده در ۴ سطح زمانی ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه در دمای محیط در آب مقطر، تحت تاثیر امواج فراصوت قرار گرفتند. نسبت نمونه به آب مقطر ۱:۴ بود. و پس از صوت دهی بذور از آب مقطر خارج شده و به مزرعه جهت کاشت منتقل شدند. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش خشکی در مرحله گلدهی و خمیری به بعد گردید.

۳-۵- عملیات اجرایی

۳-۵-۱- کاشت و کود دهی

زمین در سال قبل به صورت آیش و سال قبل از آن زیر کشت گندم بود. بذر لوبیا چشم بلبلی مورد استفاده رقم بسطام بود. عملیات کاشت در تاریخ ۱۲ خرداد ماه ۱۳۹۲ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۷-۵ سانتی متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۴ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۶۵ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. کود استارتر مورد استفاده اوره بود به مقدار ۱۲ کیلوگرم در هکتار که ۴۶٪ نیتروژن دارد و به همه کرت ها طی دو مرحله ۴-۸ برگگی به کار برده شد.

۳-۵-۲- داشت

قبل از کاشت زمین آبیاری شد و بعد از کاشت سه مرحله آبیاری به صورت جوی و پشته هر ۷ روز یکبار انجام شد و آبیاری‌های بعدی هر ۱۰ روز یکبار انجام شد. مقادیر آب مصرفی تا استقرار کامل گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی انجام شد مهم ترین گونه‌های علف هرز مزرعه به ترتیب فراوانی آنها در سطح زمین

شامل: کنف وحشی، خارشتر، سلمه تره، پیچک صحرائی و اوپارسلام بودند. به منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی در مرحله ۴-۵ برگ‌گی از قارچ کش‌های ردومیل و بنومیل به صورت محلول‌پاشی روی خاک و در محل طوقه گیاه استفاده شد.

۳-۵-۳- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۱۲ مقارن با ۱۲۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان ساقه‌ها و غلاف‌ها کاملاً خشک شده و رطوبت دانه‌ها به حدی کاهش می‌یابد که در تماس با دست خشک و شکننده به نظر می‌رسد.

۳-۶- صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۶-۱- ارتفاع و قطر ساقه

به هنگام برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد. قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۴ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید.

۳-۶-۲- وزن خشک برگ و ساقه و غلاف

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک، ۳ بوته به عنوان نمونه از هر کرت برداشت شد. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند. اجزاء تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۵ - ۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

۳-۶-۳- سطح برگ

در این نمونه برداری، برگ‌های دو گیاه جدا شده و توسط کاغذ شطرنجی سطح آنها محاسبه گردید. سپس این برگ‌ها در آون خشک شده و وزن آنها محاسبه گردید. با استفاده از رابطه سطح با وزن، سطح برگ هر ترکیب تیماری محاسبه گردید. با توجه به اینکه با افزایش سن گیاه، ارتباط فوق‌الذکر تغییر می‌کند در هر نمونه برداری این امر تکرار گردید. در قسمت نتایج و بحث تنها نتایج یک نمونه برداری ارائه شده است.

۳-۶-۴- عملکرد و اجزای عملکرد

اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مولفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزاء عملکرد در گیاه لوبیا چشم بلبلی شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشند که در ۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید.

۳-۶-۵- انتقال مجدد ماده خشک

درصد انتقال مجدد ماده خشک از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی برداشت به دانه با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\%RE = \left[\frac{(TDM_{ant} - TDM_{mat})}{TDM_{ant}} \right] \times 100 \quad (1-3)$$

RE% درصد انتقال مجدد، TDM_{ant} ماده خشک اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) در مرحله گرده افشانی (مصادف با ۸۵ روز پس از کاشت)، TDM_{mat} ماده خشک اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) در مرحله رسیدگی برداشت می‌باشد.

۳-۷- صفات کیفی

۳-۷-۱- روغن دانه

۲ گرم از نمونه آسیاب شده و خشک شده جهت سنجش میزان روغن دانه به آزمایشگاه صنایع غذایی در شهر ارومیه انتقال داده شد. نمونه را داخل کاغذ صافی پیچیده وزن می‌کنند و سپس در داخل انگشتانه در وسط سوکسله گذاشته و داخل بالن ته گرد که قبلاً با دقت وزن شده به مقدار ۳۰۰ سی سی اتر دوپترول ریخته به قسمت پایین سوکسله وصل می‌شود و مبرد را نیز به بالای دستگاه سوکسله وصل کرده و سپس هیتر زیر بالن را روشن کرده به مدت ۴-۶ ساعت حرارت داده می‌شود. در پایان بالن چربی دار شده را از سوکسله جدا کرده در داخل خشک کن قرار می‌دهند تا اتر آن تبخیر شود و وزن آن را گرفته و همچنین انگشتانه را از سوکسله خارج می‌شود. کاغذ صافی را از انگشتانه در آورده و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده می‌شود تا اتر آن متصاعد شود سپس کاغذ صافی وزن می‌شود. اختلاف بین وزن اولیه کاغذ صافی با وزن ثانوی کاغذ صافی را بدست آورده در ۱۰۰ ضرب و بر وزن اولیه نمونه تقسیم می‌کنند در نهایت درصد چربی به دست می‌آید (کریمی، ۱۳۹۱).

وزن اولیه کاغذ صافی پیچیده شده = A

وزن ثانویه کاغذ صافی پیچیده شده = B

وزن چربی در ۲ گرم نمونه $A - B = C$ (۳-۲)

$X = (C \times 100) / 2$ درصد روغن (۳-۳)

۳-۷-۲- فسفر و پتاسیم دانه

برای به دست آوردن درصد فسفر و پتاسیم ۴ گرم از پودر دانه لوبیا چشم بلبلی به آزمایشگاه صنایع غذایی واقع در شهر ارومیه منتقل گردید. نمونه‌ها در بوتله چینی ریخته و در کوره الکتریکی

۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت حرارت داده شد. خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس کرده و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مول اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات، محتویات را از کاغذ صافی ریز عبور داده و به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر ریخته شد. عصاره نهایی به حجم ۱۰۰ میلی لیتر می‌رسانند. مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره حاصل را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته و به آن محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات ۵ سی سی اضافه کرده و به حجم رسانده می‌شود (مهقانی، ۱۳۹۱). سپس میزان جذب را با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و درصد فسفر و پتاسیم دانه با توجه به فسفر و پتاسیم دانه قرائت شده محاسبه شد (واهینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

۳-۷-۳- درصد پروتئین دانه

به منظور تعیین پروتئین دانه، مقدار ۱۰ گرم از بذر لوبیا چشم بلبلی را پودر کرده و به آزمایشگاه صنایع غذایی واقع در شهر ارومیه منتقل گردید و پروتئین دانه به روش کجلدال^۳ اندازه‌گیری شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده Digester 2040 از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltex Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. در این روش برای عمل هضم ۱ گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کجلدال منتقل گردید. یک قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. برای انجام عمل هضم ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولاً ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر

سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط (۲-۳) و (۳-۳) زیر استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا چشم بلبلی ۶/۲۵ در نظر گرفته شد (مهقانی، ۱۳۹۱).

$$\text{فرمول (۴-۳)} \quad \text{وزن نمونه (گرم)} / (A \times 0.14) = \text{درصد نیتروژن نمونه}$$

$$\text{فرمول (۵-۳)} \quad \text{ضریب تبدیل نیتروژن} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین}$$

$$A = \text{حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر}$$

۳-۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم

افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت پذیرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۱-۴- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف

۱-۱-۴- وزن خشک برگ

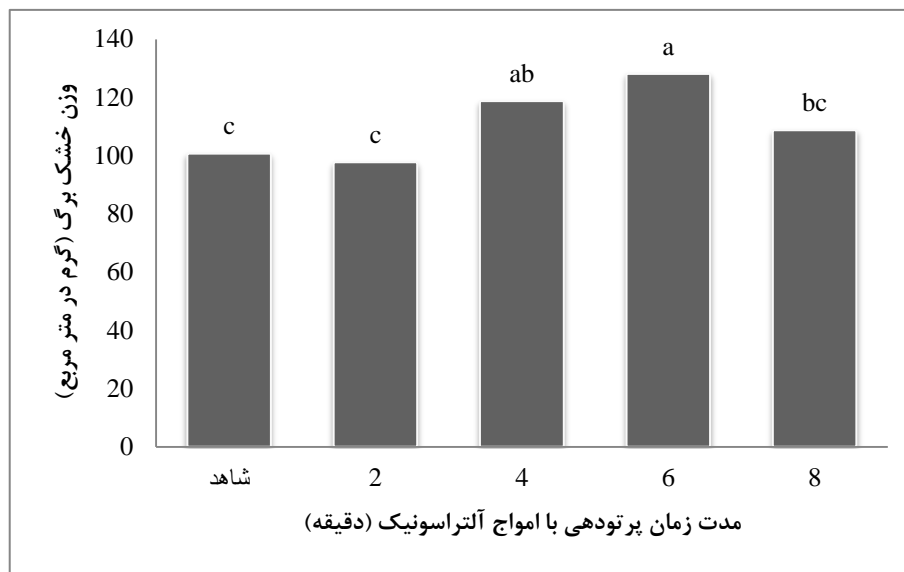
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف امواج آلتراسونیک از نظر وزن خشک برگ در ۸۰ روز پس از کاشت اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد وجود داشت (جدول ۱-۴). طبق شکل ۱-۴ پرتودهی با استفاده از امواج آلتراسونیک به بذر لوبیا چشم بلبلی نسبت به عدم استفاده، موجب افزایش وزن خشک برگ گردید. نتایج میانگین صفات دلالت بر آن دارد که از لحاظ آماری پرتودهی ۶ دقیقه بیشترین وزن خشک برگ با میانگین ۱۲۸/۱۱ گرم در متر مربع را دارا بود. کمترین وزن خشک برگ با میانگین ۹۷/۷۷ و ۱۰۰/۷۴ گرم در متر مربع به ترتیب مربوط به امواج ۲ دقیقه و شاهد بود که هر دو در یک سطح آماری قرار داشتند. و با امواج ۸ دقیقه اختلاف معنی‌دار نداشتند.

اثر اصلی تنش خشکی و بر همکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر وزن خشک برگ معنی‌دار نشد (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴- میانگین مربعات وزن خشک برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۸۰ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ
بلوک	۲	۱۴۲/۴۵۵
تنش خشکی (S)	۲	۲۵۴/۵۴۴ ^{ns}
آلتراسونیک (W)	۴	۱۴۳۴/۱۸۸ ^{**}
S*W	۸	۱۳۵/۶۹۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۸۸/۹۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۴۰

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



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در شرایط پرتودهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۱-۲ - وزن خشک ساقه

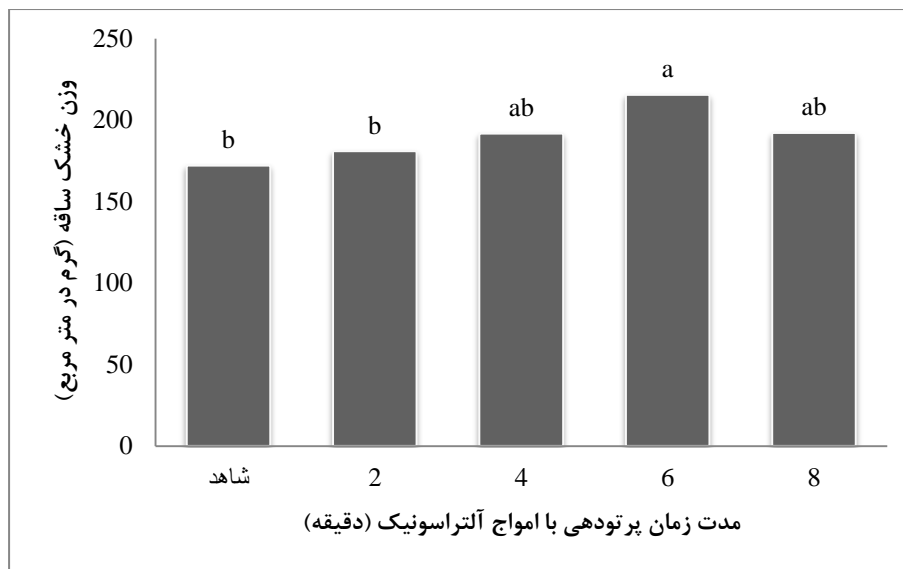
میانگین مربعات صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف پرتودهی از نظر وزن خشک ساقه در ۸۰ روز پس از کاشت اختلاف معنی‌داری وجود داشته و در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۲). با در نظر گرفتن مقایسه میانگین‌ها به روشنی می‌توان گفت که پرتودهی ۶ دقیقه باعث افزایش ۲۵/۱۵ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به عدم پرتودهی گردید (شکل ۴-۲).

در مقابل اثر اصلی تنش خشکی و بر همکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر وزن خشک ساقه در زمان مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲- میانگین مربعات وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۸۰ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه
بلوک	۲	۴۱/۹۲۰
تنش خشکی (S)	۲	۶۴/۱۹۳ ^{ns}
آلتراسونیک (W)	۴	۲۳۷۳/۴۴۰*
S*W	۸	۱۲۶۲/۴۶۸ ^{ns}
خطا	۲۸	۸۰۵/۹۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۹۱

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



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۱-۳ وزن خشک غلاف

نتایج این آزمایش مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۴) نشان داد که وزن خشک غلاف در زمان برداشت (۱۲۰ روز پس از کاشت)، به طور معنی داری در سطح ۱ درصد متأثر از سطوح مختلف

تنش خشکی بود. میانگین نتایج به دست آمده حاکی از آن است که، اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف (مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد) موجب کاهش وزن خشک غلاف نسبت به شاهد شدند (شکل ۴-۳). فیشر و هوگان (۱۹۶۵) عنوان داشتند که اثرات مضر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن غلافها با آبیاری مجدد کمتر می‌شود. وقتی گیاهان در مرحله گلدهی آبیاری می‌شوند، فعالیت‌های تولید مثلی گیاهان شروع می‌شود. اما بسیاری از غلافها به دلیل تنش از بین رفته‌اند.

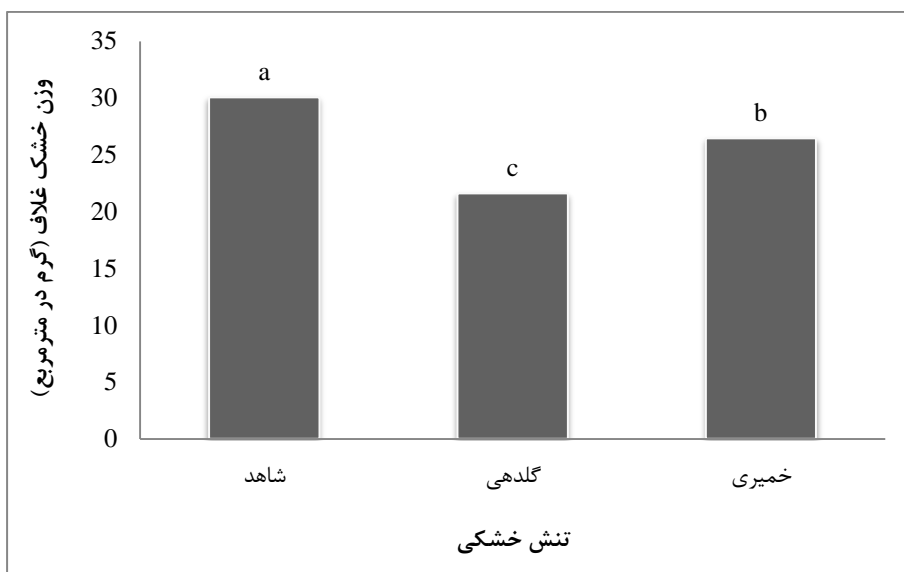
وزن خشک غلاف در متر مربع، تحت تاثیر امواج آلتراسونیک قرار گرفت (جدول ۴-۳). استفاده از امواج باعث شد که وزن خشک غلاف بیشتری نسبت به شاهد به دست آید. به طوری که بیشترین مقدار وزن خشک غلاف (۳۰/۲۳ گرم در متر مربع) مربوط به زمان ۴ دقیقه و کمترین مقدار (۲۳/۳۸ گرم در متر مربع) مربوط به شاهد است (شکل ۴-۴).

در این تحقیق اثر متقابل تنش خشکی و امواج آلتراسونیک بر وزن خشک غلاف معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۵).

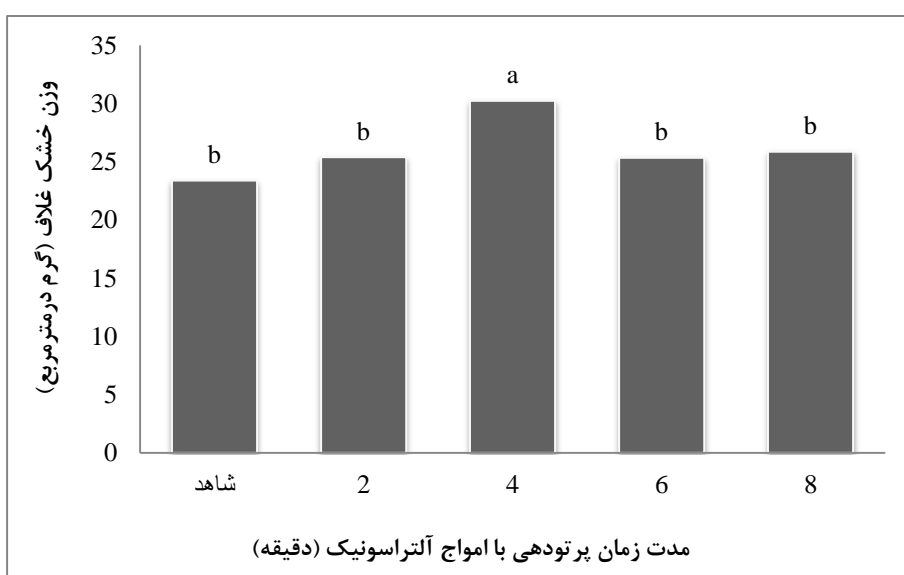
جدول ۴-۳- میانگین مربعات وزن خشک غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک غلاف
بلوک	۲	۱۴/۰۳۴
تنش خشکی (S)	۲	۲۶۹/۸۲۴**
آلتراسونیک (W)	۴	۵۷/۳۸۴*
S*W	۸	۱۹/۵۹۳ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۸/۳۹۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۴۶

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



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۲-۴- ارتفاع بوته

ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد 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 تأثیر عوامل مورد آزمایش

بر ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی در جدول ۴-۴ نشان داده شده است. نتایج نشان‌گر آنست که اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته در ۱۲۰ روز پس از کاشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین به وضوح نشان می‌دهد که ارتفاع بوته‌های شاهد اختلاف معنی‌داری با بوته‌های تحت تنش در مرحله گلدهی و خمیری به بعد داشته و بیشترین ارتفاع بوته در شرایط عدم وجود تنش به دست آمد (شکل ۴-۵). دانشمند (۱۳۸۵) بیان کرد، اعمال تنش خشکی در دوره رشد زایشی کلزا موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد. برادران (۱۳۸۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا به این نتیجه رسید که تنش خشکی موجب کاهش شدید ارتفاع بوته شد.

امواج آلتراسونیک ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی را نیز متأثر نمود (جدول ۴-۴). بیشترین میزان ارتفاع بوته در ۱۲۰ روز پس از کاشت مصادف با زمان برداشت با پرتودهی به مدت ۶ دقیقه به میزان ۵۲/۲۲ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در بوته‌های امواج دیده به مدت ۲ دقیقه به میزان ۴۳/۸۸ سانتی‌متر مشاهده شد و از لحاظ آماری بین سطوح مختلف امواج آلتراسونیک به مدت ۸ دقیقه و عدم استفاده از امواج (شاهد) اختلاف غیر معنی‌داری مشاهده گردید (شکل ۴-۶). تاثیر مثبت امواج فراصوت بر خصوصیات جوانه زنی گندم مثل سرعت جوانه زنی، تست جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقچه چه و وزن گیاهچه نیز تایید شده است (شرفی و همکاران، ۲۰۰۶). فاریابی و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعات خود دریافت که امواج فراصوت بر روی بذرهاى تریچه و فلغل باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها می‌شود.

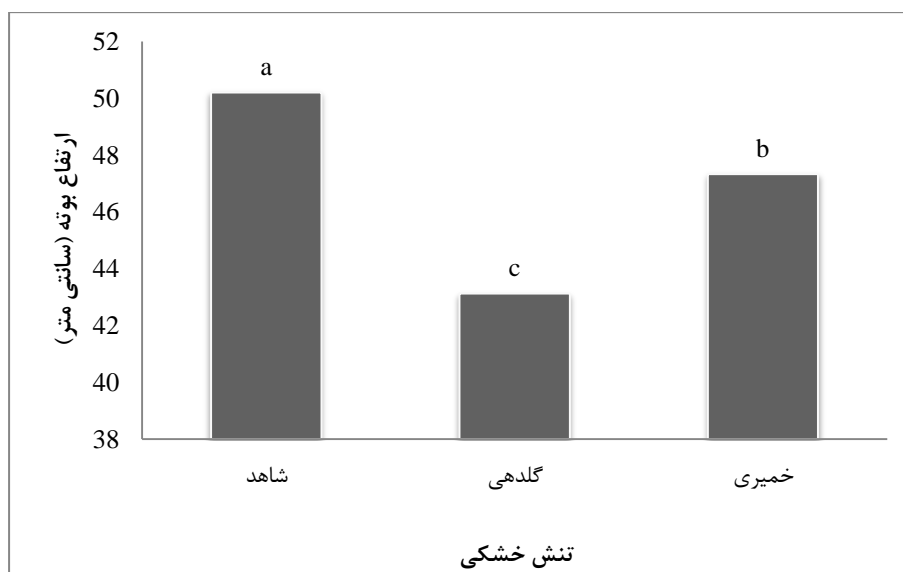
اثر متقابل تنش خشکی و امواج فراصوت در ۱۲۰ روز پس از کاشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۴-۴). بلندترین بوته (۵۵ سانتی‌متر) در شرایطی به دست آمد که هیچ گونه تنشی به گیاه اعمال نشد و گیاه تحت تاثیر امواج ۶ دقیقه قرار گرفته بود. بر همین اساس کمترین میزان (۴۰/۳۳ سانتی‌متر) در شرایط اعمال تنش خشکی در گلدهی و امواج ۲ دقیقه مشاهده شد و اختلاف غیر

معنی داری با عدم استفاده از امواج آلتراسونیک و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد مشاهده شد (شکل ۴-۷).

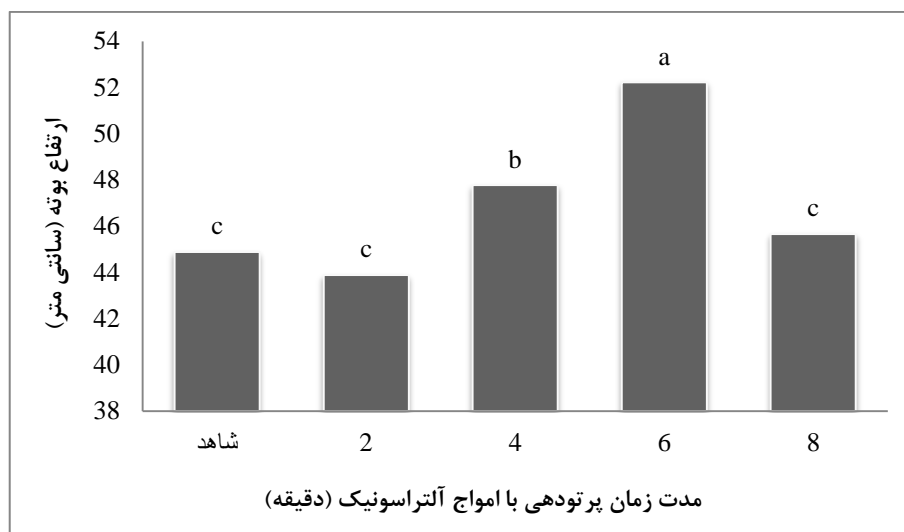
جدول ۴-۴- میانگین مربعات ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۱۹/۶۲۲
تنش خشکی (S)	۲	۱۸۹/۴۸۸**
آلتراسونیک (W)	۴	۹۸/۳۸۸**
S*W	۸	۱۲/۹۸۸*
خطا	۲۸	۴/۶۶۹
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۶۰

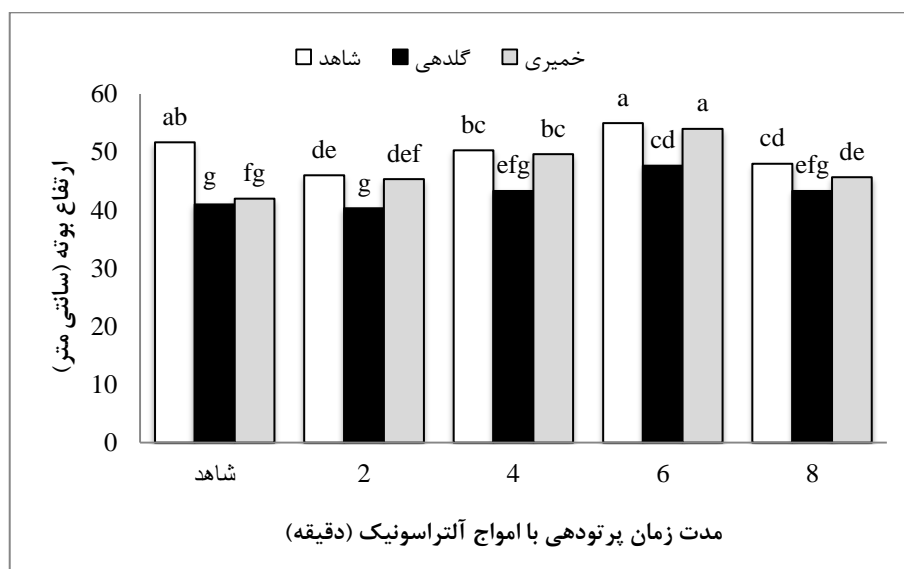
n.s. و **، * به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین ارتفاع بوته برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۴-۳- قطر ساقه

تنش خشکی تأثیر معنی داری بر قطر ساقه در ۱۲۰ روز پس از کاشت داشت (جدول ۴-۵). در این زمان، بیشترین قطر ساقه (۱۱/۷۲ میلی متر) مربوط به عدم کمبود آب به عنوان شاهد و کمترین آن مربوط به شرایط تنش از گلدهی (۸/۲۲ میلی متر) و خمیری به بعد (۹/۵۰ میلی متر) بود (شکل ۴-۸). قاعدتاً در شرایط تنش ملایم کم آبی، گیاهان با کمک مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری

و یا تحمل پسابدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می‌باشند، ولی در شرایط تنش شدید به دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

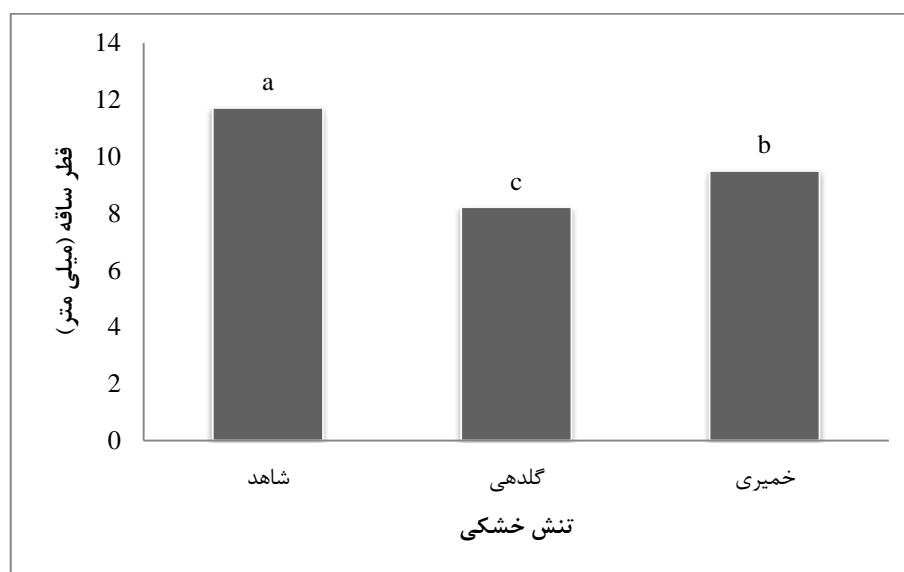
سطوح مختلف امواج آلتراسونیک نیز تأثیرات متفاوتی را (در سطح احتمال ۱٪) بر قطر ساقه به جای گذاردند (جدول ۴-۵). به نحوی که بیشترین قطر ساقه به دلیل شوک‌های حرارتی و فشاری ایجاد شده به بذور لوبیا چشم بلبلی توسط امواج فراصوت و افزایش رشد گیاه با استفاده از پرتو دهی ۸ دقیقه به میزان ۱۲/۳۳ میلی‌متر و کمترین قطر با امواج ۲ دقیقه به میزان ۸/۰۳ میلی‌متر مشاهده شد. از نتایج فوق‌الذکر می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش صوت دهی بر میزان قطر ساقه افزوده شد (شکل ۴-۹).

اثر متقابل تنش خشکی و امواج آلتراسونیک بر قطر ساقه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۵). در مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴-۱۰) نیز مشخص گردید بیشترین قطر ساقه با کاربرد توأم عدم تنش و امواج آلتراسونیک به مدت ۸ دقیقه حاصل گردید با این توضیح کمترین قطر ساقه در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی و امواج ۲ دقیقه مشاهده شد که از لحاظ آماری با تیمار تنش از مرحله گلدهی به بعد و عدم استفاده از امواج (شاهد) و پرتو دهی به مدت ۲ دقیقه اختلاف غیر معنی‌داری به دست آمد (شکل ۴-۱۰).

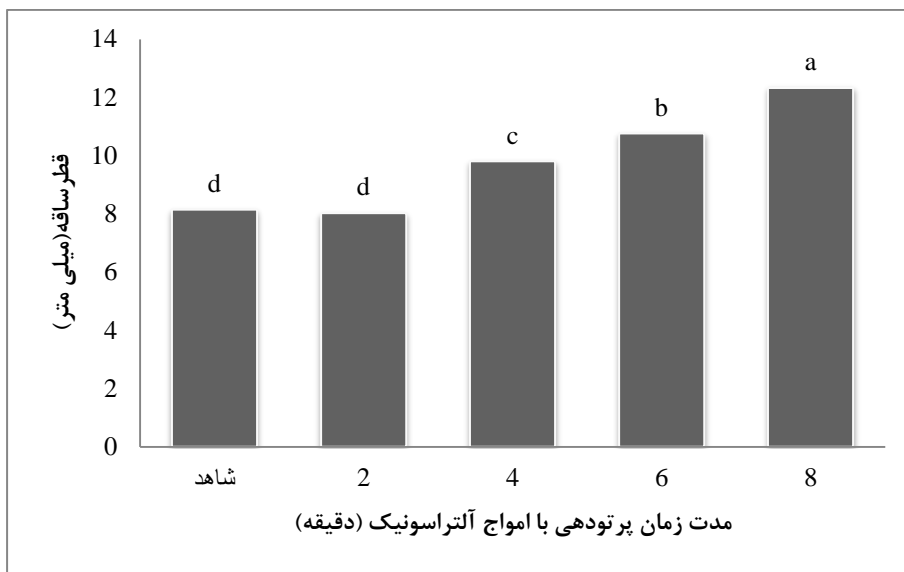
جدول ۴-۵- میانگین مربعات قطر ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه
بلوک	۲	۰/۱۸۴
تنش خشکی (S)	۲	۴۷/۱۴۷**
آلتراسونیک (W)	۴	۲۹/۶۱۷**
S*W	۸	۱/۳۴۶*
خطا	۲۸	۰/۵۴۲
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۵۰

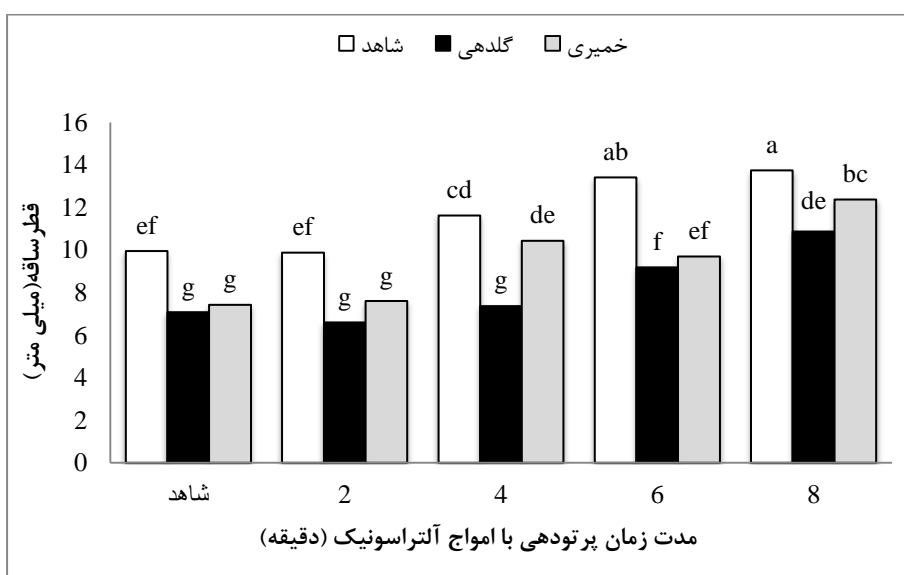
*** و ** و * به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین قطر ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین قطر ساقه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین قطر ساقه برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۴-۴- تعداد گره ساقه

نتایج تجزیه واریانس تأثیر عوامل مورد آزمایش بر تعداد گره ساقه در بوته لوبیا چشم بلبلی در جدول ۴-۶ نشان داده شده است. نتایج بیان گر آنست که اثر تنش خشکی بر تعداد گره در ۱۲۰ روز پس از کاشت معنی دار بود ($p < 0/01$). تفاوت آماری معنی داری میان تنش در گلدهی و خمیری به

بعد بر تعداد گره مشاهده شد و هر دو سطوح تنش خشکی با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. به طوری که تنش در گلدهی و خمیری به بعد به ترتیب موجب کاهش تعداد گره به میزان ۲۲/۶۰ و ۷/۹۳ درصد نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۱۱). تعداد گره در ساقه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا تعداد برگ در گیاه را تعیین می‌کند و باعث افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود (ریدی و همکاران، ۱۹۹۷). با بررسی اثر تنش خشکی بر سویا، تعداد گره و ارتفاع گیاه را برای تشخیص حساسیت به تنش‌های جزئی قبل از گلدهی مفید دانستند (دی اسکالوکس و همکاران، ۲۰۰۰).

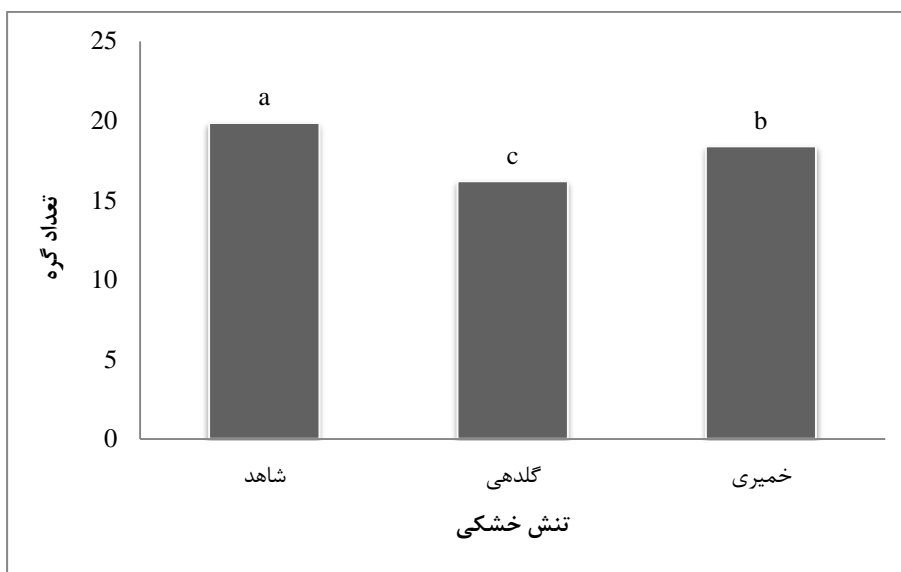
طبق نتایج مندرج در جدول ۴-۶ اثر امواج آلتراسونیک در سطح ۱ درصد بر تعداد گره ساقه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌سازد که بیشترین تعداد گره ساقه در امواج ۴ دقیقه (۲۱/۱۱) و کمترین مقدار (۱۶/۱۱) در تیمار ۲ دقیقه حاصل شد و استفاده از امواج ۴ دقیقه نسبت به عدم استفاده ۲۸/۴ درصد گره بیشتری تولید کرد (شکل ۴-۱۲).

در این تحقیق اثر متقابل فاکتورها بر تعداد گره ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۴-۶).

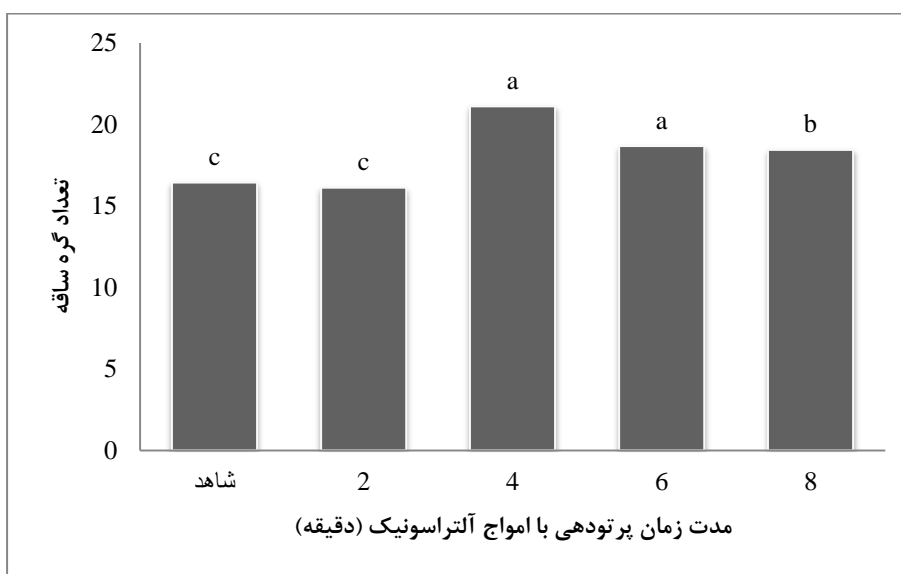
جدول ۴-۶- میانگین مربعات تعداد گره ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گره ساقه
بلوک	۲	۰/۲۸۸
تنش خشکی (S)	۲	۵۱/۰۸۸ ^{**}
آلتراسونیک (W)	۴	۳۶/۴۲۲ ^{**}
S*W	۸	۴/۵۸۸ ^{ns}
خطا	۲۸	۲/۹۵۵
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۴۶

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



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد گره ساقه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین تعداد گره ساقه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۵- سطح برگ

بر اساس تجزیه آماری داده‌ها در این آزمایش (جدول ۴-۷) تاثیر تنش خشکی بر سطح برگ در ۹۵ روز پس از کاشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در نتیجه اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد میزان سطح برگ به ترتیب ۲۹/۹۲ و ۱۳/۰۱ درصد نسبت به شاهد

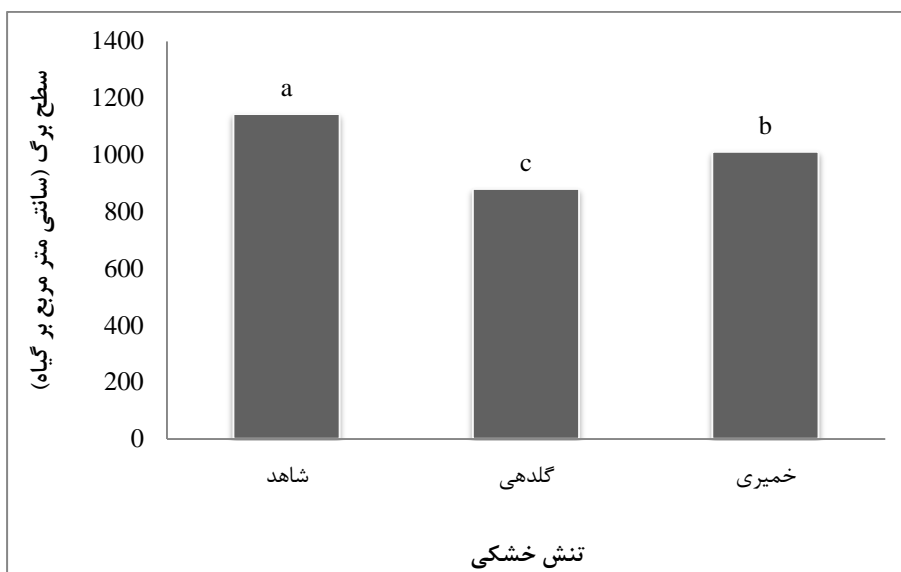
(آبیاری کامل) کاهش داد (شکل ۴-۱۳). کاهش رشد سلول‌ها در اثر تنش خشکی، در درجه اول باعث کاهش رشد برگ می‌گردد. به علاوه در شرایط تنش جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌شود. با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد بنابراین محدود شدن سطح برگ را می‌توان به عنوان اولین ساز و کار دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (لویت، ۱۹۸۰). تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ مهمترین اثر تنش خشکی محسوب می‌شود که در اثر کاهش تعداد برگ، کاهش اندازه برگ، ممانعت از توسعه برگ و پیری برگ حاصل می‌شود. تنش خشکی، سطح ویژه برگ (SLA) و نسبت سطح برگ (LAR) لوبیا چشم بلبلی را به طور متوسط در حدود ۵-۲۰ درصد و سطح برگ و تعداد برگ‌ها را ۴۰-۵۰ درصد کاهش می‌دهد (آنیا و هرزوغ، ۲۰۰۴). برای تولید ماده خشک گیاه ارتباط قوی با سطح برگ و سرعت فتوسنتز برگ دارد و برای رسیدن به سرعت بالاتر تولید ماده خشک لازم است که سرعت فتوسنتز با حفظ سطح برگ در سرتاسر فصل رشد بالا نگه داشته شود (پوروانتو، ۲۰۰۳).

اثر امواج آلتراسونیک و همچنین اثر متقابل امواج اولتراسونیک و تنش خشکی بر سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۴-۷).

جدول ۴-۷- میانگین مربعات سطح برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک در ۹۵ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ
بلوک	۲	۱۸۹۷/۵۱۴
تنش خشکی (S)	۲	۲۶۰۰۴۴/۲۲۵ ^{**}
آلتراسونیک (W)	۴	۱۷۹۷۲/۸۳۸ ^{ns}
S*W	۸	۳۱۹۹۴/۳۰۲ ^{ns}
خطا	۲۸	۲۴۷۵۷/۹۵۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۵۵

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



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین سطح برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) در ۹۵ روز پس از کاشت

۴-۶- تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج میانگین مربعات در جدول ۴-۸ نشان داد، اثر تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه لوبیا چشم بلبلی بسیار معنی‌دار شد. تفاوت آماری معنی‌داری میان تنش در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد بر تعداد شاخه‌های فرعی مشاهده شد، افزون بر این هر دو با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. به طوری که تنش در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به ترتیب موجب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی به میزان $42/05$ و $23/84$ درصد نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۱۴). نیلسن (۱۹۹۷) بیان کرد که تنش خشکی در مرحله رشد زایشی در کلزا، موجب شاخه‌های فرعی کمتر نسبت به سایر مراحل رشد می‌گردد. نیلسن و جامیک (۱۹۹۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی کلزا مشاهده کردند، تنش خشکی اعمال شده در دوره‌ی پر شدن دانه در مقایسه با سایر مراحل رشد، تعداد شاخه‌های فرعی کمتری تولید کرد.

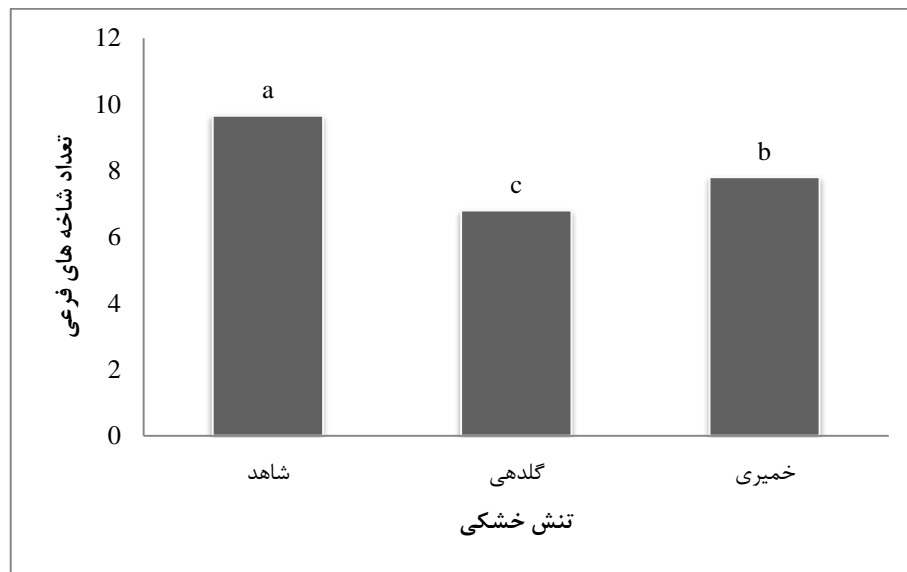
کاربرد امواج فراصوت و اثر متقابل امواج فراصوت و تنش خشکی بر این صفت تأثیر نداشت

(جدول ۴-۸).

جدول ۴-۸- میانگین مربعات تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه‌های فرعی
بلوک	۲	۱/۳۵۵
تنش خشکی (S)	۲	۳۱/۷۵۵**
آلتراسونیک (W)	۴	۲/۱۸۸ ^{ns}
S*W	۸	۲/۵۸۸ ^{ns}
خطا	۲۸	۱/۶۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۸۳

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



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۷- تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲

جدول ۴-۹ نتایج تجزیه واریانس تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ را نشان می‌دهد. نتایج بر این

نکته دلالت دارد که در ۱۲۰ روز پس از کاشت (زمان برداشت گیاه) اثر تنش خشکی بر تعداد

شاخه‌های فرعی درجه ۲ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به تنش در گلدهی و خمیری به بعد بود و تیمارهای هر دو سطوح تنش خشکی و عدم تنش از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. در مقابل این صفت در بوته‌هایی که آبیاری آنها به طور کامل صورت گرفته بود (شاهد) به ترتیب ۴۰/۴۳ و ۱۹/۲۱ درصد بیشتر از تنش در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه بود (شکل ۴-۱۵). شاخه‌دهی زیاد تحت شرایط خشکی یک صفت نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا باعث مصرف بیهوده‌ی رطوبت خاک و اتلاف آن می‌گردد (کیم و کرونستد، ۱۹۸۱). بنابراین کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط کم آبی را شاید بتوان به عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه لوبیا چشم بلبلی در نظر گرفت.

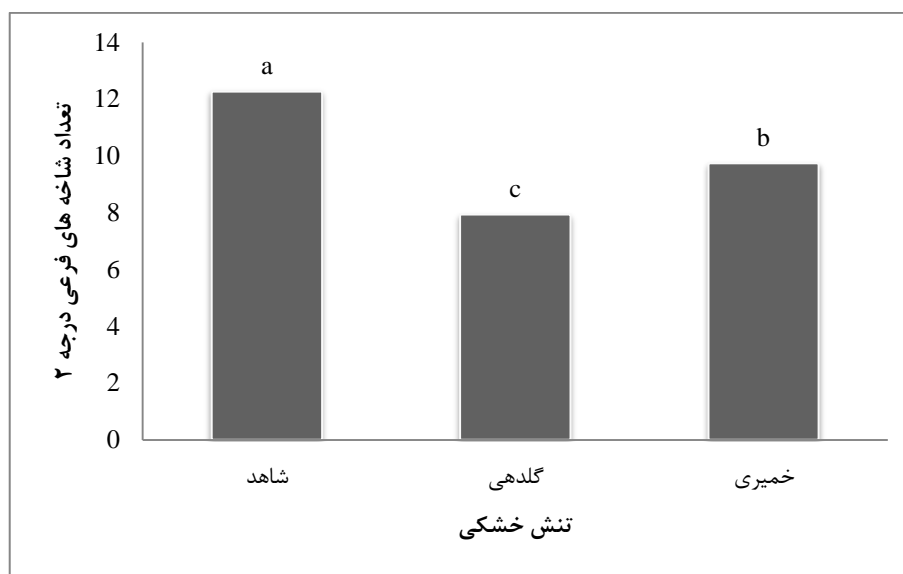
امواج آلتراسونیک در بوته لوبیا چشم بلبلی تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ داشت (جدول ۴-۹). پرتودهی به مدت ۸ دقیقه منجر به افزایش ۲۵/۵۷ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۱۶)

اثر متقابل امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ معنی‌دار شد (جدول ۴-۹). ملاحظه می‌شود که با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و عدم پرتودهی با امواج آلتراسونیک کمترین تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ (۷ عدد) به دست آمد و از لحاظ آماری اختلاف غیر معنی‌داری با پرتودهی به مدت ۴ دقیقه و اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی به بعد مشاهده شد. در حالی که بیشترین شاخه به میزان (۱۵ عدد) در شرایط عدم تنش و تیمار ۸ دقیقه موج‌دهی مشاهده شد که موجب افزایش ۱۴/۲۸ درصدی صفت مذکور گردید (شکل ۴-۱۷).

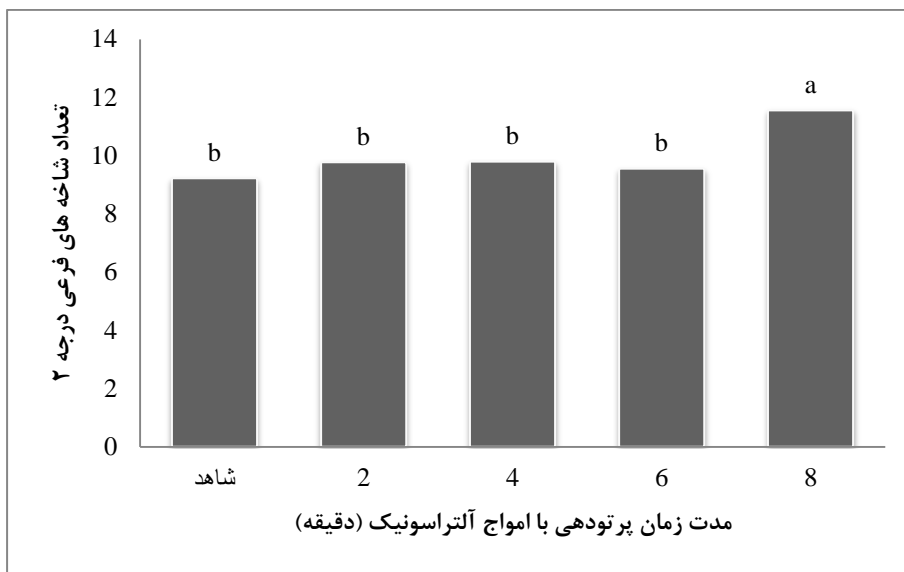
جدول ۴-۹- میانگین مربعات تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲
بلوک	۲	۴/۴۶۶
تنش خشکی (S)	۲	۴۱/۸۶۶**
آلتراسونیک (W)	۴	۷/۴۶۶*
S*W	۸	۷/۹۵۰*
خطا	۲۸	۲/۵۶۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۵۹

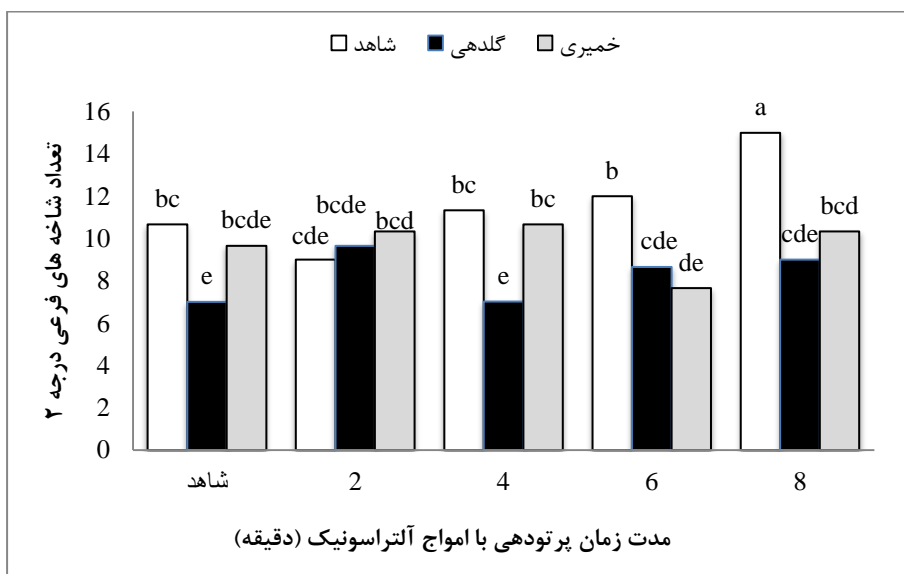
***، ** و * به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد شاخه های فرعی درجه ۲ در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه های فرعی درجه ۲ برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۸-۴ - فاصله اولین غلاف از سطح خاک

براساس نتایج مندرج در جدول ۴-۱۰ اثر تنش خشکی در سطح احتمال ۱٪ بر فاصله اولین

غلاف از سطح خاک معنی دار شد. با در اختیار داشتن مقایسه میانگین ها می توان بیان کرد که فاصله

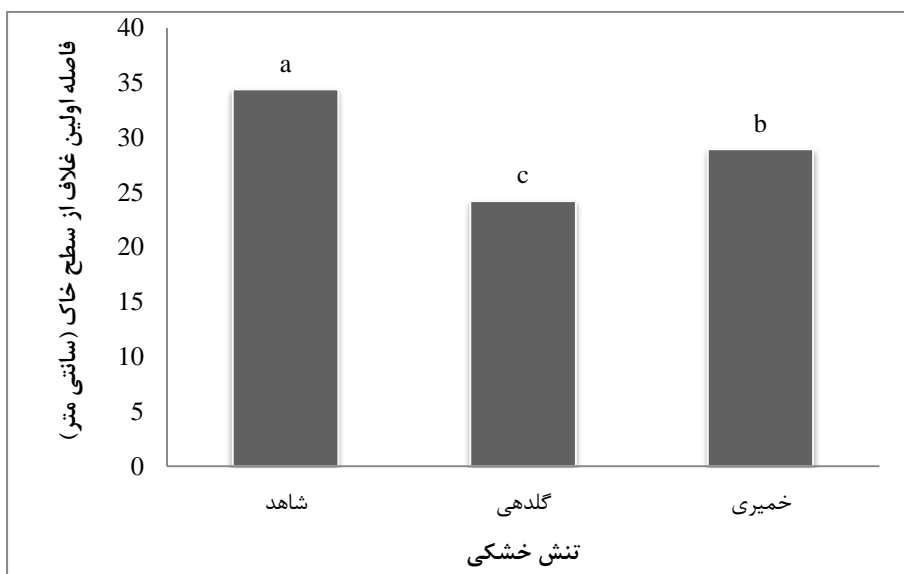
اولین غلاف از سطح خاک در شرایط عدم تنش (۳۴/۴۰ سانتی‌متر) در مقایسه با اعمال تنش در مرحله گلدهی و خمیری به بعد به ترتیب حدود ۴۲/۱۴ و ۱۸/۹۰ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۱۸). اثر امواج آلتراسونیک بر فاصله اولین غلاف از سطح خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۰). با مشاهده شکل ۴-۱۹ معلوم می‌شود که بیشترین فاصله (۳۳/۱۱ سانتی‌متر) و کمترین آن (۲۶/۸۸ سانتی‌متر) به ترتیب در سطوح ۴ دقیقه پرتودهی و عدم کاربرد این امواج (شاهد) به دست آمد.

نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و امواج فراصوت بر فاصله اولین غلاف از سطح خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۰). همان‌طور که در شکل نشان داده می‌شود کمترین فاصله در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی و عدم استفاده از امواج مشاهده شد که از لحاظ آماری با اعمال تنش در مرحله خمیری و بدون پرتودهی اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (شکل ۴-۲۰). طی تحقیقی بر روی گیاهان مختلف پس از تیمار بذور با امواج فراصوت ۴۲ کیلوهرتز نتایج حاکی از برتری بالای تیمار فراصوت نسبت به شاهد بود (بینا و همکاران، ۱۳۸۷).

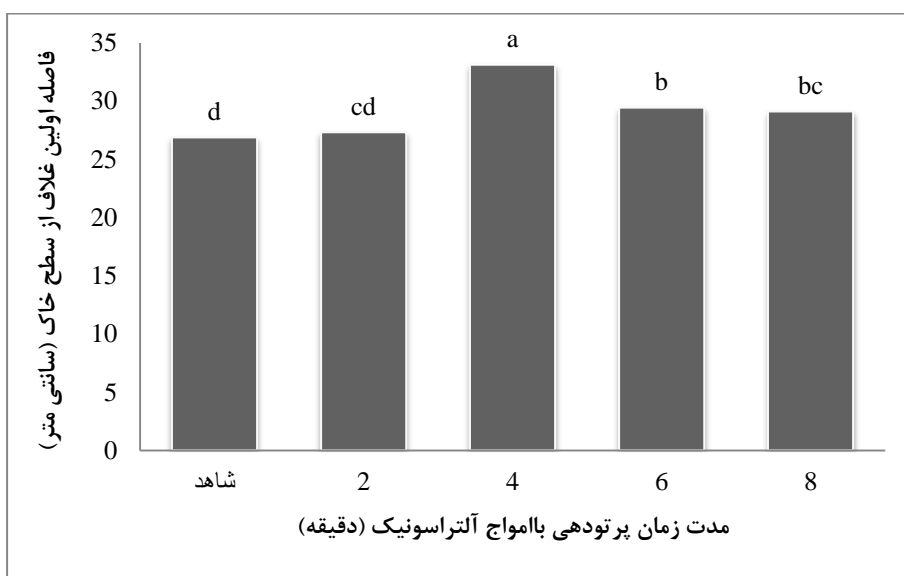
جدول ۴-۱۰- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح خاک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	فاصله اولین غلاف از سطح خاک
بلوک	۲	۱۹/۲۸۸
تنش خشکی (S)	۲	۳۹۰/۸۲۲**
آلتراسونیک (W)	۴	۵۴/۴۲۲**
S*W	۸	۹/۷۳۸*
خطا	۲۸	۴/۰۹۸
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۳

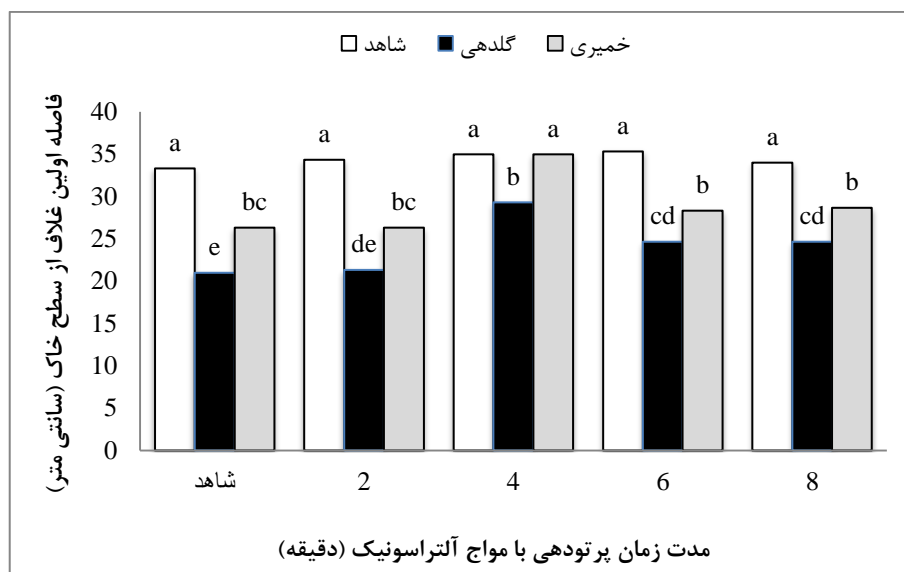
*، ** و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح خاک برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۹-۴- طول غلاف

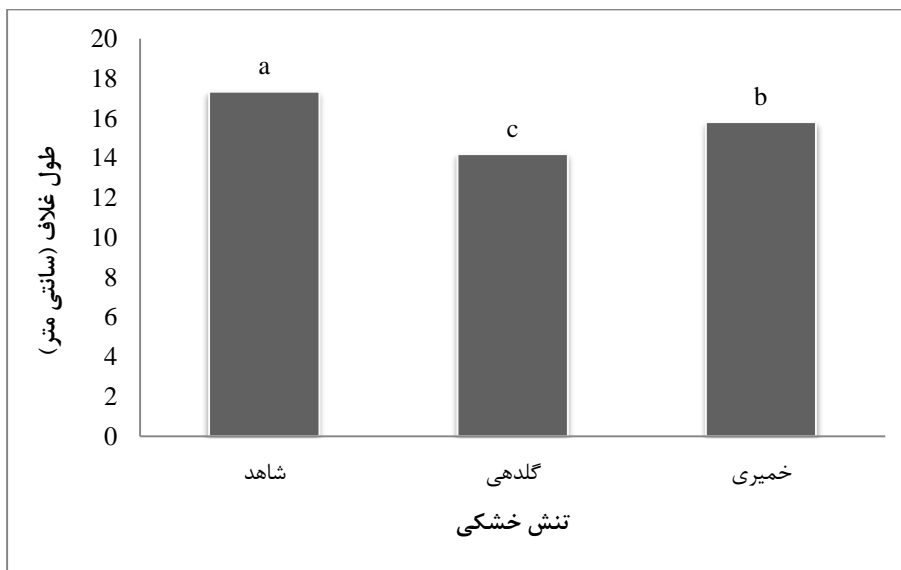
اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول غلاف بسیار معنی دار شد (۴-۱۱). طول غلاف در بوته‌های تحت تنش، نسبت به شاهد کوچکتر بود. کوتاه‌ترین غلاف به ترتیب مربوط به اعمال تنش در مرحله گلدهی (۱۴/۲۰ سانتی‌متر) و خمیری به بعد (۱۵/۸۰ سانتی‌متر) و بلندترین غلاف مربوط به بوته‌های شاهد (۱۷/۳۳ سانتی‌متر) بود همان طور که در شکل ملاحظه می‌گردد بین دو سطح تنش خشکی اختلاف معنی داری وجود دارد (شکل ۴-۲۱).

در این تحقیق اثر اصلی امواج آلتراسونیک و اثر متقابل آنها نسبت به یکدیگر بر طول غلاف معنی دار نشدند (جدول ۴-۱۱).

جدول ۴-۱۱- میانگین مربعات طول غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	طول غلاف
بلوک	۲	۹/۶۸۸
تنش خشکی (S)	۲	۳۶/۸۲۲**
آلتراسونیک (W)	۴	۳/۲۲۲ ^{ns}
S*W	۸	۱/۸۲۲ ^{ns}
خطا	۲۸	۱/۴۷۶
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۹

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



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین طول غلاف در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۱۰- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۱۰-۱- وزن ۱۰۰ دانه

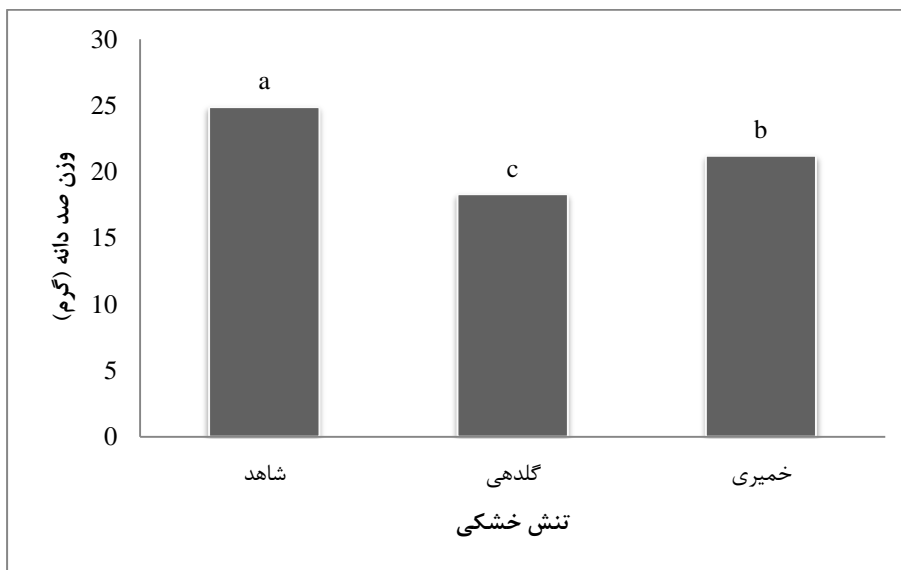
جدول ۴-۱۲، نتایج تجزیه واریانس وزن صد دانه را نشان می‌دهد. اثر تنش خشکی بر وزن صد دانه در سطح اطمینان ۱ درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج، در هر دو شرایط تنش خشکی وزن صد دانه، رو به کاهش نهاد (شکل ۴-۲۲). جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵)، طی پژوهشی روی سویا اظهار داشتند، بعد از رفع تنش کم آبی، در شرایط وجود فرصت کافی برای رشد، گیاه با توسعه اجزای رویشی، وزن صد دانه را افزایش داده و کاهش تعداد دانه در گیاه را جبران می‌کند. به این جهت با اختصاص مواد بیشتر برای تولید اندام‌های فعال فتوسنتز کننده نسبت به بافت‌های ساختمانی، مواد فتوسنتزی بیشتری تولید نموده و به مقصدها انتقال می‌دهد. بنابراین اعمال تنش در این مرحله تأثیر چندانی بر گیاه نداشت. اما در شرایط اعمال تنش در زمان تشکیل غلاف، گیاه به اواخر رشد رویشی خود نزدیک گردید. بنابراین وقوع تنش موجب کاهش قابل توجه فعالیت فتوسنتز شده و بعد از رفع تنش، فرصتی برای گیاه باقی نمانده تا به افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی بپردازد، در نتیجه وزن صد دانه کاهش یافت. در واقع وقوع تنش در مرحله نمو دانه که مصادف با مرحله انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه می‌باشد، منجر به کاهش سرعت انتقال مواد به دانه می‌شود. در پایان گلدهی، ریزش برگ‌های پایین جامعه گیاهی آغاز می‌گردد و به دلیل عدم وجود رطوبت کافی، ساقه‌ها و برگ‌ها قادر به انتقال مناسب مواد فتوسنتزی نیستند. رفع تنش در انتهای فصل نیز فقط می‌تواند قسمتی از مواد ذخیره‌ای که در اندام‌های رویشی انباشته می‌شود را به دانه منتقل نماید.

اثر اصلی امواج فراصوت و اثر متقابل آن با تنش خشکی بر وزن صد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۴-۱۲).

جدول ۴-۱۲- میانگین مربعات وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن صد دانه
بلوک	۲	۷۶/۸۷۷
تنش خشکی (S)	۲	۱۶۳/۸۲۸ ^{**}
آلتراسونیک (W)	۴	۱/۸۷۸ ^{ns}
S*W	۸	۸/۸۱۴ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۱/۸۲۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۰۲

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



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۱۰-۲- تعداد غلاف در متر مربع

نتایج سطوح مختلف تنش خشکی حاکی از آن بود که در ۱۲۰ روز پس از کاشت اثر تنش خشکی بر تعداد غلاف در متر مربع بسیار معنی دار شد (جدول ۴-۱۱). با توجه به نتایج مقایسه

میانگین برتری شاهد مشهود بود به طوری که کمیت این صفت به ترتیب $39/84$ و $21/12$ درصد بیشتر از اعمال تنش خشکی در گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد بود (شکل ۴-۲۳). زابلوتوویچ و همکاران (۱۹۸۱) عنوان داشتند، کافی نبودن بارش و یا توزیع نامناسب آب، عملکرد لوبیا چشم بلبلی را کاهش می‌دهد. اگر این توزیع نامناسب آب در دوران اواسط گلدهی و دوران بسته شدن غلاف‌ها باشد، خسارت بیشتر است. هاشم و همکاران (۱۹۹۸) کاهش معنی‌داری در تعداد غلاف و وزن دانه گیاهانی که در اواخر رشد رویشی و آغاز تنش کم آبی قرار گرفته، مشاهده نمودند. با بررسی اثر تنش خشکی روی اجزای عملکرد سه رقم لوبیا نشان دادند تنش در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در واریته‌های لوبیا چشم بلبلی شد (فین بائوم، ۱۹۹۱).

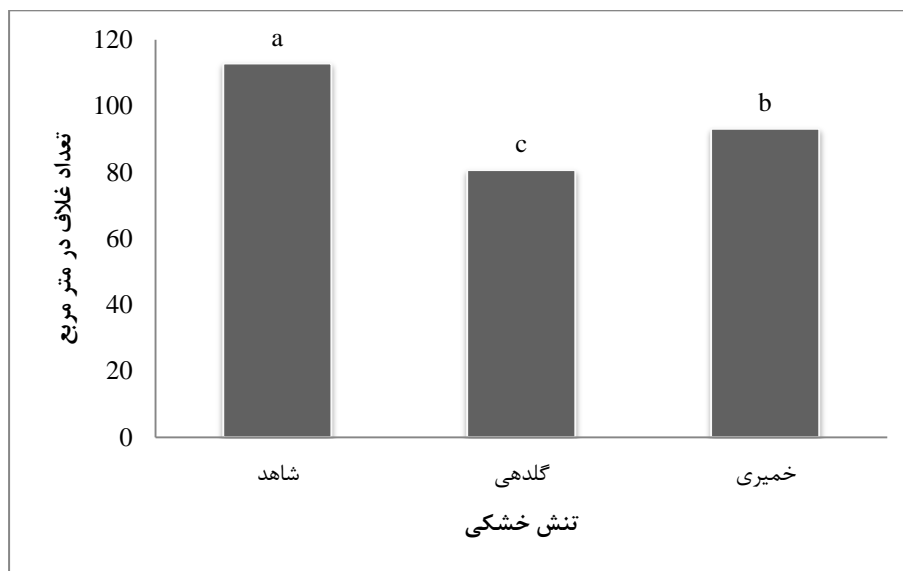
اثر متقابل امواج فراصوت و تنش خشکی بر تعداد غلاف در متر مربع در بوته لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۳). نتایج به دست آمده نشان داد که کمترین تعداد غلاف مربوط به تیمار ۶ دقیقه امواج و اعمال تنش از مرحله گلدهی به بعد (77 غلاف در متر مربع) و بیشترین تعداد غلاف مربوط به تیمار ۸ دقیقه و بدون اعمال تنش ($119/3$ غلاف در متر مربع) به دست آمد (شکل ۴-۲۴).

اثر اصلی امواج آلتراسونیک بر تعداد غلاف در متر مربع معنی‌دار نشد (جدول ۴-۱۳).

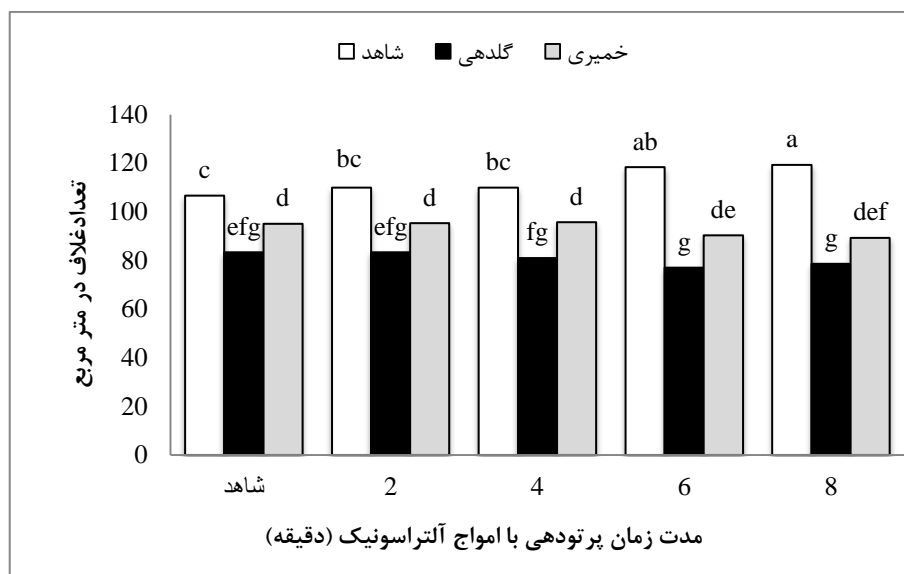
جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات تعداد غلاف در متر مربع در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در متر مربع
بلوک	۲	۸۴/۶۸۸
تنش خشکی (S)	۲	۳۹۵۴/۱۵۵ ^{**}
آلتراسونیک (W)	۴	۲/۰۵۵ ^{ns}
S*W	۸	۷۲/۲۳۸ [*]
خطا	۲۸	۲۵/۷۶۰
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۳۱

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



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین تعداد غلاف در متر مربع در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در متر مربع برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۴-۱۰-۳- تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی به طور معنی داری (در سطح احتمال ۰.۱٪) تحت تأثیر فاکتورهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۴-۱۴). بیشترین تعداد دانه در بوته متعلق به عدم تنش بود. گیاهانی که آبیاری آنها از مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد قطع شده بود تعداد دانه کمتر از گیاهان آبیاری شده (شاهد) بود. اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی به بعد منجر به کاهش بیشتر دانه نسبت به کمبود آب در مرحله خمیری شدن دانه به بعد شد (شکل ۴-۲۵). از دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش خشکی می‌توان به کاهش تعداد گل‌ها و کم شدن تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند اشاره نمود. از طرفی می‌دانیم که انتقال مواد از آوند آبکش هم به فتوسنتز، که مواد اصلی را تولید می‌نماید و هم به متابولیسم مخزن وابسته است. تنش خشکی، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌های در حال رشد و توسعه کاهش می‌دهد. نتیجه این امر این است که خشکی به صورت غیر مستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل آب است. در مواجهه با تنش خشکی، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یافته و این امر انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت مقدار

آسمیلات‌های ذخیره ای را کاسته و می‌توان گفت که آسیب پذیری تشکیل دانه را در شرایط خشکی افزایش می‌دهد (کافی و همکاران، ۱۳۸۲).

تأثیر امواج فراصوت بر تعداد دانه بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۴). تعداد دانه‌های پرتودهی شده با این امواج به طور معنی‌داری در مقایسه با عدم کاربرد به عنوان شاهد افزایش یافتند. بیشترین تعداد دانه با اعمال ۸ دقیقه موج آلتراسونیک حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اعمال ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه موج آلتراسونیک به ترتیب باعث افزایش ۳/۷۳، ۵/۷۳، ۸/۹۵ و ۱۰/۷۱ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل ۴-۲۶). قرار گرفتن بذر ذرت به مدت ۴ دقیقه اثر مثبت امواج فراصوت بر استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و پایداری آن در شرایط مختلف گزارش شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰).

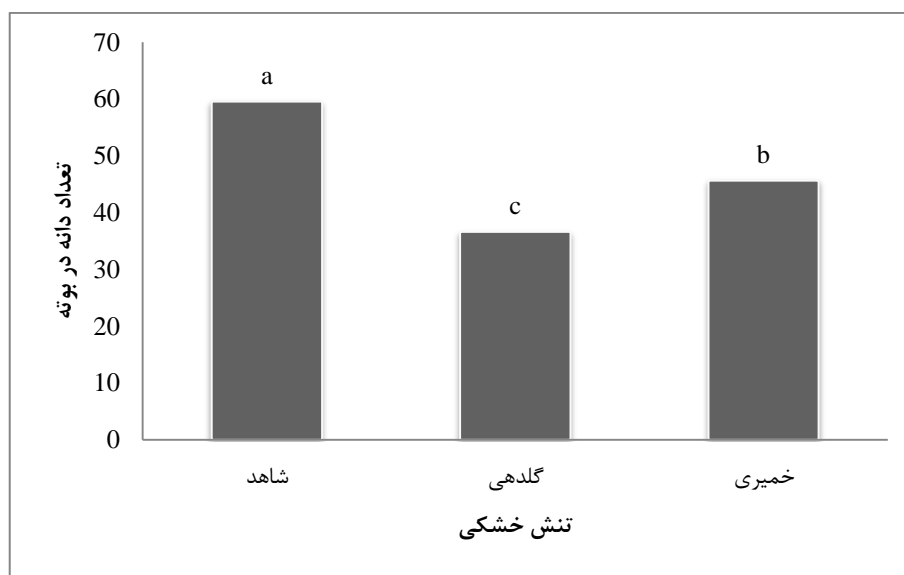
اثر متقابل تنش خشکی و امواج آلتراسونیک در سطح احتمال ۱ درصد به طور معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته تأثیر داشتند (جدول ۴-۱۴). با توجه به مقایسات انجام شده (شکل ۴-۲۷) مشخص می‌شود که تعداد دانه، در شرایط مختلف، مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد. به طوری که با کاربرد ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه پرتودهی، همراه با عدم تنش خشکی (شاهد) توانسته تعداد دانه را به ترتیب از ۳۶ عدد دانه در شرایط تنش در گلدهی به بعد و بدون امواج (شاهد) به ۵۸، ۶۰، ۶۲/۳۳ و ۶۳/۳۳ عدد در هر بوته برساند. نتایج حاصله نشان داد که کمترین تعداد دانه در بوته از تیمارهایی به دست آمد که امواج آلتراسونیک با تیمار عدم کاربرد (شاهد) و اعمال تنش در مرحله گلدهی و خمیری به بعد همراه بود. بنابر این حداکثر تعداد دانه (۶۳/۳۳ عدد) در بوته‌هایی بود که با ۸ دقیقه پرتودهی و عدم کاربرد تنش خشکی تیمار شده بودند. وجود شرایط بهینه و مناسب آبی و هم‌چنین استفاده موثر از امواج فراصوت در تولید مواد فتوسنتزی در شرایط ایده‌ال و گرده‌افشانی باعث تولید گل بیشتر شده است و تعداد دانه‌ها را افزایش داده است. 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، ایشان نظریه رابطه بین تنش و رشد را مطرح نموده و بیان کردند که تحریک صوتی نه تنها به سلول‌ها صدمه نزده

بلکه می‌تواند رشد سلول را نیز افزایش دهد، امواج صوتی قابلیت جذب مواد غذایی را افزایش داده، کالوس‌های گیاهی را در سطح بالاتری از متابولیسم و تقسیم سلولی قرار داده و رشد و در نهایت عملکرد را افزایش می‌دهد.

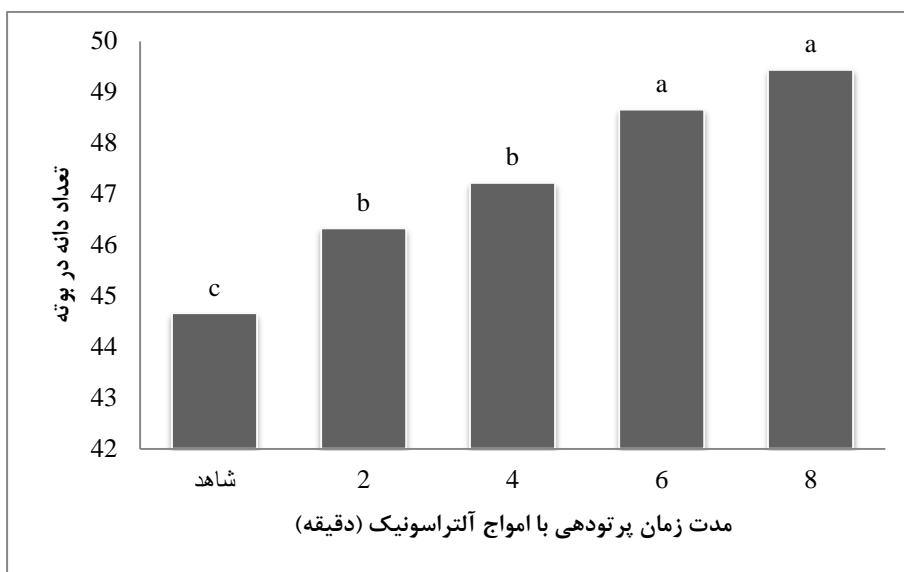
جدول ۴-۱۴- میانگین مربعات تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در بوته
بلوک	۲	۵/۲۶۶
تنش خشکی (S)	۲	۲۰۰۱/۰۶۶**
آلتراسونیک (W)	۴	۳۲/۲۵۵**
S*W	۸	۸/۴۵۵**
خطا	۲۸	۲/۰۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰۳

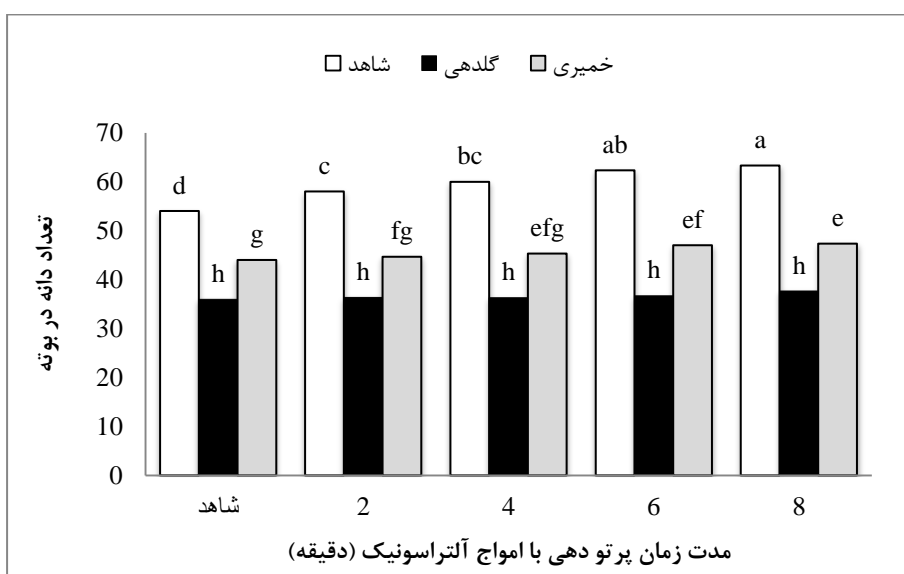
*, **, و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۴-۱۰-۴- عملکرد دانه

با توجه به نتایج، اعمال تنش خشکی بر عملکرد دانه تاثیر نامطلوبی گذاشته و در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۴-۱۵). نتایج دال بر آنست که عملکرد دانه در متر مربع در شرایط تنش خشکی کاهش شدیدی پیدا کرد. با قطع آبیاری در ایجاد شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی و

خمیری شدن دانه به بعد عملکرد به ترتیب ۳۲/۰۳ و ۲۰/۳۵ درصد کمتر از شاهد بود (شکل ۴-۲۸). به علت اعمال تنش در گلدهی، تعدادی از گل‌ها برای حفظ بقا و تحمل تنش در گیاه ریزش یافته و در نتیجه کاهش تعداد و وزن دانه شد. در مجموع این عوامل موجب کاهش عملکرد نسبت به شرایط عدم تنش می‌شوند. در گزارشی تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی شد (رضایی و کامگار حقیقی، ۱۳۸۸). هنگامی که پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد، غلظت ABA در برگ‌ها افزایش می‌یابد. هدایت روزنه‌ای به علت کمبود پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد، افزایش ABA در گیاهان به ویژه در ریشه‌ها به میزان رطوبت خاک بستگی دارد. هنگامی که گیاهان با یک دوره تنش خشکی مواجه می‌شوند، بیوسنتز ABA در ریشه‌ها افزایش یافته و از طریق آوند چوبی به اندام‌های هوایی منتقل و موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌گردند. این هورمون بر هدایت آب در سلول‌های گیاهی و رشد ریشه‌ها تاثیر گذار است. بسته شدن روزنه‌ها میزان فتوسنتز گیاه را تحت تاثیر قرار داده و کاهش تولید در گیاه را منجر می‌شوند. حال اگر این تنش در دوران گلدهی و غلاف بندی در گیاه صورت بگیرد، بر محصول گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد در گیاه می‌گردد (گوماس و همکاران، ۲۰۰۴). زمانی که کمبود آب در مرحله گلدهی و غلاف بندی رخ می‌دهد، عملکرد کاهش می‌یابد. شکاری (۲۰۰۶) در بررسی صفات تحمل به خشکی در لوبیا اظهار داشت بیشترین کاهش عملکرد دانه‌ای در مرحله گلدهی و پس از آن در مرحله غلاف‌بندی مشاهده گردید و کاهش عملکرد در مرحله گلدهی می‌تواند به دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده باشد که باعث کاهش در تعداد غلاف بوده و در مرحله غلاف‌بندی به دلیل کاهش در وزن صد دانه می‌باشد. همچنین در مرحله گلدهی به دلیل اینکه تنش آبی باعث می‌شود طول دوره تشکیل اندام‌های زایشی برای غلاف‌های ایجاد شده در پایین ساقه، طولانی و برای غلاف‌های تشکیل شده در بالای ساقه، کوتاه‌تر باشد، روی وزن نهایی دانه‌ها تاثیر گذاشته و باعث کاهش وزن صد دانه می‌گردد.

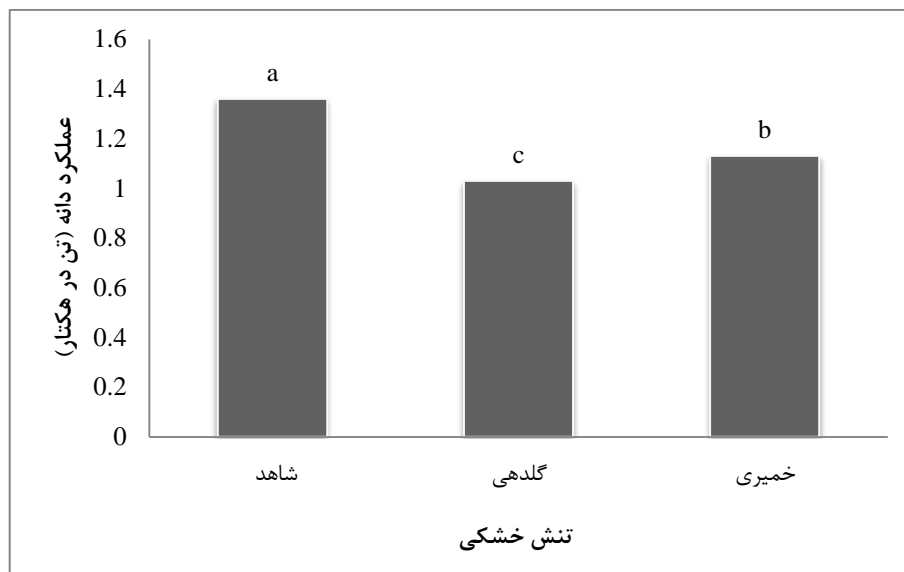
اثر امواج آلتراسونیک بر عملکرد دانه باعث معنی دار شدن این صفت شد (جدول ۴-۱۵). بیشترین عملکرد به میزان ۱/۲۹ تن در هکتار در بوته‌های پرتودهی شده به مدت ۶ دقیقه در مقایسه با عدم استفاده (شاهد) گردید و اختلاف معنی داری میان سطوح مختلف عامل مورد بررسی مشاهده شد. کمترین عملکرد به میزان ۱/۱۰ تن در هکتار در شرایط عدم موج دهی (شاهد) به دست آمد (شکل ۴-۲۹). با توجه به مباحث فوق الذکر می توان اینگونه بیان کرد که پرتودهی با زمان‌های مختلف امواج آلتراسونیک توانسته بر میزان تولید و بازدهی گیاه لوبیا چشم بلبلی اثر مثبت گذاشته و از طرق مختلف عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. در برخی گونه‌های گیاهی، پرایمینگ بذر با مواد رشدی، نشان داده شده که اثرات مضر تنش را روی رشد و عملکرد نهایی، تخفیف می‌دهد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵).

اثر متقابل امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر عملکرد دانه معنی دار نبود (جدول ۴-۱۵).

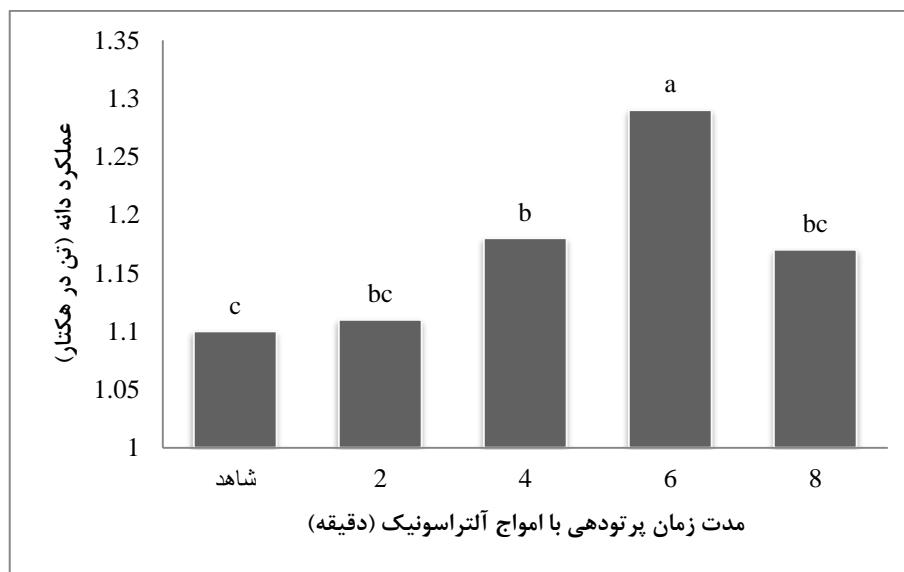
جدول ۴-۱۵- میانگین مربعات عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۲
تنش خشکی (S)	۲	۰/۴۳۸**
آلتراسونیک (W)	۴	۰/۰۵۲**
S*W	۸	۰/۰۰۹ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۰۰۷۷
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۴۷

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



شکل ۴-۲۸ مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۲۹ مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۱۱- عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴-۱۶، معنی دار بودن اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک را در سطح ۱٪ نشان می‌دهد. به طوری که حداکثر میانگین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری کامل (شاهد)، ۲/۳۷ تن در هکتار مشاهده گردید (شکل ۴-۳۰). تنش شدید آب می‌تواند

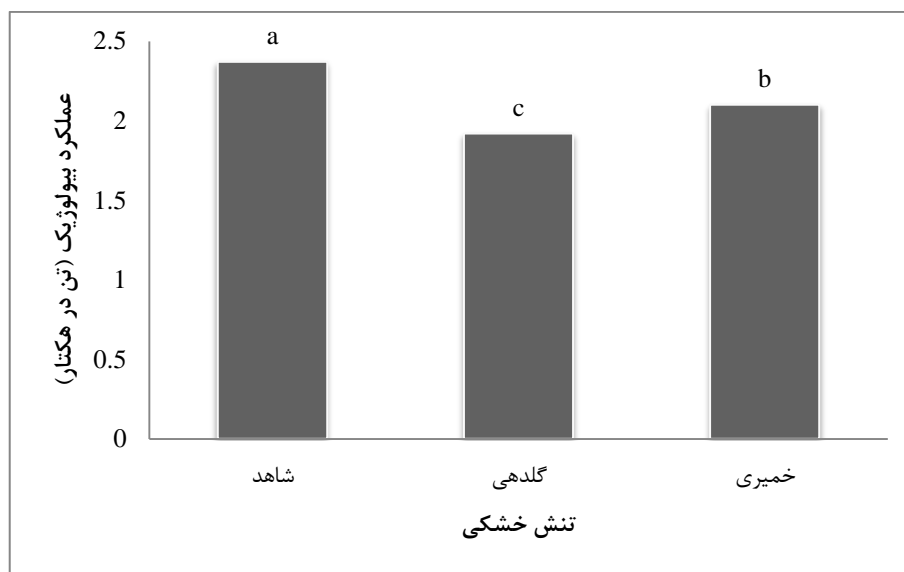
منجر به بسته شدن روزنه‌ها گردد و این امر جذب دی‌اکسید کربن و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد (هیسائو، ۲۰۰۰). برخی محققان بر اهمیت تامین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت تاکید کرده‌اند به اعتقاد آنها تنش آب در مرحله رشد رویشی و قبل از گرده‌افشانی، بر عملکرد نهایی نسبت به کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه‌ها تأثیر منفی دارد ولی از این نظر که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را به شدت تغییر می‌دهد، دارای اهمیت خاصی است (نیلسون، ۲۰۰۳). امام و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که عملکرد ماده خشک لوبیا در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد.

در این تحقیق اثر امواج اولتراسونیک و اثر متقابل آنها بر این صفت تأثیر نداشت (جدول ۴-۱۶).

جدول ۴-۱۶- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۰/۰۲۹
تنش خشکی (S)	۲	۰/۷۶۶**
آلتراسونیک (W)	۴	۰/۱۱۷ ^{ns}
S*W	۸	۰/۰۳۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۰۴۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۰۵

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



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۱۲- شاخص برداشت

شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیک است که بیانگر در صد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌هاست. زیکویک و کنزویک (۲۰۰۵) بیان کردند که صفت شاخص برداشت توسط عوامل ژنتیک و محیطی کنترل می‌شود اما نقش عوامل ژنتیک در کنترل این صفت به مراتب بیشتر است. نتایج میانگین مربعات در جدول ۴-۱۷، تاثیر تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود ($P < 0/01$). بیشترین شاخص برداشت در شرایط عدم تنش به دست آمد. در حالی که کمترین شاخص برداشت مربوط به وقوع تنش در مرحله گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد به مشاهده گردید. از لحاظ آماری بین سطح دوم و سوم تنش خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۳۱). شکاری (۲۰۰۱) در بررسی صفات تحمل به خشکی در لوبیا گزارش نمود که بالا بودن عملکرد اقتصادی در تیمار اعمال تنش در مرحله رویشی، باعث بالا رفتن شاخص برداشت گردیده است و پایین رفتن شاخص برداشت در تیمار اعمال تنش در مرحله گل‌دهی مصادف بود. چنین به نظر می‌رسد که اعمال تنش خشکی به خصوص در مرحله زایشی از طریق کاهش تعداد گل‌ها، نرخ نیام‌انگیزی و رشد نیام‌ها و شاخص برداشت را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر، شاخص

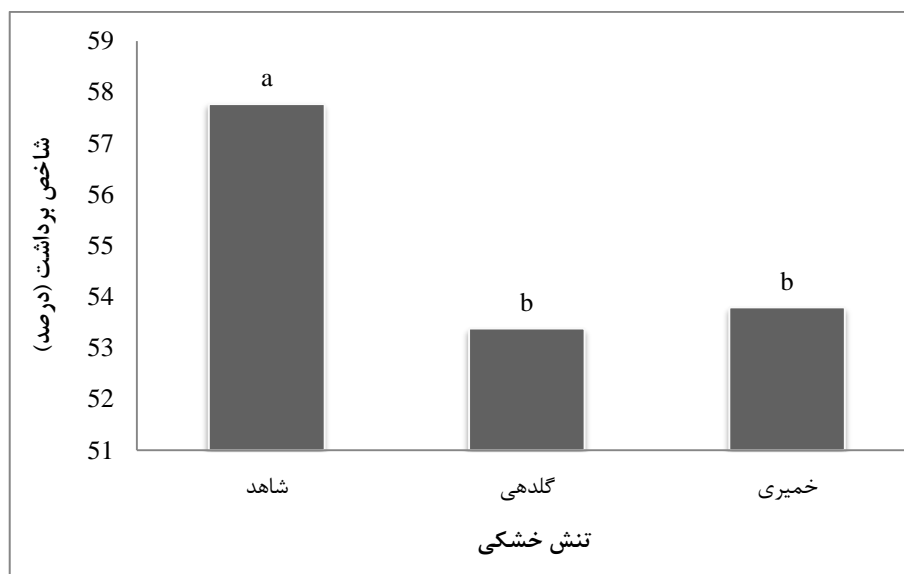
برداشت از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه‌ها و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی کاهش می‌یابد. از آنجایی که شاخص برداشت بیان‌گر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن می‌باشد در نتیجه گیاهان با شاخص برداشت بالا قادرند کربوهیدرات بیشتری را از اندام‌های سبز به دانه‌ها منتقل کنند و به همین دلیل عملکرد بالایی را از خود نشان می‌دهند. دلیل افزایش شاخص برداشت در شرایط بدون تنش وجود آب بیشتر در طول فصل رویش است که باعث افزایش جذب عناصر غذایی و ساخت انتقال مواد پرورده در اثر وجود آب بیشتر می‌شود. کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز باشد (خوشوقتی، ۲۰۰۶).

در این بررسی اثرات اصلی امواج فراصوت و اثر متقابل امواج فراصوت و تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۴-۱۷).

جدول ۴-۱۷- میانگین مربعات شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۳/۲۳۶
تنش خشکی (S)	۲	۸۸/۱۴۲**
آلتراسونیک (W)	۴	۷/۰۹۱ ^{ns}
S*W	۸	۲/۱۱۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۷/۳۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۱

**، * و n.s. به ترتیب بیان‌گر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۱۳- درصد انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده

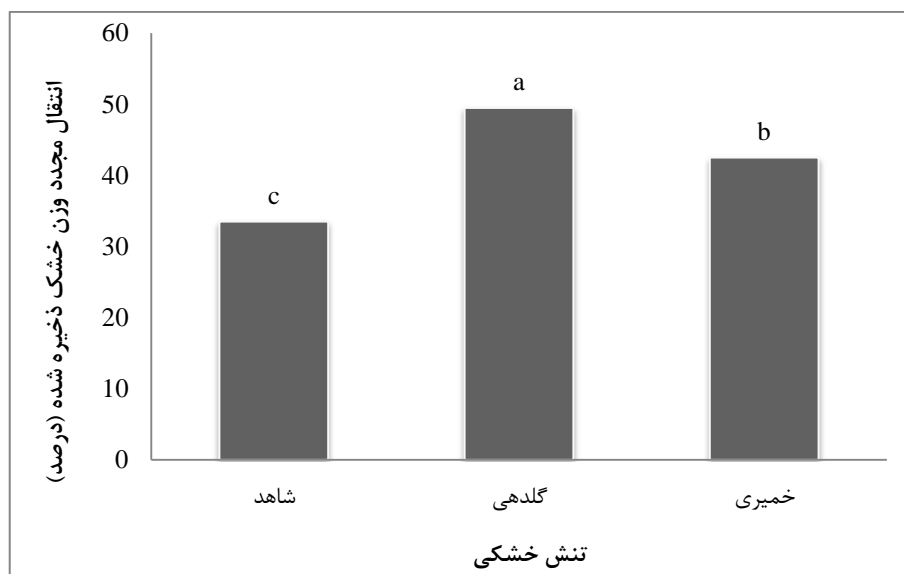
نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح تنش خشکی از مرحله گلدهی و خمیری به بعد در میزان انتقال مجدد ماده خشک از اندام‌های هوایی می‌باشد ($P < 0.01$). اما تفاوت معنی‌داری در بین سطوح امواج اولتراسونیک و اثر متقابل آن با تنش خشکی مشاهده نشد (جدول ۴-۱۸). بین تیمارهای تنش خشکی، تیمار تنش بعد از گلدهی و خمیری شدن دانه به بعد به ترتیب ۴۹/۴۷ و ۴۲/۴۷ درصد بیشترین درصد انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده را به همراه داشت و شاهد آزمایش (آبیاری کامل) با ۳۳/۵۲ درصد کمترین درصد انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده را به خود اختصاص داد. اختلاف شاهد نسبت به تنش بعد از گلدهی و خمیری به بعد قابل ملاحظه می‌باشد (شکل ۴-۳۲). اهدایی و وینز (۱۹۹۶) نیز گزارش کردند که در گندم میانگین درصد انتقال مجدد در شرایط تنش از میانگین انتقال مجدد در شرایط مطلوب بیشتر است. راوسون و ایوانز (۱۹۷۳) اظهار داشتند که کارایی بخش‌های رویشی در انتقال مجدد ماده خشک به وزن خشک این اندام‌ها در مرحله گرده‌افشانی بستگی دارد. وزن خشک بیشتر بخش‌های رویشی در این مرحله به مشارکت بیشتر ماده خشک ذخیره شده در انتقال مجدد به دانه و بهبود عملکرد در شرایط تنش

خشکی منتهی می‌گردد. پالتا و همکاران (۱۹۹۴) عنوان نمودند که در شرایط تنش خشکی، استفاده از ذخایر اندام‌های رویشی برای پر شدن دانه‌ها، یک سازوکار موثر در کاهش خسارات ناشی از تنش و افزایش عملکرد دانه ارقام کلزا می‌باشد، به طوری که در شرایط تنش شدید نقش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده غیر ساختاری در برگ و ساقه که در اثر تحریک تنش به قندهای قابل حل و انتقال تبدیل شده‌اند جهت جبران کاهش فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه‌ها به شدت افزایش می‌یابد. پاباکوستا (۱۹۹۱) اظهار داشته است که کارایی ساقه گندم در انتقال ذخایر بسته به رقم از ۲ تا ۳۶ درصد و یا بیشتر متفاوت است.

جدول ۴-۱۸- میانگین مربعات انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده
بلوک	۲	۴۱/۲۴۲
تنش خشکی (S)	۲	۱۰۵۶/۵۳۴**
آلتراسونیک (W)	۴	۱۰/۳۵۳ ^{ns}
S*W	۸	۷۹/۳۰۷ ^{ns}
خطا	۲۸	۸۲/۸۴۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۸۹

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



شکل ۴-۳۲ مقایسه میانگین انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)

۴-۱۴- صفات کیفی

۴-۱۴-۱- روغن دانه

تحقیقات صورت گرفته در مورد استفاده از آلتراسونیک در استخراج روغن حاکی از افزایش راندمان و کیفیت بهتر آن نسبت به روش‌های معمولی است. مطالعات مشابهی در مورد استخراج روغن از دانه‌های سویا با آلتراسونیک با شدت فرکانس ۲۰ کیلوهرتز صورت گرفت راندمان به طور چشمگیری افزایش یافته بود (لی و همکاران، ۲۰۰۴). شان لیو و همکاران در سال ۲۰۱۱ از پیش تیمار آلتراسونیک برای استخراج روغن از دانه هندوانه استفاده کردند. آنان بیان داشتند که در استخراج روغن با روش آنزیمی با پیش تیمار آلتراسونیک نسبت به بدون تیمار با آلتراسونیک راندمان استخراج تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. استفاده ترکیبی از سوکسله و آلتراسونیک در مورد استخراج روغن از سویا و آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با این روش زمان استخراج روغن حداقل به نصف کاهش می‌یابد (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۴). اما در این آزمایش هیچ یک از

اثرات اصلی تنش خشکی و امواج آلتراسونیک و اثر متقابل آنها نسبت به یکدیگر بر میزان روغن دانه معنی دار نشد (جدول ۴-۱۹).

جدول ۴-۱۹- میانگین مربعات روغن دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	روغن دانه
بلوک	۲	۰/۱۶۲
تنش خشکی (S)	۲	۰/۴۴ ^{ns}
آلتراسونیک (W)	۴	۰/۰۷۶ ^{ns}
S*W	۸	۰/۲۸۳ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۲۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۶۶

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

۴-۱۴-۲- پتاسیم دانه

پتاسیم نقش فیزیولوژیک مهمی در شرایط نامساعد محیطی در سلول ایفا کرده و زیاد بودن آن موجب افزایش تحمل گیاه می شود (وی اس و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس پتاسیم دانه در جدول ۴-۲۰ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، اثر تنش خشکی بر پتاسیم دانه معنی دار بود. همان طور که ملاحظه می شود کمترین پتاسیم در این آزمایش در شرایط وقوع تنش خشکی از مرحله گلدهی به بعد به دست آمد و بین سطوح مورد بررسی اختلاف معنی داری مشاهده شد (شکل ۴-۳۳). تنش خشکی موجب بسته شدن روزنه ها و کاهش تثبیت دی اکسید کربن می گردد که این کاهش منجر به تولید گونه های فعال اکسیژن شده و در نهایت احیاء دی اکسید کربن در تنش کم آبی به شدت کاهش می یابد (هو و اشمید هالتر، ۲۰۰۵). اگر تنش خشکی با کمبود پتاسیم همراه شود، این صدمه ها شدیدتر خواهد شد (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج بررسی های هوول و همکاران

(۲۰۰۱) حاکی از آن بود که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول برگ، طول بلال و تعداد دانه در بلال گیاه ذرت گردید و کاربرد کود پتاسه در زمان کاشت، اثرات زیان آور تنش را در مرحله گلدهی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

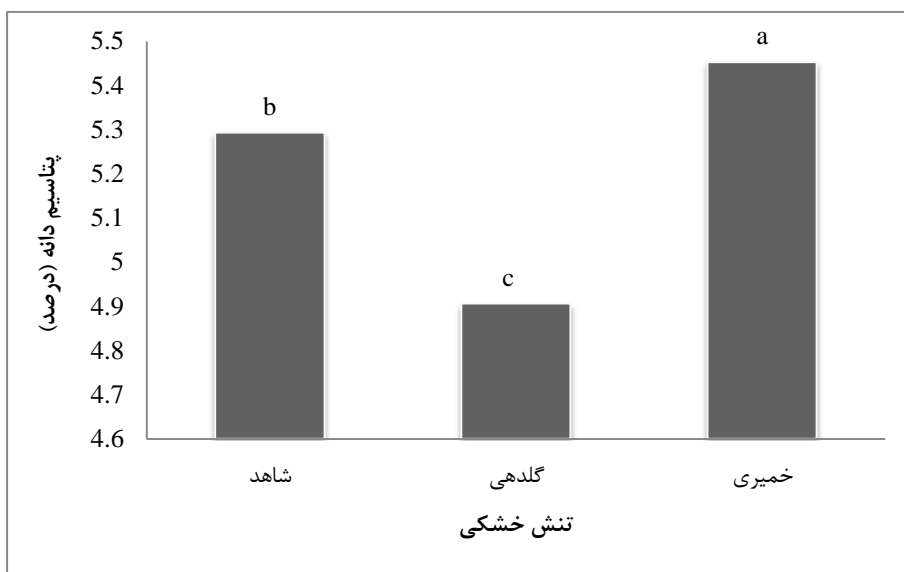
اثر امواج آلتراسونیک بر پتاسیم دانه تأثیر گذاشته و در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۲۰). پتاسیم دانه در شرایط استفاده از امواج نسبت به شرایط عدم استفاده از کمیت بالاتری برخوردار بود. با توجه به میانگین به دست آمده مشاهده می‌شود با افزایش پرتودهی به بذر لوبیا چشم بلبلی بر میزان پتاسیم دانه افزوده می‌شود (شکل ۴-۳۴).

با آزمایشات صورت گرفته اثر متقابل امواج فراصوت و تنش خشکی بر پتاسیم دانه معنی‌دار نشد (جدول ۴-۲۰).

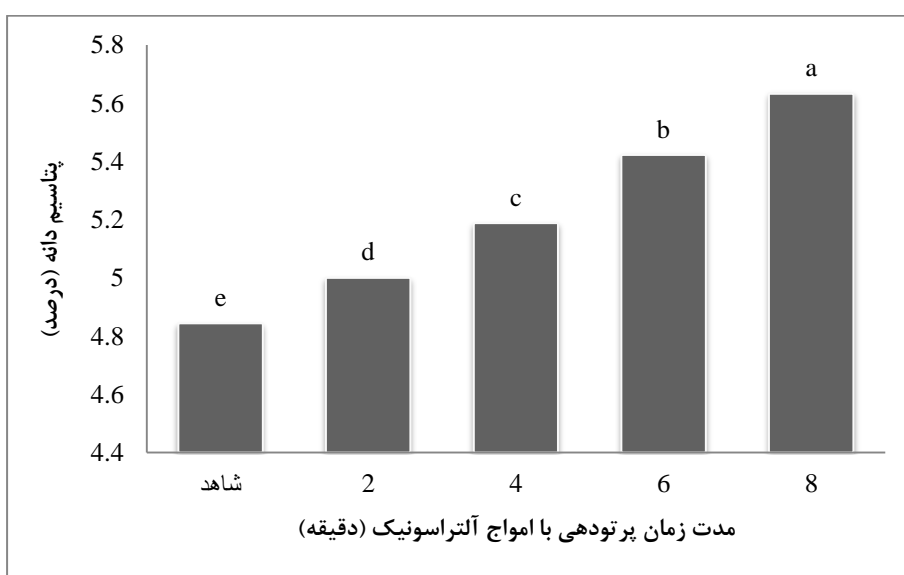
جدول ۴-۲۰- میانگین مربعات پتاسیم دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

پتاسیم دانه	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۹۹	۲	بلوک
۱/۱۸۴**	۲	تنش خشکی (S)
۰/۹۰۴**	۴	آلتراسونیک (W)
۰/۰۱۷ ^{ns}	۸	S*W
۰/۰۱۵	۲۸	خطا
۲/۴۰		ضریب تغییرات (درصد)

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



شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین پتاسیم دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین پتاسیم دانه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۱۴-۳- فسفر دانه

در شرایط کمبود رطوبت جذب فسفر کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس فسفر دانه در جدول ۴-۲۱ نشان داده شده است. در این تحقیق همان طور که ملاحظه می‌شود تنش خشکی بر روی فسفر دانه تاثیر معنی‌داری داشت ($p < 0.01$). با توجه به شکل

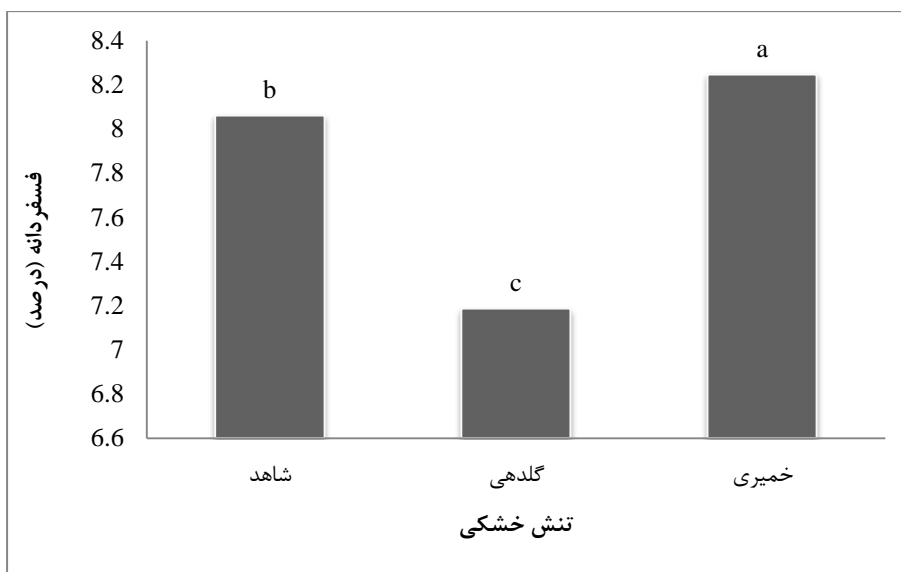
۳۵-۴ با افزایش شدت تنش میزان فسفر دانه کاهش یافت. در مورد کرت‌هایی که آبیاری آنها در مرحله خمیری به بعد (۸/۲۴ درصد) قطع شده بود معمولاً میزان فسفر دانه آنها بیشتر از بوته‌های شاهد (۸/۰۶ درصد) و اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد (۷/۱۸ درصد) به دست آمد. تنش خشکی تجمع فسفر در دانه سویا را محدود کرد و انتقال فسفر به بذر را کاهش داد (جین و همکاران، ۲۰۰۶). تاثیر امواج آلتراسونیک در جدول ۴-۲۱ نشان داد که این عامل بر روی فسفر دانه تاثیر معنی‌دار داشت ($p < 0/01$). در شکل ۴-۳۶ نیز دیده می‌شود با امواج دهی ۸ دقیقه بر بیشتر شدن فسفر دانه مفیدتر بود و تنها زمانی که مدت زمان پرتودهی کاهش پیدا کرده بود، از میزان فسفر دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی نیز کاسته شد. با این توضیح که کمترین مقدار در تیمار شاهد (۷/۵۰ درصد) و بیشترین مقدار در زمان ۸ دقیقه (۸/۲۳ درصد) مشاهده شد.

اثر متقابل تنش خشکی و امواج فراصوت بر میزان درصد فسفر دانه تأثیر داشت (جدول ۴-۲۱). مطابق شکل (۴-۳۷) مشاهده شد که با افزایش پرتودهی به بذر لوبیا چشم بلبلی فسفر دانه نیز افزایش یافت اما این افزایش در گیاهان مواجه شده با تنش خشکی در مرحله خمیری شدن دانه به بعد قابل توجه‌تر بود و کمترین مقدار، اعمال در شرایط تنش در مرحله گلدهی و امواج ۲ دقیقه به میزان ۶/۹۶ درصد به دست آمد (شکل ۴-۳۷).

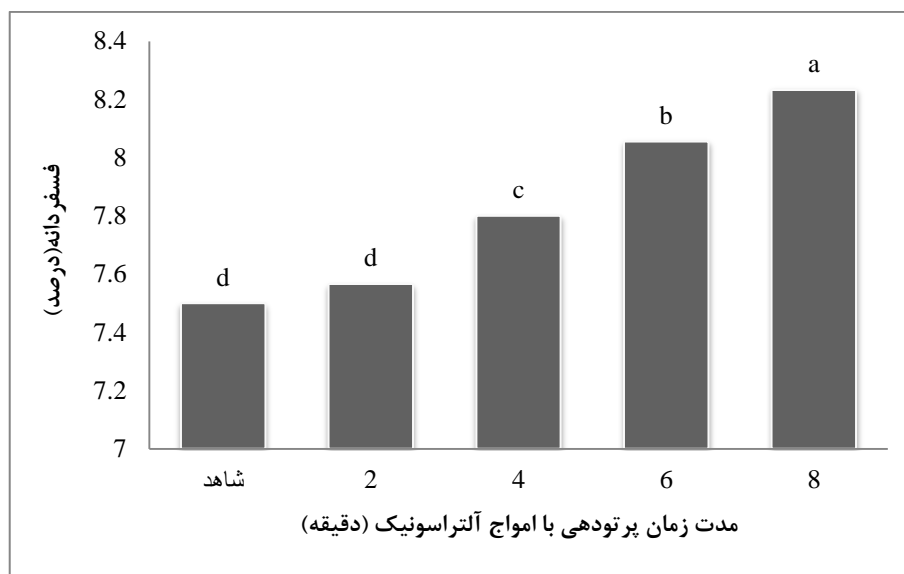
جدول ۴-۲۱- میانگین مربعات فسفر دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر دانه
بلوک	۲	۰/۰۶۰
تنش خشکی (S)	۲	۴/۸۰۲**
آلتراسونیک (W)	۴	۰/۸۸۳**
S*W	۸	۰/۰۶۷**
خطا	۲۸	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۷۲

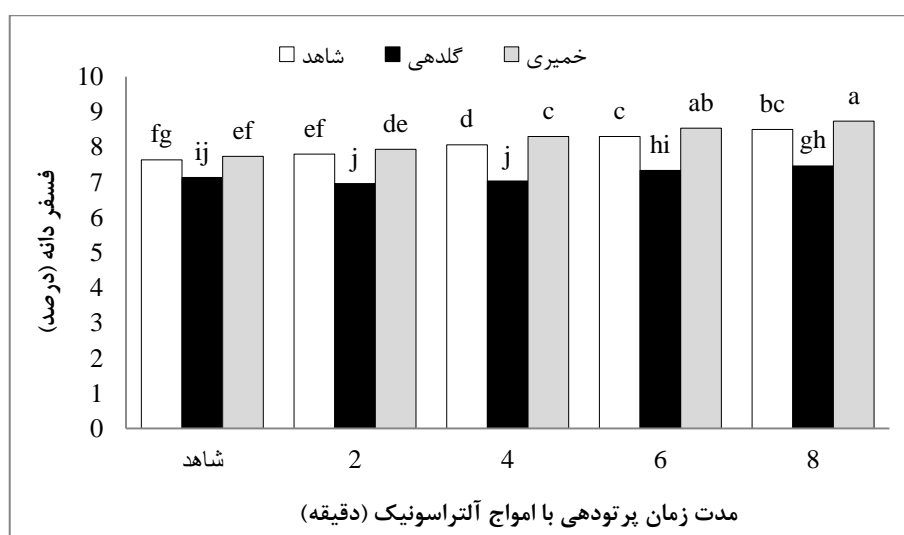
**، * و n.s. به ترتیب بیان گر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین فسفر دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین فسفر دانه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین فسفر دانه برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و چهار مدت پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک

۴-۱۴-۴- پروتئین دانه

سطوح مختلف تنش خشکی تاثیر قابل توجهی بر پروتئین دانه گذاشته و در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۲۲). در شرایط تنش شدید میزان پروتئین دانه افزایش پیدا کرد. از بین تیمارهای مورد مطالعه بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمارهای اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد (۲۰/۳۳ درصد) و کمترین درصد پروتئین دانه در شرایط عدم تنش (۱۹/۱۲ درصد)

مشاهده گردید. در حالی که بین سطح دوم و سوم تنش خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۳۸). فاصله بین بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه ثبت شده حدود ۱/۲۱ درصد بود. در شرایط تنش خشکی بخصوص در مرحله پر شدن غلاف به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً ناشی از کاهش نشاسته می‌باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین در دانه افزایش می‌یابد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۰۵). تحقیقات نشان می‌دهد که مکانیسم‌های ساخت نشاسته در دانه، حساس‌تر از مکانیسم‌های ساخت پروتئین هستند، بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته چشمگیرتر است (احمدی و باکر، ۲۰۰۰).

نتایج جدول ۴-۲۲ حاکی از تأثیر معنی‌دار امواج آلتراسونیک بر میزان پروتئین دانه می‌باشد. به طوری که بیشترین مقدار پروتئین مربوط به تیمار زمان ۸ دقیقه (۲۱/۵۲ درصد) و کمترین مقدار (۱۸/۳۳ درصد) مربوط به تیمار شاهد است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود بین تیمار ۸ دقیقه و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد با افزایش مدت زمان تیمار تا ۸ دقیقه میزان پروتئین افزایش می‌یابد. در مقابل تیمارهای ۲، ۴، ۶ و ۸ به ترتیب میزان پروتئین را ۰/۴۸، ۱/۴۵، ۲/۱۵ و ۳/۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داده‌اند (شکل ۴-۳۹). هم‌چنین موثر بودن این امواج در فرآیند مالت سازی نیز تأیید شده است (تایز و استارکز، ۱۹۷۷). طبق نظریه وانگ و همکاران (۲۰۰۲) بیانگر این مطلب مهم بود که امواج با فرکانس و شدت معین باعث افزایش بهبود صفات کیفی می‌گردد، در واقع امواج صوتی با فرکانس و شدت مشخص باعث افزایش در فتوسنتز، فعالیت و متابولیسم گیاه شده که در نتیجه آن مواد حاصل از این فعالیت‌ها چون میزان قند محلول، پروتئین، نشاسته و ... افزایش یافته و به دنبال آن نیز رشد گیاه افزایش می‌یابد. افزایش زمان موج‌دهی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) تأثیر معنی‌داری بر افزایش استخراج قند از نمونه داشته و باعث بهبود آن شد. مهمترین دلیل برای توضیح این رفتار، افزایش مدت زمان انتقال جرم و افزایش میزان حفره‌زایی حباب‌های موجود در محلول می‌باشد که با نتایج سایر محققان مطابقت می‌نماید (ووی و همکاران، ۲۰۰۴).

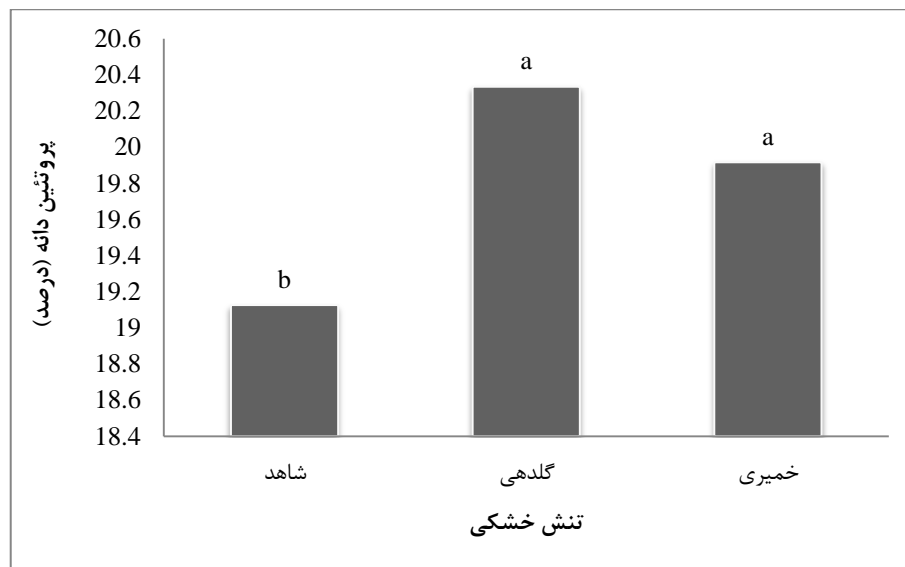
اثر متقابل امواج فراصوت و تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی تأثیر نداشت

(جدول ۴-۲۲).

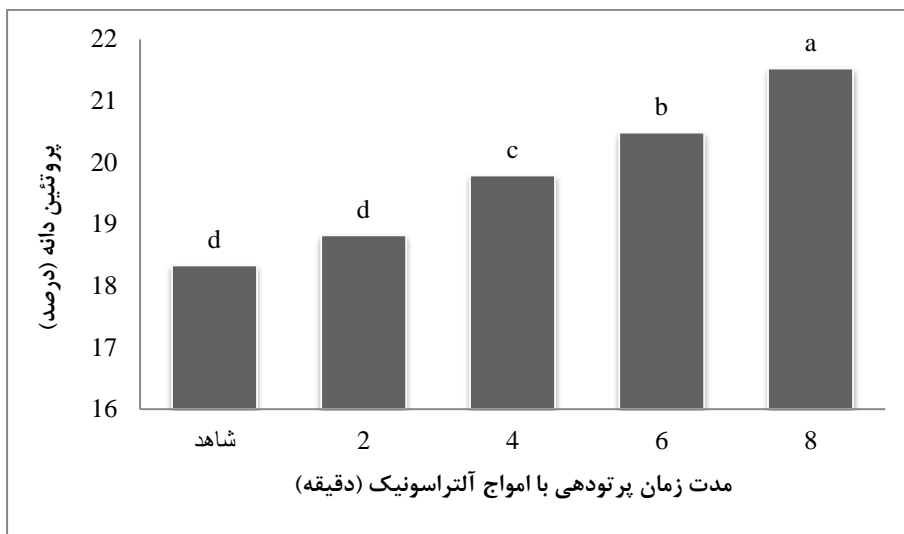
جدول ۴-۲۲- میانگین مربعات پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و آلتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه
بلوک	۲	۴/۴۵۳
تنش خشکی (S)	۲	۵/۶۵۱**
آلتراسونیک (W)	۴	۱۴/۷۷۸**
S*W	۸	۰/۵۴۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۴۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۲۶

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



شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد)



شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین پروتئین دانه در شرایط پرتو دهی بذر با امواج آلتراسونیک به مدت ۲ تا ۸ دقیقه

۴-۱۵- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک غلاف، ارتفاع، قطر ساقه، تعداد گره، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، طول غلاف، وزن صد دانه، تعداد غلاف در متر مربع، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت گردید.
۲. در تمامی این موارد به استثنای پروتئین دانه و درصد انتقال مجدد وزن خشک ذخیره شده تنش خشکی در مرحله گلدهی به بعد موجب کاهش بیشتری نسبت به تنش خشکی در مرحله خمیری شدن دانه به بعد شد.
۳. تعداد دانه تحت تاثیر نامطلوب تنش خشکی در مرحله گلدهی واقع شد.
۴. اعمال تنش خشکی از مرحله خمیری به بعد موجب افزایش پتاسیم و فسفر دانه گردید.
۵. پرایم بذور لوبیا چشم بلبلی با امواج آلتراسونیک موجب افزایش صفات نامبرده نسبت به شاهد شد.

۴-۱۶- پیشنهادها

- این تحقیق در یک سال زراعی، یک مکان و روی یک رقم صورت گرفت و به این دلیل موارد زیر برای دست یافتن به نتایج تکمیلی پیشنهاد می‌گردد:
۱. تکرار این آزمایش در شرایط مشابه و نیز در مناطق مختلف و با تنش‌های مختلف می‌تواند مفید باشد.
 ۲. آزمون فراصوت می‌تواند به صورت یک آزمون غیر مخرب، برخی پارامترهای مرتبط با رشد لوبیا چشم بلبلی را افزایش داده و آنها را تحریک می‌کند.

۳. عکس‌العمل بذور گیاهان زراعی بیشتری نسبت به کاربرد امواج آلتراسونیک مورد آزمون قرار بگیرد.

۴. مطالعات گسترده‌تر در مورد اثر متقابل امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی دیگر گیاهان

زراعی

۵. تحقیق بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی در استفاده از امواج فراصوت و تعیین ارتباط آنها با

ویژگی‌های رشدی گیاهان

منابع

احمدی ع و بیکر د. آ، (۱۳۷۹) " عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش

خشکی " **مجله علوم کشاورزی ایران**، شماره ۳۱، جلد ۴، ص ۸۲۵-۸۱۳.

برادران ر، (۱۳۸۵) " بررسی تاثیر خشکی روی خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا " پایان

نامه کارشناسی ارشد زراعت: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات. تهران ۱۸۷ ص.

بینا ف، رضایی آ و آقایی زاده م، (۱۳۸۷) " بررسی تأثیر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیزیولوژی و مرفولوژی تنزیدین

بذر " اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی.

پارسا م و باقری ع. ر، (۱۳۸۷) " **حبوبات** " انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۲۲ صفحه.

جنوبی پ و دانشیان ج، (۱۳۸۵) " تاثیر کاربرد فسفر بر خصوصیات رویشی و زراعی سویا در شرایط تنش خشکی "

پژوهشنامه کشاورزی، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، جلد ۱، شماره ۱، ص

۶۴.

حمیدی ح و صفرنژاد ع، (۱۳۷۹) " انتخاب یونجه برای تحمل به خشکی با استفاده از تکنیک کشت بافت " **مجموعه**

مقالات دومین همایش ملی بیوتکنولوژی ایران، موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج،

صفحات ۳۵۸۰ - ۳۵۷۷.

دانشمند ع، شیرانی راد ا، م. و اردکانی م. ر، (۱۳۸۵) " ارزیابی تحمل به تنش کم آبی در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا "

پژوهشنامه کشاورزی، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، جلد ۱، شماره ۱، ص

۱.

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، دوم تا چهارم شهریور، موسسه تحقیقات

اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

ذکی دیزجی ح، مینایی س، توکلی هشتجین ت، مختاری دیزجی م و منتظر ع، (۱۳۸۷) " کیفیت سنج فراصوتی برای

محصولات کشاورزی " **مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون**

ایران سال ۱۳۸۷، کرج، صفات مورد نظر رسیدگی و اندازه محصول.

رحیمیان مشهدی ح، باقری ع و پاریاب ا، (۱۳۷۰) " اثر پتانسیل های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلابکول و کلرور

سدیم توام با درجه حرارت بر جوانه زنی در توده های گندم دیم " **مجله علوم و صنایع کشاورزی**، جلد ۵،

صفحه ۳۶ تا ۴۵.

رحیمی‌زاده م، کاشانی ع و زارع فیض آبادی ا، (۱۳۸۹) " تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی " **مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی**، شماره ۳، جلد ۱، صفحات ۵۷-۷۲.

رجیبیان س، (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "اثر امواج آلتراسونیک و باکتری سدوموناس بر رشد و عملکرد ذرت" دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

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

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

سلطانی ا، (۱۳۸۶) " **رابطه آب و خاک و گیاه** " انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۴۶ صفحه.
سلیمی ح، (۱۳۸۹) پایان نامه کارشناسی ارشد " بررسی اثرات پرایمینگ، باکتری ریزوبیوم و کود آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود " دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

عرب ص، (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپرساید بر خصوصیات کیفی و کمی گلرنگ در شرایط تنش کم آبیاری " دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۷۴ صفحه.

علیزاده ا، (۱۳۶۹) " **رابطه آب و خاک و گیاه** " (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات جاوید، ۷۳۵ صفحه.
کاخکی ع و کافی م، (۱۳۸۲) "اثرات رژیم رطوبتی در اوایل فصل رشد بر عملکرد کمی و کیفی پنبه " **مجله پژوهش های زراعی ایران**، جلد ۱ صفحات ۳۱-۴۰.

کافی م، برزویی ا، صالحی م، کمندی ع، معصومی ع و نباتی ح، (۱۳۸۸) " **فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان** " انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، ۵۰۲ صفحه.

کافی م، کامکار ب و مهدوی دامغانی ع، (۱۳۸۲) " **واکنش گیاهان زراعی به محیط رشد** " انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۹۷ ص.

کافی م و مهدوی دامغانی م، (۱۳۸۱) " **مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی** " (ترجمه)، انتشارات فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

کریمی ج، (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تاثیر میکوریزا، اسید هیومیک و کود دامی بر عملکرد و صفات زراعی کدوی تخمه کاغذی" دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کوچکی ع، (۱۳۶۷) "جنبه‌هایی از مقاومت به خشکی در سور گوم" **مجله علوم و صنایع کشاورزی**، شماره ۲، جلد ۲، صفحات ۷۷-۸۱.

کوچکی ع، (۱۳۸۶) "به نژادی و به زراعی در مناطق خشک" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۰۲ صفحه.

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

کوچکی ع و بنایان اول م، (۱۳۷۲) "زراعت حبوبات" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۶ ص.

کوچکی ع، حسینی م و نصیری محلاتی م، (۱۳۷۶) "رابطه آب و خاک در گیاه زراعی" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۶۰ صفحه.

کوچکی، ع. و سلطانی، ا. (۱۳۷۷) "اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک" ترجمه، انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۹۴۲ صفحه.

کوچکی ع، سلطانی ا و عزیزی م، (۱۳۸۲) "اکوفیزیولوژی گیاهی" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۵۶ صفحه.

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

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

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

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

معصومی ع، کافی، م نظامی، ا. و حسینی ح، (۱۳۸۴) "اثرات تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ های نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط گلخانه" **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**، شماره ۳، جلد ۲، صفحات ۲۷۷ تا ۲۸۹.

- میر جلیلی ع، (۱۳۸۴) "گیاهان در محیط‌های تنش‌زا" انتشارات نور بخش. ۳۵۷ صفحه.
- ملکوتی ج، (۱۳۷۳) "حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک" انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ص ۴۹۴.
- مظاهری و و مجنون حسینی ن، (۱۳۸۱) "مبانی زراعت عمومی" انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.
- مهقانی ف، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "اثر محلول پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی" دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- نیاکان م و قربانلی م، (۱۳۸۶) "اثر تنش خشکی بر شاخص های رشد فاکتورهای فتوسنتزی، میزان پروتئین و محتوای یونی در بخش های هوایی و زیرزمینی دو رقم سویا" رستنی ها، شماره ۸، جلد ۱، صفحات ۱۸ تا ۲۸.
- یزدانپناه س، عباسی ف و باقی زاده ا، (۱۳۸۸) "اثر تیمار اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر روی میزان پرولین، قند و پروتئین در گیاه مرزه تحت تنش خشکی" اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، دانشگاه بیرجند. بهمن ماه. صفحات ۲۲۵-۲۳۶.
- Ahmadi, A. and Baker, D.A. (2001). "The effect of water stress on grain filling processes in wheat" **J. Agric. Sci.**, 136, 257 pp 269.
- Ahmadi A., and Baker D.A. (1999). "Effects of abscisic acid (ABA) on grain filling process in wheat" **Plant Growth Regul.**, 28, 187 pp 197.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Wang, L. (2011). A review: "Morphological, physiological and biochemical responses of plant to drought stress" **Afric. J. Agric.**, 6,9, 2026 pp 2032.
- Anyia, A. O., and H. Herzog. (2004). "Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought" **Europ. J. Agron.**, 20, 339 pp 327.
- Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2005). "Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions" **Advan. Agron.** 88, 271 pp 223.
- Ashraf, C.M. and Shakra, S.A. (1978). "Wheat seed germination under low temperature and moisture stress" **Agron.**, 65,135 pp 139.
- Ashraf, M. and Waheed, A. (1990). "Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris medic*) for salt tolerance at two growth stage" **Plant and Soil.**, 128, 167 pp 176.
- Austin, R.B. (1989). "Maximising production in water limited environments" **C. A. B. International, London.**, 13 pp 26.

- Azizinia, Sh., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi Samadi, B. and Ahmadi, A. (2005). "Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat" **J. of Agric. Sci.**, 36, 281 pp 292.
- Barton, S., Bullock, C., and Weir, D. (1996). "The effects of ultrasound on the activities of som glycosidase enzymes of industrial importance, Enzyme and Microb" **Technol.**, 18, 190 pp 194.
- Beweley, J.D. and Lersen, K.M. (1982). "Diffrences in the responses to water stress of growing and non growing regions of maize mesocotyls, protein synthesis on total free and membrane bound polyribosome fractions" **J. Exp. Bot.**, 33, 406 pp 415.
- Blum, A. (1996). "Crop response to drought and the interpretation adaptation" **Plant Growth Regul.** 20, 135 pp 148.
- Blum, A. (2005). "Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive" **Aus. J. of Agric. Res.**, 56, 1159 pp 1168.
- Blum, A. (1998). "Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization" **Euphytica.**, 100, 77 pp 83.
- Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. (1981). "The magnification of dehydration avoidance in wheat breeding Germplasm" **Crop Sci.**, 21,495 pp 499.
- Bonnett, G.D., and Incoll, L.D. (1992). "Potential pre- anthesis and post- anthesis contributions of stem intemodes to grain yield in crops of winter barley" **Ann. Bot.**, 69, 219 pp 225.
- Borras, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.E. (2004). "Seed dry Weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal" **Field Crops Res.**, 86, 131 pp 146.
- Breitbach, M.D., Bathen, T., and Schmidt, F. (2002). "Desorption of a fixed bed adsorber by ultrasound Ultrasonic" **Anal Botany.**, 40, 679 pp 682.
- Cakmak, I. (2005). "The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants" **J. Plant Nut. Soil Sci.**, 168, 521 pp 530.
- Chaves, M. M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Riccardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, T., Faria, T. and Pinheiro, C. (2002). "How Plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth" **Ann. of Bot.**, 89, 907 pp 916.
- 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, 767 pp 778.
- Chisti, Y. (2002). "Sonobioreactors: Using ultrasound for enhanced microbial productivity" *Trends in biotech.*, 21, 3, 89 pp 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, pp 1140.
- Coupland, J., and Saggin, N.R. (2003). "Ultrasonic sensors for the food industry" *Advances in food and nut Res.*, 45, 102 pp 166.
- Crisosto C. (1996). "Optimum procedures for ripening stone fruit. Management of Ripening Fruit (Univ. of California, Davis)" *Postharvest Horticulture Series.*, 9, 28 pp 30.
- Dennis, E. S., Dolferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren, F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G. and Peacock, W.J. (2000). "Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants" *J. of Exp., Bot.* 51, 89 pp 97.
- De Sclaux, D., Huynh, T.T. and Roumet, P. (2000). "Identification of soybean plant characteristic that indicate the timing of drought stress" *Crop Sci.*, 40, 716 pp 722.
- Ebadi. A., Sajed, K., and Asgari. R. (2007). "Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes" *J. Food Agric. Environ.*, 5, 359 pp 362.
- Ehdaie B., and Waines J.G. (1996). "Genetic variation of preanthesis assimilates of grain yield in spring wheat" *Journal of Genetic and Breeding.*, 50, 47 pp 56.
- Emam, Y. (2008). "Water Relation in Plant. In: Koocheki, A. and Khaje Hosseini, M. (Eds.), *Modern Agronomy*" *Jihad Daneshgahi Mashhad Press.*, 163 pp 187. (In Persian).
- Emam, Y. and Seghatoeslami, M.J. (2005). "Crop yield, physiology and Processes" Shiraz University Press. Shiraz, Iran., (In Persian).
- Emam. Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A.H. (2010). "Water Stress Effects on Two Common Bean Cultivars with Contrasting Growth Habits" *American-Eurasian J Agric & Environ Sci.*, 9, 5, 495 pp 499.
- Entezari, M. H., S. H. Nazary, and M. H. H. Khodaparast. (2004). "The direct effect of ultrasound on the extraction of date syrup and its micro-organisms" *Ultrasonics Sonochemistry.*, 11, 379 pp 384.

- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009). "Plant drought stress: effects, mechanisms and management" **Agron. Sustain. Dev.**, 29, 185 pp 212.
- Fienebaum, V., Santos, D.S., and Tillmann, M.A. (1991). "Influence of water deficit on the yield components of three bean cultivars" **Pesquisa-Agropecuaria Brasileira.**, 26, 275 pp 280.
- Fischer, R.A. and R.M. Hagan. (1965). "Plant water relations, irrigation management and crop yield" **Exp.Agric.**, 1, 161 pp 177.
- Flexas, J. and Medrano, H. (2002). "Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited" **Ann. of Bot.**, 89, 183 pp 189.
- Gallego, J.A.L., Elvira, S., and Rodriguez, G. (2003). "A power ultrasonic technology for deliquoring" **Ultrasonic.**, 4, 255 pp 259.
- Garcia,L. Luque , J., Chromatogr. A. (2004). "Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: an expeditive approach for solid sample treatment: Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds" **J. Chromatogr.**, 237 pp 242.
- Ghaffaripor, A. (2005). "Effects of drought stress on yield and quantitative and qualitative characteristics of new sunflower hybrid" M.Sc. thesis of Islamic Azad University of Karaj (in persian).
- Gebbing. T., Schnyder, H' and Kuhbauch, W. (1999). "The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling in wheat. Assessment by steady-state ¹³C/¹²C labelling" **Plant Cell Environ.**, 22, 851 pp 858.
- Germna, C. and Teran, H. (2006). "Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars" **Crop Sci.**, 46, 2111 pp 2120.
- Giardi, M.T. Cona, A., Geiken, D., Kucera, T., Masojidek, J. and Matto, A.K. (1996). "Long-term drought stress induced structural and functional reorganization of photosystem II" **Planta.**, 199, 118 pp 125.
- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Da ustü, N. (2004). "Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages" **Field Crop Res.**, 87, 167 pp 178.
- Gomes, M.M.A., A.M.M.A. Lagou, C.L. Medina, E.C. Machado, and M.A. Machado. (2004). "Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange tree submitted to drought stress" **Braz. J. Plant physiol.**, 16, 155 pp 161.

- Hanson, A.D. and Hitz, W.D. (1982). "Metabolic responses of mezophytes to plant water deficit" **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 33, 163 pp 203.
- Hashem, A., M.N.A. Magumdar, A. Hamid, and M.M. Hossein. (1998). "Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized Brassica napus" **J. Agron and Grop Sci.**, 180, 3: 129 pp 136.
- Heuer, B. and Nadler, A. (1995). "Growth, development and yield of potatoes under salinity and deficit" **Aust. J. Agric. Res.**, 46, 1477 pp 1486.
- Howell, T. A., Yazar, A., Schneider, A. D., Duser, D. A. and Copeland, K. S. (1995). "Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation" **Transacation of the ASAE.**, 38, 6, 1737 pp 1747.
- Hsiao , TC .(2000)."Leaf and root growth in relation to water status" **Hort science.**, 35, 8, 1151 pp 1157.
- Hu, Y. and U. Schmidhalter. (2005). "Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants" **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, 168, 541 pp 549.
- Hussain, M.M., Reid, J.B.,Othman, H. and Gallagher, J.N. (1990). "Growth and water use of faba bean (Vicia faba) in a sub-humid climate. I. Root and shoot adaptation to drought stress" **Field Crops Research.**, 23, 1 pp 17.
- Ishimori, Y., Karube, I., & Suzuki, S. (1981). "Acceleration of immobilized alpha-chymotrypsin activity with ultrasonic irradiation" **J.Mol Catal.**, 12, 253 pp 259.
- Jalilian, J., ModarresSanavy, S.A.M. and Sabaghpour, S.H. (2005). "Effect of plant density andsupplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (Cicerarietinum) cultivars under dry land condition" **J AgricSciNaturResour.**, 12, 5, 1 pp 9.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, L.J.I. (2008). "Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions" **Journal of Food Engineering.**, 86, 2, 281 pp 287.
- Jiménez, A., Beltran, G. (2007). "High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics" **Ultrasonics Sonochemistry.**, 14, 6, 725 pp 731.
- Jin J, Wang G, Liu X, Pan X, Herbert, S.J. and Tang, C. (2006). "Interaction between phosphorus nutrition and drought on grain yield and assimilation of phosphorus and

- nitrogen in two soybean cultivars differing in protein concentration in grains" **J. Plant Nutr.**, 29, 1433 pp 1449.
- Kage, H., Kochler, M. and Stutzel, H. (2004). "Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation" **Europ. J. Agron.**, 20, 379 pp 394.
- Kanai, S., K. Ohkura, J. Adu-Gyamfi, P. Mohapatra, H.Saneoka and K. Fujita. (2007). "Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress" **J. Exp. Bot.**, 58, 2917 pp 2928.
- Karaata, H. (1991). "Water- production functions of sunflower under Kirklareli condition" **Journal of Atathurk Village Affair Research Institute.**, 25 pp 92.
- Khan, M.B., Hussain, N. and Iqbal, M. (2007). "Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS202" **J of Res. Sci.**, 12, 15 pp 18.
- Khoshvaghti, H. (2006). "Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield on three pinto bean cultivar" M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Persian).
- Keim, D.L. and Kronstad, W.E., (1981). "Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions" **Crop Science.**, 21, 1: 11-15.
- Kramer, P.J. and Boyer, J.S., (1995). "Water Relations of Plants and Soils" **Academic Press.**, pp 495.
- Kumar, A., Singh, D.P. and Singh, P. (1994). "Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica juncea* L" **Field Crop. Res.**, 37, 95 pp 101.
- Lahlou, O. and Quattar, S. (2003). "The effects of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato" **Agron. J.** 23, 3, 257 pp 268.
- Larsson, C.I., Pahlman, L. and Gustafasson, L. (2000). "The importance of ATP as a regulator of glycolytic flux in *Saccharomyces cerevisiae*" **Yeast.**, 16, 797 pp 809.
- Levitt, J. (1980a). "Stress terminology. In: Tuner, N.C. and Kramer, P.J. (Eds.), Adaptation of plants to water and high temperature stress" **Wiley, New York.**, 437 pp 439.
- Li, H., Pordesimo, L., Weiss, J., (2004). "High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans" **J Food Res. Int.**, 37, 731 pp 738.

- Lopez, P., Sa´nchez, A.C., Vercet, A., and Burgos, J. (1997). "Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH" **Zeitschrift fur leben mittelunt ersuchungund –forschung.**, 204, 146 pp 150.
- Lopez, C.G., Banowetz, G.M., Peterson, C.J. and Kronstand, W.E. (2003). "Dehydrin expression and drought in seven wheat cultivars" **Crop Sci.**, 43, 577 pp 582.
- Manivel, L ., R. R. Kumar, S. Marimuthu and V. Venkatesalu. (1995). "Foliar application of potassium for increasing drought tolerance in tea" **J. Pot. Res.**, 11, 81 pp 87.
- Manivannan, P., Jaleel, C.A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2008). "Osmoregulation and antioxidant metabolism under drought stressed in *Helianthus annuus* L. triadimefon drenching" **Comp. Rend. Boil.**, 331, 418 pp 425.
- Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Alagu lakshmanan, G.M. and Panneerselvam, R. (2007a). "Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress" **Colloids Surf. Biointerfaces.**, 59, 141 pp 149.
- Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridhoran, R. and Panneerselvam, R. (2007b). "Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) by propiconazole under water deficit stress" **Colloids Surf. Biointerfaces.**, 57, 69 pp 78.
- Marchner, H. (1995). "Mineral nutrition of higher plants" **Second reprint. Academic Press.**, 6 pp 73.
- Milani, E., A. Koocheki, and A. Golimovahhed. (2011). "Extraction of inulin from burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound" **International Journal of Food Science and Technology.**, 46, 1699 pp 1704.
- Mizrach, A., Galili, N., Ganmor, S., Flitsanov,U., and Prigozin, I. (1996). "Models of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf life" **Journal of Agricultural Engineering Research.**, 65, 261 pp 267.
- Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H. and Sadeghian, S.Y. (2005). Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugarbeet genotypes. Turkish" **J. Bot.**, 29, 357 pp 368.
- Moradi, A. (2005). "Physiological response of Mungbean to severe and moderate water stress applied at different growth stage" M.Sc. thesis, University of Tehran (In Farsi).

- Nielsen, D.C. (1997). "Water use and yield of canola under dry land conditions in the Central Great Plains" **J. Prod. Agric.**, 10, 2, 307 pp 313.
- Nielsen, D.S. (2001). "Production functions for chickpea field pea, and lentil in the central at plains" **Agron. J.**, 93, 563 pp 569.
- Nielsen, D.C., and J. Janick.(1996). "Potential of canola as a dry land crop in northeastern Colorado. Progress in new crops proceeding of the third national symposium" **Posim Indiana polis.**, 22, 282 pp 187.
- Nelson, R. L.(2003). "Tassel emergence & pollen shed" **Corny news network.**
- Opoku, G., Davies, F.M., Zetrio, E.V. and Camble, E.F. (1996). "Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.)" **Plant Variety.**, 9, 119 pp 125.
- Palada, Y.B., Chandra Shekharaiash, A.M. and Radder, G.D. (1985). "Response of Bengal gram to moisture stress" **Indian. J. Agron.**, 30, 104 pp 106.
- Palata J.A., Kobata T., Turner N.C. and Fillery I.R. (1994). "Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits" **Crop Science.**, 34, 118 pp 124.
- Papakosta D.K., and A.A. Gayians. (1991). Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. **Agronomy Journal.**, 83, 864 pp 870.
- Pattanagul, W. and Madore, M.A. (1999). "Water deficit effects on raffinose family oligosaccharide metabolism in coleus" **Plant Physiol.**, 121, 987 pp 993.
- Porwanto, E. (2003). "Photosynthesis activity of soybean (*Glycine ax* L.) under drought stress" **Agron. Sci.**, 5, 1, 18 pp 1.
- Povey, M.J.W., and Wilkinson, J. M. (1980). "Application of ultrasonic pulse-echo techniques to egg albumin quality testing a preliminary report" **British Poultry Science.**, 21, 489 pp 495.
- Rawson H. M., and L.T. Evans (1971). "The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height" **Australian Journal of Agricultural Research.**, 22, 851 pp 863.
- Reddy, R.K., Hodges, H.F., McKinion, J.M., (1997). "Modeling temperature effect on cotton internode and leaf growth" **Crop Sci.**, 37, 503 pp 509.
- Rizhsky, L., Liang, H. and Mittler, R. (2002). "The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco" **Plant Physiol.**, 130, 1143 pp 1151.

- 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 Perseveration" **An Aspen Publication.**, 176 pp 202.
- Saxena, N.P., Krishnamuthy, L. and Johansen, C. (1993). "Registration of a drought resistance chickpea gerplasm" **Crop Sci.**, 33, pp 1424.
- ShafiurRahman, M. (2000). "Light and sound in food preservation. Horticulture and food research" **J. Institute of New Zealand.**, 3, 669 pp 685.
- Shah, C.B. and Loomis, R.S. (1965). "Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. *Physiol*" **Plant.** 18, 240 pp 254.
- Shan, L, , Lianzhou ,J., Yang L,. (2011). "Research of aqueous enzymatic extraction of watermelon seed Oil of ultrasonic pretreatment assisted" **Procedia Engineering.**, 4949 pp 4955.
- Shao, H.B., Chu, I.Y., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Panneerselvam, R. and Shao, M.A. (2009). "Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in aird regions of the globe" **Crit. Rev. Biotechnol.**, 29, 131 pp 151.
- Sharafi, S., Gholipoor, M., Ghassemi, S. and Sharafi, A. (2006). " Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars " **African Journal (publishing).**,
- Sharma, K. D. and M. S M. S. Kuhad. (2006). "Influence of Potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of BrassicaSpecies" **Brassica J.**, 8, 71 pp 74.
- Shekari, F. (2006). "Response of common bean to water shortage" Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University.
- Shekari, F. (2001). "Evaluation of common bean characters to drought stress tolerance" Final Report of Research Project of Institute of Agricultural Physiology and Biotechnology of Zanjan University.
- Shimomura, S. (1990). "The effects of ultrasonic irradiation on sprouting radish seed" *Ultrasonic Symposium Proceedings.*,3, 1665 pp 1667.
- Scott, N.S., Munns, R. and Barlow, E.W.R. (1979). "Polyribosome content in young and aged wheat leaves subjected to drought" **J. Exp. Bot.**, 30, 905 pp 911.

- Schmidt, P., Rosenfeld, E., Millner, R., and Schellenberger, A. (1987). "Effects of ultrasound on the catalytic activity of matrix-bound glucoamylase" **Ultrasonics.**, 25, 295 pp 299.
- Schnyder, H. (1993). "The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling" **New Phytol.** 123, 223 pp 245.
- Sexcena, N.P., Kapoor, S.N. and Bisht, D.S. (1983). "Emergence of chickpea seedling in suboptimal seed bed moisture" **In International Chickpea Newsletter.** ICRISAT. No 9.
- Singh, S.H. (2007). "Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars" **Agron. J.**, 99, 1219 pp 1225.
- Smith, P.K., Krohn, R.I., Hermanson, G.T., Mallia, A.K., Gartner, F.H., Provenzano, M.D., Fujimoto, E.K., Goeke, N.M., Olson, B.J., Klenk, D.C. (1985). "Measurement of protein using bicinchoninic acid" **Analytical Biochemistry.**, 150, 70 pp 76.
- Specht, J.E., Chese, M., Macrander, G.L., Graef, J., Chung, J.P., Markwell, M., German, J.H. and Lark, K.G. (2001). "Soybean response to water. AQTl analysis of drought tolerance" **Crop Sci.**, 41, 439 pp 509.
- Stasiak, D. M. (2005). "The ultrasound-assisted sugar extraction from sugar beet cossettes. Acta Scientiarum Polonorum" **Technica Agraria.**, 4, 31 pp 39.
- Stocker, O. (1996). "Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency" **Agron. J.**, 65, 63 pp 74.
- Suslick, K.S. (1990). "Sonochemistry" **Science.**, 247, 1439 pp 1445.
- Suslick, K.S., (Ed.). (1988). "Ultrasound: Its physical, chemical and biological effects" **VCH, New York.**
- Szilagyi, L. (2003). "Influence of drought on seed yield components in common bean" **Bulg J PlantPhisio.**, 320 pp 330.
- Tahir, M.H.S. and Mehid, S.S. (2001). "Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations under water stress and normal conditions" **Int. J. Agric. Biol.**, 3, 236 pp 238.
- Tahrnasebi-Sarvestani, T.Z., Jenner, C.F., and Mac-Donald, G. (2003). "Dry matter and nitrogen remobilization of two wheat genotypes under post- an thesis water stress conditions" **J. Agric. Sci. Technol.**, 5, 21 pp 29.

- Taiz, L., and Starks, J. E. (1977). "Gibberellic acid enhancement of DNA turnover in barley aleurone cells" **Plant Physiol.**, 60, 182 pp 189.
- Taiz, L. and Zeiger. (2006). "Plant physiology" Forth edition. Sinauer associates, Inc. Publishers Sunderland Massachusetts., pp 738.
- Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M. (2006). "Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-arid environment" **Europ. J. Agron.**, 25, 60 pp 70.
- Thomas, M., Robertson J. and Fukai, S. (2003). "The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation on mungbean" **Field Crop Research.**, 86, 67 pp 80.
- Turner, C. and Myones, M. (1980). "Turgor maintenance by osmotic adjustment. A review and evaluation in adaptation of plant to water and high temperature stress" Turner, N.C. and Kramer, P.J. (eds). **Wiley, Newyork.**, 87 pp 103.
- 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, 161 pp 169.
- Vyas, S. P., B. K. Garg, S. Kathju and A. N. Lahiri. (2001). "Influence of potassium on water relations, photosynthesis nitrogen metabolism and yield of cluster bean under soil moisture deficit stress" **Ind. J. Plant. Physiol.**, 6, 30 pp 37.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007). "Tolerance in plants: an overview Environ" **Exp. Bot.**, 61, 199 pp 223.
- Wahing .I,W.Van,V.J.G.Houba, J.J.Van der lee. (1989). soil and plant analysis,a series of syllabi.part 7,plant analysis procedure.wageningen agriculture university.
- Wang, J. L.C. (1981). "Agric" **Food. Chem.** 29 pp 177.
- Wang. X., B. Wang , Y. Jia, Ch. Duan and S. Akio. (2002). "Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum" **Colloids and surfaces B: Biointerfaces.**, 29, 99 pp 102.
- Wang, X., Li, W., Li, M. and Welti, R. (2006). "Profiling lipid changes in plant response to low temperature" **Physiol. Plant.**, 126, 90 pp 96.
- Webber, M.J., Barnett, B., Finlayson, B. and Wang, M. (2006). "Pricing china's irrigation water working paper, school of anthropology, geography and environmental studies" the university of Melbourne, Victoria, Australia.

- Wu, J., L. Lin, and F. T. Chau. (2001). "Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells" **Ultrasonics Sonochemistry** 8, 347 pp 352.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., and Tabatabaie.T.(2008). "Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barely seed: optimization of method by the Taguchi approach" The Institute of Brewing and Distilling.
- Yamada, Y. and Fukutoku, Y. (1986). "Effect of water stress on soybean, soybean intropical and sub tropical cropping system" The Asian vegetable research and development center, Shan bue, Taiwn, China, Chapte., 48, 373 pp 382.
- Yang, J., and Zhang, J. (2006). "Grain filling of cereals under soil drying" *New Phytol.* 169, 223 pp 236.
- Yordanov, V., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003). "Plant response to drought and stress tolerance" *Bulg. J. of Plant Physiol.*, (Special Issue). 187 pp 206.
- Zablotowicz, R.M., D.D. Focht, and G.H. Cannell. (1981). "Brady rhizobium liaoningensesp.nov., Isolated from the root nodules of soybeans.Inter" **J. Syst.Bacteriol.**, 45, pp 706.
- Zhang M., Duan I., Zhai Z., Li J., Tain X., Wang B., He Z. and Li Z. (2004). "Effects of plant growth regulators on water deficit – induced yield loss in soybean" Proceeding of the 4th international crop science coggess, Brisbane, Australia.
- Zheng, Y., J. Aijun N. Tangyuan J. Xud L. Zengjia and J. Gaoming. (2008). "Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance" **J. Plant Physiol.**, 165, 1455 pp 1465.

Abstract

The application of new and non-destructive technologies for decreasing the negative effects of environmental stresses is one of solutions in agriculture as drought is one of the most important factors limiting grow, yield and changing some physiological and morphological characteristics of plants. A field experiment as factorial based on randomized complete block design with three replications was conducted in research farm of Shahrood University to study this issue. Treatments consisted of three levels of drought stress including control (complete irrigation), no irrigation in the dough stage onwards, and no irrigation in the flowering stage onwards, exposure to ultrasonic waves with frequency of 42 kHz at five levels including control, 2, 4, 6 and 8 minutes. The results showed that drought stress at flowering stage reduced the dry weight of pods, plant height, stem diameter, number of nodes per shoot, leaf area, number of branches, number of 2nd order branches, distance of the first pod from the soil, pod length, seed weight, number of pods per square meter, number of seeds per plant, seed yield, biological yield, harvest index, but increased the remobilization of dry matter and protein content. the percentage of dry storage and transport of grain protein. The stress applied to the dough stage increased seed phosphorus and potassium. There was no statistically significant difference between drought stress at flowering and dough stage for harvest index, seed protein content. Irradiation of cowpea seeds with ultrasonic waves significantly increased leaf dry weight, stem dry weight, plant height, stem diameter, number of nodes per stem, number of branches, number of 2nd order branches, distance of first pod from soil, dry weight of pods, number of seeds per plant, seed yield, and the content of potassium, phosphorus, protein in seed. The interaction of ultrasonic waves and drought stress was significant on stem diameter, plant height, distance of first pod from soil, number of 2nd order branches, number of pods per square meter, number of seeds per plant and seed phosphorous. Except phosphorous, the irradiated plants grown in non stress conditions had higher values of these attributes.

Key words: Ultrasonic, Drought, Cowpea



University of Shahrood

Faculty of Agriculture

Interaction of ultrasonic waves and drought stress on cowpea

Hashem Naimi Noshahr

Supervisors:

Dr.M.Gholipoor

June 2014