

سورة الاحقاف



دانشگاه شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

عنوان پایان نامه

تأثیر امواج التراسونیک و تنش خشکی بر رشد، نمو و عملکرد ذرت

دانشجو:

مریم سالمی نسب

استاد راهنما:

دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور:

دکتر حسن مکاریان

مهندس حسن آریانی محمدیه

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۴

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی
گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مریم سالمی نسب

تحت عنوان: تاثیر امواج التراسونیک و تنش خشکی بر رشد، نمو و عملکرد ذرت

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد
مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر حسن مکاریان		دکتر منوچهر قلی پور
	مهندس آریانی محمدیه		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

شکر و قدردانی

پاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شامندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش ندهند و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و مدار وجودشان است؛ و نفرین بیوسه بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ای او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بجاوریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می کند و سلامت امانت باری را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب ”من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یکر الله عزوجل“

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوفته های و درشتی من، قلم عنقوشیده و گریانه از کنار خفت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از اساتذ با کمال و شایسته؛ جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیج گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهبانی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از اساتذ صبور و باتقوا، جناب آقای دکتر حسن کلاریان و آقای مهندس حسن آریانی محمدی، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از اساتذ فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر حمید عابدخت که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال شکر و قدر دانی را دارم که این خردترین، نخبی از زحمات آنان را پاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب مریم سالمی نسب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اکولوژی کشاورزی دانشکده مهندسی کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر امواج التراسونیک و تنش خشکی بر رشد، نمو و عملکرد ذرت تحت راهنمایی دکتر منوچهر قلی پور متعهد می‌شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

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

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

به منظور بررسی برهمکنش تنش خشکی و امواج التراسونیک بر برخی صفات ذرت، آزمایشی مزرعه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی شاهد (S_1)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد (S_2) و قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه به بعد (S_3) و امواج التراسونیک در پنج سطح شاهد (W_1)، ۲ دقیقه (W_2)، ۴ دقیقه (W_3)، ۶ دقیقه (W_4) و ۸ دقیقه (W_5) با فرکانس ۴۲ کیلوهرتز بود. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی دار میزان شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه، وزن خشک پوشش بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، وزن خشک چوب بلال، میزان عملکرد بیولوژیک، میزان عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک تاسل و میزان کارتنوئید نسبت به شاهد گردید. میزان کاهش در این صفات به ترتیب نسبت به شاهد ۳۷٪، ۳۹٪، ۳۳٪، ۲۱٪، ۱۳٪، ۱۴٪، ۳۷٪، ۳٪، ۲۵٪، ۴۰٪، ۵۰٪، ۱۹٪، ۴۶٪، ۵۳٪ و ۳۱٪ بود. تنش خشکی باعث افزایش در میزان قند محلول برگ و شاخص برداشت به ترتیب ۱۹٪ و ۱۱٪ نسبت به تیمار شاهد گردید. پرتودهی امواج التراسونیک نسبت به شاهد (عدم پرتودهی) باعث افزایش در میزان وزن خشک ساقه (۰/۹)، وزن خشک برگ (۰/۳)، وزن هزار دانه (۰/۵)، قطر بلال (۰/۱۸)، تعداد بلال (۰/۸)، عملکرد بیولوژیک (۰/۱۵)، عملکرد دانه (۰/۴۳)، شاخص برداشت (۰/۳۸)، قند محلول برگ (۰/۲۸) و محتوای نسبی آب برگ (۰/۱۹) و سرعت جوانه زنی گردید. اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، میزان پروتئین دانه، میزان کلروفیل a و b اثر معنی داری داشت. در تحقیق حاضر امکان استفاده از امواج التراسونیک به عنوان پیش تیمار بذری به منظور کاهش خسارت ناشی از تنش کم آبی، افزایش صفات کمی و کیفی وجود دارد.

واژگان کلیدی: امواج فراصوت، تنش کم آبی، صفات کمی و کیفی، ذرت

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- برهمکنش تنش خشکی و امواج التراسونیک بر رشد و نمو ذرت، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای

نوبین در علوم زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

۲- تاثیر تنش خشکی و امواج التراسونیک بر عملکرد کیفی ذرت، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای

نوبین در علوم زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

۳- تاثیر فراصوت، پرایمینگ و دما بر جوانه زنی ذرت، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوبین در علوم

زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

فهرست

۲-۱-۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲-۲	ذرت	۷
۱-۱-۲-۲	گیاهشناسی ذرت	۷
۲-۱-۲-۲	اهمیت و موارد مصرف	۸
۳-۱-۲-۲	سازگاری	۸
۴-۱-۲-۲	نیاز غذایی	۹
۵-۱-۲-۲	عملیات زراعی	۹
۱-۵-۱-۲-۲	عملیات کاشت	۹
۲-۵-۱-۲-۲	عملیات داشت	۱۰
۳-۵-۱-۲-۲	عملیات برداشت	۱۰
۲-۲-۲	تنش	۱۰
۳-۲-۲	تنش خشکی	۱۱
۱-۳-۲-۲	اثر فیزیولوژیکی تنش خشکی بر گیاهان	۱۱
۲-۳-۲-۲	رشد	۱۱
۳-۳-۲-۲	تغییر در سطح سلول	۱۲
۴-۳-۲-۲	فتوسنتز	۱۳
۵-۳-۲-۲	تغییر در میزان تنفس و انتقال کربوهیدرات	۱۴
۴-۱	خصوصیات فیزیکی فراصوت (Ultrasound)	۱۵
۵	آزمون فراصوت	۱۶
۵-۱	کاربردهای امواج فراصوت	۱۶
۱-۵-۱	کاربردهای صنعتی	۱۶
۲-۵-۱	کاربردهای امنیتی	۱۷

۱۷	۱-۵-۳-رادار.....
۱۷	۱-۵-۴-کاربردهای پزشکی، سونوگرافی.....
۱۷	۱-۵-۵-کاربرد در صنایع غذایی.....
۱۹	۱-۵-۶-کاربردهای کشاورزی.....
۲۰	۲-۶-ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی.....
۲۰	۲-۷-اثرات اصلی امواج فراصوت.....
۲۱	۲-۸-سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر فراصوت.....
۲۲	۲-۹-اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی.....
۲۶	۳-۱-زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش.....
۲۷	۳-۲-خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش.....
۲۸	۳-۳-نوع و قالب طرح آزمایشی.....
۲۹	۳-۴-آماده سازی زمین و کاشت.....
۳۰	۳-۵-مشخصات رقم بذر ذرت.....
۳۰	۳-۶-اعمال تیمارها.....
۳۰	۳-۷-مراحل اجرای آزمایش.....
۳۰	۳-۷-۱-کاشت و کود دهی.....
۳۱	۳-۷-۲-آبیاری.....
۳۱	۳-۷-۳-مبارزه با علف های هرز و دفع آفات.....
۳۱	۳-۷-۴-برداشت.....
۳۱	۳-۸-صفات زراعی و مورفولوژیک.....
۳۱	۳-۸-۱-ارتفاع و قطر ساقه.....
۳۲	۳-۸-۲-سطح برگ.....
۳۲	۳-۸-۳-عملکرد و اجزای عملکرد.....

- ۳۲.....۹-۳-۹ صفات کیفی
- ۳۲.....۱-۹-۳-۱ درصد پروتئین دانه.....
- ۳۴.....۲-۹-۳-۲ میزان کلروفیل و کاروتنوئید.....
- ۳۴.....۳-۹-۳-۳ محتوی نسبی آب برگ ده روز بعد از اعمال تنش خشکی.....
- ۳۵.....۴-۹-۳-۴ قند محلول.....
- ۳۶.....۵-۹-۳-۵ پتاسیم.....
- ۳۷.....۵-۱۰-۳-۵ سرعت جوانه زنی.....
- ۳۸.....۱۰-۳-۱۰ آنالیز داده ها.....
- ۴۰.....۱-۴-۱ ارتفاع بوته.....
- ۴۲.....۲-۴-۲ قطر ساقه.....
- ۴۳.....۳-۴-۳ شاخص سطح برگ.....
- ۴۵.....۴-۴-۴ وزن خشک ساقه.....
- ۴۶.....۵-۴-۵ وزن خشک برگ.....
- ۴۸.....۶-۴-۶ وزن هزار دانه.....
- ۵۰.....۷-۴-۷ وزن خشک پوشش بلال.....
- ۵۲.....۸-۴-۸ قطر بلال.....
- ۵۴.....۹-۴-۹ تعداد ردیف دانه در بلال.....
- ۵۵.....۴-۱۰-۴ تعداد بلال در بوته.....
- ۵۷.....۱۱-۴-۱۱ وزن خشک تاسل.....
- ۵۸.....۱۲-۴-۱۲ وزن خشک چوب بلال.....
- ۵۹.....۱۳-۴-۱۳ عملکرد بیولوژیک.....
- ۶۱.....۱۴-۴-۱۴ عملکرد دانه.....
- ۶۴.....۱۵-۴-۱۵ شاخص برداشت.....

۶۷	۱۶-۴- درصد پروتئین دانه
۶۸	۱۷-۴- قند محلول
۷۰	۱۸-۴- محتوی نسبی آب برگ
۷۲	۱۹-۴- کلروفیل برگ (a و b)
۷۵	۲۰-۴- کارتنوئید
۷۷	۲۱-۴- پتاسیم
۸۱	نتیجه گیری کلی
۸۲	پیشنهادها

فهرست اشکال

- شکل ۳-۱- حداکثر و حداقل دما بر حسب درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر در ماههای سال
۱۳۹۳ ۲۶
- شکل ۴-۱: اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک بر ارتفاع بوته ذرت ۴۱
- شکل ۴-۲: اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر قطر ساقه ذرت ۴۳
- شکل ۴-۳: تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی (تنش مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر شاخص
سطح برگ ذرت ۴۴
- شکل ۴-۴: تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی (تنش مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان وزن
خشک ساقه ذرت ۴۶
- شکل ۴-۵: تاثیر امواج التراسونیک بر وزن خشک ساقه ذرت ۴۶
- شکل ۴-۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن خشک برگ ذرت ۴۸
- شکل ۴-۷: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان وزن خشک برگ ذرت ۴۸
- شکل ۴-۸: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن هزار دانه ذرت ۵۰
- شکل ۴-۹: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر وزن هزار دانه ذرت ۵۰
- شکل ۴-۱۰: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن خشک پوشش بلال
ذرت ۵۲
- شکل ۴-۱۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر قطر بلال ذرت ۵۳
- شکل ۴-۱۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر قطر بلال ذرت ۵۴
- شکل ۴-۱۳: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر تعداد ردیف در بلال ذرت ۵۵
- شکل ۴-۱۴: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر تعداد بلال در بوته
ذرت ۵۶
- شکل ۴-۱۵: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر میزان وزن خشک تاسل
بلال ذرت ۵۷
- شکل ۴-۱۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر میزان وزن خشک چوب
بلال ذرت ۵۹

- شکل ۴-۱۷: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان عملکرد بیولوژیک ذرت ۶۰
- شکل ۴-۱۸: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان عملکرد بیولوژیک ذرت ۶۱
- شکل ۴-۱۹: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان عملکرد دانه ذرت ۶۳
- شکل ۴-۲۰: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان عملکرد دانه ذرت ۶۴
- شکل ۴-۲۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان شاخص برداشت ذرت ۶۶
- شکل ۴-۲۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان شاخص برداشت ذرت ۶۶
- شکل ۴-۲۳: اثر متقابل امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان درصد پروتئین دانه ذرت ۶۸
- شکل ۴-۲۴: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان قند محلول برگ ذرت ۷۰
- شکل ۴-۲۵: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان قند محلول برگ ذرت ۷۰
- شکل ۴-۲۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان قند محلول برگ ذرت ۷۲
- شکل ۴-۲۷: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر محتوای نسبی آب برگ ذرت ۷۲
- شکل ۴-۲۸: اثر متقابل امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان کلروفیل a برگ ذرت ۷۵
- شکل ۴-۲۹: اثر متقابل سطوح مختلف امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان کلروفیل b ۷۵
- شکل ۴-۳۰: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان کارتنوئید برگ ذرت ۷۷
- شکل ۴-۳۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان پتاسیم برگ ذرت ۷۸
- شکل ۴-۳۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان پتاسیم برگ ذرت ۷۹

فهرست جداول

- جدول ۳-۱: نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه..... ۲۷
- جدول ۳-۲ -فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش..... ۲۸
- جدول ۳-۲: نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده..... ۲۹
- جدول ۴-۱: میانگین مربعات ارتفاع ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۱
- جدول ۴-۲: میانگین مربعات قطر ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۲
- جدول ۴-۳: میانگین مربعات شاخص سطح برگ ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۴
- جدول ۴-۴: میانگین مربعات وزن ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۵
- جدول ۴-۵: میانگین مربعات وزن برگ ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۷
- جدول ۴-۶: میانگین مربعات وزن صددانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۴۹
- جدول ۴-۷: میانگین مربعات وزن خشک بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۱
- جدول ۴-۸: میانگین مربعات قطر بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۳
- جدول ۴-۹: میانگین مربعات تعداد ردیف دانه در بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۵
- جدول ۴-۱۰: میانگین مربعات تعداد بلال در بوته ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۶
- جدول ۴-۱۱: میانگین مربعات وزن تاسل ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۷

- جدول ۴-۱۲: میانگین مربعات وزن چوب بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۵۸
- جدول ۴-۱۳: میانگین مربعات عملکرد بیولوژیکی ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۶۰
- جدول ۴-۱۴: میانگین مربعات عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۶۳
- جدول ۴-۱۵: میانگین مربعات شاخص برداشت ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۶۵
- جدول ۴-۱۶: میانگین مربعات پروتئین دانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۶۸
- جدول ۴-۱۷: میانگین مربعات قند محلول در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۶۹
- جدول ۴-۱۸: میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۷۱
- جدول ۴-۱۹: میانگین مربعات کلروفیل a در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۷۴
- جدول ۴-۲۰: میانگین مربعات کلروفیل b در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۷۴
- جدول ۴-۲۱: میانگین مربعات کارتنوئید در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۷۶
- جدول ۴-۲۲: میانگین مربعات پتاسیم برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک..... ۷۸
- جدول ۴-۲۳: سرعت جوانه زنی (شیب خط رگرسیون درصد جوانه زنی تجمعی در مقابل زمان پس از کاشت) تحت تاثیر سطوح مختلف امواج التراسونیک..... ۸۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

جمعیت کره ی زمین پیوسته در حال افزایش است. بیش از ۷۵ درصد جمعیت جهان مربوط به کشورهای در حال توسعه است و متأسفانه سهم عمده ی افزایش جمعیت مربوط به این کشورها می باشد که امروزه با مشکل گرسنگی و سوء تغذیه دست به گریبان هستند، به گونه ای که ۲۰ درصد جمعیت این کشورها هم اکنون دچار سوء تغذیه هستند (گالاچر، ۱۹۸۴).

از دیدگاه کارشناسان تولیدات کشاورزی، افزایش تولید غذا تنها راه حل مشکل گرسنگی است و به ویژه در کشورهای در حال توسعه باید سرمایه گذاری بیشتری در امر تولید غذا صورت گیرد. چنانچه قرار باشد عرضه ی غذا به صورت کنونی انجام شود، این کشورها می بایست طی ۳۰ سال آینده دست کم ۶۰ درصد به تولیدات کشاورزی خود بیفزایند (فائو، ۱۹۹۲) و روی هم رفته در سطح جهانی طی ۲۰ سال آینده تولید غذا باید دو برابر شود (فائو، ۲۰۰۶). از طرف دیگر بدن انسان به طور متوسط روزانه معادل ۲۸۰۰ کالری به انرژی نیاز دارد. در کشورهای توسعه یافته مصرف روزانه کالری ۳۵۰۰ و در کشورهای جهان سوم این میزان به ۲۲۰۰ کالری برای هر فرد کاهش می یابد (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

ذرت با نام علمی *Zea mays L.* پس از گندم و برنج، مهمترین منبع ماده غذایی دنیا را تشکیل می دهد. ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاه C₄ می باشد. دامنه گسترش این گیاه وسیع است اما در اقلیم های گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد بهتری دارد. ذرت از جمله گیاهانی است که عملکرد آن در عرض جغرافیایی بالاتر از خاستگاه خویش، زیادتر می باشد. این موضوع بیانگر توسعه اقتصادی و استفاده بیشتر از نهاده ها در تولید این محصول در عرض جغرافیایی بالاتر است، هر چند طول دوره ی روشنایی زیادتر و فصل رشد طولانی تر هم در این امر موثر بوده اند. پتانسیل عملکرد در ذرت به گونه ای است که برداشت ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار در سطح تجاری رایج می باشد. بدلیل استعداد زیاد در تولید دانه، ذرت را پادشاه غلات می نامند (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹). ترکیبات بذر ذرت در بر گیرنده

۱۲ تا ۱۴ درصد رطوبت، ۱۰ تا ۱۲ درصد پروتئین، ۴ تا ۶ درصد چربی، ۶۵ تا ۷۵ درصد نشاسته، ۲ تا ۳ درصد قند و ۱ تا ۲ درصد مواد معدنی می باشد. ذرت به مناسبت اینکه دارای مواد قندی و نشاسته ای زیادی می باشد و از طرفی نیز مقدار محصول آن در واحد سطح نسبتاً زیاد و قابل توجه می باشد، یکی از بهترین و مناسب ترین گیاهان علوفه ای جهت تهیه علوفه سبز و یا سیلو شده و همچنین مصارف صنعتی و تغذیه انسان و تولید نان می باشد.

معمولاً یکی از شایعترین تنش های غیر زنده که گیاهان آن را تجربه می کنند، تنش خشکی است که خسارت سنگینی را به محصولات عمده کشاورزی در بسیاری از کشورهای مختلف جهان از جمله ایران وارد می کند (عسکر و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش عملکرد گیاهان که حاصل از تنش خشکی است به عوامل متعددی بستگی دارد از جمله این عوامل مرحله نموی گیاه، شدت و طول مدت تنش خشکی و مقدار حساسیت گیاه زراعی به تنش است (براون و همکاران، ۱۹۷۹). در زمان تنش خشکی، کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می تواند بدلیل کاهش مواد فتوسنتزی انتقال داده شده از برگ ها باشد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشار است که در طی تنش کم آبی، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش می یابد و این امر باعث کاهش در پتانسیل آماس و انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت تقلیل در مقدار آسیمیلات ذخیره ای می شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰). بالعکس حصول عملکرد بالا در شرایط تنش یا ناشی از ساز و کار فرار از خشکی است یا بدلیل سازگاری رقم به علت فرایندهای خاص در گیاه از جمله فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی برای افزایش مقاومت در شرایط تنش است که باعث تحمل به خشکی می شود (یوسفی آذر و رضایی، ۱۳۸۷). البته شدت تنش نیز در این زمینه بسیار تأثیر گذار است (آبروش و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج حاصل از پژوهش محققان نشان می دهد که کمبود آب و تنش خشکی علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی در گیاهان باعث ایجاد صدمات اکسیداتیو که از عوامل محدود کننده رشد و تولید در گیاهان است می شود و بیشترین صدمه حاصل از تنش خشکی یا اکسیداتیو در سطح سلولی اتفاق خواهد افتاد (حبیبی و همکاران، ۲۰۰۴). زمانی که گیاه با تنش خشکی مواجه می شود روزنه های

خود را می بندد که این امر باعث کاهش تبادلات گازی و غلظت CO₂ در بافت مزوفیلی می شود و به دنبال این وضعیت واکنش های تاریکی فتوسنتز مختل شده و محصولات حاصل از واکنش های روشنایی که شامل ATP و NADPH است مصرف نمی شود در این شرایط بدلیل عدم اکسیده شدن مولکول NADPH مصرف NADP⁺ جهت دریافت الکترون کاهش می یابد، بنابر این مولکول اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون عمل می کند و منجر به تشکیل رادیکال های آزاد می شود (حبیبی و همکاران ۲۰۰۴؛ میترلر، ۲۰۰۲؛ فریدریچ و همکاران، ۱۹۸۹).

افزایش تقاضای روز افزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی های جدید و بدون عوارض مانند التراسونیک شده است. التراسونیک به کیفیت محصولات غذا (ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی) آسیبی نمی رساند. این امواج دارای فرکانس بیشتر از بازه شنوایی انسان است که حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلو هرتز می باشد (آواد و همکاران، ۲۰۱۲). اصطلاح فراصوت متفاوت از ما موفق صوت (supersonic) بوده که برای سرعت حرکت بالاتر از سرعت صوت استفاده می شود. از این امواج برای آزمون فلزات نیز استفاده می شود، به طوریکه امواج فراصوت با فرکانس بالا و دامنه کم به داخل قطعه فرستاده می شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می شوند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می توان به مشخصه های این گسستگی پی برد. از کاربردهای دیگر این امواج می توان 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، علاوه بر این امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، در کشاورزی و صنایع غذایی نیز استفاده می شود به طوری که از آن به عنوان "کمک فرایند"، همراه با سایر فرایندهای فراوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. این امواج به عنوان یک فناوری نوین با کاربردی ایمن و اقتصادی، با کارایی بالا و بدون هیچ مخاطره ای برای محیط زیست شناخته شده است. از این امواج برای اندازه گیری به عنوان کمک فرآیند در کنار سایر فرآیندهای مواد غذایی استفاده می شود. کاربردهای فراصوت در صنعت غذا بسیار گسترده بوده و

به دو قسمت متفاوت تقسیم بندی شده است. کاربرد التراسوند با بسامد بالا و توان کم، که از آن در اندازه گیری ضخامت، تعیین ترکیبات متشکله، بررسی بافت و حالت مواد غذایی استفاده می شود. امواج با بسامد پایین و توان بالا، که از آن به عنوان کمک فرآیند در مواردی مانند استخراج، مواد انجماد، خشک کردن، تولید نان و امولسیون و غیر فعال سازی میکروارگانیسم ها استفاده می شود (اکرم شریفی، ۱۳۸۷). مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به طور کلی به علت ایجاد حباب های بسیار ریزی است که در اثر انقباض و انبساط لحظه ای و نقطه ای ناشی از حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه دما به ۵۵۰۰ درجه سانتی گراد رسیده و فشار $۱۰^۴ \times ۵$ کیلو پاسکال افزایش می یابد). این وضعیت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی ملکول های مجاور می شود. همچنین امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز مایع تحت تاثیر قرار می دهد. از این امواج نه تنها در تیمارهای بذری و کاهش و حذف آفات و بیماری ها استفاده می شود، بلکه در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. پرتو دهی گیاه زالزالک با امواج التراسونیک باعث استخراج ترکیبات فلاونوئیدی بیشتر از دانه این گیاه شده است (پن و همکاران، ۲۰۱۲). در طی یک آزمایشی گزارش شد که امواج التراسونیک در گیاه ذرت توانسته بود مقدار جوانه زنی بذر را در این گیاه افزایش دهد (هسانین و همکاران، ۲۰۱۴). امواج التراسونیک به عنوان یک عامل خارجی می توانند گیاهچه های گیاه را طوری تحت تاثیر خود قرار دهند که منجر به تولید گیاهچه های قوی تر و در نهایت مقاومت بیشتر در مقابل تنش های محیطی چون تنش خشکی بشوند.

هدف از این پژوهش بررسی اثر پرتو دهی بذور ذرت به عنوان پیش تیمار بذری بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی بود.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- ذرت

۲-۱-۱- گیاهشناسی ذرت

ذرت گیاهی تک لپه، یک ساله، از خانواده گرامینه یا پوآسه، زیر خانواده Maydeae، جنس Zea می باشد و دارای گونه های زیادی است که مهمترین آن mays با $2n = 20$ کروموزوم می باشد. تعداد ریشه های اولیه این گیاه حدود ۳ تا ۵ عدد و ریشه های ثانویه که در عمق ۳ تا ۵ سانتی متری خاک به وجود می آیند حدود ۱۵ تا ۲۰ عدد می باشد. ریشه های ذرت در خاک های قابل نفوذ که عمق مناسبی دارند به عمق ۲ تا ۳ متری خاک نفوذ پیدا می کنند. ساقه ذرت مانند ساقه غلات بند بند گره دار و میان تهی، ولی معمولاً بدون انشعاب می باشد فاصله بین گره ها در انواع مختلف بین ۶ تا ۲۰ سانتی متر متغیر است. ساقه این گیاه به طور مستقیم رشد می کند، ارتفاع آن حدود ۲ تا ۵ متر تغییر می کند. هر برگ ذرت از پهنک و غلاف تشکیل شده است که غلاف ساقه را در بر می گیرد و طول هر برگ به ۳۰ تا ۸۰ و گاهی تا ۱۵۰ سانتی متر می رسد. پهنای هر برگ در حدود ۸ تا ۱۰ سانتی متر و ضخامت آن حدود ۲ میلی متر است. تعداد برگ های ذرت در روی هر ساقه بین ۸ تا ۴۸ عدد تغییر می کند و به طور متوسط حدود ۱۲ تا ۱۸ عدد برگ دارد. اندام های نر و ماده گل آذین ذرت در نقاط گوناگون یک بوته قرار دارد. اندام نر ذرت که گل تاجی (tassel) نام دارد بصورت خوشه در بخش انتهایی بوته قرار گرفته است به گونه ای که گرده افشانی به وسیله باد تسهیل می شود. در هر سنبلک گل تاجی ۲ گلچه نر وجود دارد. هر گلچه نر ذرت در بر گیرنده ۳ پرچم است. گل آذین ماده ذرت به شکل سنبله (spike) است که به آن بلال گفته می شود. بر روی چوب بلال سنبلک هایی قرار دارند هر کدام دارای دو گلچه است یکی عقیم و دیگری بارور می شود (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸).

۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف

منشا اولیه ذرت قاره آمریکا است. اصلی ترین زراعت جهت تامین منابع غذایی در آمریکای شمالی، مرکزی و جنوبی قبل از کشف قاره جدید بوده است. سطح زیر کشت و همچنین مصرف ذرت در طی سال های اخیر در اغلب کشورهای جهان به سرعت افزایش یافته و این نسبت از سال ۱۹۸۴ به بعد به علت اهمیت زیادی که فراورده های مختلف آن در دنیای امروز دارا می باشند، رشد زیادتری داشته و در حال حاضر مقام سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است. در جهان امروز، ذرت بدلیل اهمیت بالایی که در تامین غذای انسان، دام و پرندگان و مصارف دارویی و صنعتی که دارد، نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین بهبود تکنیک زراعت آن اقدامات اساسی به عمل آمده است و در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوایی مناسب برای رشد این گیاه می باشند، محصول قابل توجهی تولید می کند.

۲-۱-۳- سازگاری

عوامل مختلف جوی به خصوص وجود گرمای مناسب و رطوبت کافی ۲ عامل مهم و اولیه رشد و تولید محصول کافی و همچنین زودرسی ذرت بوده که هر کدام می توانند اثر بسیار زیادی در تغییرات رشد و کمیت و کیفیت آن ایفا نمایند. نیاز حرارتی ذرت در دوره رشد نسبتا زیاد بوده است و کاشت آن، در مناطق گرم بهترین محصول را تولید می نماید. این گیاه از حدود ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۴۲ درجه عرض جنوبی رشد می نماید. مناسب ترین درجه حرارت در طول رشد ذرت حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه است. ذرت را می توان از سطح دریا تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری کشت کرد. ذرت در این ارتفاع به خوبی رشد خواهد کرد. اما در ارتفاعات زیادتر، دیررس می شود. ذرت در دوران زندگی خود به آب نسبتا زیادی نیاز دارد ولی در مناطقی که میزان بارندگی به ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی متر و با پراکندگی زمانی مناسب برسد، به خوبی رشد و نمو می نماید. یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم و موثر برای رشد و نمو، زودرسی و تولید محصول کافی در این گیاه، وجود نور کافی می باشد. کاشت ذرت

در خاک هایی که دارای عمق کافی، نرم و قابل نفوذ باشند امکان پذیر می باشد، علاوه بر آن باید تهویه به خوبی در خاک انجام بشود و از نظر آهک و هوموس غنی بوده و حرارت کافی داشته باشد و دارای مقادیر زیادی کلوییدی به ویژه هوموس باشند. زمین های خیلی سبک و خیلی سنگین برای رشد این گیاه مناسب نمی باشد. مناسب ترین و بهترین pH برای رشد و نمو ذرت ۵/۵ تا ۶/۵ می باشد (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸).

۲-۱-۴- نیاز غذایی

مقدار مصرف کودهای ازته در هر هکتار زمین زراعی، به طور معمول برابر ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم اوره می باشد. به طور کلی مقدار مصرف مواد مختلف (تقویت کننده) به مقدار مواد موجود در خاک، زودرسی رقم، مقدار آب منطقه، شرایط جوی و غیره متغیر است. مقدار کود فسفر مورد نیاز در هر هکتار در زراعت ذرت از ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم می باشد که بصورت فسفات آمونیوم و یا سوپر فسفات استفاده می شود. مقدار ماده پتاسه مورد نیاز این گیاه در هر هکتار زمین زراعی حدود ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم می باشد (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸).

۲-۱-۵- عملیات زراعی

۲-۱-۵-۱- عملیات کاشت

پس از اتمام عملیات شخم تکمیل و آماده سازی زمین، با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط، به خصوص هنگامی که درجه حرارت خاک تا عمق ۵ سانتی متر به حدود ۹ تا ۱۰ درجه سانتی گراد رسید می توان کشت بذر را انجام داد. مقدار بذر مورد نیاز جهت کشت در زمین زراعی به شرایط متفاوتی بستگی دارد اما در کل ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم جهت کاشت ذرت دانه ای، ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم جهت کاشت ذرت علوفه ای مورد نیاز است. به طور کلی عمق کاشت بذر ذرت ۳ تا ۷ سانتی متر تغییر می کند و در ایران عمق مناسب ۵ تا ۷ سانتی متر می باشد (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸). در زراعت

ذرت فاصله بذرها روی پشته ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر از هم و فاصله پشته ها از هم ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر است (امام، ۱۳۸۳).

۲-۱-۵-۲- عملیات داشت

مقدار آب و مراحل آبیاری بسته به شرایط جوی محیط، بافت خاک و مقدار رطوبت موجود در خاک متفاوت است و با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط هر ۷ تا ۱۲ روز یک بار باید ذرت را آبیاری نمود. در مناطق خشک وجود علف های هرز در مزرعه موجب تشدید تنش خشکی در بوته های ذرت شده و این نقش در دوره های حساس زندگی ذرت همچون ۲ هفته پیش و ۲ هفته پس از گلدهی موجب کاهش شدید عملکرد دانه می شود لذا کنترل علف های هرز در این مزارع امری ضروری است. انجام عملیات سمپاشی شیمیایی، عملیات زراعی (شخم عمیق، یخ آب زمستانه، از بین بردن علف های هرز و بقایای محصول و همچنین خشک کردن باتلاق ها و مرداب ها) و همچنین دیگر روش های کنترل آفات می تواند اهمیت به سزایی در کاهش انبوهی جمعیت آفات داشته باشد (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸).

۲-۱-۵-۳- عملیات برداشت

زمانی که رطوبت دانه ها به حداقل ۳۵ و به طور متوسط ۳۸ تا ۴۲ درصد رسید باید برداشت انجام بشود. به طور کلی برداشت دانه معمولا حدود ۷ تا ۸ هفته بعد از گلدهی صورت می گیرد. هر گاه برای برداشت دانه کمباین مخصوص (چیلر) وجود دارد که می تواند میوه ها را برداشت کند و دانه ها را در داخل دستگاه از چوب میوه جدا نموده و دانه ها را به طور خالص در مخزنی جمع آوری می کند (زند و لعلی نیا، ۱۳۳۸).

۲-۲- تنش

واژه تنش به هر عامل محیطی که تاثیر نامطلوب بر گیاهان داشته باشد اطلاق می شود. این تاثیر نامطلوب زمانی بوجود می آید که شرایط از حد اپتیمم و آستانه تحمل گیاه خارج می شود. برخی از

محققان تنش را تغییرات فیزیولوژی تعریف کرده اند که در صورت مواجه شدن گیاهان با شرایط نامساعد رخ می دهد (حیدری، ۱۳۸۰).

۲-۳- تنش خشکی

تنش خشکی از مهمترین و گسترده ترین تنش های محیطی است که بر رشد و تولید گیاهان زراعی تاثیر منفی می گذارد. در کل اراضی قابل کشت دنیا ۲۶ درصد با تنش خشکی مواجه هستند. در معمولی ترین حالت، تنش خشکی از دیدگاه متئورولوژی بصورت یک پریود زمانی بدون باران کافی توصیف می شود. اما کمبود آب از دیدگاه فیزیولوژی به وضعیتی اطلاق می شود که در آن سلول ها از حالت آماس خارج شده باشند. دامنه تنش آبی از کاهش جزئی پتانسیل آب در اواسط روز تا پژمردگی دائم متغیر است. به عبارت ساده تر زمانی خشکی روی می دهد که سرعت تعرق بیش از میزان جذب آب باشد (حیدری، ۱۳۸۶).

۲-۳-۱- اثر فیزیولوژیکی تنش خشکی بر گیاهان

۲-۳-۲- رشد

براساس تعریف رشد شامل افزایش در تعداد و اندازه سلول ها است. زمانی که مقدار آب به اندازه ای کاهش می یابد که بافت با کمبود مواجه می شود، از فشار تورگر سلول ها کاسته خواهد شد. رشد سلول ها نیز وابسته به فشار تورگر است. در این شرایط اندازه آن ها نسبت به حالت معمول کوچکتر خواهد ماند. بروز تنش خشکی در مراحل مختلف رشد اثرات متفاوتی بر گیاهان دارد. در صورت بروز تنش در مراحل اولیه رشد از سطح برگ ها کاسته خواهد شد. در این حالت نه تنها اندازه برگ ها کاهش می یابد بلکه خصوصیات ساختمانی آنها نیز تغییر می کنند. سطح برگها، اندازه سلول ها و حجم منافذ بین سلولی معمولا کاهش اما مقدار کوتین، تعداد کرکها، تعداد رگبرگ ها و ضخامت لایه های پارانشیمی برگ ها افزایش می یابند. نتیجه این وضعیت ضخامت نسبتا زیاد، چرمی شدن، کوتینی شدن شاخ و برگها خواهد بود. در مرحله تشکیل اندام های گل، خشکی سبب کاهش تعداد

گل ها می شود این امر با سقط بیش از حد اندام های زایشی همراه خواهد بود. همچنین از قابلیت زنده ماندن و جوانه زدن دانه های گرده کاسته خواهد شد و درصد عقیمی و نا باروری گلها افزایش خواهد یافت. به طور کلی اثرات تنش خشکی در این مرحله بر گیاهانی که دارای گلدهی محدود هستند بسیار بیشتر از آنهایی است که دارای گلدهی نا محدود می باشند. تنش خشکی در مرحله میوه دهی، کمترین تاثیر را بر اندام گل دارد اما به سبب کاهش طول دوره پر شدن دانه ها، تنش خشکی می تواند سبب کاهش تعداد سلولهای جنینی آندوسپرم در دانه شود همچنین در این شرایط از میزان فتوسنتز جاری برگها به سبب پیری زودرس و میزان کلروفیل آنها کاسته شده، مقدار مواد فتوسنتزی تولید شده حتی کفای سینک های موجود را نمی دهد. اتکا گیاه در این حالت به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از اندام های رویشی که قبل از گرده افشانی ذخیره شده اند بالا می رود (حیدری، ۱۳۸۶).

۲-۳-۳- تغییر در سطح سلول

اثر کمبود آب در سطح سلول نیز نمود دارد. در برخی از گونه های گیاهی تنش خشکی سبب از بین رفتن ساختار برخی از اندامک ها و نیز هیدرولیز شدن آنزیم ها در درون سیتوپلاسم می شود. در اثر کمبود آب فعالیت آنزیم های لیپاز و پروتئاز افزایش می یابند. در این شرایط بیشتر اندامک های موجود در سیتوسل از بین خواهند رفت. در صورتی که غشاء واکوئل (تونوپلاست) از بین رود مواد موجود در واکوئل به درون سیتوسل وارد شده و باعث خسارت به پروتئین ها خواهد شد (حیدری، ۱۳۸۶).

ساختمان کلروپلاست و میتوکندری نیز می توانند تحت تاثیر کمبود شدید آب تغییر کند. افزایش میزان آنزیم لیپاز در درون کلروپلاست مرتبط با از بین رفتن ساختمان تیلاکوئید است. همچنین در این شرایط بر میزان پلاستوگلوبول ها که از غشاء تیلاکوئید مشتق می شوند افزوده خواهد شد. تاثیر دیگر تنش خشکی بر سلول می تواند مربوط به از بین رفتن پایداری غشاء سلولها باشد. در صورتی

که غشاء از توانایی مقابله با تنش برخوردار نباشد انسجام آن از بین رفته، بر میزان نشت مواد از درون سلول به آپوپلاست افزوده می شود (حیدری، ۱۳۸۶).

۲-۳-۴- فتوسنتز

کمبود آب اثرات متفاوتی بر فتوسنتز دارد. از ۵۰ سال گذشته تاکنون این اثرات توسط محققین مختلف و از زوایای گوناگون مورد بررسی قرار گرفته اند. معمولاً نخستین اثر کمبود آب مربوط به بسته شدن روزنه‌ها است. بسته شدن روزنه‌ها ممکن است به سبب ارسال سیگنال‌هایی از ریشه (احتمالاً ABA) یا به دلیل کاهش پتانسیل تورگر در سلول‌های محافظ باشد. روزنه‌ها همچنین در واکنش به بالا رفتن گرادیان فشاری بین برگ و اتمسفر نیز بسته می شوند. فرایندهای مرتبط با فتوسنتز که تحت تاثیر خشکی قرار می گیرد به شرح زیر می باشد:

الف- تامین CO₂

ب- فرآیند شیمیایی که وابسته به نور هستند و تولید ترکیبات پر انرژی برای امر قند سازی می کنند.
ج- فرآیندهای تاریکی که به احیاء شیمیایی CO₂ مربوط و در نهایت منجر به سنتز قند خواهد شد.
CO₂ موجود در هوا از طریق انتشار و به وسیله روزنه‌ها به برگ رسیده و از آنجا وارد کلروپلاست می شود. حتی در نبود هیچ گونه تنش محیطی این گاز جهت ورود به برگ و به کارگیری در فتوسنتز می بایست مقاومت لایه مرزی (r_a)، مقاومت روزنه ای (r_s) و مقاومت مزوفیلی (r_m) را پشت سر بگذارد (حیدری، ۱۳۸۶).

با بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش خشکی از میزان CO₂ در فضای بین سلولی کاسته، و نسبت CO₂/O₂ کاهش می یابد. این امر افزایش تنفس نوری را به دنبال خواهد داشت. اگر شدت تشعشع خورشید در این شرایط بالا باشد تنفس نوری نمی تواند تمامی تولیدات بخش روشنایی فتوسنتز را مصرف می کند و در نتیجه بر میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست افزوده خواهد شد و

نوعی تنش اکسیداتیو بر گیاهان القاء خواهد شد. بخش نوری فتوسنتز (فسفوریلاسیون نوری) در این شرایط حتی در صورت بسته بودن کامل روزنه ها انجام می شود و تولید NADPH می نماید. اما به سبب کاهش میزان CO_2 و نبود مقدار کافی آن، بخش آنزیمی فتوسنتز (تاریکی) متوقف و چرخه کالوین بنسوان انجام نخواهد شد. از اینرو تنش اکسیداتیو ممکن است به سبب افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در درون کلروپلاست بر گیاهان القاء شود و خسارت مضاعفی را بر آنها وارد کند. علاوه بر روزنه‌ها، عوامل غیر روزنه ای نیز ممکن است در ممانعت از انجام فتوسنتز در طی بروز تنش خشکی دخیل باشند. در مراحل اولیه تنش ابتدا روزنه ها بسته و عوامل غیر روزنه ای به تدریج و با طولانی تر شدن مدت تنش وارد عمل می شوند. از عمده ترین این عوامل می توان به کاهش میزان کلروفیل برگ ها، پیری زودرس برگهای بالغ شده، کاهش میزان فعالیت روبیسکو و افزایش مقاومت مزوفیلی در کلروپلاست اشاره کرد. کاهش پتانسیل تورگر سبب بالا رفتن میزان قابلیت نفوذپذیری غشاء خارجی کلروپلاست شده، این امر منجر به تغییر در غلظت یون ها و pH در درون کلروپلاست خواهد شد. تغییر در pH می تواند اثرات باز دارنده ای بر فعالیت روبیسکو داشته باشد (حیدری، ۱۳۸۶).

۲-۳-۵- تغییر در میزان تنفس و انتقال کربوهیدرات

واکنش تنفس نسبت به کاهش آماس آب در سلول معمولاً عکس فتوسنتز است. همراه با کاهش آب از میزان فتوسنتز کاسته و بر مقدار تنفس افزوده می شود. در نتیجه نسبت تنفس به فتوسنتز افزایش می یابد. ممکن است این افزایش همراه با بالا رفتن میزان تنفس نوری نیز باشد. برخی از محققان عقیده دارند تنش خشکی منجر به ایجاد نوعی فقر غذایی در گیاهان می شود. غلظت قندهای ساده در برخی از بافت های گیاهان تحت تنش بالا می رود که به سبب تجزیه نشاسته ذخیره شده در کلروپلاست است. مشخص شده است که نوعی همبستگی بین میزان کم شدن نشاسته و کاهش آب در بافت وجود دارد. می بایست متذکر شد که همیشه بالا رفتن غلظت قندهای ساده مربوط به کم شدن غلظت نشاسته نیست. در طول ساعات روز در اثر کمبود آب از انتقال کربوهیدرات ها کاسته

می شود اما در شب با بهبود شرایط رطوبت، مقدار آن افزایش می یابد. در واقع کاهش میزان انتقال به دلیل تغییر در رابطه بین مبدا و مقصد نیز هست. الگوی اختصاص مواد فتوسنتزی بین مقصدها نیز در طی بروز تنش خشکی تغییر می کند. در بسیاری از الگوهای گیاهی، نسبت shoot/root کاهش می یابد. زمان کاهش رطوبت و وضعیت نموی گیاه می تواند در الگوی تقسیم مواد فتوسنتزی بین این دو بخش تاثیر بگذارد. تنش خشکی که در مراحل اولیه رشد رخ می دهد می تواند تغییر زیادی در نسبت shoot/root بوجود آورد بر خلاف آن در مرحله زایشی میزان این تاثیر بسیار کم و ناچیز و حتی بدون تاثیر می باشد. در این مرحله از تعداد گلها و دانه های تولیدی کاسته و بر میزان سقط میوه ها افزوده خواهد شد. تغییر در اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه ها، جذب بیشتر آب از لایه های پایین خاک را میسر خواهد کرد. در نتیجه گیاهان مواجه با تنش می توانند مدت طولانی تری در این شرایط زندگی کرده، از اثرات خشکی دور بمانند.

۱-۴- خصوصیات فیزیکی فراصوت (Ultrasound)

صوت یک انرژی مکانیکی است که توانایی عبور از ماده را دارد. تغییرات دوره ای فشار در اثر عبور صوت، باعث نوسان مولکول های جسم حول محل آنها می شود. فرکانس صوت در واقع تعداد نوسانات مولکول ها یا تعداد تکرار سیکل نوسانات در هر ثانیه می باشد (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸). این امواج دارای فرکانس بیشتر از بازه شنوایی انسان است که حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلوهرتز می باشد (آواد و همکاران، ۲۰۱۲). امواج فراصوتی به صورت های گوناگون می باشد که مهم ترین آنها شامل ۱. امواج طولی پیش رونده ۲. امواج عرضی می باشند. در امواج طولی^۱ ارتعاش ذرات در جهت مسیر انتشار انرژی موج است. در این نوع موج، مولکول های ماده در جهت حرکت موج به سمت جلو و عقب ارتعاش می کند. در امواج عرضی^۲ حرکت ذرات بر مسیر انتشار انرژی موج، عمود است. در بیشتر کاربردهای بیولوژیک از امواج طولی استفاده می شود. امواج طولی شامل سطوح انقباض و انبساط

¹.Longitudinal wave

².Transverse wave

زیادی است، این امواج سینوسی در واحد زمان دارای یک بعد یا دامنه بوده که از رابطه زیر بدست می آید:

$$A = A \sin (2\pi ft) \quad \text{رابطه ۱-۲}$$

در این موج سینوسی دو ناحیه فشرده‌گی و انبساط وجود دارد. در ناحیه فشرده‌گی، ذرات به هم نزدیک‌تر بوده و در نقطه ماکزیمم دامنه است اما در ناحیه انبساط ذرات به علت فشار منفی از هم باز شده و فاصله گرفته اند.

۵- 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.

۱-۵- کاربردهای امواج فراصوت

۱-۵-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات
- توانایی تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالا و طول موج بسیار کوچک
- امواج فراصوت برای آزمون فلزات نیز استفاده می‌شود
- امواج فراصوت برای حذف رسوبات وسایل آزمایشگاهی استفاده می‌شود

- از امتیازات التراسونیک توانایی آن در تشخیص صدمات شیمیایی است

۱-۵-۲- 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 التراسونیک 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.

۱-۵-۳- رادار

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

۱-۵-۴- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی

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

۱-۵-۵- کاربرد در صنایع غذایی

التراسونیک 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. از این امواج برای تشخیص و اندازه گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیندهای مواد غذایی استفاده می شود.

محدودیت استفاده از فراصوت در صنایع غذایی به دودامنه 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 حبابهای 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 مملکول های مجاور می شود. اثرات مکانیکی و شیمیایی پدیده حفره گی بسیار مهم است و کاربردهای آن نیز وسیع است (کاپلند و ساجین، ۲۰۰۳؛ چیستی، 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 بامکانیسم 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 آن ها 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 نمی شود. همچنین امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز- مایع تحت تاثیر قرار می دهد و سبب تشدید تبخیر می شود. جنبش مولکولی در لایه مرزی که ناشی از متلاشی شدن حباب ها طی

پدیده حفره گی است، ضمن کاهش ضخامت و افزایش دما، اختلاط بهتر را میسر می کند (چیستی، ۲۰۰۲).

امواج فراصوت برای فرایند خشک کردن انگور به منظور حذف قلیا و تهیه کشمش استفاده می شود و امکان جایگزین با این فناوری به جای روش های سنتی وجود دارد (مسکوکا و همکاران، ۱۳۸۶). می توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه ها و سبزیجات از نظر رسیدگی نیز استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). بکارگیری این امواج سبب بهبود مقدار و کیفیت استخراج در شیر خرمای و منجر به افزایش راندمان استخراج شده است (میلانی، ۲۰۱۱). تیمار فراصوت امکان استخراج در درجه حرارت پایین تر را در شیر خرمای، روغن بذر چای، مواد جامد چای و روغن دانه های سویا امکان پذیر می سازد و منجر به استخراج بالاتر در مدت زمان کوتاه تر می شود (انتظاری و همکاران، ۲۰۰۴). در کوششی دیگر، استخراج قند از خلال چغندر قند تحت تاثیر امواج فراصوت با استفاده از یک دستگاه حمام فراصوت مطالعه شد. زمان کوتاه تر، راندمان بالاتر و درجه خلوص بالاتر شیر تحت تاثیر استخراج قند با امواج فراصوت مشاهده شد (استاسیاک، ۲۰۰۵). در مطالعه ای بر روی تاثیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا بر استخراج روغن از دانه های آسیاب شده زیتون مشخص شد که در حضور این امواج دیواره سلول ها و بافت های گیاهی تخریب شده و ترکیبات آنتی اکسیدانی (پلی فنل ها و تو-کوفرول ها) و رنگدانه های (کلروفیل و کارتنوئید) بیشتری به داخل روغن راه یافتند و باعث افزایش ارزش تغذیه ای گردیدند (جیمینز و بلترن، ۲۰۰۷).

۱-۵-۶- کاربردهای کشاورزی

امواج فراصوت کاربردهای فراوانی دارد، به طوری که نه تنها در تیمارهای بذر و کاهش و حذف آفات و بیماری ها کاربرد دارد، بلکه این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. پرتو دهی گیاه زالزالک با امواج التراسونیک میزان استخراج ترکیبات فلاونوئیدی از دانه این گیاه را افزایش داده است (پن و همکاران، ۲۰۱۲). در طی یک آزمایشی گزارش شد که امواج التراسونیک در گیاه ذرت توانسته بود مقدار جوانه زنی بذر را در این گیاه افزایش دهد (هسانین و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۶- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی

۱. استفاده از تکنولوژی های جدید و غیر مخرب مانند التراسونیک ضروری است
۲. التراسونیک به ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی آسیبی نمی رساند
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. اندازه گیری و تشخیص عیوب فیزیکی بسیار کوچک (ترک های میکروسکوپی) موجود در بذور

۲-۷- اثرات اصلی امواج فراصوت

۱. ایجاد پدیده حفرگی یا تشکیل حباب های بسیار ریز
 ۲. اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه ای و نقطه ای
 ۳. حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می شوند
 ۴. امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز-مایع تحت تاثیر قرار می دهد
 ۵. تیمار التراسونیک با تولید حبابهایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰).
- دو پارامتر مهمی که در رابطه با امواج فراصوتی بوده و برای اندازه گیری خواص محصولات کشاورزی دارای اهمیت فراوانی می باشد، سرعت موج فراصوت و ضریب تضعیف آنها است. سرعت امواج فراصوت (V) از طریق اندازه گیری زمان مورد نیاز (T) برای عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد (L) مطابق رابطه (۲-۲) تعیین می گردد:

$$v = L/T$$

رابطه ۲-۲

با داشتن دامنه موج فراصوت فرستاده شده (A) و دریافت شده (A0) و هم چنین فاصله بین پروبها (L)، ضریب تضعیف امواج فراصوت (α) مطابق رابطه (۳-۲) قابل محاسبه است (ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$a_{dB} = \frac{-20}{L} \log \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad \text{رابطه ۳-۲}$$

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

۲-۸- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر فراصوت

پژوهش هایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف به وسیله امواج فراصوت انجام شده است (مسکوکى و مرتضوى، ۱۳۸۰). 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 (ویلیخ 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). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش بهره وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش موثر است (مسکوکى و همکاران، ۱۳۸۶). امواج التراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه موثر است (کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار التراسونیک باعث فعالیت آنزیم ها می شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). آلفا آمیلاز 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 می شود (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵). بذر تریچه تیمار شده با امواج فراصوت، افزایش سرعت جوانه زنی و هم چنین افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه را نسبت به شاهد نشان داد (شیمومورا ۱۹۹۰). در پژوهشی به کاهش ۳۰ الی ۴۵ درصدی در زمان جوانه زنی در بذور جو و افزایش درصد جوانه زنی

پس از تیمار بذور با امواج فراصوت اشاره شده است (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقی دیگر که روی بذور بادنجان، فلفل و خیار نشان داده شد که از لحاظ رشد تیمار بذور با امواج فراصوت ۴۲ الی ۵۹ کیلو هرتز، برتری بسیار بالای نسبت به تیمار شاهد دارد (بینا و رضایی، ۱۳۸۷). استخراج پروتئین از دانه‌های بدون روغن سویا توسط وانگ (۱۹۸۱) مورد مطالعه قرار گرفت در این فرایند امواج فراصوت روی محلول به وسیله ۵۵۰ وات و عملکرد در فرکانس ۲۰ کیلوهرتز سبب بهبود استخراج گردید. نتایج نشان داد که استفاده از امواج فراصوت نسبت به هر یک از تکنولوژی‌های مرسوم بازدهی بیشتری داشته است.

۹-۲- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم‌ها در شدت بالای پرتودهی

میزان جذب صرفاً به واسطه اثرات امواج فراصوت می‌باشد. غیر فعال سازی آنزیم آلفا آمیلاز جو باعث تولید رادیکال‌های آزاد و نیروهای برشی می‌شود که در نتیجه باعث تغییر و تحول و آسیب بیشتر به ساختار آلفا آمیلاز اثرات امواج فراصوت بر روی آنزیم‌ها اغلب با چندین فرآیند مکانیکی و سونوشیمیایی مرتبط است که به وسیله پدیده حفرگی ایجاد می‌شود. در شدت‌های بالای پرتودهی امواج فراصوت میکروجت‌های مایع تولید شده به وسیله فروپاشی متقارن حباب‌های حفرگی، تنش‌های برشی در مایع پرتودهی شده و میکروجریان‌هایی که معلول حباب‌های نوسان‌کننده پایدار می‌باشند قادر به رساندن آسیب مکانیکی به تمامیت ساختمان پروتئین می‌باشند و باعث افت فعالیت آنزیم می‌شوند. مکانیسم دیگری که در طی آن آنزیم‌های پرتودهی شده غیر فعال می‌شوند به واسطه تغییر و تحول و یا آسیب ساختار مولکولی آنزیم می‌باشد. رادیکال‌های آزاد که ذراتی با الکترون‌های جفت نشده و با فعالیت واکنش‌پذیری خیلی بالا هستند، توزیع بار بر روی سطح پروتئین را تغییر داده و باعث رساندن آسیب جدی به ناحیه فعال آنزیم شده بنابراین میل ترکیبی آنزیم با سوبسترا را از بین می‌برند. طبق فرآیندهای فوق، گرادیان‌های فشار بالای بوجود آمده توسط امواج فراصوت در درون مایع باعث پارگی و تکه تکه شدن مولکول‌های پروتئین و تغییر شکل ساختار

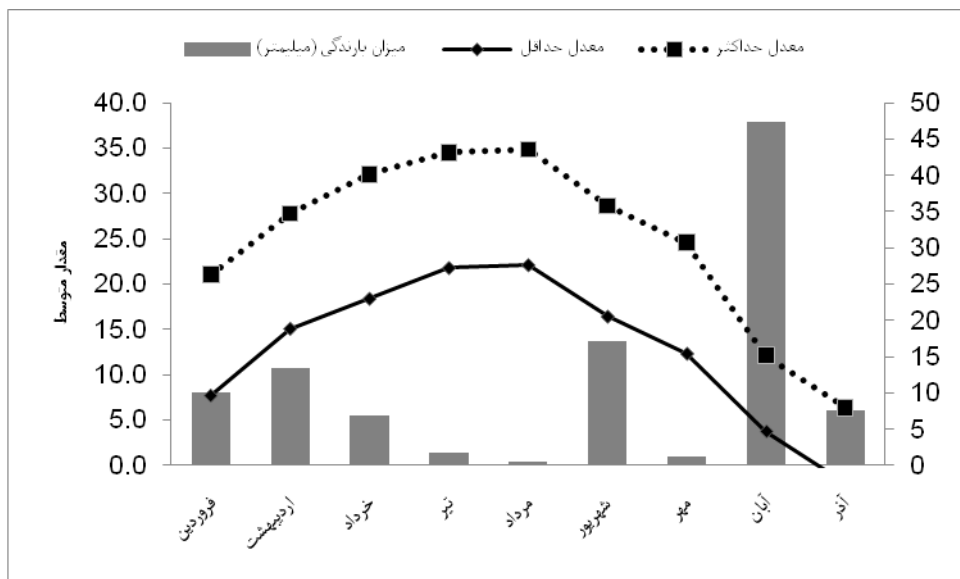
آن می شوند، در حالی که گرادیان های دمای بالا منجر به غیر فعال سازی گرمایی یا پرولیز پیوندهای آن می شوند (اثرات مکانیکی صوت) و طبق مکانیسم اثرات سونوشیمیایی صوت، هر حباب حفرگی تولید شده به وسیله امواج فراصوت به منزله میکرواکتور کوچکی عمل می کند که تولید نقاط داغ موضعی نموده و دما و فشار در داخل این حبابها به میزان قابل توجهی افزایش می یابد. 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 (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. 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 گلوکوکوآمیلاز 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 التراسونیک 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 کازئین در شدت های پایین، و از طرف دیگر کاهش فعالیت این آنزیم در شدت های بالا می توان اشاره کرد (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱). فعالیت آنزیم ها به عنوان کلید واکنش های بیوشیمیایی با تنظیم خوب پرتو افکنی فراصوت افزایش می یابد (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 میزان فعالیت آنزیم کاهش می یابد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۳ 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 ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است (شکل ۳-۱). 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.



شکل ۳-۱- میانگین دما بر حسب درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر در ماههای سال ۱۳۹۳

۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری در ۱۵ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک جدا گردید، سپس نمونه های جمع آوری شده را مخلوط کرده، نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. با توجه به تجزیه فیزیکی و درصد هر یک از اجزای خاک، بافت خاک از نوع لومی تعیین گردید.

جدول ۳-۱: نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه

نتیجه آزمون	عوامل مورد تجزیه
۰/۶۵	قابلیت هدایت الکتریکی (EC) (دسی زیمنس بر متر)
۷/۹۱	اسیدیته خاک (pH)
۰/۱۹	درصد کربن آلی
۰/۳۳	درصد مواد آلی
۵۵	کلسیم و منیزیم (me/1)
۳۳	کلسیم قابل جذب (me/1)
۲۲	منیزیم قابل جذب (ppm)
۰/۰۴	نیتروژن قابل جذب (ppm)
۱۰	فسفر قابل جذب (ppm)
۱۸۱/۴	پتاسیم قابل جذب (ppm)

۳-۳- نوع و قالب طرح آزمایشی

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی شاهرود اجرا گردید. هر تکرار شامل ۱۵ کرت و تعداد کرت ها در کل ۴۵ عدد بود. تیمارها شامل سه سطح شاهد (S_1)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد (S_2) و قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن دانه به بعد (S_3) و امواج التراسونیک در پنج سطح شاهد (W_1)، ۲ دقیقه (W_2)، ۴ دقیقه (W_3)، ۶ دقیقه (W_4)، ۸ دقیقه (W_5) با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز بود.

جدول ۳-۲ ترکیبات تیماری 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 در مرحله خمیری به بعد
S_2W_2	پرتودهی ۲ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله خمیری به بعد
S_2W_3	پرتودهی ۴ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله خمیری به بعد
S_2W_4	پرتودهی ۶ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله خمیری به بعد
S_2W_5	پرتودهی ۸ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله خمیری به بعد
S_3W_1	عدم پرتودهی در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد
S_3W_2	پرتودهی ۲ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد
S_3W_3	پرتودهی ۴ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد
S_3W_4	پرتودهی ۶ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد
S_3W_5	پرتودهی ۸ دقیقه در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی به بعد

جدول ۳-۲: نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

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

۳-۴- آماده سازی زمین و کاشت

عملیات تهیه زمین در اوایل خرداد ماه سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته هایی به فواصل ۶۵ سانتی متر ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و سپس جوی های آبیاری تعبیه گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۵ و عرض ۲ متر بود و فاصله بذور روی ردیف های کاشت ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و... بذور در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار داده شدند. برای جلوگیری از نفوذ آب به کرت های تحت تنش دو خط به صورت نکاشت به عنوان حایل بین کرت های اصلی قرار گرفت. جوی های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت ها از مزرعه خارج شود.

۳-۵- مشخصات رقم بذر ذرت

رقم بذر مورد کشت در این طرح سینگل کراس ۷۰۴ (SC704) بود.

۳-۶- اعمال تیمارها

بذور ذرت دانه ای بعد از ۸ ساعت هیدروپرایمینگ نمودن در شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه فیزیک انتقال داده شدند. برای اعمال فراصوت از حمام فراصوت (Digital ultrasonic مدل CD-۴۸۲۰) با فرکانس ثابت ۴۲ کیلوهرتز استفاده شد. بذور آماده سازی شده در ۴ سطح زمانی ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) 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. سپس از مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد به غیر از سطح شاهد اقدام به اعمال تنش خشکی گردید.

۳-۷- مراحل اجرای آزمایش

۳-۷-۱- کاشت و کود دهی

کاشت بذر ذرت در تاریخ ۱۳ خرداد ماه ۱۳۹۳ انجام گرفت. عملیات کاشت به روش دستی و بصورت خشکه کاری صورت گرفت. کود مورد استفاده اوره بود که دارای ۴۶٪ نیتروژن می باشد و به همه کرت ها به هنگام کاشت به دو صورت (استارتر) و سرک بکار برده شد. علاوه بر آن کود فسفر در زمان آماده سازی زمین و کود پتاسیم در اواسط کشت نیز در همه کرت ها مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۷-۲-آبیاری

اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری دوم ۷ روز بعد آبیاری اول صورت گرفت.

۳-۷-۳-مبارزه با علف های هرز و دفع آفات

علف های هرز مهم در مزرعه شامل پیچک صحرايي، سوروف، تاجریزی و تاج خروس و.. بودند که با دو بار وجین دستی با آن ها مبارزه گردید. اولین وجین ۲۰ روز بعد از سبز شدن و دومین وجین ۲۰ روز پس از وجین اول صورت گرفت. در طول فصل رشد بیماری و آفت خاصی مشاهده نشد.

۳-۷-۴-برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در اواخر مهرماه متقارن با ۱۳۵ روز پس از کاشت و چند روز پس از قطع آخرین آبیاری صورت گرفت. در این زمان بخش های رویشی کاملاً خشک شده و رطوبت دانه ها حدود ۱۴ درصد بود که در تماس با دست خشک به نظر می رسید.

۳-۸-۱-صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۸-۱-۱-ارتفاع و قطر ساقه

به منظور اندازه گیری ارتفاع و قطر ساقه، تعداد ۸ بوته از هر کرت با در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد. قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۸ بوته اندازه گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید.

۳-۸-۲-سطح برگ

سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی درپاکت‌های مخصوص شماره گذاری شده قرار داده شد و سپس با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ بر حسب میلی متر مربع اندازه‌گیری شده که در نهایت جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ داده‌ها استفاده شد. شایان ذکر است که سنجش سطح برگ در زمان ۱۰ روز پس از اعمال سطح دوم تنش خشکی (خمیری شدن دانه به بعد) انجام شد.

۳-۸-۳-عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۸ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۸ بوته محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع برآورد گردید. 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 ذرت عبارتند از تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف در بلال و وزن هزار دانه سپس عملکرد دانه و برخی صفات دیگر شامل وزن خشک ساقه، برگ، تاسل، پوشش بلال، چوب بلال محاسبه گردیدند.

۳-۹-۳-صفات کیفی

۳-۹-۱-درصد پروتئین دانه

به منظور تعیین پروتئین دانه، مقدار ۱ گرم از بذر ذرت را پودر و پروتئین دانه به روش کج‌دال^۳ اندازه‌گیری شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltac Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. ترکیب کاتالیزور شامل ۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۵ گرم سولفات مس و ۱ گرم

^۳- kjeldahl

پودر سلنیم می باشد. ۱/۱ گرم کاتالیزور رابه همراه ۰/۳ گرم از پودر نمونه و ۶ سی سی اسیدسولفوریک را در تیوب اجاق هضم به هم اضافه گردید. زمانی که محلول سیاه‌رنگ درون تیوب ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولاً ۳ تا ۳/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کج‌دال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۳۲ درصد و اسید بوریک ۲ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک تیوب در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوز آور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون به صورت دستی انجام گرفت. در این مرحله از اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال استفاده شد. محلول معرف که شامل ۰/۰۵ گرم برموکروزین گرین ، ۰/۰۳۳ گرم متیل رد به همراه ۵۰ سی سی اتانول می باشد. به محلول حاصل از تقطیر ۱ سی سی از محلول معرف را اضافه میکنیم که در این حالت رنگ نمونه به سبز متمایل به آبی تغییر رنگ می دهد، مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسیدسولفوریک مصرف شده در بورت که رنگ نمونه را به رنگ قرمزآلبالویی تغییر می دهد مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۱-۳ و ۲-۳ زیر استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای ذرت ۶/۲۵ در نظر گرفته شد (والینگ و همکاران، ۱۹۹۸).

فرمول ۱-۳ وزن نمونه (گرم) / (۰/۱۴ × A) = درصد نیتروژن نمونه

فرمول ۲-۳ ضریب تبدیل نیتروژن × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

A = اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر

۳-۹-۲- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی و ده روز بعد از اعمال سطح دوم تنش خشکی صورت گرفت. به این طریق که نمونه‌های برگ (۰/۵ گرم) در ۵ میلی‌لیتر از دی‌متیل سولفوکسید، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، کلروفیل اندازه‌گیری گردید. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید محاسبه گردید (پروچازکا و همکاران، ۱۹۹۸).

$$\text{Chl a} = (12.19 A_{665}) - (3.45 A_{645}) \quad \text{رابطه ۳-۳}$$

$$\text{Chl b} = (21.99 A_{645} - 5.32 A_{665}) \quad \text{رابطه ۴-۳}$$

$$\text{Chl t} = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad \text{رابطه ۵-۳}$$

$$\text{Carotenoid} = (1000 A_{470} - 2.14 \text{Chl a} - 70.16 \text{Chl b}) / 220 \quad \text{رابطه ۶-۳}$$

۳-۹-۳- محتوای نسبی آب برگ ده روز بعد از اعمال تنش خشکی خمیری شدن دانه

نمونه‌برداری با استفاده از قیچی از برگ رفرنس (آخرین برگ توسعه یافته) تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد (برگ‌ها نباید دچار شکستگی و پارگی باشند)، سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در سردخانه (Cold Room) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند

در صورت در اختیار نداشتن سردخانه می توان از یخچال استفاده نمود). بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری می شود. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در فرمول زیر RWC بدست می آید:

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} * 100$$

رابطه ۳-۷

FW: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

SW: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

۳-۹-۴- قند محلول

در زمان ۱۰ روز پس از اعمال سطح دوم تنش خشکی، قند محلول برگ به روش فنل- اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد. در ابتدا ۰/۱ تا ۰/۱۵ گرم از وزن تر برگ را درون لوله آزمایش استریل شده قرار می دهیم، سپس ۱۰ سی سی الکل سفید را به هر نمونه اضافه گردید و نمونه‌ها در بن ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. پس از آن ۱ سی سی از عصاره تهیه شده را به همراه ۱ سی سی فنل و ۵ سی سی اسید سولفوریک ۹۵ یا ۹۸ درصد را درون سل قرار می دهیم و با طول موج ۴۸۳ نانومتر دستگاه اسپکت قرائت گردید. جهت کالیبره کردن دستگاه اسپکت از محلول blank استفاده می شود. استفاده از این محلول میزان خطا هنگام قرائت نمونه با دستگاه را می کاهش دهد.

محلول blank:

۱ سی سی اتانول + ۱ سی سی فنل + ۵ سی سی اسید سولفوریک

۳-۹-۵- پتاسیم

در زمان ۱۰ روز پس از اعمال سطح دوم تنش خشکی، جهت اندازه گیری عنصر پتاسیم به روش هامادا والنای ابتدا اندام هوایی گیاه برداشت شده و سپس نمونه‌ها درون پاکت کاغذی قرار داده شد و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. نمونه های خشک شده با استفاده از دستگاه آسیاب به پودر ریزی تبدیل شدند و بدین ترتیب نمونه‌ها جهت انجام مراحل بعدی کار آماده شدند.

۱- ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه آسیاب شده را توزین و درون فالكون ۱۵ میلی لیتری قرار دادیم.

۲- ۱۰ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال ۰/۱ نرمال روی هر یک از نمونه‌ها ریختیم و به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه نگهداری نمودیم.

۳- پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها را به مدت ۲ ساعت درون بن ماری (حمام آب گرم) با دمای حدود ۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد قرار دادیم.

۴- پس از طی ۲ ساعت نمونه‌ها را از بن ماری خارج نموده و توسط قیف و کاغذ صافی واتمن ۴۱، صاف نموده، عصاره حاصل را درون فالكون ۱۵ میلی لیتر دیگری قرار دادیم.

۵- حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه قبل از قرائت، دستگاه فلم فتومتر را روشن نمودیم تا کاملاً گرم شود. فیلتر دستگاه را بر حسب نیاز روی عنصر سدیم یا پتاسیم قرار دادیم.

۶- برای کالیبراسیون دستگاه ابتدا به دستگاه آب مقطر دادیم و آنرا روی صفر تنظیم کردیم. سپس محلول استاندارد ۱۰۰ ppm سدیم و یا پتاسیم را که قبلاً آماده کرده بودیم به دستگاه دادیم و آنرا روی عدد ۱۰۰ تنظیم نمودیم. در واقع دستگاه را بین دو عدد ۰ و ۱۰۰ کالیبره کردیم.

۷- سپس نمونه‌ها را با دستگاه قرائت کردیم. چنانچه اعداد نمونه‌ها خارج از محدوده ۰ و ۱۰۰ بود نمونه‌ها رقیق شدند و هر چه عدد حاصل بیشتر از ۱۰۰ بود نسبت رقت را بیشتر نمودیم.

۸- سپس عدد حاصل از دستگاه را روی منحنی پیدا کرده و غلظت معادل آنرا به mg/Kg محاسبه نموده و عدد حاصل از منحنی را درون فرمول زیر گذاشته و میزان پتاسیم گیاه را بر حسب میلی گرم بر گرم به دست آوردیم.

$$A = y \times 100/1000 \times 1000/2$$

رابطه ۳-۸

$y =$ عدد حاصل از منحنی بر اساس mg/Kg

$A =$ میزان سدیم یا پتاسیم g^{-1} mg.

۳-۱۰-۵- سرعت جوانه زنی

جهت محاسبه سرعت سبز شدن گیاهچه‌های ذرت، با در نظر گرفتن خطوط حاشیه به ترتیب ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ روز پس از کاشت هر دو روز به مدت یک هفته جوانه‌های سبز شده مورد شمارش قرار گرفتند.

۳-۱۰- آنالیز داده ها

در این پژوهش برای تجزیه داده ها از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C همچنین برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده شد. جهت رسم شکل ها نرم افزار Excel 2013 بکار برده شد.

فصل چہارم

نتایج و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته

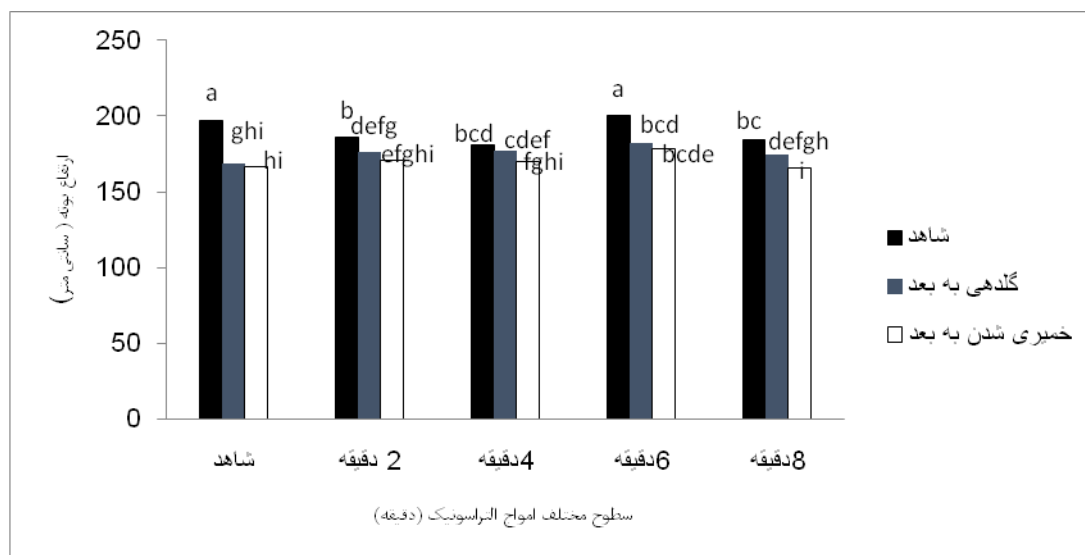
ارتفاع گیاه به عنوان شاخصی از حجم رشد رویشی گیاه به حساب می آید، پس می توان چنین برداشت کرد که ارقام با ارتفاع بلندتر بدلیل ظرفیت و توانایی بالاتر خود، گل‌های بیشتری را بارور ساخته و تعداد دانه های بیشتری را تشکیل و با مواد فتوسنتزی تامین می کنند. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک اثر معنی داری در سطح ۱٪ بر ارتفاع بوته ذرت نشان داد. طبق نتایج مندرج در این جدول اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر ارتفاع بوته ذرت معنی دار بوده است. بیشترین ارتفاع ساقه با ۲/۲۰۰ سانتی متر در تیمار W_{۴S}۱ مشاهده گردید و کمترین مقدار ارتفاع بوته مربوطه به تیمار W_{۵S}۳ با مقدار ۱۶۵/۷ بود (شکل ۴-۱). کاهش ارتفاع بوته تحت تنش کمبود آب احتمالاً به دلیل کاهش سطح برگ، تقلیل فتوسنتز، ساخت و انتقال مواد باشد. علاوه بر این تنش خشکی، با اختلال در فرایندهای فتوسنتزی و کاهش تولید مواد پرورده جهت ارایه به بخش های در حال رشد، مانع از دستیابی به پتانسیل کامل گیاه می گردد. با اعمال تنش خشکی بین بخش های هوایی (ساقه) و زمینی ذرت (ریشه) جهت کسب مواد غذایی رقابت صورت می گیرد و در این رقابت گیاه، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه اختصاص می یابد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به ساقه که از جمله بخش های هوایی گیاه می باشد، می رسد که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته ذرت می شود. قاعدتاً در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با کمک مکانیسم های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می باشند، ولی در شرایط تنش شدید به دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می شود. دلیل افزایش اثر خشکی بر رشد رویشی حساس بودن فرایندهای رشد و تقسیم سلولی به تنش خشکی می باشد (الکایسی و همکاران، ۲۰۰۳). دانشمند (۱۳۸۵) نیز عنوان داشت که تنش خشکی در دوره رشد زایشی کلزا موجب کاهش معنی دار ارتفاع بوته گردید همچنین تاثیر مثبت امواج فراصوت بر خصوصیات جوانه

جدول ۴-۱: میانگین مربعات ارتفاع ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

ارتفاع ساقه	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۱۷/۴۶۰	۲	بلوک
۱۵۴۵/۹۴۶**	۲	تنش خشکی (S)
۲۰۴/۰۸۱**	۴	التراسونیک (W)
۷۶/۵۱۴**	۸	S*W
۲۳/۰۱۹	۲۸	خطا

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

زنی گندم مثل سرعت جوانه زنی، تست جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن گیاهچه نیز تایید شده است (اشرفی و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴-۱: اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک بر ارتفاع بوته ذرت

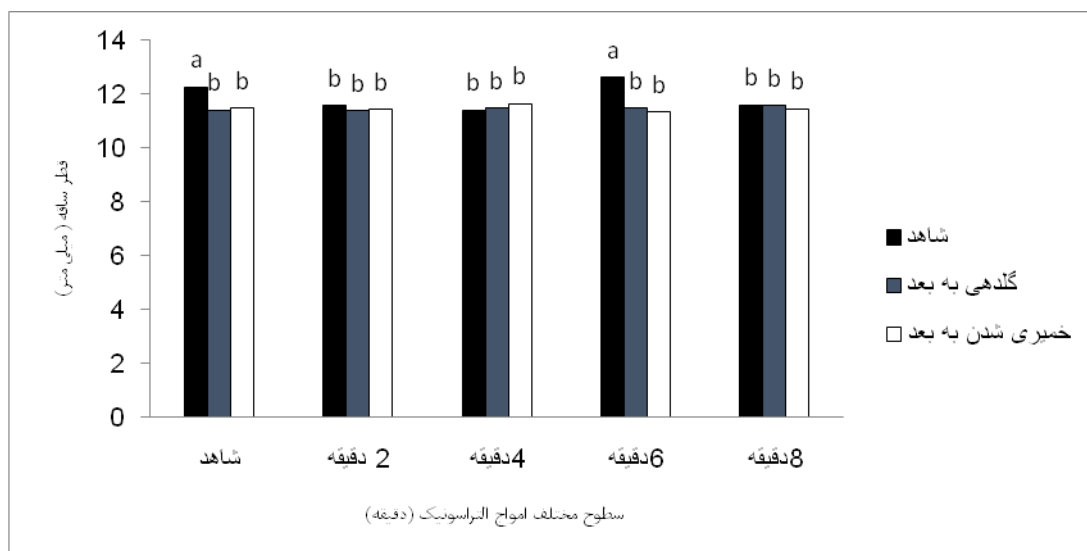
۴-۲- قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اعمال سطوح مختلف تنش خشکی در سطح ۱٪ و اعمال سطوح مختلف التراسونیک در سطح ۵٪ تاثیر معنی داری بر قطر ساقه ذرت نشان داد (جدول ۴-۲). نتایج حاصل از همین جدول نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش خشکی و التراسونیک معنی دار بوده است به طوری که بیشترین قطر ساقه در تیمار شاهد (عدم تنش خشکی) و ۶ دقیقه از امواج التراسونیک یعنی تیمار S₁W₄ با مقدار ۱۲/۶۳ میلیمتر و کمترین مقدار این صفت در تیمار S₃W₄ با مقدار ۱۱/۳۶ میلیمتر مشاهده گردید که این مقدار نسبت به تیمار S₁W₄ ۱۱ درصد کاهش قطر را نشان داد (شکل ۴-۲). افزایش قطر ساقه در شرایط عدم تنش خشکی و پرتودهی با امواج ۶ دقیقه می تواند بدلیل این باشد که پرتودهی، جوانه زنی و رشد گیاه ذرت را بهبود بخشیده است و از طرفی آب موردنیاز گیاه جهت اعمال فرایند فتوسنتز، تولید موادپرورده فراهم بوده است در نتیجه گیاه توانسته بود بهتر رشد کند و از منابع (آب، نورخورشید و...) استفاده کند و وزن خشک را افزایش دهد.

جدول ۴-۲: میانگین مربعات قطر ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه
بلوک	۲	۰/۳۹۰
تنش خشکی (S)	۲	۰/۱۸۷۶**
التراسونیک (W)	۴	۰/۲۰۱*
S*W	۸	۰/۳۳۴**
خطا	۲۸	۰/۰۶۴

*، ** 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: اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر قطر ساقه ذرت

۳-۴- شاخص سطح برگ

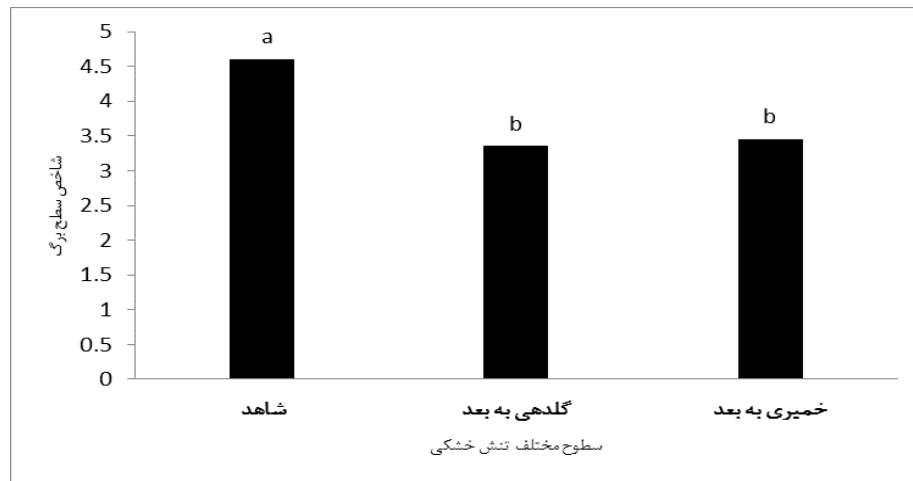
برگ در گیاهان بسیار حایز اهمیت است چرا که برگ جهت انجام فعالیت های مهم گیاه همچون فتوسنتز و تولید مواد پرورده، تبادل گازی و تنفس، تعرق و تعریق در گیاهان به شمار می آیند. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اعمال سطوح مختلف تنش خشکی در سطح ۱٪ بر مقدار شاخص سطح برگ (اندازه گیری شده در ۱۰ روز پس از اعمال تنش قطع آبیاری از مرحله خمیری شدن به بعد) معنی دار بوده است اما اعمال سطوح مختلف التراسونیک اثر معنی داری را بر این صفت نشان نداد (جدول ۳-۴). بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار شاهد با مقدار ۴/۶۰ و کمترین مقدار شاخص سطح برگ در شرایط اعمال تنش خشکی گلدهی به بعد با مقدار ۳/۳۵ مشاهده گردید (شکل ۳-۴). شایان ذکر است که از نظر آماری بین دو سطح اعمال تنش تفاوت معنی داری وجود نداشت. مواجه شدن گیاه با تنش خشکی، میزان رطوبت مورد نیاز جهت رشد و تولید در گیاه را کاهش می دهد، این امر باعث کاهش رشد و تولید و در مقابل افزایش پیری برگ ها شده و منجر به کاهش شاخص سطح برگ می شود. کاکیر (۲۰۰۴) نیز عنوان کرد که کاهش رشد سلول ها در اثر تنش خشکی، در درجه اول باعث کاهش رشد برگ می گردد. در بررسی اثر تنش بر ویژگی های ذرت در مراحل

مختلف رشد رویشی و زایشی ذرت این نتیجه حاصل شد که وقوع تنش در زمان رشد رویشی و تاسل دهی باعث کاهش ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ می شود (کاکیر، ۲۰۰۴). در این پژوهش، اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر سطح برگ معنی دارنشد.

جدول ۳-۴: میانگین مربعات شاخص سطح برگ ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۱۲۲۴/۰۸
(S)تنش خشکی	۲	۴۱۹۹/۲۳**
(W)التراسونیک	۴	۱۱۰/۸۰ ^{ns}
S*W	۸	۷۴/۹۴ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۲۸/۵۷

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



شکل ۳-۴: تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی (تنش مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر شاخص سطح برگ ذرت

۴-۴- وزن خشک ساقه

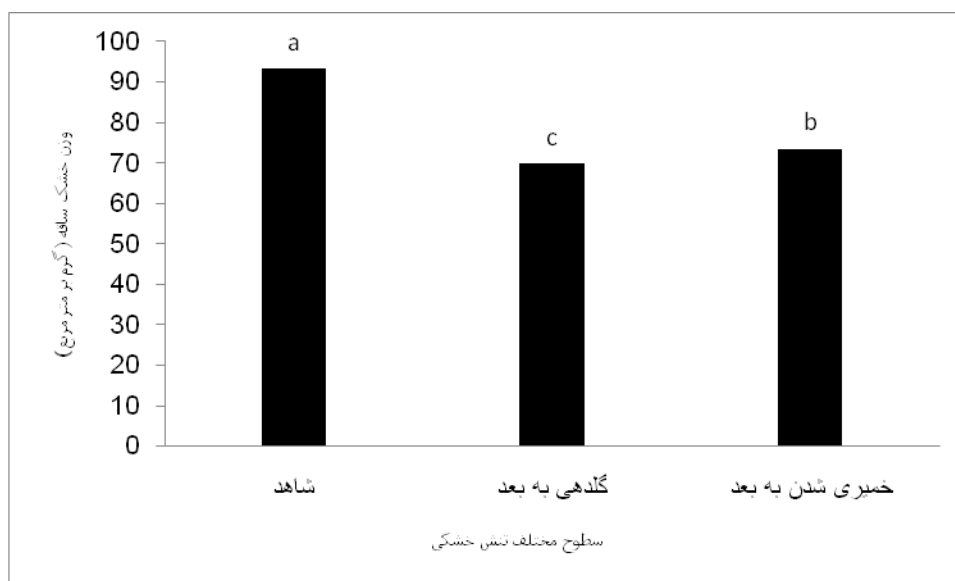
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اعمال سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک در سطح ۱٪ تاثیر معنی داری بر وزن خشک ساقه ذرت داشت (جدول ۴-۴). به طوریکه بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار شاهد (عدم تنش خشکی) با ۱۹۸/۱۳ گرم بر متر مربع است که نسبت به تیمار تنش خشکی سطح دو (تنش خشکی گلدهی به بعد) با ۱۴۲/۰۲ گرم بر متر مربع و تنش خشکی سطح سه (تنش خشکی خمیری شدن دانه به بعد) با ۱۵۴/۲۳ گرم بر متر مربع به ترتیب ۳۹ درصد و ۲۸ درصد افزایش یافته است در واقع اعمال تنش خشکی باعث کاهش میزان وزن خشک ساقه ذرت شده بود که این مقدار کاهش در سطح تنش دوم نسبت به سطح سوم شدیدتر بوده است (شکل ۴-۴). بیشترین وزن خشک ذرت مربوط به تیمار ۶ دقیقه از امواج التراسونیک با ۱۸۲/۰۵ گرم بر متر مربع و کمترین مقدار این صفت مربوط به ۸ دقیقه از امواج التراسونیک با ۱۵۱/۸۹ گرم بر متر مربع است. تیمار ۶ دقیقه نسبت به تیمار شاهد (عدم پرتو دهی) ۹ درصد افزایش در این صفت را نشان می دهد که نسبت به بقیه تیمارهای امواج بیشترین مقدار وزن خشک ساقه را نشان داد (شکل ۴-۵). در این بررسی، اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر وزن ساقه ذرت معنی دار مشاهده نشد.

جدول ۴-۴: میانگین مربعات وزن ساقه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله

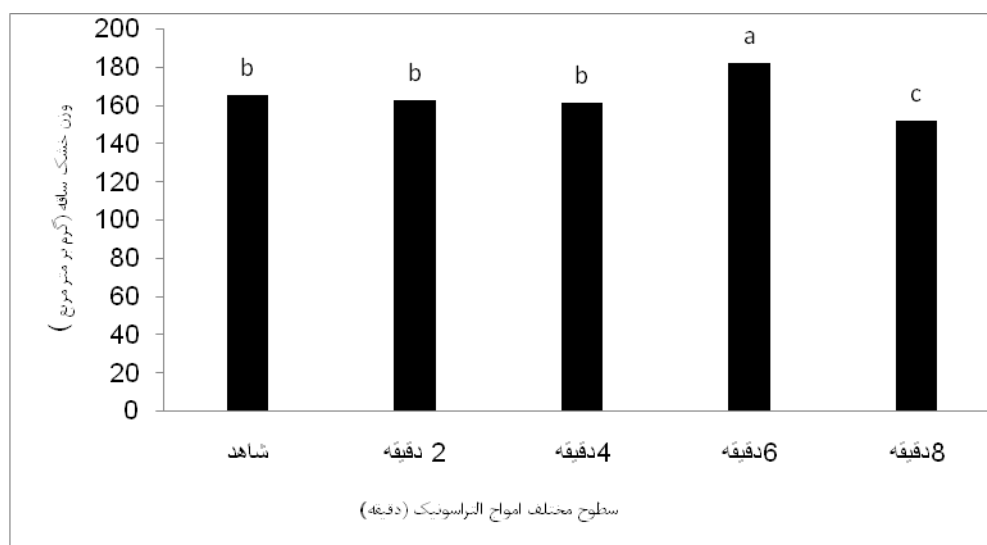
خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن ساقه
بلوک	۲	۹۱/۵۵
تنش خشکی (S)	۲	۱۳۰۶۰/۶۷**
التراسونیک (W)	۴	۱۰۷۷/۱۸**
S*W	۸	۱۴۷/۳۴ ^{ns}
خطا	۲۸	۹۳/۸۳

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



شکل ۴-۴: تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی (تنش مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان وزن خشک ساقه ذرت



شکل ۴-۵: تاثیر امواج التراسونیک بر وزن خشک ساقه ذرت

۴-۵- وزن خشک برگ

جدول ۴-۵ نتایج حاصل از تجزیه واریانس را نشان می دهد. طبق نتایج مندرج در این جدول اعمال سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک، وزن خشک برگ را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر

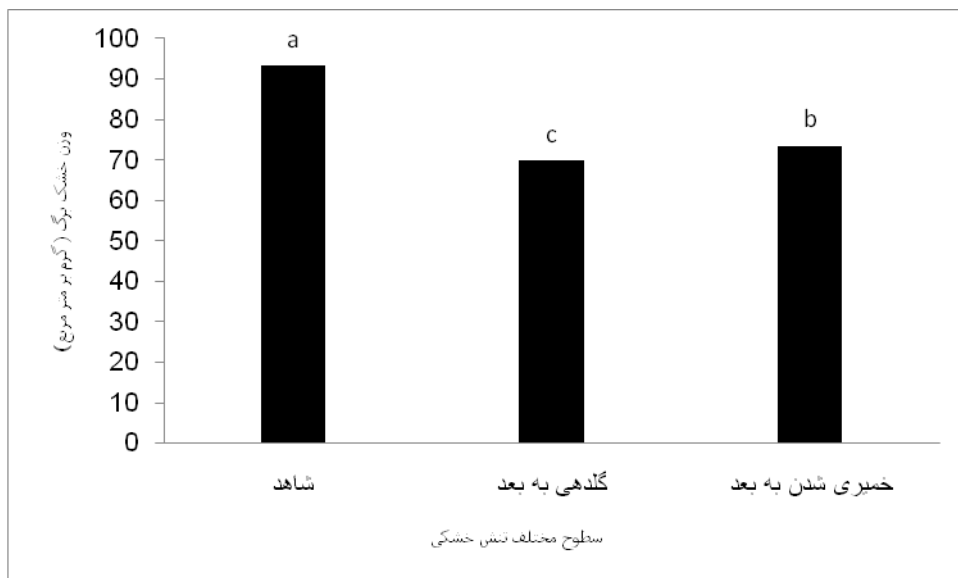
قرار داده است. بیشترین وزن خشک برگ در تیمار شاهد (عدم اعمال تنش خشکی) با ۹۳/۱۷ گرم بر متر مربع و کمترین مقدار این صفت از تنش خشکی در مرحله گلدهی به بعد با ۶۹/۷۴ گرم بر متر مربع مشاهده گردید.

کاهش وزن خشک برگ ذرت در تنش خشکی گلدهی به بعد و تنش خشکی خمیری شدن دانه به بعد به ترتیب ۶۹/۷۴ و ۷۳/۳۷ گرم بر متر مربع مشاهده گردید (شکل ۶-۴). ربانی و امام (۱۳۹۰) نیز اذعان داشتند که تنش ملایم و تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی دار وزن خشک برگ ذرت گردیده است. بیشترین مقدار وزن خشک برگ ذرت در تیمار ۶ دقیقه از امواج التراسونیک مشاهده گردید این مقدار برابر با ۸۴/۶۲ گرم بر متر مربع است که نسبت به سطح شاهد با ۸۱/۹۵ گرم بر متر مربع ۳٪ افزایش در این صفت را نشان می دهد. با افزایش مدت زمان پرتودهی امواج التراسونیک، میزان وزن خشک برگ نیز افزایش یافت اما مقدار این صفت در تیمار ۸ دقیقه از پرتودهی سیر نزولی پیدا کرده بود و کمترین میزان وزن خشک برگ که معادل ۷۴/۷۹ گرم بر متر مربع است را نشان داد (شکل ۴-۷). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک اختلاف معنی داری بر مقدار وزن خشک برگ ذرت نشان نداد.

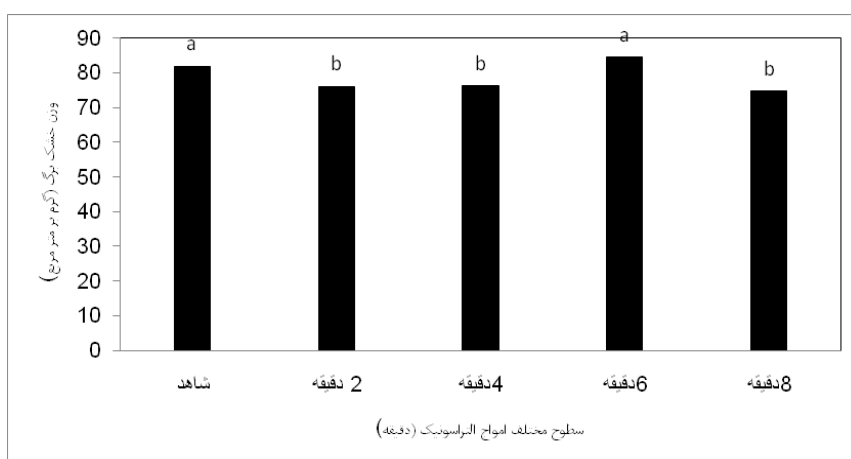
جدول ۴-۵: میانگین مربعات وزن برگ ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن برگ
بلوک	۲	۱۴۹/۷۴
تنش خشکی (S)	۲	۲۳۸۴/۵۸**
التراسونیک (W)	۴	۱۶۴/۵۲**
S*W	۸	۲۶/۳۲ ^{ns}
خطا	۲۸	۲۰/۰۸

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



شکل ۴-۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن خشک برگ ذرت



شکل ۴-۷: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان وزن خشک برگ ذرت

۴-۶- وزن هزار دانه

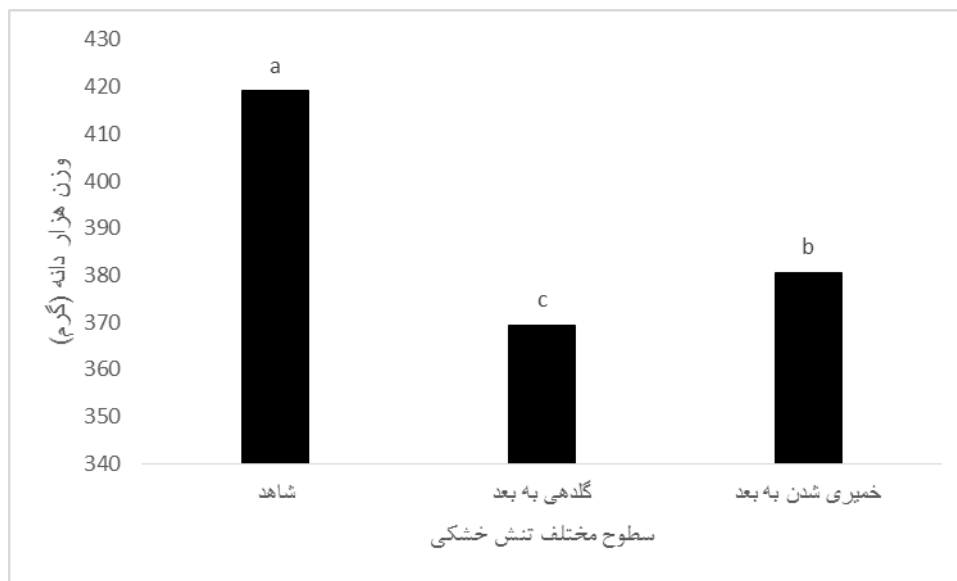
جدول ۴-۶ نتایج تجزیه واریانس را نشان می دهد. طبق نتایج مندرج در این جدول اعمال سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک در سطح ۰.۱٪ تاثیر معنی داری بر میزان وزن هزار دانه داشت. به طوریکه بیشترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد و کمترین مقدار وزن هزار دانه در تنش خشکی گلدهی به بعد که به ترتیب ۴۱۹/۱۲ و ۳۶۹/۴۴ گرم است مشاهده گردید (شکل ۴-۸). کاهش وزن هزار دانه در تنش خشکی دلایل زیادی می تواند داشته باشد، برخی از این دلایل که تصور می شود وزن هزار دانه را تحت تاثیر قرار دهد بسته شدن روزنه ها و کاهش فعالیت فتوسنتزی

و کاهش فعالیت آنزیم چرخه کالوین و در نهایت کاهش میزان تولید مواد پرورده است که در نهایت کاهش وزن دانه های ذرت (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) را به همراه دارد. علاوه بر این کاهش وزن هزار دانه در مرحله پر شدن دانه می تواند بدلیل کوتاه بودن دوره پر شدن دانه ها و چروک شدن دانه ها به دلیل کاهش فتوسنتز جاری باشد. در شرایط تنش خشکی، رشد زایشی گیاه به اتکای ذخایر برگ و ساقه انجام می شود و عدم تشکیل مناسب دانه می تواند بدلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا پیش از آن باشد. بیشترین وزن خشک هزار دانه در تیمار ۶ دقیقه از امواج التراسونیک مشاهده گردید که این مقدار برابر با ۴۱۱/۸۰ گرم است. به غیر این سطح، بین شاهد و سطوح دیگر پرتوهای تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۹). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر این صفت معنی دار نشد.

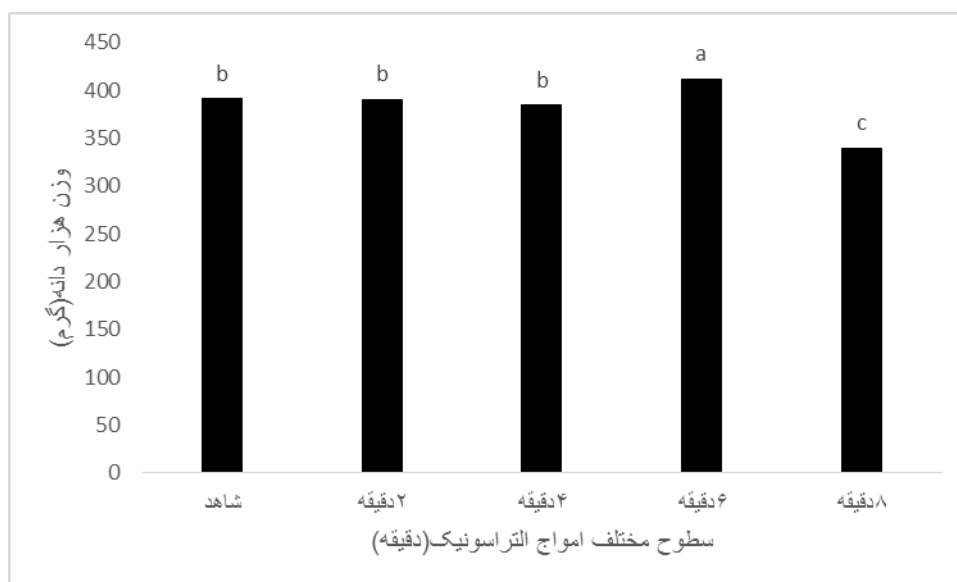
جدول ۴-۶: میانگین مربعات وزن هزار دانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۳۴/۷۴
تنش خشکی (S)	۲	۵۹۷/۹۱**
التراسونیک (W)	۴	۸۴/۰۴**
S*W	۸	۱۵/۱۵ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۳/۷۰

*، **، ^{n.s} به ترتیب بیانگر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۸: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن هزار دانه ذرت



شکل ۴-۹: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر وزن هزار دانه ذرت

۴-۷- وزن خشک پوشش بلال

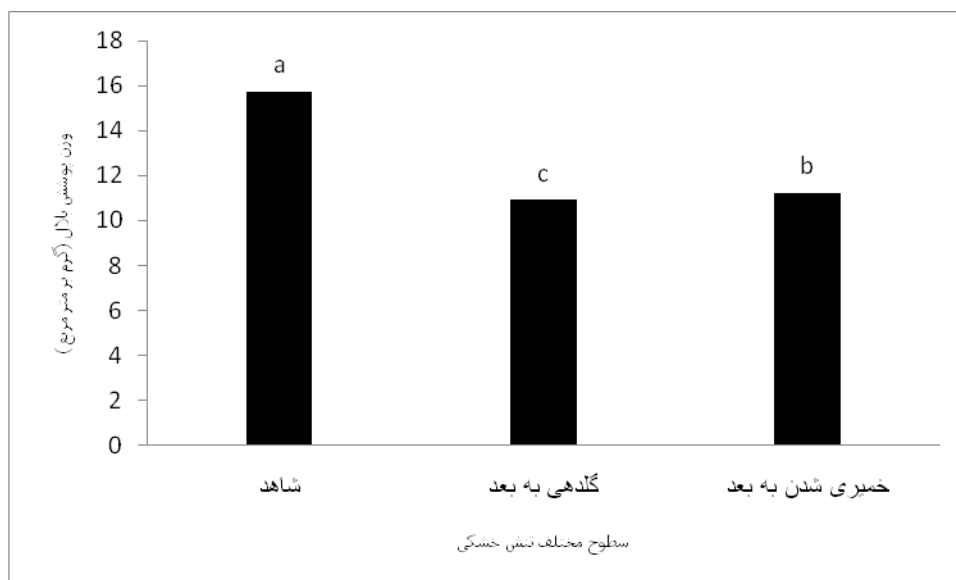
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۷) حاکی از تأثیر معنی دار تنش خشکی بر وزن خشک پوشش بلال در سطح ۱ درصد می باشد. به طوری که بیشترین وزن خشک پوشش بلال در تیمار شاهد با ۱۵/۲۰ گرم بر متر مربع و کمترین مقدار این صفت در تنش خشکی گلدهی به بعد با مقدار ۱۳/۳۳

گرم بر متر مربع مشاهده گردید. اعمال تنش خشکی در هر دو سطح از تنش باعث کاهش این صفت شده است اما نسبت کاهش وزن خشک پوشش بلال در تنش سطح دوم بیشتر از تنش سطح سوم (۱۴/۳۳ بر متر مربع) می باشد. سطوح دوم و سوم تنش نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۴٪ و ۶٪ باعث کاهش در این صفت شده است (شکل ۴-۱۰). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک اختلاف معنی داری بر مقدار وزن خشک پوشش بلال ذرت نداشته است.

جدول ۴-۷: میانگین مربعات وزن خشک بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن پوشش بلال
بلوک	۲	۱۴/۷۲
تنش خشکی (S)	۲	۱۳/۰۶*
التراسونیک (W)	۴	۲/۲۸ ^{ns}
S*W	۸	۰/۰۶ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۹۲

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



شکل ۴-۱۰: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر وزن خشک پوشش بلال ذرت

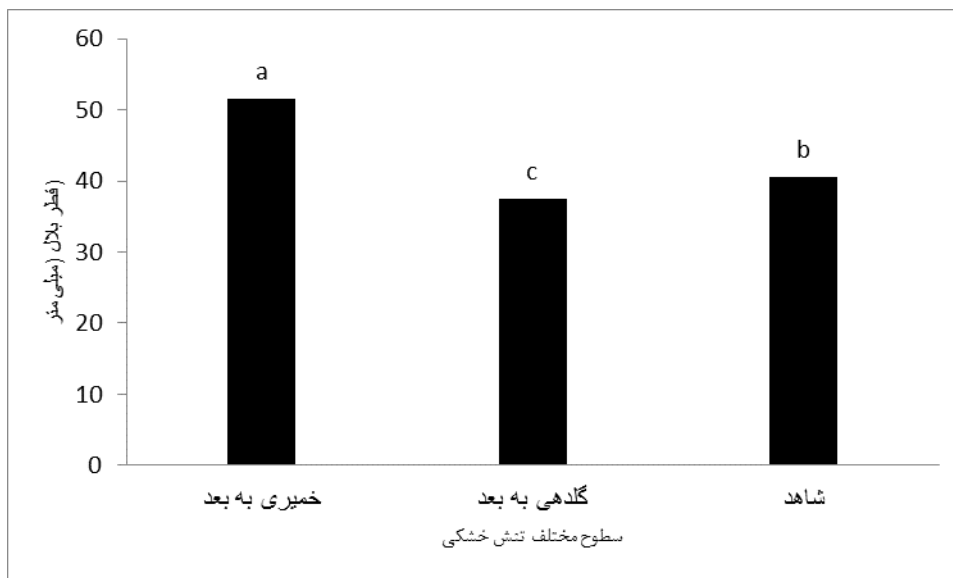
۴-۸- قطر بلال

طبق نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۴-۸) بر خلاف اثر متقابل، اثرات اصلی فاکتورها بر قطر بلال معنی دار شد. بیشترین قطر بلال ۵۱/۵۳ میلیمتر در تیمار شاهد و کمترین قطر بلال در تنش خشکی شدید مشاهده گردید. تنش خشکی چه در مرحله تنش خشکی گلهی به بعد (۳۷/۵ میلیمتر) و چه در مرحله تنش خشکی خمیری شدن به بعد (۴۰/۵۵ میلیمتر) باعث کاهش قطر بلال ذرت شده است که این کاهش قطر به نسبت تیمار شاهد به ترتیب ۳۷٪ و ۲۷٪ مشاهده شد (شکل ۴-۱۱). کاهش قطر بلال در مرحله پر شدن دانه احتمالاً به علت کاهش در حجم و اندازه دانه ها و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها می باشد. بیشترین و کمترین قطر بلال به ترتیب در سطح ۶ دقیقه پرتودهی (۴۷/۵۱ میلیمتر) و سطح ۸ دقیقه پرتودهی (۳۹/۹۸ میلیمتر) مشاهده شد. بین دیگر سطوح پرتودهی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. افزایش قطر بلال تیمار ۶ دقیقه نسبت به شاهد (عدم پرتودهی) ۱۸ درصد می باشد (شکل ۴-۱۲). پرتودهی امواج التراسونیک به عنوان عامل خارجی می تواند رشد و نمو گیاه را بهبود بخشد، رشد بهینه در گیاه باعث تولید بیشتر ماده خشک، فتوسنتز بهتر، تولید شیره پرورده بیشتر برای دانه و در نهایت افزایش قطر بلال می شود.

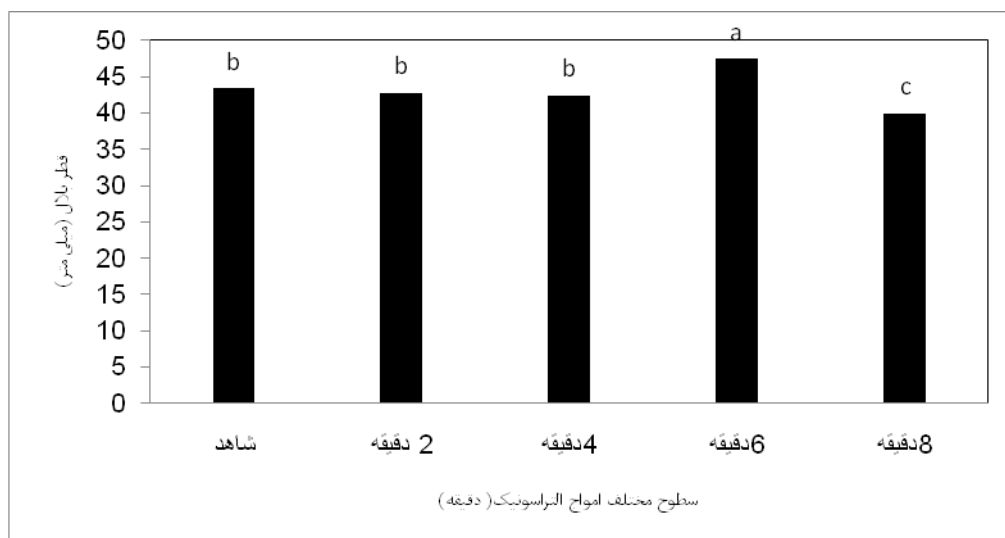
جدول ۴-۸: میانگین مربعات قطر بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر بلال
بلوک	۲	۵/۶۶
تنش خشکی (S)	۲	۸۱۵/۷۲**
التراسونیک (W)	۴	۶۷/۲۰**
S*W	۸	۹/۲۲ns
خطا	۲۸	۵/۸۳

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



شکل ۴-۱۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر قطر بلال ذرت



شکل ۴-۱۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر قطر بلال ذرت

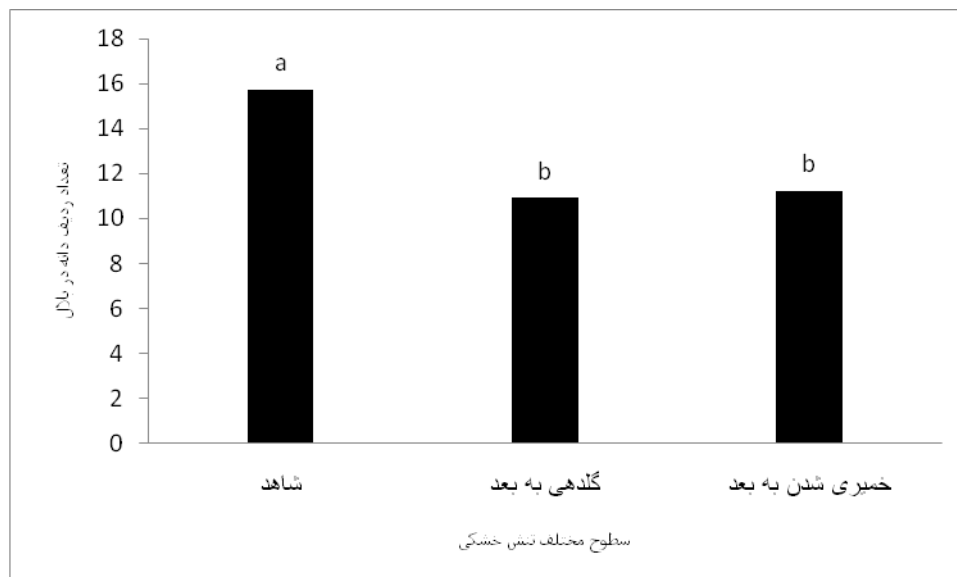
۹-۴- تعداد ردیف دانه در بلال

تعداد نهایی ردیف دانه پیش از سایر اجزای عملکرد روی ناحیه نموی بلال تعیین می شود (امام و سقط الاسلام، ۲۰۰۵). از این رو یکی از صفات مهم در ذرت به شمار می آید. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۹) اثر تنش خشکی بر تعداد ردیف دانه در بلال در سطح ۵٪ معنی دار شد. به طوریکه بیشترین و کمترین این صفت به ترتیب در تیمار شاهد (۱۲/۳۳ ردیف) و در تنش خشکی گلدهی به بعد (۱۱/۹۳ ردیف) مشاهده گردید. بین دو سطح تنش خشکی اختلاف معنی داری دیده نشده است (شکل ۴-۱۳). احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف ها در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود نداشته به این ترتیب بین تیمارهای تنش خشکی در مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد تفاوت معنی داری بر تعداد ردیف در بلال مشاهده نگردید.

جدول ۴-۹: میانگین مربعات تعداد ردیف دانه در بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف دانه در بلال
بلوک	۲	۰/۱۵
تنش خشکی (S)	۲	۰/۶۸*
التراسونیک (W)	۴	۰/۰۷ ^{ns}
S*W	۸	۰/۱۶ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۱۵

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



شکل ۴-۱۳: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر تعداد ردیف دانه در بلال ذرت

۴-۱۰- تعداد بلال در بوته

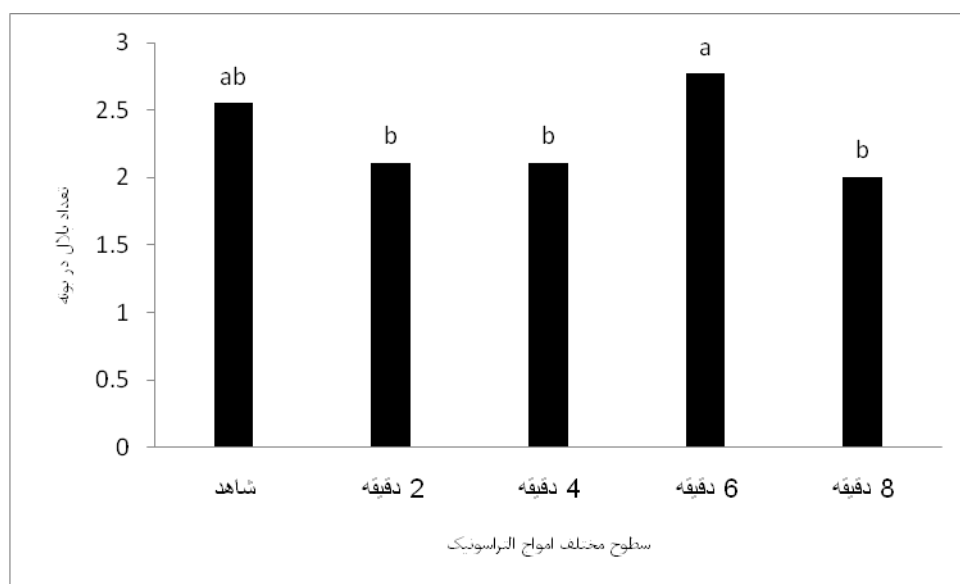
جدول ۴-۱۰ نتایج حاصل از تجزیه واریانس را نشان می دهد. بر طبق این نتایج سطوح مختلف امواج التراسونیک تاثیر معنی داری در سطح ۵٪ بر تعداد بلال در بوته داشت. به طوریکه بیشترین تعداد بلال با ۲/۷۷ عدد در تیمار ۶ دقیقه از پرتو دهی و کمترین تعداد بلال در تیمار ۸ دقیقه از پرتو دهی مشاهده گردید (شکل ۴-۱۴). بین سطوح ۲، ۴ و ۸ دقیقه از پرتو دهی امواج اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر سه تیمار در یک سطح آماری قرار گرفتند. تصور می شود بدلیل اینکه امواج

التراسونیک باعث افزایش سرعت جوانه زنی ، استقرار سریع گیاه، دریافت بیشتر از عناصر طبیعی (رطوبت، نور و ...) و افزایش رشد و در نهایت افزایش تعداد بلال در بوته و عملکرد ذرت می گردد. باتوجه به نتایج بدست آمده اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر تعداد بلال در بوته ذرت معنی دار مشاهده نگردیده است.

جدول ۴-۱۰: میانگین مربعات تعداد بلال در بوته ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد بلال در بوته
بلوک	۲	۰/۰۲
تنش خشکی (S)	۲	۰/۲۸ ^{ns}
التراسونیک (W)	۴	۱/۰۲*
S*W	۸	۰/۲۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۳۳

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



شکل ۴-۱۴: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر تعداد بلال در بوته ذرت

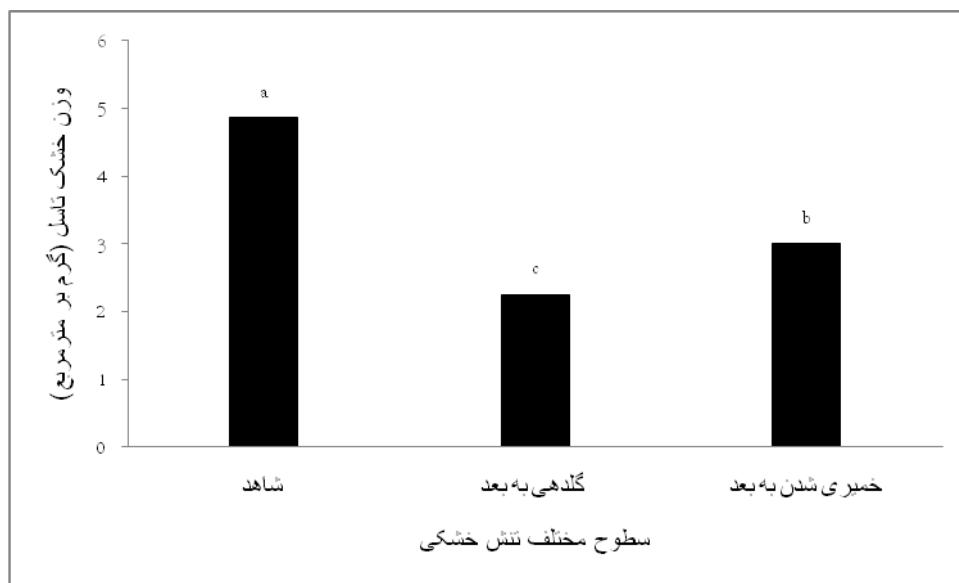
۱۱-۴-وزن خشک تاسل

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۱) تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار وزن خشک تاسل در سطح ۱٪ معنی دار بدست آمد. برعکس این امر در خصوص اثر امواج و تاثیر متقابل آن با تنش خشکی صادق نبود. بیشترین وزن خشک تاسل مربوط به سطح شاهد و کمترین مقدار این صفت مربوط به تنش خشکی گلدهی به بعد مشاهده شد.

جدول ۴-۱۱: میانگین مربعات وزن تاسل ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تاسل
بلوک	۲	۲/۵۲
تنش خشکی (S)		۲۶/۸۹**
التراسونیک (W)	۴	۱/۰۲ ^{ns}
S*W	۸	۰/۱۳۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۴۱

*، **، ^{ns} به ترتیب بیانگر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دارمی باشد



شکل ۴-۱۵: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر میزان وزن خشک تاسل بلال ذرت

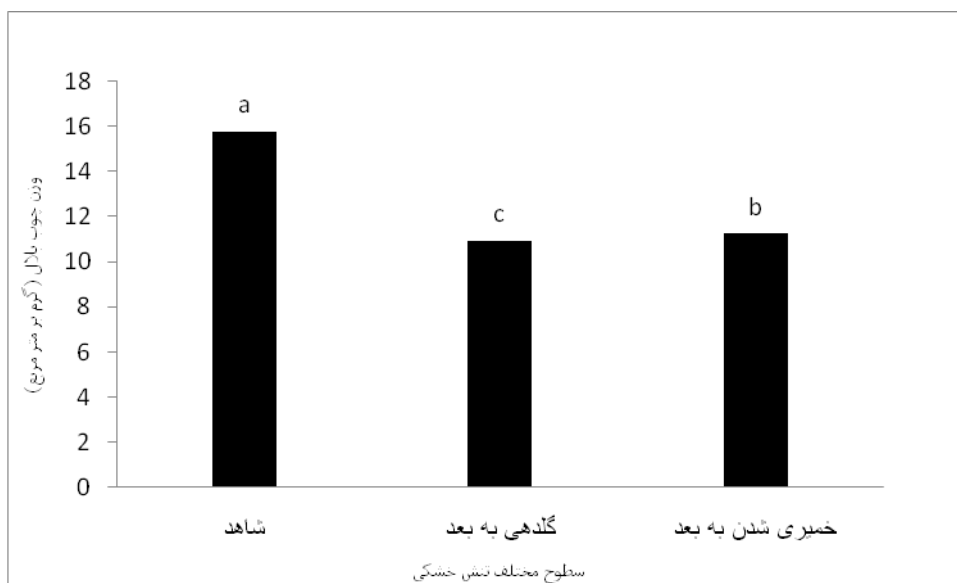
۴-۱۲- وزن خشک چوب بلال

چوب بلال بخش از گیاه ذرت است که به عنوان محل استقرار دانه ها مطرح است. این بخش از بلال به لحاظ حضور آوندهای تغذیه کننده دانه و نقش آن بر عملکرد حایز اهمیت است. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اعمال سطوح تنش خشکی بر میزان وزن خشک چوب بلال در سطح ۱٪/ معنی دار گردید (جدول ۴-۱۲). تیمار شاهد بیشترین وزن خشک چوب بلال (۴۴/۳۲ گرم بر متر مربع) و تیمار تنش خشکی گلدهی به بعد کمترین وزن خشک چوب بلال (۳۵/۲۷ گرم بر متر مربع) را نشان داد. تنش خشکی گلدهی به بعد و تنش خشکی خمیری شدن دانه به بعد نسبت به شاهد به ترتیب ۲۵٪ و ۱۹٪ گرم بر متر مربع کاهش در این صفت را نشان می دهند (شکل ۴-۱۶). کاهش وزن چوب بلال در تنش خشکی می تواند به دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به چوب بلال در اثر کاهش میزان آب قابل دسترس گیاه باشد. احتمالا در اثر اختلال در جذب آب و کاهش مواد فتوسنتزی انتقال این مواد به چوب بلال جهت پر شدن دانه ها تقلیل می یابد و به تبع آن وزن چوب بلال کاهش پیدا می کند. اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر مقدار وزن خشک چوب بلال از نظر آماری قابل اغماض بدست آمد.

جدول ۴-۱۲: میانگین مربعات وزن چوب بلال ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

وزن محور بلال	درجه آزادی	منابع تغییر
۲۵/۵۷	۲	بلوک
۳۳۲/۴۷**	۲	تنش خشکی (S)
۱۲/۴۱ ^{ns}	۴	التراسونیک (W)
۳/۱۱ ^{ns}	۸	S*W
۶/۲۵	۲۸	خطا

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



شکل ۴-۱۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه) بر میزان وزن خشک چوب دانه

۴-۱۳- عملکرد بیولوژیک

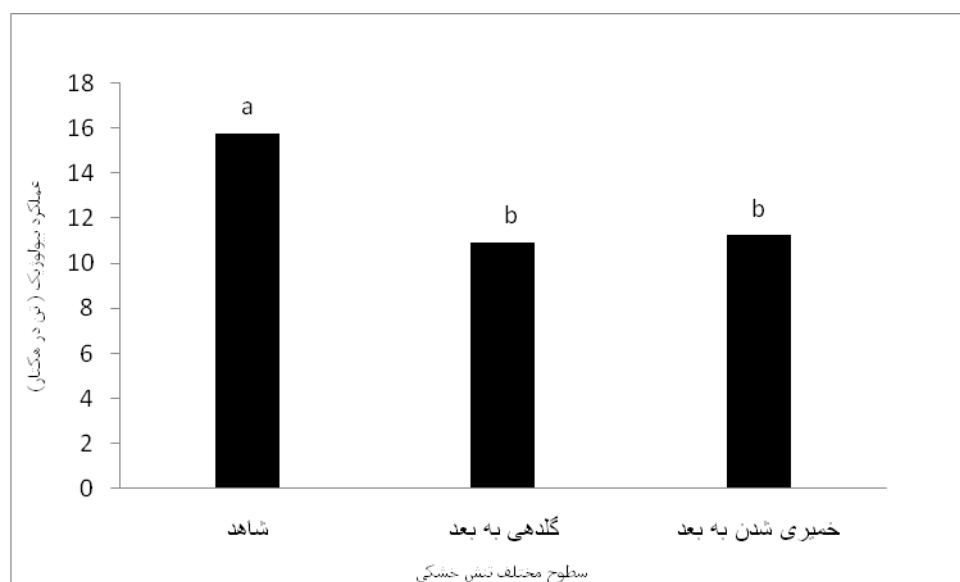
بررسی نتایج این تحقیق نشان داد (جدول ۴-۱۳) که سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان عملکرد بیولوژیک ذرت در سطح ۵٪ معنی دار گردید. بیشترین عملکرد بیولوژیکی در سطح شاهد (۱۵/۷۵ تن در هکتار) و کمترین مقدار آن در سطح S_2 (۱۰/۹۱ تن در هکتار) مشاهده گردید، بین دو سطح S_2 و S_3 اختلاف معنی داری از نظر کاهش عملکرد بیولوژیکی دیده نشد و هر دو سطوح کاهش عملکرد بیولوژیک را نشان دادند. کاهش عملکرد در S_2 و S_3 نسبت به شاهد به ترتیب ۴۴٪ و ۴۰٪ بود، تنش خشکی S_2 نسبت به تنش خشکی S_3 بیشتر باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی شده است (شکل ۴-۱۷). اگلی و همکاران (۱۹۸۳) نیز عنوان کردند که تنش رطوبتی در فصل رشد باعث کاهش در وزن خشک اندام هوایی سویا در مرحله پر شدن دانه گردید. احتمالاً افزایش بیوماس گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی و کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. افزایش عملکرد بیولوژیکی می تواند ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول باشد، سطوح بالاتر آب از طریق بهبود شاخص های فیزیولوژیکی موجب افزایش تجمع ماده خشک در اندام های

رویشی و عملکرد بیولوژیکی می گردد (مسجدی و همکاران، ۱۳۸۷). علاوه بر آن پرتودهی بذور ذرت با امواج التراسونیک به مدت ۶ دقیقه توانسته بود (۱۷/۰۱ تن در هکتار) عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار شاهد (۱۴/۷۶ تن در هکتار) ۱۵٪ افزایش دهد. دیگر سطوح امواج التراسونیک در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۱۸). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر مقدار عملکرد بیولوژیک ذرت معنی دار نشد.

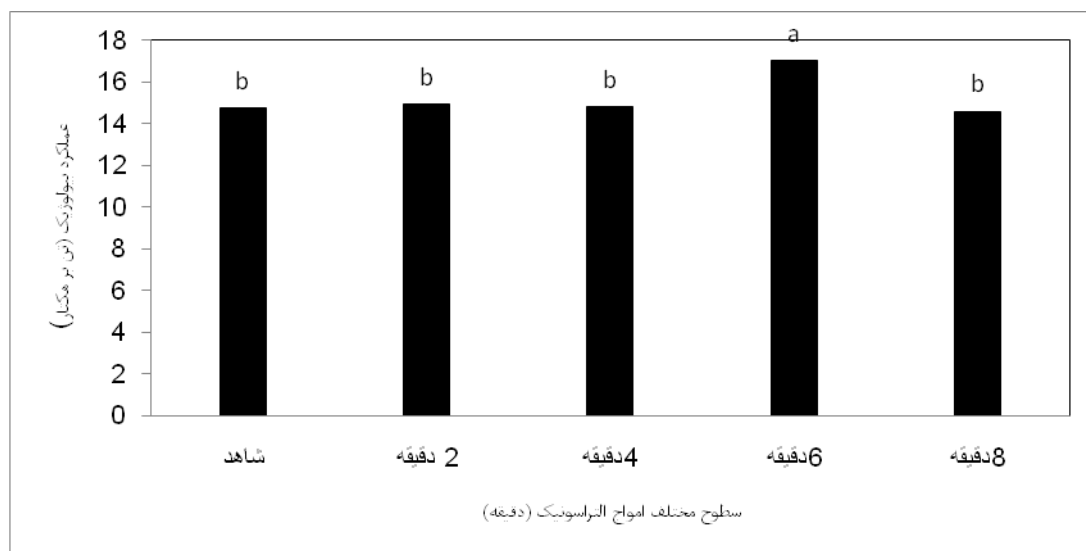
جدول ۴-۱۳: میانگین مربعات عملکرد بیولوژیکی ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیکی
بلوک	۲	۳/۴۳
تنش خشکی (S)	۲	۳/۰۱*
التراسونیک (W)	۴	۸/۰۹۷**
S*W	۸	۱/۷۱ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۸۵

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



شکل ۴-۱۷: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان عملکرد بیولوژیک ذرت



شکل ۴-۱۸: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان عملکرد بیولوژیک ذرت

۴-۱۴- عملکرد دانه

عملکرد دانه می تواند شاخصی برای شناسایی ارقام سازگار به محیط های واجد تنش باشد. با این حال در محیط های پر تنش، عملکرد دانه به تنهایی همیشه مفیدترین و یا ساده ترین صفت انتخابی نیست. احتمالاً کاهش عملکرد دانه در ذرت و در دیگر گیاهان در مواجهه شدن با تنش خشکی می تواند بدلیل کاهش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی، کاهش کارایی استفاده از نور و کاهش شاخص برداشت باشد. ردی و همکاران (۲۰۰۴) عنوان کردند کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه ها (کاهش رشد گیاه) کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پرکردن دانه ها و کاهش دوره پرشدن دانه ها از مهمترین اثرات خشکی بر گیاه است. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار مشاهده شد (جدول ۴-۱۴). بیشترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (۶/۶۷ تن در هکتار) و کمترین مقدار این صفت در تیمار تنش خشکی گلدهی به بعد (۴/۴۴ تن در هکتار) مشاهده شد (شکل ۴-۱۹). میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد به نسبت تیمار تنش خشکی گلدهی به بعد ۵۰ درصد افزایش نشان می دهد. باقری و حیدری شریف آباد (۱۳۸۶) گزارش کردند در جو تنش خشکی طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در گیاه، وزن

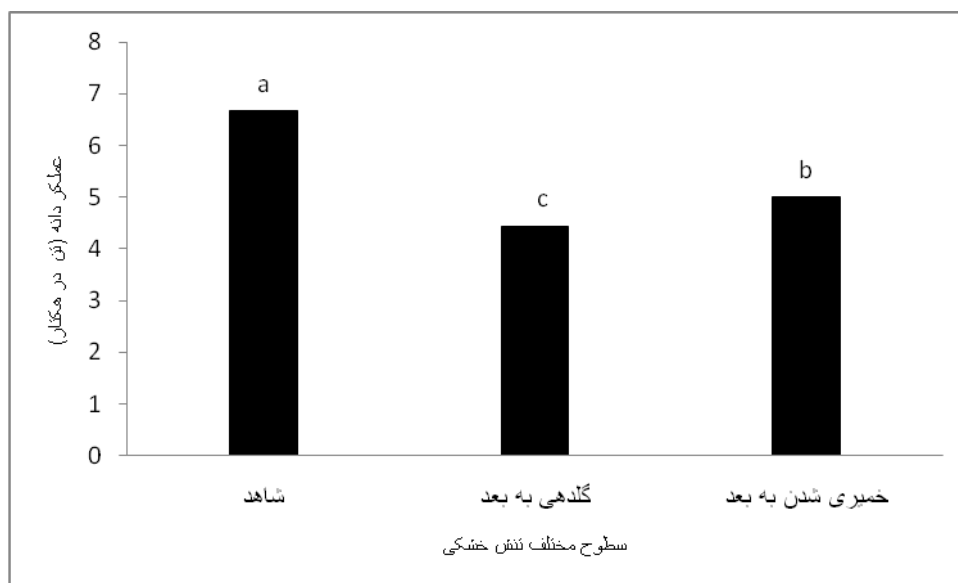
هزاردانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به طور معنی داری کاهش داد. همین محققین اختلاف معنی دار ارتفاع بوته در بین ارقام مختلف را نیز گزارش کردند. در بررسی دیگری مشخص شد که تنش خشکی با کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه، عملکرد دانه را در جو تقلیل می دهد. در پژوهش دیگری نیز نشان داده شد که تنش خشکی ارتفاع بوته و طول سنبله در جو را کاهش داد (سامارا، ۲۰۰۵). همچنین کاهش عملکرد گیاهان در زمان تنش خشکی می تواند به این دلیل باشد که در زمان بروز تنش، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگها کاهش می یابد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشار است که در طی تنش کم آبی پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش و کاهش در پتانسیل آماس (تورگر) نیز از انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت از مقدار آسیمیلات ذخیره ای می کاهد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰). مجیدیان و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند، تنش خشکی به طور معنی داری منجر به کاهش عملکرد دانه ذرت گردید. علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی، کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود. وزن خشک بیشتر بخش های رویشی در این مرحله به مشارکت بیشتر ماده خشک ذخیره شده در انتقال مجدد به دانه و بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی منتهی می گردد. پرتو دهی با امواج التراسونیک به مدت ۶ دقیقه (۷/۸۳ تن در هکتار) توانسته بود عملکرد دانه را نسبت به شاهد (۵/۴۴ تن در هکتار) ۴۳٪ افزایش دهد (شکل ۴-۲۰). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک نتوانست از نظر آماری، عملکرد دانه ذرت را تحت تاثیر قرار دهد.

جدول ۴-۱۴: میانگین مربعات عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از

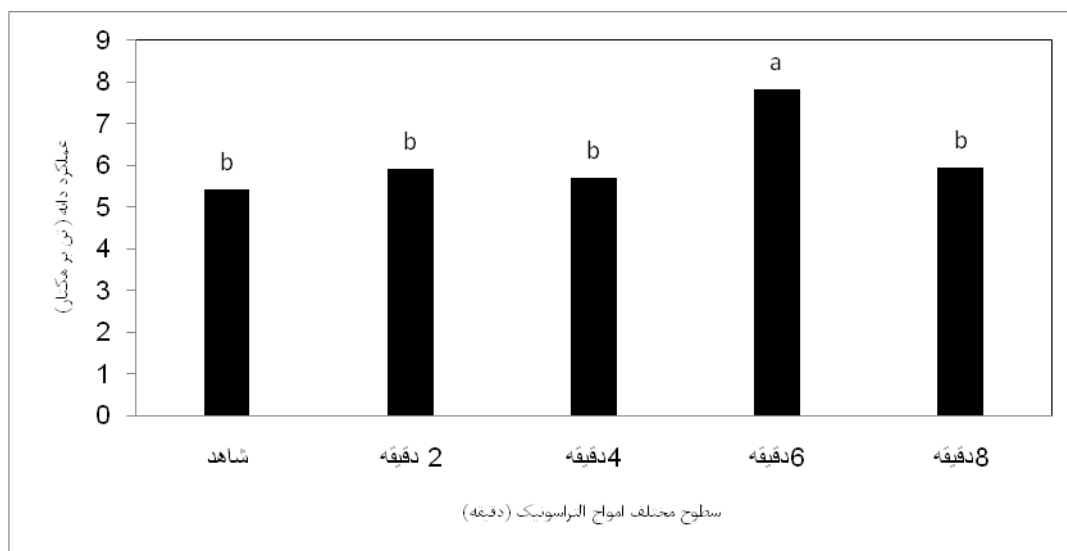
مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۳۹
تنش خشکی (S)	۲	۶/۲۶**
التراسونیک (W)	۴	۸/۱۱**
S*W	۸	۰/۵۱ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۳۹

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



شکل ۴-۱۹: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان عملکرد دانه ذرت



شکل ۴-۲۰: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان عملکرد دانه ذرت

۴-۱۵- شاخص برداشت

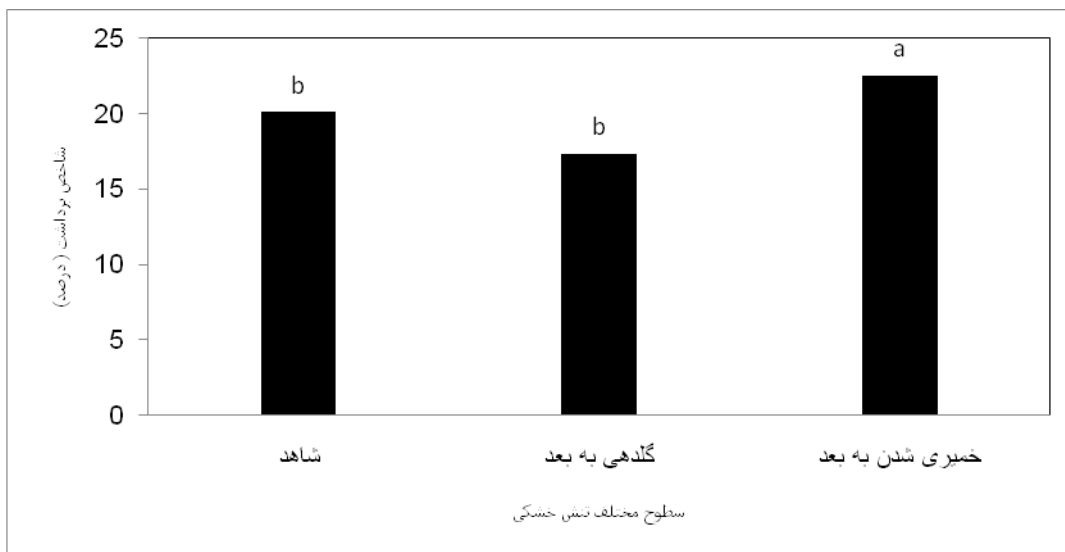
شاخص برداشت در واقع نشان دهنده وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و رشد زایشی گیاه می‌باشد. هرچه شاخص برداشت بالاتر باشد نشان دهنده آن است که گیاه درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی را به قسمت محصول اقتصادی اختصاص داده است. البته شاخص برداشت بالا زمانی مناسب است که گیاه از لحاظ عملکرد دانه و چه از لحاظ عملکرد بیولوژیک به پتانسیل ژنتیکی خود نزدیک شده باشد و سهم عمده‌ای از عملکرد بیولوژیک، مربوط به عملکرد اقتصادی گیاه باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۸). براساس نتایج تجزیه واریانس، بین سطوح مختلف امواج فراصوت و تنش خشکی تفاوت معنی داری از نظر شاخص برداشت در سطح آماری ۱ درصد وجود داشت (جدول ۴-۱۵). بیشترین شاخص برداشت در تنش خشکی خمیری شدن دانه به بعد (۲۲/۵۰ درصد) و کمترین مقدار شاخص برداشت (۱۷/۳۳ درصد) در تنش خشکی گلدهی به بعد مشاهده گردید و این می‌تواند به خاطر حساسیت بیشتر شاخص برداشت به تنش خشکی گلدهی به بعد باشد. افزایش شاخص برداشت تنش سطح سوم نسبت به شاهد و تنش سطح دوم به ترتیب ۱۱ و ۱۹ درصد مشاهده شد (شکل ۴-۲۱) و این امر می‌تواند به این دلیل باشد که اعمال تنش خشکی در زمان گلدهی به بعد

نسبت به اعمال تنش در زمان خمیری شدن دانه به بعد بیشتر باعث افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش بیشتر در میزان شاخص برداشت می شود. حصول عملکرد بالا در شرایط تنش یا ناشی از ساز و کار فرار از خشکی است یا منتج از سازگاری رقم به علت فرایندهای خاص در گیاه از جمله فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی برای افزایش مقاومت در شرایط تنش است که باعث تحمل به خشکی می شود (یوسفی آذر و رضایی ۱۳۸۷). تیمار بذر ذرت با امواج التراسونیک به مدت ۶ دقیقه (۲۳/۸۶ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۱۷/۲۱ درصد) شاخص برداشت را به مقدار ۶/۶۵ درصد افزایش داد. دیگر سطوح مختلف پرتودهی با امواج در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۲۲). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک تاثیر معنی داری بر مقدار شاخص برداشت ذرت نداشته است.

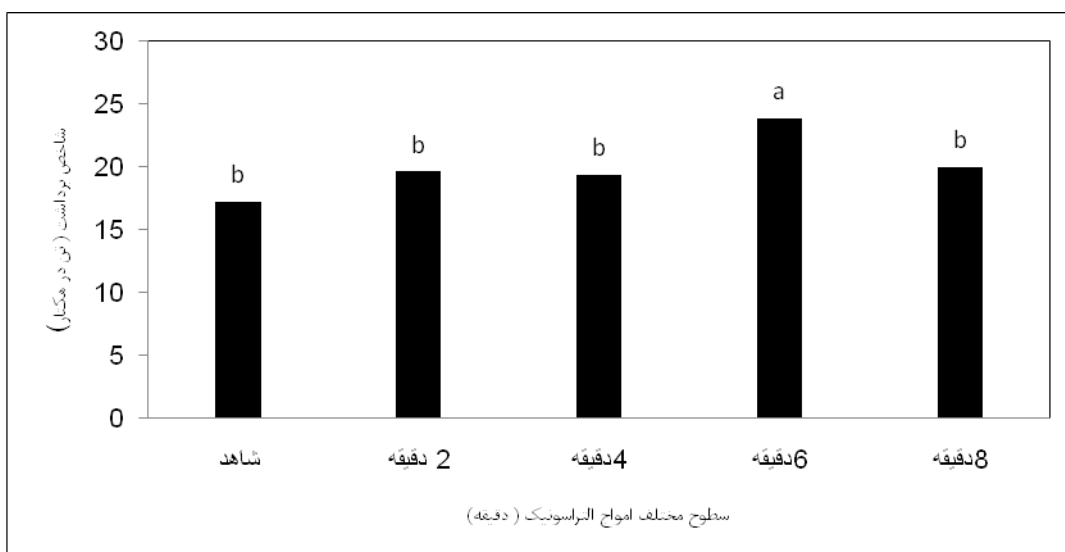
جدول ۴-۱۵ میانگین مربعات شاخص برداشت ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت
بلوک	۲	۸/۵۷
تنش خشکی (S)	۲	۱۰۰/۵۴**
التراسونیک (W)	۴	۵۲/۲۲**
S*W	۸	۱۳/۶۶ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۴/۷۶

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



شکل ۴-۲۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان شاخص برداشت ذرت



شکل ۴-۲۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان شاخص برداشت ذرت

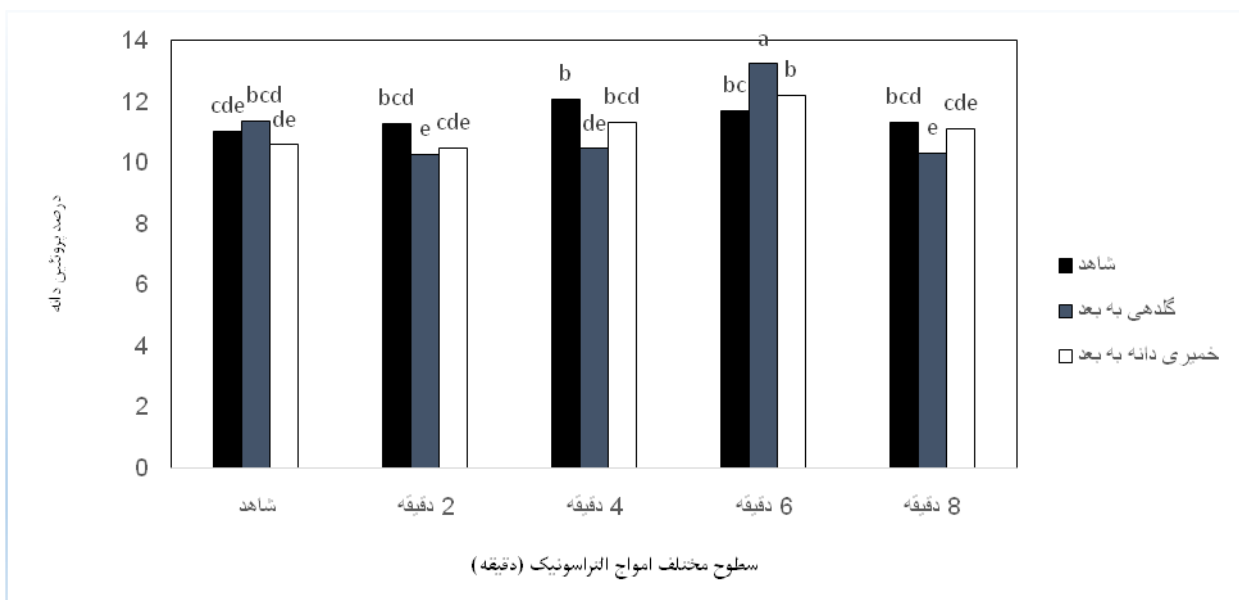
۴-۱۶- درصد پروتئین دانه

جدول ۴-۱۶ نتایج حاصل از تجزیه واریانس را نشان می دهد. طبق این جدول، تاثیر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر درصد پروتئین دانه در سطح ۱٪ معنی دار است. اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک در سطح ۱٪ معنی دار بدست آمد. به طوری که بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمار S₂W₄ با ۱۳/۲۴ درصد و کمترین مقدار این صفت در تیمار S₂W₂ با ۱۰/۲۷ درصد و S₂W₅ با ۱۰/۳۱ درصد مشاهده شد. تیمار S₂W₄ نسبت به شاهد ۲/۹۷٪ افزایش را نشان می دهد (شکل ۴-۲۳). در شرایط تنش خشکی بخصوص در مرحله پر شدن دانه به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً ناشی از کاهش نشاسته می باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین در دانه افزایش می یابد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۰۵). تحقیقات نشان می دهد که مکانیسم های ساخت نشاسته در دانه، حساس تر از مکانیسم های ساخت پروتئین هستند، بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته چشمگیرتر است (احمدی و باکر، ۲۰۰۰). طبق نظریه وانگ و همکاران (۲۰۰۲) بیانگر این مطلب مهم بود که امواج با فرکانس و شدت معین باعث افزایش بهبود صفات کیفی می گردد، 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 فعالیت ها همچون میزان قند محلول، پروتئین، نشاسته و ... افزایش یافته و به دنبال آن نیز رشد گیاه افزایش می یابد.

جدول ۴-۱۶: میانگین مربعات پروتئین دانه ذرت در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه
بلوک	۲	۲/۱۲
تنش خشکی (S)	۲	۰/۶۳ ^{ns}
التراسونیک (W)	۴	۴/۰۴ ^{**}
S*W	۸	۱/۳۳ ^{**}
خطا	۲۸	۰/۳۲

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



شکل ۴-۲۳: اثر متقابل امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان درصد پروتئین دانه ذرت

۴-۱۷-قند محلول

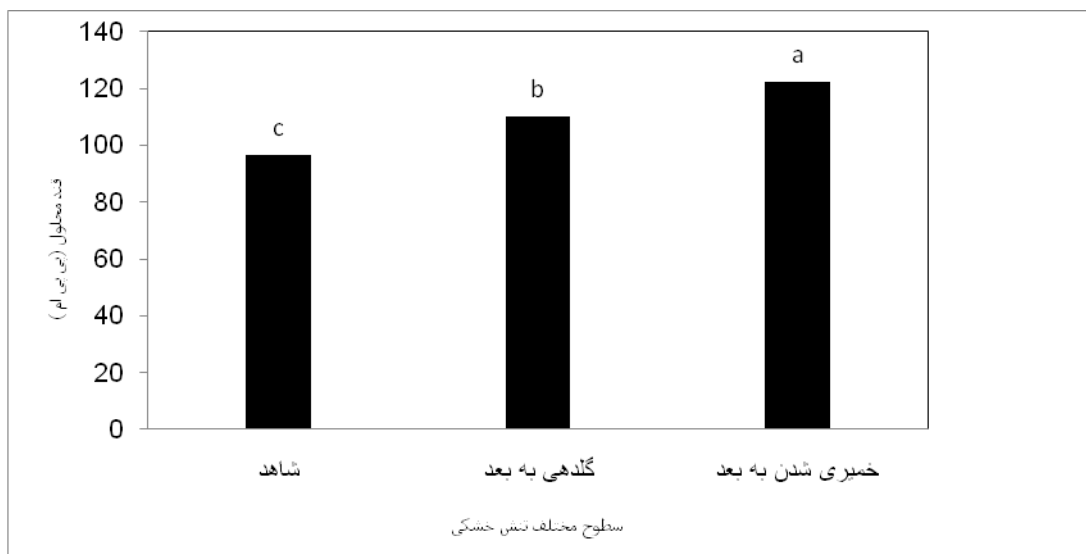
قندهای محلول به عنوان تنظیم کننده های اسمزی، ثبات دهنده غشاهای سلولی و حفظ کننده تورژسانس سلولها، عمل می کنند. در حقیقت در گیاهانی که قند محلول در پاسخ به تنش خشکی تجمع می یابد، تنظیم اسمزی بهتر صورت می گیرد (اسلاما و همکاران، ۲۰۰۷). هانگبو و همکاران (۲۰۰۶) عنوان کردند که مهمترین منبع مواد محلول، ترکیبات فتوسنتزی است که یا مستقیماً تولید

می‌شوند و یا از هیدرولیز ذخایر کربنی مثل فروکتان تولید می‌گردند. باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۷) اعمال سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک در سطح ۱٪ میزان قند محلول برگ را تحت تاثیر قرار داد. به طوری که بیشترین قند محلول در تنش خشکی خمیری شدن دانه به بعد (۱۲۲/۴۱ پی پی ام) و کمترین قند محلول در تیمار شاهد (۹۶/۶۹ پی پی ام) مشاهده گردید. با اعمال تنش میزان قند محلول دانه در هر دو سطح تنش نسبت به شاهد به ترتیب ۱۴٪ و ۲۶٪ افزایش یافت (شکل ۴-۲۴). بیشترین قند محلول در تیمار ۶ دقیقه از پرتودهی (۱۲۲/۶۹ پی پی ام) و کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد (۹۵/۷۲ پی پی ام) مشاهده گردید (شکل ۴-۲۵). در شرایط تنش خشکی، تنظیم کننده های اسمزی می توانند قدرت جذب آب از خاک توسط ریشه را افزایش دهند. از آنجایی که فتوسنتز و رشد هر دو تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، بنابراین تجمع مواد محلول تحت تاثیر تعادل آنهاست. با توجه به این که قبل از آن که فتوسنتز تحت تاثیر کمبود آب قرار گیرد، رشد تحت تاثیر قرار می‌گیرد، لذا تجمع فرآورده های فتوسنتزی امری بدیهی به نظر می‌رسد. همان طور که در شکل ۴-۲۵ مشاهده می‌شود، بالاترین قند محلول در شرایط پرتودهی بذر به مدت ۶ دقیقه بدست آمد. مهمترین دلیل برای توضیح این رفتار، افزایش مدت زمان انتقال جرم و افزایش میزان حفره زایی حباب های موجود در محلول می‌باشد که با نتایج سایر محققان مطابقت می‌نماید (ووی و همکاران، ۲۰۰۴).

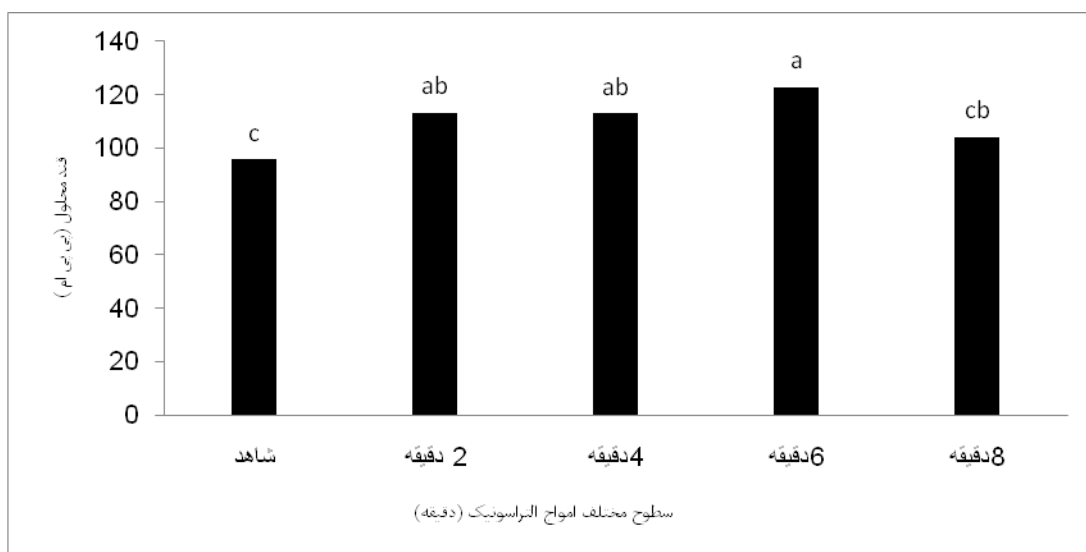
جدول ۴-۱۷: میانگین مربعات قند محلول در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قند محلول
بلوک	۲	۶۷۸/۹۸
تنش خشکی (S)	۲	۲۴۸۸/۱۰**
التراسونیک (W)	۴	۹۴۰/۳۱۵**
S*W	۸	۳۹۳/۱۳۳ ^{ns}
خطا	۲۸	۲۲۱/۲۷

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



شکل ۴-۲۴: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان قند محلول برگ ذرت



شکل ۴-۲۵: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان قند محلول برگ ذرت

۴-۱۸- محتوی نسبی آب برگ

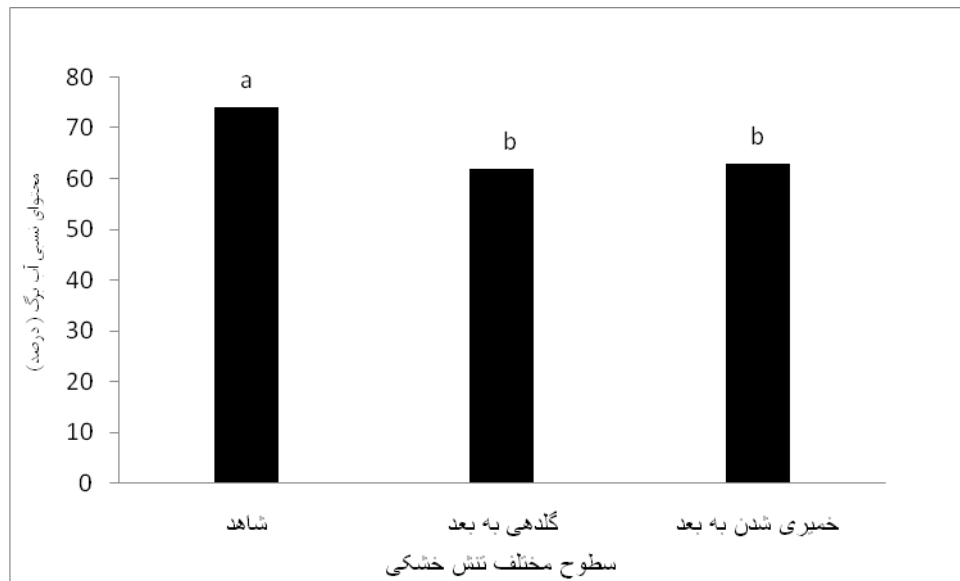
بلوم (۱۹۹۹) در بین پارامترهایی مثل میزان آب نسبی گیاه، پتانسیل آب گیاه و پتانسیل تورژانس گیاه، میزان آب نسبی گیاه را به عنوان بهترین معیار اندازه گیری وضعیت آب گیاه معرفی کرده است.

وی بیان می‌دارد یکی از مزیت‌های RWC بر پتانسیل آب گیاه در نشان دادن تفاوت‌های ژنتیکی تحمل خشکی، این است که ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل آب یکسان دارند ممکن است به دلیل تفاوت در تنظیم اسمزی، RWC متفاوتی داشته باشند. با توجه به نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف تنش خشکی آثار متفاوتی بر محتوی نسبی آب برگ در سطح ۱٪ داشت (جدول ۴-۱۸). بیشترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار شاهد (۷۴٪) و کمترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار S_۲ (۶۲٪) مشاهده گردید. تنش خشکی S_۲ و S_۳ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۹٪ و ۱۷٪ درصد کاهش محتوی نسبی آب برگ را نشان دادند. بین دو سطح S_۲ و S_۳ اختلاف معنی داری نشان داده نشد (شکل ۴-۲۶). محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۶ دقیقه ۷۴٪ و در تیمار شاهد ۶۲٪ مشاهده شد، که نسبت به تیمار شاهد ۱۹٪ افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۴-۲۷). سینگ و سینگ (۱۹۹۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم، ذرت دانه‌ای و ارزن مرواریدی در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش میزان آب نسبی برگ می‌شود. تالاآوادا (۲۰۰۲) در بررسی چند گونه گراس گرمسیری مشاهده کرد که کاهش هدایت روزنه‌ای بر اثر تنش خشکی با کاهش RWC همراه است.

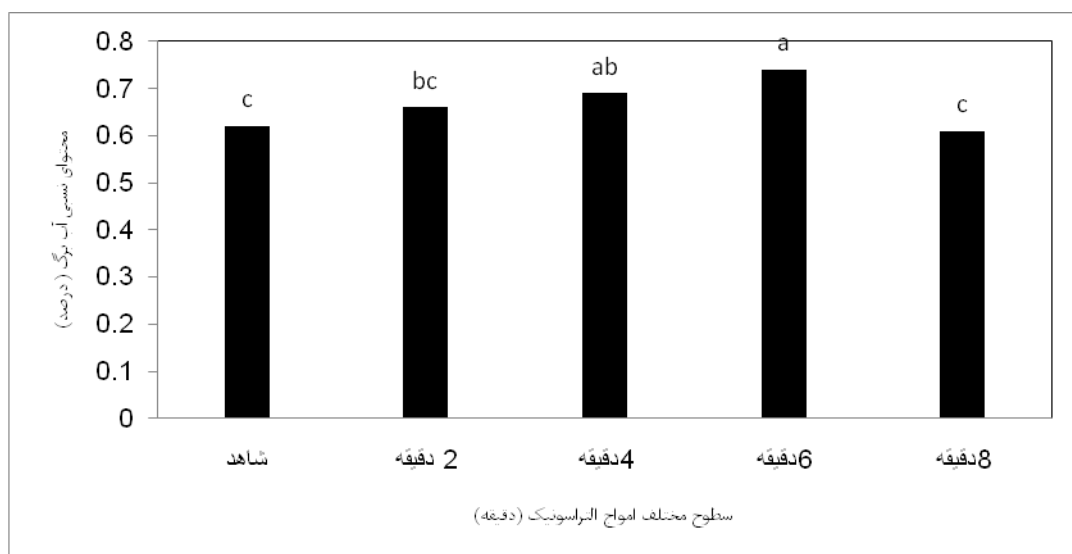
جدول ۴-۱۸: میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

محتوای نسبی آب برگ	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۶۲	۲	بلوک
۰/۰۶۹*	۲	تنش خشکی (S)
۰/۰۲۵**	۴	التراسونیک (W)
۰/۰۰۳ ^{ns}	۸	S*W
۰/۰۰۴	۲۸	خطا

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



شکل ۴-۲۶: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گندهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان قند محلول برگ ذرت



شکل ۴-۲۷: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر محتوای نسبی آب برگ ذرت

۴-۱۹- کلروفیل برگ (a و b)

امروزه میزان کلروفیل و پروکلین به عنوان یک معیارسنجش برای اندازه گیری تأثیر تنشهای محیطی، از جمله تنش آب بر گونه های زراعی و تعیین میزان مقاومت به خشکی آنها پیشنهاد شده است

(موتفات و همکاران، ۱۹۹۰). در واقع، میزان کلروفیل بیشتر، سالم بودن غشای تیلاکوئید و کارایی نسبی انتقال الکترونز فتوسیستم دو به فتوسیستم یک را نشان می دهد. تنش آبی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه ای موثر واقع می شود. در صورتی که با افزایش مقدار تنش و کاهش پتانسیل آب خاک روند تخریب رنگیزه های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می پذیرد. در بررسی های انجام شده در برخی گیاهان مشاهده شد که تخریب رنگیزه های کلروفیل در سلول های مزوفیل نسبت به غلاف آوندی از سرعت و شدت بیشتری برخوردار است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، سطوح مختلف تنش خشکی و امواج التراسونیک و تاثیر متقابل آنها بر مقدار کلروفیل a و b معنی دار بدست آمد (جدول ۴-۱۹ و ۴-۲۰). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a و b در تیمار S_1W_4 و S_1W_1 و کمترین مقدار کلروفیل a و b در تیمار S_2W_3 مشاهده شد (شکل ۴-۲۸ و ۴-۲۹) میزان کلروفیل در گیاهان زنده از فاکتورهای حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (جیانگ و هیوانگ، ۲۰۰۱). به نظر می رسد که کاهش کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکالهای اکسیژن باشد، که این رادیکالهای آزاد باعث پراکسیداسیون (ویز و نایلور، ۱۹۸۹) و در نتیجه باعث تجزیه این رنگیزه ها می شود (اسچاتز و فانگمیر، ۲۰۰۲). در کل کمبود آب موجب کاهش محتوای نسبی کلروفیل می گردد به طوریکه تنش، شاخصهای فلورسانس کلروفیل یا کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ را به دلیل افزایش فلورسانس مبدأ و کاهش فلورسانس ماکزیمم را کاهش می دهد (ممنوعی و سید شریفی، ۱۳۸۹).

جدول ۴-۱۹: میانگین مربعات کلروفیل a در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

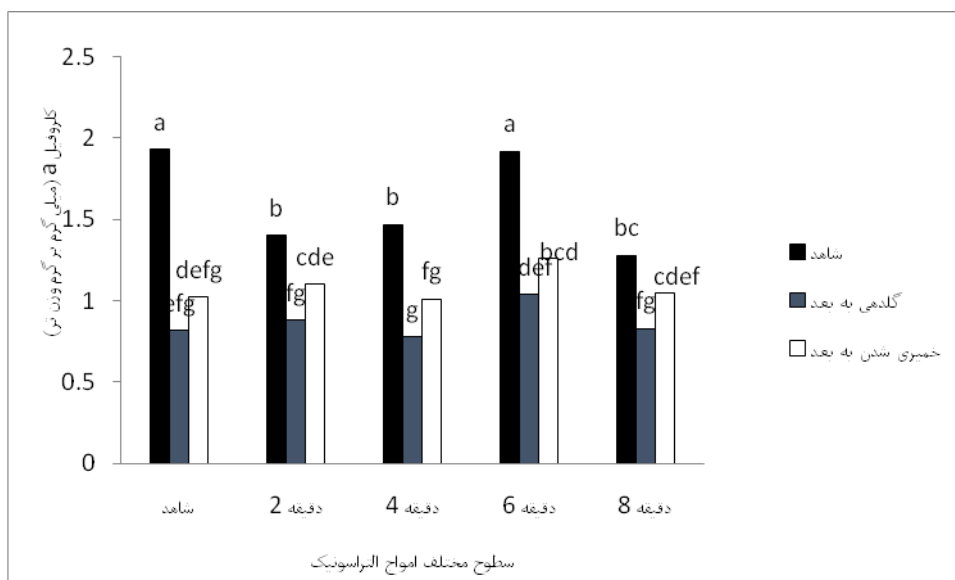
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a
بلوک	۲	۷/۵۸
تنش خشکی (S)	۲	۳۳/۶۶**
التراسونیک (W)	۴	۳/۰۶**
S*W	۸	۱/۱۸**
خطا	۲۸	۰/۳۵

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

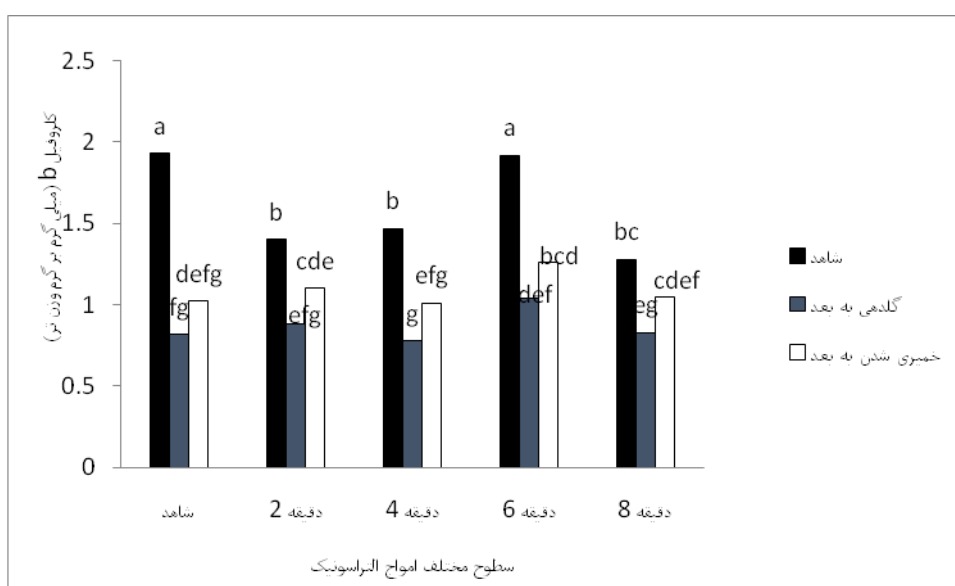
جدول ۴-۲۰: میانگین مربعات کلروفیل b در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل b
بلوک	۲	۰/۴۷
تنش خشکی (S)	۲	۲/۱۰۸**
التراسونیک (W)	۴	۰/۱۹**
S*W	۸	۰/۰۷**
خطا	۲۸	۰/۰۲۲

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



شکل ۴-۲۸: اثر متقابل امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان کلروفیل a برگ ذرت



شکل ۴-۲۹: اثر متقابل سطوح مختلف امواج التراسونیک و تنش خشکی بر میزان کلروفیل b

۴-۲۰- کارت نوئید

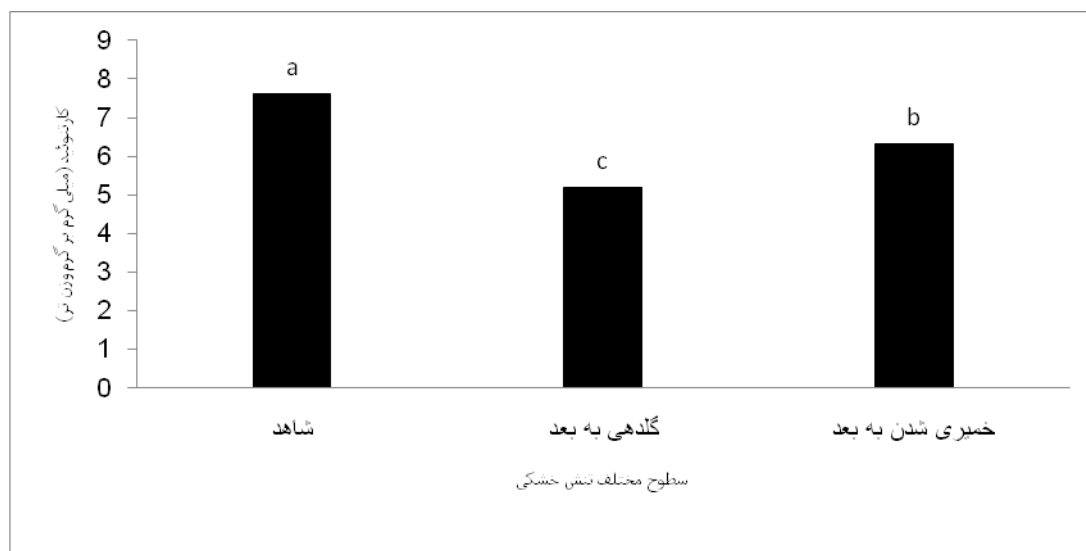
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهده شد که اعمال سطوح مختلف تنش خشکی اختلاف معنی داری را در مقدار کارت نوئید در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۴-۲۱). بیشترین مقدار کارت نوئید در سطح شاهد (۷/۶۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار در سطح تنش S_2 (۵/۱۹ میلی گرم بر گرم

وزن تر) مشاهده شد. کاهش مقدار کارتنوئید در S_2 و S_3 به ترتیب نسبت به شاهد 20% و 46% بود که بیشترین کاهش در مقدار کارتنوئید در سطح S_2 بود (شکل ۴-۳۰). در مراحل اولیه تنش های محیطی میزان سنتز کارتنوئید ها (به عنوان گیرنده های نوری مکمل) در برگ به علت نقش آنها در حفاظت از کلروفیل ها در برابر اثرات تخریبی انواع اکسیژن فعال افزایش یافته اما با گذشت زمان و در تطابق گیاه با تنش میزان آنها کاهش پیدا می کند (یانگ، ۱۹۹۱). اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر مقدار کارتنوئید معنی دار نبود.

جدول ۴-۲۱: میانگین مربعات کارتنوئید در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

کارتنوئید	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۰۷	۲	بلوک
۱/۳*	۲	تنش خشکی (S)
۰/۰۱۳ ^{ns}	۴	التراسونیک (W)
۱/۰۲۱ ^{ns}	۸	S*W
۰/۰۳۱	۲۸	خطا

*، **، ^{n.s} به ترتیب بیانگر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار می باشد.



شکل ۴-۳۰: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان کارتنوئید برگ ذرت

۲۱-۴-پتاسیم

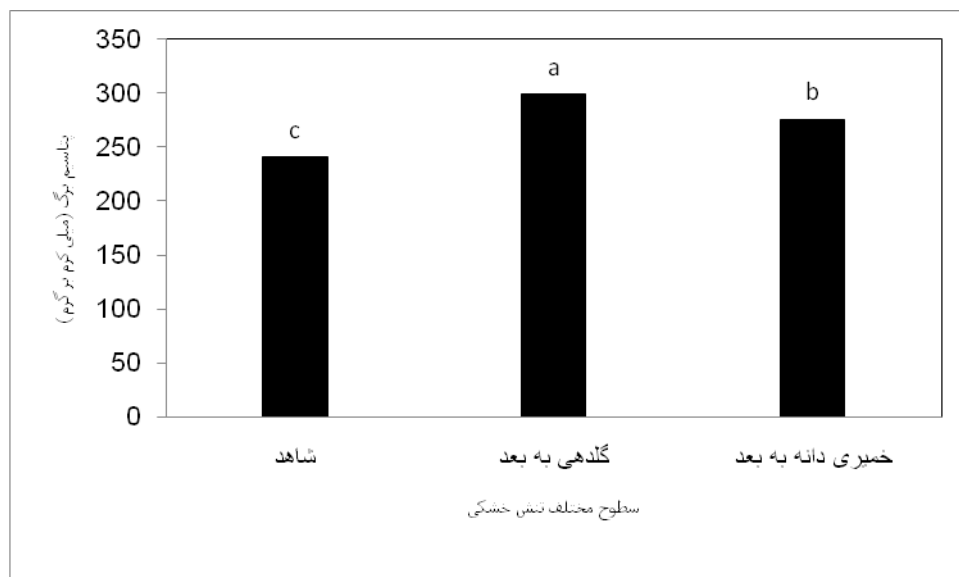
جدول ۴-۲۲، تجزیه واریانس پتاسیم برگ ذرت را نشان می دهد. طبق نتایج مندرج در این جدول اعمال تنش خشکی و امواج التراسونیک، اثر معنی داری بر میزان پتاسیم برگ در سطح ۱٪ به جای گذاشت. به طوری که بیشترین مقدار پتاسیم برگ در تنش خشکی گلهی به بعد (۲۹۹/۳۳ میلی گرم بر گرم) و کمترین مقدار پتاسیم در تیمار شاهد (۲۴۰/۴۸ میلی گرم بر گرم) مشاهده گردید. اعمال تنش خشکی در دو سطح گلهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد نسبت به سطح شاهد به ترتیب ۴۸٪ و ۱۴٪ میزان پتاسیم برگ ذرت را افزایش داد (شکل ۴-۳۱). تنش خشکی موجب بسته شدن روزنه ها و کاهش تثبیت دی اکسیدکربن می گردد که این کاهش منجر به تولیدگونه های فعال اکسیژن شده و در نهایت احیاء دی اکسیدکربن در تنش کم آبی به شدت کاهش می یابد (هو و اسکچمیدی هانتر، ۲۰۰۵). اگر تنش خشکی با کمبود پتاسیم همراه شود، این صدمه ها شدیدتر خواهد شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش میزان پتاسیم در برگ باعث بهبود فعالیت فتوسنتزی، افزایش تولید میزان پروتئین، قند محلول، ترکیبات تعدیل کننده پتانسیل اسمزی و در نهایت افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی را فراهم می کند که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت

دارد. طبق نتایج بدست آمده پرتودهی امواج التراسونیک به مدت ۶ دقیقه بیشترین میزان پتاسیم و تیمار شاهد (عدم پرتودهی) کمترین میزان پتاسیم را نشان داد (شکل ۴-۳۲). پس انتظار می رود که پرتودهی امواج التراسونیک می تواند تحمل به تنش خشکی در گیاه ذرت را افزونی بخشد.

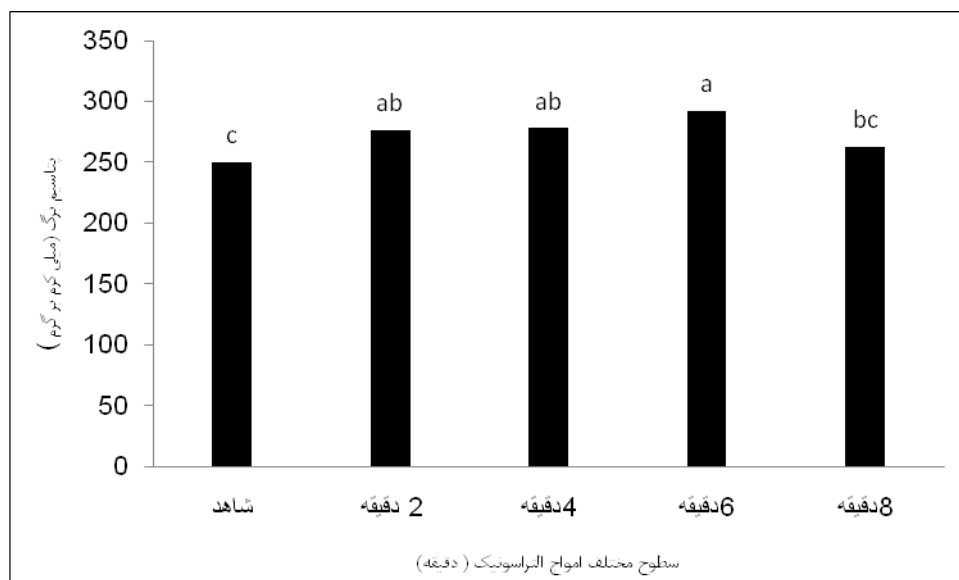
جدول ۴-۲۲: میانگین مربعات پتاسیم برگ در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و از مرحله خمیری شدن دانه به بعد) و امواج التراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	پتاسیم برگ
بلوک	۲	۱۳۰۹/۳۹
تنش خشکی (S)	۲	۱۳۱۶۲/۹۵**
التراسونیک (W)	۴	۲۳۱۸/۶۵**
S*W	۸	۳۹۷/۱۰ ^{ns}
خطا	۲۸	۳۹۷/۸۷

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



شکل ۴-۳۱: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (مرحله گلدهی به بعد و خمیری شدن دانه به بعد) بر میزان پتاسیم برگ ذرت



شکل ۴-۳۲: اثر سطوح مختلف امواج التراسونیک بر میزان پتاسیم برگ ذرت

۴-۲۳- سرعت جوانه زنی

در این پژوهش تاثیر سطوح مختلف پرتودهی امواج التراسونیک بر میزان سرعت جوانه زنی ذرت مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در جدول ۴-۲۳ مشاهده می شود بیشترین سرعت جوانه زنی (شیب خط رگرسیونی درصد جوانه زنی تجمعی در مقابل زمان پس از کاشت) در تیمار ۶ دقیقه و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد بود. با افزایش مدت زمان پرتودهی سرعت جوانه زنی نیز افزایش یافت و در مدت زمان ۸ دقیقه از پرتودهی سیر نزولی پیدا کرد. در پژوهشی بذر تربچه تیمار شده با امواج فراصوت، افزایش سرعت جوانه زنی و همچنین افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه را نسبت به شاهد نشان داد (شیمورا، ۱۹۹۰). سالمی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش دادند که پرتودهی با امواج التراسونیک به مدت ۶ دقیقه و هیدروپرایم ۱۲ ساعت مقدار وزن خشک ساقه چه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل و درصد جوانه زنی گیاه ذرت را به ترتیب ۷۵٪، ۸۱٪، ۹۰٪ و ۴۱٪ نسبت به شاهد افزایش داد. علاوه بر این اعمال اثر متقابل هیدروپرایمینگ (۱۲ ساعت)، دما (۲۵ درجه سانتی گراد) و امواج التراسونیک ۶ دقیقه توانسته بود وزن خشک ریشه چه ذرت را نسبت به شاهد ۱۷ درصد افزایش دهد.

جدول ۴-۲۳: سرعت جوانه زنی (شیب خط رگرسیونی درصد جوانه زنی تجمعی در مقابل زمان پس از کاشت) تحت
تأثیر سطوح مختلف امواج التراسونیک

شیب خط	تیمار
۰/۳۶	شاهد
۰/۷۷	۲ دقیقه
۰/۰۹۳	۴ دقیقه
۱/۰۸	۶ دقیقه
۱/۰۶	۸ دقیقه

نتیجه گیری کلی

بطور کلی می توان عنوان کرد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی دار میزان شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه، وزن خشک پوشش بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، وزن خشک تاسل، وزن خشک چوب بلال، میزان عملکرد بیولوژیک، میزان عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ و میزان کارتنوئید نسبت به سطح شاهد گردید. تنش خشکی باعث افزایش در میزان قند محلول برگ و شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد گردید. پرتودهی امواج التراسونیک نسبت به شاهد (عدم پرتودهی) افزایش در میزان وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه، قطر بلال، تعداد بلال، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، قند محلول برگ، محتوای نسبی آب برگ و سرعت جوانه زنی گردید. اثر متقابل تنش خشکی و امواج التراسونیک بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، میزان پروتئین دانه، میزان کلروفیل a و b معنی دار بود. به طور کلی انتظار می رود که پرتودهی امواج التراسونیک به عنوان عامل خارجی به دلیل افزایش درصد جوانه زنی در گیاه، استقرار بهتر و همچنین استفاده بهتر از منابع (آب، نور خورشید، عناصر غذایی و...) و در نهایت افزایش در برخی صفات کمی و کیفی در گیاه ذرت می تواند این گیاه را نسبت به تنش خشکی مقاوم تر سازد و خسارت های حاصل از این تنش را تا حدودی کاهش دهد.

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 و همچنین در شرایط آزمایشگاهی توصیه می‌شود.

۲- آزمون فراصوت می‌تواند به صورت یک آزمون غیر مخرب، برخی پارامترهای مرتبط با رشد گیاه ذرت را افزایش داده و آنها را تحریک می‌کند.

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

۴- مطالعات گسترده‌تر در مورد اثر متقابل امواج التراسونیک و تنش خشکی بر روی دیگر گیاهان زراعی توصیه می‌شود.

۵- تحقیق بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی امواج فراصوت و تعیین ارتباط آنها با ویژگی‌های رشدی گیاهان می‌تواند مفید باشد.

۶- به کارگیری مدت زمان‌های مختلف امواج فراصوت برای بدست آوردن نتایج بهتر.

۷- سله بستن خاک در طرح‌های آزمایشی ممکن است رخ دهد لذا سله شکستن خاک، شیوه آبیاری درست زمین و عمق کاشت مناسب بذر توصیه می‌شود.

۸- جهت افزایش درصد و سرعت جوانه زنی توصیه می‌شود که بذور با آب مقطر مورد پرایم قرار گیرند.

منابع

منابع و مراجع

آبروش، ع. ا.، سیادت، س. ا.، برومندفر، پ.، ۱۳۸۹، ارزیابی اثرات تنش خشکی برخی خصوصیات مرفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های گندم در دزفول، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲ (۲): ۱۳۰-۱۱۳.

امام، ی.، ۱۳۸۳، زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۷۳ص.

باقری، ع.، و حیدری شریف آباد، ح.، ۱۳۸۶، بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوای آنها در گیاه جو بدون پوشینه، مجله دانش نوین کشاورزی (*Hordeum sativum* L.)، (۷): ۱۵-۱.

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

دانشمند، ع.، شیرانی راد، ا. م.، اردکانی، م. ر.، ۱۳۸۵، ارزیابی تحمل به تنش کم آبی در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا، پژوهشنامه کشاورزی، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ۱ (۶۴): ۱.

ذکی دیزجی، ح.، مینایی، س.، توکلی هشتجین، ت.، مختاری دیزجی، م.، منتظر، ع.، ۱۳۸۷، کیفیت سنج فراصوتی برای محصولات کشاورزی، مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران.

ربانی، ج.، امامی، ۱۳۹۰، پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، ۱ (۲).

زند، ب.، لعلی نیا، ع.، ۱۳۸۹، زراعت غلات، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۷۶ص.

سالمی، م.، قلی پور، م.، مکاریان، ح.، آریانی محمدیه، ح.، ۱۳۹۴، تأثیر فراصوت، هیدروپرایمینگ و دما بر درصد جوانه زنی ذرت، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین زیستی و کشاورزی.

سرمدنیا، غ.، کوچکی، ع.، ۱۳۷۱، جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم، (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۴ ص.

شریفی، ا.، ایوز، م.، ۱۳۸۷، کاربرد امواج فراصوت در فرآوری مواد غذایی به عنوان یک روش غیر تخریبی. بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.

شیری، م.، ر.، ۱۳۷۸، ارزیابی عملکرد و اجزاء عملکرد و اریته‌های گندم در تنش خشکی، پایان‌نامه کاشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل، صفحه ۱.

طباطبایی، س. ع.، شاکری، ا.، شاهی، م.، ۱۳۹۰، اثر تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن ارقام کلزا، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳ (۱۲): ۴۱-۵۳.

عسکر، م.، یزدان سپاس، ا.، امینی، ا.، ۱۳۸۹، ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه و بینابین در شرایط آبیاری نرمال و تنش قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی، مجله به نژادی نهال و بذر، ۲۶ (۳): ۳۱۳-۳۲۹.

کوچکی، ع.، ثابت تیموری، م.، ۱۳۸۷، تاثیر فواصل آبیاری و نوع کود بر عملکرد کمی سه گیاه دارویی: اسطوخودوس، رزماری و زوفا در شرایط مشهد، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱: ۷۷-۸۸.

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

مسجدی، ع.، شکوه فر، ع.، علوی فاضل، ۱۳۸۷، تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری ذرت تابستانه (هیبرید SC.704) و بررسی اثر تنش خشکی بر محصول با استفاده از اطلاعات تشت تبخیر کلاس A، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، ۴۶: ۵۵۰-۵۴۳.

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

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

ممنوعی، ا.، سیدشریفی، ر.، ۱۳۸۹، بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنوتیپ جو و رابطه آن با دمای آستانه. مجله زیست‌شناسی گیاهی (Canopy)، (۵): ۵۱-۶۲.

یوسفی آذر، م.، رضایی، ع.، ۱۳۸۷، ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های گندم، نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۴۲): ۱۱۶-۱۲۸.

Ahmadi, A., Baker, D.A., 2000, The effect of water stress on grain filling processes in wheat." *Agriculture. Science journal.* 136: 257-269.

AL-Kaisi, M. M., Xinhua, Yin., 2002, Effect of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agron. journal.* 95: 1475-1482.

Ashraf, M., Foolda, M. R., 2006, Pre-sowing seed treatment: A shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions *Adv. Agron.* 88:223-271.

Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M., 2012, *Food Research International.* 48: 410–427.

Barton, S., Bullock, C., Weir, D., 1996, The effects of ultrasound on the activities of some glycosidase enzymes of industrial importance, *Enzyme and Microbiology.Technolgy.* 18: 190-194.

Blum, A., 1996, Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation.* 20: 135-148. In: E. Belhassen, (Ed). *Drought tolerance in Higher Plants:Genetical, Physiological and MolecularBiological Analysis.* Kluwer Academic Publishers.

Blum, A., 1999, Towards standard assay of drought resistance in crop plants. In: J. M. Ribaut and D. Poland (Eds.). *Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water- limited environments (final report). A strategic planning workshop.* 21-25 .

Cakir. R., 2004, Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research.* 89 (1): 1–16.

Chisti, Y., 2002, Sonobioreactors: Using ultrasound for enhanced microbial productivity. *Trends in biotech.* 21 (3): 89-93.

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

Crisosto, C., 1996, Optimum procedures for ripening stone fruit, *Management of Ripening Fruit (Univ. of California, Davis), Postharvest Horticulture Series.* 9: 28-30.

Czerner, R., Millner, R., Roenfeld, E., Schellenberger, A., Schmidt, P., 1987, Theoretical and experimental studies on the influence of ultrasound on immobilized enzymes, *Biotechnol Bioengin.* 30: 928-935.

Egli, D. B., Meckel, L., Phillips, R. E., Radeliffe, D., Legett, J. E., 1983, Moisture stress and N redistribution in soybean. *Agron. journal.*75: 1027-1031.

Emam, Y., Seghateleslami, M. J., 2005, *Crop Yield, Physiology and Processes.* Shiraz University Press. 593 p.

Entezari, M. H., Nazary, S. H., Khodaparast, M. H. H., 2004, The direct effect extraction of date syrup and its micro-organisms, *Ultrasonics Sonochemistry.* 11: 379 -384.

FAO, 1986-2006, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Quarterly bulletin of statistics, Rome, Italy.

FAO, 1992, The use of saline waters for crop production, *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48.* 133 pp.

Fredrick, J.R., HeskethjoPeters, D. B., Below, F. E., 1989, Yield and reproduction trait responses of maize hybrids to drought stress. *Field Crope Resarch.* 4834(Abst).

Gallego, J. A. L., Elvira, S., Rodriguez, G., 2003, A power ultrasonic technology for deliquoring. *Ultrasonic.* 4: 255-259.

Habibi, D.M., Mashdi Akbar Boojar, A., Mahmoudi, M. R., Ardakani, ., Taleghani. D., 2004, Antioxidative enzyme in sunflower subjected to drought stress. 4th International Crop Science Congress, Brisbane,Australia, 26 September-1Octobr pp. 1-4.

Hassanien, H.E., Tian-zhen,H., Yufeng,L., Baoming, L., 2014, Advances in effects of sound waves of plant. *Journal of in tegrative Agriculture.* ۱۳(2): 335-348.

Hongbo, s., ZongSuo, L., MingAn, S., 2006, Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. *Colloids and Surfaces, Biointerfaces*. 47: 132-139.

Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005, Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *journal. Plant Nutrition. Soil Science*. 168: 541–549.

Ishimori, Y., Karube, I., Suzuki, S., 1981, Acceleration of immobilized alpha-chymotrypsin activity with ultrasonic irradiation. *journal. Mol Catal*. 12: 253-259.

Jiang, Y., Huang, N., 2001, Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*. 41: 436-442.

Jiang, Y., Huang, B., 2001, Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass, *Crop Science*. 41: 1168-1173.

Jalilian, J., ModarresSanavy, S. A. M., Sabaghpour, S. H., 2005, Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition, *journal Agriculture Science Nutrition Resour*. 12(5): 1-9.

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): 725-731.

Lopez, P., Sánchez, A. C., Vercet, A., Burgos, J., 1997, Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectin methyl esterase at physiological pH, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung*. 204: 146-150.

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, 2008, Effects of water stress, nitrogen fertilizer and organic manure on chlorophyll meter readings, grain yield and yield components of corn hybrid 704. Iranian Journal of Crop Sciences. 8P.

Milani, E., Koocheki, A., Golimovahhed, A., 2011, Extraction of inulin from burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound, Journal of Food Science and Technology International. 46: 1699-1704.

Mittler, R., 2002, Oxidative stress , antioxidant and stress tolerance. Ann. Rev. Plant Science. 7: 405-415.

Moffatt, J., Sears, M. R. G., Paulsen, G., 1990, Wheat height temperature tolerance during reproductive growth. 1: Evaluation by chlorophyll fluorescence. Crop Science. 3 (4): 881-885.

Nesmith D. S., Ritchie, J. T., 1992, Short-and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal. 84: 107-113.

Pan, G., Yu, G., Zhu, C., Qiao, J., 2012, Optimization of ultrasound-assisted extraction (UAE) of flavonoids compounds (FC) from hawthorn seed (HS), Ultrasonics Sonochemistry. 19 : 486–490.

Povey, M. J. W., and Wilkinson, J. M., 1980, Application of ultrasonic pulse-echo techniques to eggalbumin quality testing a preliminary report"British Poultry Science. 21: 489-495.

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

Samarah, N.H., 2005, Effect of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy Sustain Development. 25: 145-149.

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

Schussler, J. R., Westgate, M. E., 1991, Maize kernel set at low water potential. I: Sensitivity to reduce.

Schutz, M., Fangmeir, E., 2002, Growth and yield *responses of spring wheat (triticum aestivum L. cv.Minaret)* to elevated CO₂ and water limitation. *Environmental Pollution*. 114: 187-194.

Shimomura, S., 1990, The effects of ultrasonic irradiation on sprouting radish seed. *Ultrasonic Symposium Proceedings*. 3: 1665-1667.

Singh, B. R., Singh, D. P., 1995, Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Res*. 42: 57- 67.

Slama, I., Ghnaya, T., Hessini, K., Messedi, D., Savoure, A., Abdelly, C., 2007, Comparative study of the effects of mannitol and PEG osmotic stress on growth and solute accumulation in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 10–17.

Smith, P. K., Krohn, R. I., Hermanson, G. T., Mallia, A. K., Gartner, F. H., Provenzano, M. D., 1985, Solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseol, *Plant and Soil*. 184: 311-321.

Stasiak, D. M., 2005, The ultrasound-assisted sugar extraction from sugar beet cossettes. *Acta Scientiarum Polonorum"Technica Agraria"*, 4, 31-39.

Tala Awada, 2002, Stomatal variability of native warm-season grasses from the Nebraska sandhills. *Can. journal. Plant Science*. 82: 349-355.

Tahkokorpi, M., Taulavuori, K., Laine, K., Taulavuori, E., 2007, Aftereffects of drought-related winter stress in previous and current year stems of *Vaccinium myrtillus*, *journal. Environ. Exp. Bot*. 61: 85–93.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D., 2007, Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9: 161–169.

Wang, J. L. C., 1981, *Agric, Food.Chem.* 29-177.

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

Wise, R. R., Naylor, A. W., 1989, Chilling enhanced photo-oxidation, the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. *Plant physiology*. 83: 278-282.

Waling, I., VarkW.V,Houba,VJG and Van der lee JJ.,1989, Soil and Plant and Analysis, a series of syllabi. *Plant7. Plant Analysis Procedures*, Wageningen Agriculture University, the Netherland.

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., Tabatabaie, T., 2008, Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barely.

Young A.J. , 1991, the Photoprotective role of Carotenoids in higher Plants. *Plant Physiology* 83:702-708.

Zheng, Y., Aijun, J., Tangyuan, N., Xud, J., Zengjia, L., Gaoming, J., 2008, Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. *journal. Plant Phy zology siol.* 165: 1455-1465.

Abstract

to study the interactive effects of ultrasounds and drought stress on some traits of corn

A field experiment with 3 replications was conducted in research farm of Shahrood University in 2014. Treatments were factorial arrangement of three levels of drought stress (control, no irrigation from flowering stage onward, and no irrigation from dough stage onward) and five levels of ultrasound (control, 2, 4, 6 and 8 minutes exposure to 42 kHz). The results showed that drought stress significantly decreased the amount of leaf area index, shoot dry weight, leaf dry weight, seed dry weight, dry weight of ear cover, ear diameter, number of rows per ear, cob weight, the biological yield, grain yield, leaf relative water content and the amount of carotenoids as compare to control. In comparison to control, the value of reduction in these traits was 37%, 39%, 33%, 21%, 13%, 14%, 37%, 3%, 25%, 40%, 50%, 19%, 46% and 31%, respectively. Stress caused an increase in the amount of soluble sugars and harvest index by 19% and 11%, respectively compare to control. Ultrasound also increased shoot dry weight (9%), leaf dry weight (3%), grain weight (5%), ear diameter (18%), number of ears (8%), biological yield (15%), grain yield (43%), HI (38%), soluble sugars (28%), leaf relative water content (19%) and germination rate. The interaction between stress and ultrasound was significant for plant height, stem diameter, seed protein content, contents of chlorophyll a and b. In the present study the possibility of using ultrasonic waves as a seed treatment to reduce the damage caused by water stress, there is an increase in quantity and quality.

Keywords: Corn, Drought, qualitative and quantitative traits, ultrasonic waves.



**University of Shahrood
Faculty of agriculture
Department of Agronomy**

M.Sc. Thesis

**Ultrasonic waves and drought impact on the growth and yield
of corn**

Maryam Saleminasab

**Supervisor:
Dr. M. Ghoulipoor**

**Advisor:
Dr. H. Makareyan
M. H. Ariani**

2015