بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد

اثر امواج اولتراسونیک و باکتری سودوموناس بر رشد و عملکرد ذرت

سعید رجبیان

استاد راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

استاد مشاور

دکتر حمید عباس دخت

بهمن ۱۳۹۱

اثر امواج اولتراسونیک و باکتری سودوموناس بر رشد و عملکرد ذرت

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر امواج اولتراسونیک و باکتری سودوموناس بر رشد و عملکرد گیاه ذرت، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۰ به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل امواج اولتراسونیک در پنج سطح شاهد (F1)، ۲ (F2)، ۴ (F3)، ۶ (F4) و ۸ دقیقه (F5) در معرض تابش امواج با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز و باکتری سودوموناس در سه سطح شاهد (B1)، تلقیح به میزان توصیه شده مندرج در بروشور (B2) و تلقیح به میزان دو برابر مقدار توصیه شده مندرج در بروشور (B3) و می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که تلقیح باکتری سودوموناس، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، وزن بلال و تعداد ردیف دانه در بلال را به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. امواج اولتراسونیک نیز موجب افزایش ارتفاع گیاه، وزن بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن کل دانه ها، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد شد. هم چنین اثر متقابل باکتری سودوموناس و امواج اولتراسونیک بر قطر ساقه، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه معنی دار شد. در این آزمایش مشخص شد تلقیح باکتری سودوموناس و هم چنین تیمار ۴ و ۶ دقیقه موج اولتراسونیک به منظور افزایش و بهبود رشد و عملکرد ذرت مفید می باشد.

کلمات کلیدی: اولتراسونیک، سودوموناس، ذرت

شماره : ۵/۴۳۹
تاریخ : ۱۳۹۱/۱۲/۰۸
ویرایش :

بسمه تعالی

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد **آقای سعیدرجبیان** رشته **کشاورزی** گرایش **زراعت** تحت عنوان: **" اثر امواج التراسونیک و باکتری سودوموناس بر رشد و عملکرد ذرت "**که در تاریخ **۱۳۹۱/۱۱/۲۵** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : بسیار خوب امتیاز ۱۸/۲۵) ☒ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)
۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)
۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)
۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استاد راهنما	منوچهر قلی پور	دانشیار	
۲ـ استاد مشاور	حمید عباس دخت	دانشیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	شاهرخ قرنجیک	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	مهدی برادران	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	احمد غلامی	دانشیار	

رئیس دانشکده :

سپاسگزاری

حمد و سپاس پروردگار متعال را که بزرگ ترین و مستحکم ترین تکیه گاه انسان ها است. او که با الطاف بی کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش این مرز و بوم، گام کوچکی برداشته باشیم. لازم می دانم از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور، که به من علم و معرفت آموختند و با کمال دقت، صبر و حوصله در این تحقیق من را راهنمایی نمودند، و با محبت خود مرا مرهون منت خویش ساختند، کمال سپاس و قدردانی خود را ابراز کرده و همواره قدردان زحماتشان خواهم بود. هم چنین از جناب آقای دکتر حمید عباس دخت که به عنوان استاد مشاور، صمیمانه در این تحقیق همراه من بودند، سپاس گزارم.

از دوستان بسیار خوبم آقایان شهقلی، انصوری، احمدی شرف، اسمعیلی و خانم ایمانی و هم چنین از کلیه دوستانی که به نحوی در انجام این پایان نامه مرا یاری کرده اند و ذکر نام یکایک آن ها در این مختصر نمی گنجد، تشکر می کنم. در پایان از همسر عزیزم ، پسر خوبم امیر علی و پدر و مادر بزرگ وارم که همواره مرا مورد لطف و محبت خود قرار دادند تشکر و قدردانی می نمایم.

سعید رجبیان

۱۳۹۱

تعهد نامه

اینجانب [illegible] دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته [illegible] دانشکده [illegible] دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه [illegible] تحت راهنمائی [illegible] متعهد می شوم .

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

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

تاریخ ۹۱/۱۲/۱۴

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

فصل دوم: مروری بر منابع ۵

۲-۱- ذرت ۶

۲-۲- تاریخچه و مبدا پیدایش ذرت ۷

۲-۳- میزان تولید و سطح زیر کشت ذرت در جهان و ایران ۷

۲-۴-گیاه شناسی ذرت ۸

۲-۵-انواع ذرت ۱۰

۲-۵-۱- ذرت دندان اسبی ۱۰

۲-۵-۲- ذرت بلوری یا سخت ۱۱

۲-۵-۳- ذرت آردی یا نرم ۱۱

۲-۵-۴- ذرت بو دادنی یا آجیلی (پاپ کرن) ۱۱

۲-۵-۵- ذرت شیرین (قندی) ۱۲

۲-۵-۶- ذرت مومی ۱۲

۲-۵-۷- ذرت غلاف دار ۱۲

۲-۶- عمق کاشت و سبز شدن یکنواخت ذرت: ۱۳

۲-۶- تاریخ کشت ذرت ۱۴

۲-۷- اندازه بذر ذرت ۱۴

۲-۸-نیاز اکولوژیکی ذرت ۱۵

۲-۸-۱- درجه حرارت ۱۵

۲-۸-۲- نور ۱۶

۲-۸-۳- رطوبت ۱۷

۲-۹- فراصوت (Ultrasound) ۱۸

۲-۱۰- آزمون فراصوت ۱۸

۲-۱۱- کاربردهای امواج فراصوت ۱۸
۲-۱۱-۱- کاربردهای صنعتی ۱۸
۲-۱۱-۲- کاربردهای امنیتی ۱۹
۲-۱۱-۳- رادار ۱۹
۲-۱۱-۴- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی ۱۹
۲-۱۱-۵- کاربرد در صنایع غذایی ۲۰
۲-۱۱-۶- کاربردهای کشاورزی ۲۱
۲-۱۲- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی ۲۲
۲-۱۳- اثرات اصلی امواج فراصوت ۲۲
۲-۱۴- سابقه و ضرورت انجام تحقیق بر فراصوت ۲۳
۲-۱۵- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی ۲۴
۲-۱۶- تعریف و انواع کودهای زیستی ۲۴
۲-۱۷- باکتری محرک رشد ۲۸
۲-۱۸- سازوکارهای فعالیت باکتری های افزاینده رشد گیاه ۲۸
۲-۱۸-۱- مستقیم ۲۸
۲-۱۸-۲- غیر مستقیم ۲۹
۲-۱۹- سودوموناس ۲۹
۲-۲۰- خواص باکتری سودوموناس ۲۹
۲-۲۱- مکانیسم های رها سازی فسفات ۳۰
۲-۲۲- پرایمینگ بذر ۳۱
۲-۲۳- انواع پرایمینگ بذر ۳۳
۲-۲۳-۱- هیدرو پرایمینگ ۳۳
۲-۲۳-۲- بیو پرایمینگ بذر ۳۴
۲-۲۴- فواید پرایمینگ ۳۵
۲-۲۵- مطالعات انجام یافته در خصوص پرایمینگ ذرت ۳۶
فصل سوم: مواد و روش ها ۳۸
۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش ۳۹

۳-۲- موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی ۳۹
۳-۳- خصوصیات خاک مزرعه آزمایش ۳۹
۳-۴- نوع و قالب طرح آزمایشی ۴۰
۳-۵- مشخصات رقم بذر ذرت ۴۱
۳-۶- پرتو دهی بذور ۴۱
۳-۷- تلقیح باکتری ۴۱
۳-۸- مراحل اجرای آزمایش ۴۲
۳-۸-۱- کاشت و کود دهی ۴۲
۳-۸-۲- آبیاری ۴۲
۳-۸-۳- وجین ۴۲
۳-۹ نمونه برداری شاخص های فیزیولوژیک ۴۲
۳-۱۰- نمونه برداری شاخص های عملکرد ۴۳
۳-۱۱- نمونه برداری کلروفیل ۴۴
۳-۱۲- اندازه گیری میزان پروتیین دانه ۴۴
۳-۱۳- اندازه گیری نیتروژن دانه ۴۴
۳-۱۴- شاخص سطح برگ (LAI) ۴۵
۳-۱۵- آنالیز داده ها ۴۶
فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۷
۴-۱- قطر ساقه ۴۸
۴-۲- ارتفاع ساقه ۴۹
۴-۳- وزن بلال ۵۰
۴-۴- قطر بلال ۵۱
۴-۵- تعداد ردیف دانه در بلال ۵۱
۴-۶- تعداد دانه در ردیف بلال ۵۲
۴-۷- قطر چوب بلال ۵۴
۴-۸- طول بلال ۵۴
۴-۹- وزن چوب بلال ۵۴

۴-۱۰- وزن کل دانه ها ۵۴
۴-۱۱- وزن ۱۰۰۰ دانه ۵۵
۴-۱۲- عملکرد بیولوژیک ۵۶
۴-۱۳- عملکرد دانه ۵۶
۴-۱۴- نیتروژن ۵۸
۴-۱۵- پروتیین ۵۹
۴-۱۶- کلروفیل برگ ۶۰
۴-۱۷- شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) ۶۳
شکل ها ..... صفحه
شکل ۴-۱-اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر قطر ساقه ذرت ۴۹
شکل ۴-۲: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر تعداد دانه در ردیف ذرت ۵۳
شکل ۴-۳: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر وزن ۱۰۰۰ دانه ۵۵
شکل ۴-۴: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر عملکرد دانه ۵۷
شکل ۴-۵: تاثیر موج اولتراسونیک بر درصد نیتروژن دانه ذرت ۵۹
شکل ۴-۶: تاثیر موج اولتراسونیک بر درصد پروتیین دانه ذرت ۶۰
شکل ۴-۷: تاثیر تلقیح باکتری سودوموناس بر کلروفیل برگ ذرت ۶۱
شکل ۴-۸: تاثیر موج اولتراسونیک بر میزان کلروفیل برگ ذرت ۶۲
شکل ۴-۹: اثر متقابل باکتری سودوموناس و اولتراسونیک بر کلروفیل برگ ذرت ۶۳
شکل ۴-۱۰: روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط تلقیح باکتری سودوموناس ۶۴
شکل ۴-۱۱: روند تغییرات سطح برگ تحت شرایط تیمار اولتراسونیک ۶۵
پیوست ها ۶۶
جدول ۳-۱: نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه ۴۰
جدول ۴-۱: میانگین مربعات صفات ارزیابی شده در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک ۶۷
جدول ۴-۲: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک ۶۸
جدول ۴-۳: مقایسه میانگین صفات تحت تاثیر باکتری و اولتراسونیک ۶۹
جدول ۴-۴: مقایسه میانگین صفات تحت تاثیر باکتری و اولتراسونیک ۷۰

جدول ۴-۵: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک ۷۱
منابع ۷۲
Abstract ۸۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. از قدیمی ترین گیاهان زراعی مورد استفاده انسان، دام وخصوصا طیور است که طبق گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) بین محصولات زراعی از نظر عملکرد و میزان تولید در دنیا رتبه اول و از نظر سطح زیر کشت مقام سوم را به خود اختصاص داده است. این گیاه پس ازگندم و برنج مهم ترین ماده غذایی مردم جهان را تشکیل می‌دهد. ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه بوده و از گیاهان گرمسیری است (تاج بخش و پور میرزا، ۱۳۸۲). تیمارهای بذری یکی از تیمارهای تاثیرگذار بر رشد و عملکرد ذرت به شمار می‌آیند.

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

کوچک آن ها است. امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله کشاورزی و صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن به عنوان "کمک فرایند"، همراه با سایر فرایندهای فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلا از امواج فراصوت برای حذف قلیا در فرایند خشک کردن انگور و تهیه کشمش استفاده می شود.

مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به طور کلی به علت ایجاد حباب‌های بسیار ریزی است که در اثر انقباض و انبساط لحظه‌ای و نقطه‌ای ناشی از حرارت و فشار فوق العاده زیاد درمحیط مایع ایجاد می شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه دما به ۵۵۰۰ درجه سانتی گراد رسیده و فشار تا $۱۰^{۴}$ × ۵ کیلو پاسکال افزایش می یابد). این وضعیت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی ملکول‌های مجاور می‌شود. هم چنین 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 می‌شود، بلکه در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. بررسی‌های زیادی در خصوص تاثیر امواج فراصوت انجام شده است. پژوهش‌های مسکوکی و مرتضوی (۱۳۸۰) حاکی از اثر مثبت این امواج بر استخراج آنتوسیانین از میوه‌ها و پایداری آن در شرایط مختلف بوده است. کاربرد این امواج در عصاره گیری، هیچ گونه افت احتمالی در ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز ایجاد نکرده است (چن و یانگ، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین‌ها، ترکیبات دیگری مثل پلی‌فنل‌ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگ دانه‌ها را توانسته‌اند با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارایی بالا استخراج نمایند (ویلخ و ماوسون، ۲۰۰۷).

بین تضعیف امواج فراصوتی عبور کرده از میان بافت با رسیدگی هندوانه یک هم بستگی بالایی وجود داشته است (کلارک و شاکلفورد، ۱۹۷۵). می‌توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی استفاده نمود (میزارچ و گالیلی، ۱۹۹۶). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در

افزایش بهره‌وری وکاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش شناخته می‌شود (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۶).

موثر بودن این امواج در فرایند مالت سازی نیز مسجل شده است (تایز و استارکز، ۱۹۷۷؛ بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولترسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم‌ها می‌شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک، ۱۹۹۰). تیمار بذور جو با امواج فراصوت هیچ تاثیر منفی بر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نداشته و در مقابل آن را بیشتر نموده است (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۷). بذر تربچه تیمار شده با امواج فراصوت نسبت به شاهد از سرعت جوانه‌زنی بالاتر و افزایش ۱۳ تا ۱۶ درصدی طول ریشه‌چه برخوردار بوده است (شیمومورا، ۱۹۹۰). در پژوهشی دیده شد که استفاده از این امواج می‌تواند به کاهش ۳۰ تا ۴۵ درصدی زمان تا جوانه‌زنی بذور جو و افزایش درصد جوانه زنی منجر گردد (یلداگرد و همکاران، ۲۰۰۸).

در نظام‌های کشاورزی پایدار، کودهای زیستی اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ پایدار حاصل خیزی خاک دارند. کودهای زیستی شامل مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، هم چنین ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن ها است. در یک هکتار خاک بارور کشاورزی، حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم باکتری وجود دارد. این باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی عناصری هم چون نیتروژن، فسفر و پتاسیم، و مهار عوامل بیماری زا، می‌توانند با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه نیز عملکرد گیاهان زراعی را به طور مثبت تحت تاثیر قرار دهند. از این رو، این باکتری‌ها با نام باکتری‌های افزاینده عملکرد نیز شناخته می‌شوند. آن ها به طور مداوم (در صورت فراهم بودن شرایط) در حال تجزیه پسماندهای گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی بوده و این مواد را به ترکیبات ساده‌تر و قابل جذب برای ریشه تبدیل می‌کنند. اکنون این سوال مطرح است که آیا کاربرد توام باکتری سودوموناس و امواج فراصوت می‌تواند عملکرد را به صورت سینرژیسم متاثر نماید؟

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- ذرت

ذرت(*Zea mays* L.) پس از گندم و برنج مهم ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می دهد (پالمن، ۱۹۹۵). ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه است و از گیاهان گرمسیری است که عملکرد آن در مناطق معتدله بیشتر است (تاج بخش و پور میرزا، ۱۳۸۲). گیاهی است که عملکرد دانه آن در عرض های جغرافیایی بالاتر از خواستگاه خویش زیادتر است (امام، ۱۳۸۲؛ پالمن، ۱۹۹۵). ذرت به دلیل ویژگی های منحصر به فرد، به ویژه قدرت سازگاری با شرایط گوناگون، مکان سوم را بعد از گندم و برنج را از نظر سطح کشت به خود اختصاص داده است. ذرت علاوه بر اینکه علوفه ای مطلوب برای دام است، از نظر تامین انرژی نیز بی نظیر است. به همین دلیل امروزه ذرت در تغذیه طیور و تولید تخم مرغ و گوشت سفید، و هم چنین یک پایه برای تغذیه دام محسوب می شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

ذرت بیشتر برای استفاده از دانه و هم چنین برای سیلو کردن آن کشت می شود. نزدیک به ۲۵ درصد از تولید جهانی ذرت به طور مستقیم به شکل های مختلف (آرد ذرت، کنسرو، شیرینی، فرنی ذرت و ذرت بو داده) در تغذیه انسان است و ۶۰ تا ۷۵ درصد ذرت به صورت های مختلف دانه، پودر و سیلو ... در تغذیه دام و طیور است. علاوه بر این حدود ۵ درصد تولید ذرت جهت فرآورده های صنعتی است. مثلا از ذرت نشاسته، شربت قند، روغن، خوراک دام و الکل استخراج می شود. ذرت یکی از ارزان ترین و خالص ترین منابع آلی جهت مصارف صنعتی می باشد. در صنایع تقطیری، الکل از ذرت تخمیر شده و روغن از جوانه آن استخراج می شود. امروزه بیش از ۵۰۰ نوع فرآورده درجه دوم از ذرت به دست می آید (وینسر و بالدوین، ۲۰۰۴). از ساقه های آن در کاغذ و مقوا سازی، از چوب بلال نیز در تهیه اسید سیتریک، قطران ذغال و فورفورال استفاده می شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۲- تاریخچه و مبدا پیدایش ذرت

ذرت گیاهی نازک برگ، چهارکربنه، گرما دوست از خانواده *Gramineae* است. مبدا آن مکزیک، آمریکای مرکزی و کشورهای آمریکای جنوبی است. تا قبل از کشف قاره آمریکا، ذرت در آسیا، اروپا و آفریقا ناشناخته بود. این گیاه ابتدا توسط کریستف کلمب در حوالی کوبا مشاهده شد که توسط قبیله سرخ پوستان ماهیز(Mahiz) انواعی از ذرت کشت می شد که از دانه های آن تغذیه می کردند. نام این گیاه نیز از نام این قبیله گرفته شده است (تاج بخش و پور میرزا، ۱۳۷۵). البته بقایای این گیاه در منازل مسکونی مدفون در خاک قبیله Inca(قبیله ای در پرو) نیز به دست آمده است. سال ها بعد لینه این نام را رسما تایید کرد و این گیاه را Maiz نامید. مهم ترین کشف در مورد موطن اصلی ذرت احتمالا در دهه ۱۹۵۰ بوده است که فسیل های دانه گرده ذرت را در عمق ۷۰ متری در بلاس آرتس واقع در مکزیک یافتند. کار شناسان قدمت این دانه های گرده را ۶۰ تا ۸۰ هزار سال تخمین زدند (میرهادی، ۱۳۸۰). کشف فسیل دانه گرده ذرت و سایر مدارک باستان شناسی بر این موضع اشاره دارند که مبدا ذرت مکزیک بوده است (منگلزدورف و همکاران،۱۹۶۴). در قرن ۱۶ ذرت از آمریکا وارد اروپا شد و از آن جا توسط پرتغالی ها به آفریقا و سپس به چین برده شد. در حال حاظر ذرت در اکثر کشورهای جهان کشت می شود (خدابنده، ۱۳۷۷). ذرت در اواخر قرن ۱۶ دهم وارد آسیا شد (نعیم، ۱۳۸۵).

۲-۳- میزان تولید و سطح زیر کشت ذرت در جهان و ایران

در سال ۲۰۰۳ سطح زیر کشت جهانی ذرت نزدیک به ۱۴۲/۶ میلیون هکتار و تولید جهانی آن نزدیک به ۶۳۸۰ میلون تن بوده است. مهم ترین کشورهای تولید کننده آن، آمریکای شمالی، چین و آمریکای لاتین می باشد و در آمریکای لاتین ذرت مهم ترین غله دانه ای است و گندم و برنج در مرتبه های بعدی قرار می گیرند (انصاری، ۱۳۷۷). معاد و ریلی (۱۹۸۱) اظهار داشتند که ۶۰ درصد ذرت در آمریکای لاتین به صورت مخلوط کشت می شود (ریتچی، ۱۹۷۳).

کشت ذرت در ایران سابقه نسبتا طولانی دارد. اولین بار در سال ۱۳۵۲ سطحی معادل ۴۰۰۰ هکتار به وسیله اداره کل مهندسی زراعی به منظور تامین خوراک دام و طیور کشت گردید (بینگرا و جینمین، ۲۰۰۰). از حدود ۱۰/۱۵ میلیون هکتار محصولات سالانه کشت شده در سال ۱۳۸۷ حدود ۷/۰۹ میلیون هکتار معادل ۶۹/۸۵ درصد به کشت غلات اختصاص داشته است که از این مقدار ۵۰/۷۰ درصد آن آبیاری گردیده و ۴۹/۳۰ درصد بقیه بصورت دیم بوده است. محصولات گندم ۷۴/۰۵ درصد، جو ۱۵/۰۹ درصد، شلتوک ۷/۴۳ درصد و ذرت دانه ای ۳/۴۲ درصد سهم در کشت غلات را داشته اند. از تولید ۱۳/۴۷ میلیون تن غلات در سال یاد شده، گندم ۵۹/۰۹ درصد، شلتوک ۱۶/۲۲ درصد، جو ۱۱/۴۹ درصد و ذرت دانه ای ۱۳/۲۰ درصد سهم در تولید غلات را داشته اند و در بین استان های کشور، استان فارس بیشترین میزان تولید ذرت را به خود اختصاص داده است.

۲-۴-گیاه شناسی ذرت

ذرت گیاهی متعلق به تیره poaceae و جنس zea و گونه mays می باشد. گیاهی روزکوتاه، یکساله، روزکوتاه، تک لپه و یک پایه می باشد. ذرت در نمای کلی دارای بوته ای بلند و ساختاری پر برگ است که دارای سیتم ریشه ای گسترده ای می باشد. این سیستم ریشه ای معمولا یک ساقه منفرد را حمایت می کند. برگ های ذرت معمولا به صورت متناوب و به صورت افتاده در دو طرف ساقه قرار دارند. زاویه بین برگ و ساقه ۹۰ درجه می باشد. گل آذین ذرت از گل آذین گندم و جو به طور کامل متمایز است و اندام های نر و ماده در نقاط گوناگون بوته قرار گرفته اند. در قسمت فوقانی بوته و در زاویه بین برگ و ساقه یک یا در مواردی دو برجستگی وجود دارند. این مجموعه به گل آذین ماده ختم می شود که در نهایت تبدیل به یک بلال می شود و به خوبی توسط برگ های غلاف(husk leaves) پوشیده می شود. این قسمت محل ذخیره مواد غذایی گیاه است. موقعی که ارتفاع ساقه ذرت به ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی متر رسید، کلاله های ابریشم مانند یا کاکل ذرت به تعداد دانه های ذرت موجود در بلال، نمایان می شوند (پور صالح، ۱۳۷۳). گرده افشانی در این گیاه معمولا به صورت غیر مستقیم و توسط باد انجام می شود. ذرت گیاهی دگرگشن است. نزدیک به ۹۵ درصد گل های ماده بارور در

ذرت از راه دگرگرده افشانی و مابقی از راه خود گرده افشانی تلقیح می شوند (پولمن، ۱۹۹۵). میوه ذرت هم مانند گندم و جو، گندمه است. دانه شامل پریکارپ، لایه آلرون، آندوسپرم و جنین است. پریکارپ و مابقی پوشش های دانه ۵ درصد کل دانه را تشکیل می دهند. جنین و اسکوتلم حدود ۱۰ درصد و آندوسپرم ۸۰ تا ۸۵ درصد کل دانه را تشکیل می دهد (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹). ذرت در اصل گیاهی روز کوتاه کمی است، گر چه ذرت هایی که در مناطق معتدله کشت می شوند، حساسیت چندانی به طول روز ندارند. اما ذرت های مناطق گرمسیری روز کوتاه هستند و در طول روزهای بیش از ۱۲/۵ ساعت، گل دهی در آن ها به تاخیر می افتد (کوچکی، ۱۳۶۴; سجادی، ۱۳۷۴). ذرت از نظر طول دوره رشد به سه گروه، زودرس، متوسط رس و دیررس تقسیم می شود.

ساقه ذرت استوانه ای با مقطع عرضی تقریبا بیضوی است، و با ساقه بسیاری از گندمیان تفاوت دارد. ساقه ذرت با بافت پارانشیمی که مغز خوانده می شود، پر شده است و از نظر ارزش غذایی دارای اهمیت بسیار زیادی است. توپر بودن ساقه به استحکام آن می افزاید و بدین ترتیب از شکستن آن در نقاط ضعیف جلوگیری می کند (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹).

سیستم ریشه ای شامل سه نمونه ریشه است:

الف- ریشه های اولیه یا بذری: این ریشه ها به تعداد ۳ تا ۵ عدد هنگام جوانه زدن از بذر خارج شده و آب و مواد غذایی را از خاک جذب می کنند. رشد عمقی این ریشه ها در خاک تا مرحله سه برگی ادامه یافته و در نهایت متوقف می شود (کوچکی، ۱۳۶۴؛ سجادی، ۱۳۷۴). نقش این ریشه ها در جذب آب و عناصر غذایی در ذرت، در مقایسه با گندم، بسیار کمتر است.

ب- ریشه های ثانویه یا دایمی: ریشه های اصلی مدت کوتاهی پس از خارج شدن جوانه ذرت از خاک، از گره های قاعده ساقه منشا می گیرند. تعداد آن ها ابتدا ۷ تا ۸ عدد است که گاهی به ۱۵ تا ۲۰ عدد هم می

رسند. رشد این ریشه ها تا ظهور گل تاجی ادامه می یابد و اهمیت آن ها در استقرار بوته، جذب آب و عناصر غذایی بسیار زیاد است. بخش عمده ریشه ذرت را ریشه های اصلی یا دایمی تشکیل می دهند.

ج- ریشه های هوایی، طوقی یا استحکامی: این ریشه ها بیرون از خاک و از محل گره های نزدیک به سطح زمین خارج می شوند. ریشه های هوایی رشد کرده و وارد خاک شده و مثل ریشه های دیگر آب و مواد غذایی را جذب می کنند ودر عین حال استحکام بیشتر ساقه را در خاک فراهم می کنند (کوچکی، ۱۳۶۴؛ سجادی، ۱۳۷۴). این ریشه ها به طور معمول در فاصله ظهور گل تاجی تا پر شدن دانه بوجود می آیند. وجود ساقه ضخیم و محکم از یک طرف و ریشه های هوایی از سوی دیگر، امکان خوابیدگی ساقه در ذرت را کم می کند. ریشه های نوع دوم از ریشه های نابجا هستند.

به طور کلی به نظر می رسد که در شرایط مزرعه، ریشه های بذری ذرت عمر کمتری داشته و سهم کمتری را در کل سیستم ریشه داشته باشند، زیرا اولا مزوکوتیل پس از چند هفته از بین می رود و ریشه های بذری از گیاه جدا می شوند، و ثانیا اندازه وزنی، حجمی و طولی ریشه های نابجا، در مقایسه با ریشه های بذری بسیار بزرگتر است. با این حال ریشه های بذری بخاطر جذب آب و مواد غذایی بخصوص در مراحل اولیه برای ذرت بسیار مهم هستند. ظرافت و فراوانی انشعابات ریشه های بذری سبب افزایش کارایی در مورد جذب عناصر غذایی در مراحل اولیه رشد می شود (کوچکی، ۱۳۶۴).

۲-۵-انواع ذرت

ذرت از لحاظ شکل ظاهری دانه و نوع مصرف به انواع زیر تقسیم می شود:

۲-۵-۱- ذرت دندان اسبی

این ذرت معمول ترین نوع ذرت دانه ای و علوفه ای در سطح جهان است. در جریان خشک شدن دانه، نشاسته نرم در بخش فوقانی دانه منقبض شده و فرورفتگی را در میان دانه ایجاد می کند، که دانه ذرت را

همانند دندان می سازد. به همین دلیل این نوع ذرت را دندان اسبی نامیده اند. بخشی از آندوسپرم که دور دانه قرار دارد، شاخی و سخت و آندوسپرم میان دانه نرم و آردی است. رنگ دانه ها از سفید تا زرد متغیر است. از نظر عملکرد در واحد سطح، بیشترین عملکرد را در مقایسه با سایر انواع ذرت تولید می کند (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۵-۲- ذرت بلوری یا سخت

این ذرت دارای مقطع بلوری یا شیشه ای است. آندوسپرم دانه سخت است و دانه ها گرد و به رنگ های متنوع از سفید کرمی تا زرد نارنجی هستند. بوته های این نوع ذرت قابلیت پنجه زنی داشته و زودرس می باشند. عملکرد این نوع ذرت کمتر از دندان اسبی است و مصرف علوفه ای و سیلو دارد و نیز جهت تهیه بلغور در مرغ داری ها مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۵-۳- ذرت آردی یا نرم

این نوع ذرت را ذرت نشاسته ای هم می گویند. زیرا آندوسپرم آن دارای نشاسته نرم است. رنگ دانه سفید و برای نشاسته سازی مورد استفاده قرار می گیرد. دانه های این نوع ذرت حتی پس از رسیدن کامل، به دلیل نرم بودن نشاسته، به راحتی بوسیله ناخن خط بر می دارد. عملکرد دانه این نوع ذرت از ذرت دندان اسبی و بلوری کمتر است.

۲-۵-۴- ذرت بو دادنی یا آجیلی (پاپ کرن)

بوته های این نوع ذرت دارای ارتفاع کم بوده و جزء ذرت های زودرس می باشند. نشاسته نرم در مرکز و نشاسته سخت در اطراف قرار گرفته و در اثر حرارت و انبساط نشاسته نرم، دانه ها متلاشی می شوند و حجم آن ها به چندین برابر دانه های اصلی می رسد. این نوع ذرت دارای دانه های ریز و کمترین وزن هزار دانه می

باشند. هر چه حجم نهایی دانه ها در موقع بو دادن بیشتر باشد، دانه ها از کیفیت بهتری برخوردارند. بسیار خوش مزه بوده و مصرف خوراکی دارند. این نوع ذرت معمولا چند نوع بلال تولید می کند (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۵-۵- ذرت شیرین (قندی)

بخش عمده این نوع ذرت در آمریکای شمالی تولید می شود. دانه های این نوع ذرت کروی بوده و در هنگام رسیدن چروکیده می شوند. در انتهای مرحله شیری و آغاز خمیری شدن آن را برداشت کرده و به صورت بلال تازه به مصرف می رسد. دانه ها در هنگام برداشت نزدیک به ۷۰ درصد رطوبت دارند. در این نوع ذرت از تبدیل قند به نشاسته جلوگیری می شود و به دلیل پر نشدن آندوسپرم، دانه ها چروکیده باقی می مانند (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۵-۶- ذرت مومی

در این نوع ذرت سطح دانه ها از موم پوشیده شده و چسبناک است و آندوسپرم آن نرم می باشد و دانه به راحتی می شکند. ذرت مومی سطح زیر کشت تجاری ندارد. نشاسته این نوع ذرت تنها از آمیلوپکتین ساخته شده است، در حالی که در دانه های ذرت بلوری یا دندان اسبی ۷۰ درصد نشاسته را آمیلوپکتین و بقیه را آمیلوز تشکیل می دهد (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۵-۷- ذرت غلاف دار

در این نوع ذرت، هر دانه به وسیله غلافی شامل دو گلوم پوشیده شده است. ذرت غلاف دار از انواع قدیمی ذرت می باشد و سطح زیر کشت تجاری ندارد. برخی پژوهش گران آن را جد ذرت های کنونی دانسته اند (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۶- عمق کاشت و سبز شدن یکنواخت ذرت

از مهم ترین عواملی که موجب سبز شدن غیر یکنواخت بوته ها می گردد اندازه بذور و عمق کاشت می باشد. در ذرت با توجه به این که بذرهای تولیدی، اندازه یکنواختی ندارند، به نظر می رسد اندازه بذر و غیر یکنواختی آن یکی از عوامل مهم در رویش غیر یکنواخت گیاهچه ها می باشد (بونا، ۱۹۹۱). در آزمایشی که باکس تالر و همکاران (۱۹۹۴) انجام دادند، تجمع ماده خشک در ذرت هایی که دیرتر سبز شده بودند نسبت به گیاهانی که زودتر سبز شده بودند کمتر بود. هم چنین عمق کاشت بر خروج جوانه از خاک اثرگذار بوده است (بونا، ۱۹۹۱). سلیم و همکاران (۱۹۸۵)، مشاهده کردند بذرهای ذرتی که زودتر سبز می شوند، گیاهان بزرگ تری نسبت به بذرهایی که دیرتر سبز می شوند تولید می کنند.

عمق کاشت در خاک های سبک بین ۵ تا۱۰ سانتی متر متغیر است. اگر چه بذر ذرت حاوی ذخیره غذایی کافی برای خروج جوانه از عمق ۱۰ سانتی متری می باشد، ولی کاشت بذر در این عمق باعث غیر یکنواختی پوشش گیاهی، به تعویق افتادن جوانه زدن و کاهش درصد سبز مزرعه می شود (جان و استاب، ۱۹۹۵). عمق کاشت در زمین های با بافت متوسط که زود خشک می گردند ۸-۶ سانتی متر و در نواحی مرطوب با بافت سنگین ۶-۵ سانتی متر می باشد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰). بررسی ها نشان داده است که بین اندازه بذر و عمق کاشت بر ای ظهور گیاهچه، رشد گیاه و عملکرد دانه ذرت اثر متقابل وجود دارد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰؛ باکس تالر و جیرادین، ۱۹۹۴).

عمق کاشت ذرت از سایر غلات بیشتر است. عمق کاشت اصولا تحت تاثیر شرایط عمومی خاک، آب و هوا و ژنوتیپ گیاه قرار دارد ، هرچه عمق کاشت بیشتر باشد زمان لازم برای سبز کردن طولانی تر می شود. در شرایطی که دما و رطوبت در بخش سطحی خاک مناسب باشد عمق بذرکاری معمولا کم خواهد بود و اگر بخش سطحی خاک زیاده از حد گرم باشد بذر را در عمق بیشتر می کارند (بونا، ۱۹۹۱).

۲-۶-۱- تاریخ کشت ذرت

کشت ذرت در خوزستان در فصول زمستان و تابستان انجام می گیرد، زمان مناسب آن برای کشت زمستانی دهه اول اسفند ماه و برای ارقام زودرس در تابستان از تیرماه تا بیست تیرماه بسته به نوع هیبرید قابل توصیه می باشد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰؛ سیادت و شایگان، ۱۳۷۳). تاریخ کاشت ذرت تابستانی در خرم آباد با توجه به محدوده طول دوره رشد گیاه از نظر شرایط اکولوژیکی از پنج تیرماه تا اواخر تیرماه می باشد. تاریخ کاشت زودتر از موعد مقرر به علت پایین بودن دمای خاک باعث می شود جوانه زنی طولانی شده و بذرها مورد حمله قارچ های خاک قرار گیرند و پس از جوانه زنی به علت بالا بودن رطوبت نسبی هوا به بیماری های قارچی مبتلا شوند (تاج بخش و پور میرزا، ۱۳۸۲).

۲-۷- اندازه بذر ذرت

به طور کلی گیاهی که از بذر بزرگتر بوجود می آید سریع تر رشد کرده و تجمع ماده خشک قسمت های هوایی بیشتر بوده و عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با بذرهای کوچک تر تولید می کند (امام، ۱۳۸۲؛ ماژر و فرانس، ۱۹۹۴؛ تالنار و دویر، ۱۹۹۹). کاشت عمیق، علاوه بر آن که موجب تاخیر در سبز شدن گیاه می شود ممکن است کاهش عملکرد دانه را نیز به دنبال داشته باشد، هم چنین کاشت عمیق بذرهای درشت تر کاهش عملکرد بیشتری نسبت به بذرهای کوچک تر دارد، زیرا نیاز رطوبتی بذور درشت تر جهت سبز شدن بیشتر از بذور کوچک تر است (سلیم و همکاران، ۱۹۸۵). اندازه بذر ضمن تاثیر بر رویش اولیه گیاه تاثیر قابل ملاحظه ای برتعداد دانه در هر ردیف، تعداد دانه در هر بلال و وزن هزار دانه ذرت داشت (امام، ۱۳۸۲؛ بونا، ۱۹۹۱؛ تالنار و دویر، ۱۹۹۹).

۲-۸- نیاز اکولوژیکی ذرت

گیاهی روز کوتاه و نیازمند نور و درجه حرارت بالا می باشد (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳). گیاهی است که عملکرد دانه آن در عرض های جغرافیایی بالاتر از خاستگاه خویش زیادتر است (امام، ۱۳۸۲؛ پالمن، ۱۹۹۵). ذرت گیاه بومی مناطق گرمسیر است اما وسعت درجه سازگاری و تطابق آن باعث شده است که در نواحی معتدل و سرد نیز کشت آن میسر باشد. به طوری که در حال حاضر نواحی وسیع تولید ذرت جهان در مناطق معتدل امریکا موسوم به کمربند ذرت واقع شده است. کشت ذرت از ۵۸ درجه عرض شمالی در کانادا، اروپای شمالی و روسیه تا ۳۸ درجه عرض جنوبی در آرژانتین و ۴۲ درجه عرض جنوبی در زلاندنو وسعت دارد. کشت ذرت دانه ای در این محدوده است ولی ذرت علوفه ای را می توان در خارج از این محدوده هم کشت کرد (میر هادی، ۱۳۸۴).

۲-۸-۱- درجه حرارت

ذرت با وجود آن که یک گیاه گرمسیری است، نمی تواند آب و هوای بسیار گرم را تحمل کند. مناسب ترین محیط برای کشت آن، ناحیه هایی است که دمای آن دست کم به مدت ۳ تا ۴ ماه متوالی، ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتی گراد باشد. در صورتی که دمای اواسط تابستان ناحیه کشت ذرت، کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد باشد یا میانگین دمای تابستان کمتر از ۱۳ درجه باشد، میزان رشد گیاه کاهش یافته و در صورت طولانی شدن کاهش دما، کشت ذرت غیر ممکن خواهد بود. در واقع باید گفت ذرت گیاهی است که در طول دوره فعال زندگی خود به گرما نیاز دارد و نسبت به یخبندان حساس است. تحمل ذرت نسبت به گوناگونی دما در مراحل مختلف رشد متفاوت است. درجه حرارت مطلوب برای جوانه زنی ۱۸ درجه سانتی گراد است و در درجه حرارت کمتر از ۱۲/۸ جوانه زنی بذور ذرت به کندی انجام می شود (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰). حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه زنی ذرت ۱۰ درجه سانتی گراد است. این گیاه بعد از سبز شدن تحمل درجه حرارت

حدود صفر را ندارد و از آن صدمه شدید می بیند (کریمی، ۱۳۸۳). در شرایطی که رطوبت کافی وجود داشته باشد، هر چه درجه حرارت خاک بالاتر رود، جوانه زنی و سایر مراحل فنولوژی رشد در مدت زمان کمتری صورت می پذیرد. بالعکس درجه حرارت پایین خاک، رویش بذر را به تاخیر می اندازد. بعد از سبز شدن، ذرت به گرمای بیشتری نیاز دارد. رشد سریع ذرت در دمای بالاتر از ۱۵-۱۶ درجه سانتی گراد انجام می گیرد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

در شرایطی که رطوبت کافی باشد حداکثر سرعت رشد در گرمای ۲۴-۳۰ درجه سانتی گراد انجام می شود. در حرارت های بالا میزان تنفس افزایش یافته و ذخیره سازی مواد حاصل از فتوسنتز کاهش می یابد. در دماهای بیش از ۳۷ درجه، تلقیح گل ها با مشکل روبرو شده و پوکی دانه ها زیاد می شود. ذرت هایی که در نواحی گرمسیری کشت می شوند، در مقایسه با ذرت های نواحی معتدله تعداد برگ بیشتری در هر بوته تولید می کنند. دلیل این امر عدم محدودیت دما در طول فصل رشد این ذرت هاست (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳).

۲-۸-۲- نور

ذرت گیاهی روز کوتاه بوده و گل دهی در شرایط روز کوتاهی سریع تر می شود. در مناطقی با روزهای بلند، اندازه بوته ها بزرگ شده و تعداد برگ ها افزایش می یابد و گل دهی آن تا فرا رسیدن روزهای کوتاه به تاخیر می افتد. میزان رشد ذرت نه تنها به طول روز، بلکه به شدت و کیفیت نور نیز بستگی دارد. در روزهای کوتاه و شدت نور زیاد ارتفاع بوته و تعداد برگ های ذرت کاهش می یابد و بلال ها در گره های پایین تر تشکیل می شوند (حسینی، ۱۳۸۳). ذرت به عنوان یک گیاه از گروه گیاهان چهار کربنه (C_4) می تواند با وجود درجه حرارت مناسب در دوره رشد، از انرژی خورشیدی حداکثر استفاده را در مقایسه با گیاهان سه کربنه (C_3) نماید. کارایی فتوسنتز برگ ها در روزهای گرم تابستان بستگی زیادی به میزان شدت نور دارد و با افزایش شدت نور، بازده خالص فتوسنتز کاهش می یابد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۸-۳- رطوبت

گیاه ذرت سازگاری وسیعی نسبت به شرایط محیطی دارد، به طوری که در نواحی نسبتا کم آب با بارندگی سالیانه ۲۵۰-۲۰۰ میلی متر تا جایی که بارندگی سالیانه ممکن است بیش از ۴۰۰ میلی متر باشد، رشد می نماید. نیازهای رطوبتی گیاه ذرت در دوره های اولیه رشد کم بوده، اما تا مرحله گل دهی به سرعت افزایش می یابد و قبل از رسیدن و تکامل گیاه مجددا کاهش می یابد. معمولا در مراحل گسترش برگ ها، گرده افشانی و تشکیل دانه که اغلب در ماه های گرم تابستان صورت می پذیرد، گیاه ذرت به آب زیادی نیاز دارد. ذرت به خصوص در دوره گل دهی به کمبود آب حساس است. کمبود رطوبت خاک در زمان گل دهی که سبب پژمرده شدن ذرت برای ۲-۱ روز گردد، کاهش شدید محصول را به دنبال خواهد داشت. باید توجه داشت که آبیاری بعدی جبران خسارت محصول را نخواهد کرد (میرهادی، ۱۳۸۰).

کمبود آب در مرحله ظهور گل های تاجی باعث می گردد که تلقیح به طور کامل انجام نشود و حساس ترین مرحله زندگی ذرت به کم آبی، مرحله بین ظهور سنبله ها تا پایان پر شدن دانه ها از مواد غذایی (مرحله خمیری) می باشد که این مدت حدودا ۵۰ روز است. در این مرحله ذرت بیشترین نیاز به آب را دارد. کمبود آب حتی به مدت بسیار کوتاه باعث کاهش عملکرد می گردد. میزان این کاهش به مقدار کمبود آب و مدت زمان آن بستگی دارد (سیادت و شایگان، ۱۳۷۳). از نقطه نظر فیزیولوژیک، ذرت خصوصیات برتر زیادی دارد که از همه مهم تر کارایی تعرق آن می باشد. به ازای هر ۱۰۰۰ واحد آب مصرفی ذرت به طور متوسط ۲/۸۷ واحد ماده خشک تولید می کند. بنابراین نسبت تعرق حدود ۳۵۰ می باشد. در محصولاتی مانند برنج، جو، گندم، یولاف و چاودار تقریبا به ازای دو برابر این آب، یک واحد ماده خشک تولید می کنند. میزان آب مورد نیاز ذرت بسته به شرایط محیطی و غذایی بین ۴ تا ۷ و حداکثر ۹ هزار متر مکعب در هکتار می باشد (خدابنده، ۱۳۷۷).

۲-۹- فراصوت (*Ultrasound*)

به امواج صوتی گفته می‌شود که دارای فرکانسی بیشتر از بازه فرکانسی شنوایی انسان هستند. بازه فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن این بازه کاهش می‌یابد، ولی معمولا بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ و یا ۲۵ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸). نقطه مقابل امواج مافوق صوت[1]، امواج فروصوت یا مادون صوت هستند که دارای فرکانس کمتر از حد پایین فرکانس شنوایی انسان (حدود ۲۰ کیلوهرتز) هستند (جامبارک و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۱۰- 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 آن ها است.

۲-۱۱- کاربردهای امواج فراصوت

۲-۱۱-۱- کاربردهای صنعتی

- اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات

[1] - Supersonic

- 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 اولتراسونیک توانایی آن در تشخیص صدمات شیمیایی است

۲-۱۱-۲- 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.

۲-۱۱-۳- رادار

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

۲-۱۱-۴- کاربردهای پزشکی، سونوگرافی

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

۲-۱۱-۵- کاربرد در صنایع غذایی

اولتراسونیک در صنایع غذایی از سال ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفته است (پوی و ویلکینسون،۱۹۸۰). امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن هم برای تشخیص و اندازه گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیند های مواد غذایی استفاده می شود.

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

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

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

محدوده پایین به طور کلی به دلیل ایجاد پدیده حفرگی[۱] یا تشکیل حباب های بسیار ریزی است که تحت اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه ای و نقطه ای حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می شوند. بدین صورت که در زمانی به اندازه یک هزارم ثانیه دما تا ۵۵۰۰ درجه سانتی گراد و نیز فشار تا ۵×۱۰^{۴} 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 ملکول های مجاور می شود. اثرات مکانیکی و شیمیایی پدیده حفرگی بسیار مهم است و کاربردهای آن نیز وسیع است (کاپلند و ساجین، ۲۰۰۳؛ سالا و بارگاس، ۱۹۹۶؛ کریستی، ۲۰۰۲؛ بریتباک و همکاران، ۲۰۰۲).

هم چنین نشان داده شده است که امواج فراصوت سبب تخریب و افزایش قابلیت نفوذ سلول های گیاهی و جانوری شده و ضمن افزایش نفوذ حرارت و خروج رطوبت، باعث کاهش زمان خشک کردن مواد غذایی می شود. امواج فراصوت با مکانیسم های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی در

طی فرایند خشک کردن یا سایر عملیات واحد، مستلزم انتقال جرم شوند که از جمله 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 می شود. هم چنین 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 حفرگی است، ضمن کاهش ضخامت و افزایش دما، اختلاط بهتر را میسر می کند (کریستی، ۲۰۰۲).

امواج فراصوت برای فرایند خشک کردن انگور به منظور حذف قلیا و تهیه کشمش استفاده می شود و امکان جایگزینی این فناوری به جای روش های سنتی وجود دارد (مسکوکی و همکاران، ۱۳۸۶). می‌توان از امواج فراصوت در درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات از نظر رسیدگی نیز استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶).

۲-۱۱-۶- 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. افزایش تقاضای روز افزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی های جدید شده است. کیفیت محصول عمدتا شامل ارزش غذایی، ترکیبات شیمیایی، خواص مکانیکی و عدم وجود نقص می باشد که هر یک به عنوان موضوعی برای بسیاری از مطالعات مد نظر قرار گرفته است. فناوری استفاده از امواج فراصوت یکی از روش های صوتی استفاده شده در کشاورزی به خصوص در ارزیابی کیفیت و عملکرد محصولات زراعی است.

۲-۱۲- ضرورت استفاده از فراصوت در کشاورزی

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

۲-۱۳- 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 اولتراسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می‌شود (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 آن است. سرعت امواج فراصوت (V) از طریق اندازه گیری زمان مورد نیاز (T) برای عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد (L) مطابق رابطه ۱ تعیین می گردد:

$$(۱) \quad = \frac{L}{T}$$

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 ۲ قابل محاسبه است (ذکی دیزجی و همکاران، ۱۳۸۷).

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

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

امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن هم برای تشخیص و اندازه گیری و هم به عنوان کمک فرآیند با سایر فرآیند های مواد غذایی استفاده می شود.

۲-۱۴- 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 (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰). هم چنین در عصاره گیری با امواج فراصوت هیچ گونه تغییر شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز شود وجود ندارد (چن و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکاریدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگدانه ها را با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه با کارآیی بالا می توان استخراج نمود (ویلخو و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش ضریب تضعیف امواج فراصوتی عبور کرده از میان بافت هندوانه با میزان رسیدگی آن گزارش شده است (کلارک و شاکلفورد، ۱۹۷۵).

می توان از تغییرات سرعت موج فراصوت در میوه ها و سبزی ها، جهت درجه بندی رسیدگی آن ها استفاده نمود (میزارچ و همکاران، ۱۹۹۶). استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی در افزایش

بهره وری و کاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش موثر است (مسکوکی و همکاران، ۱۳۸۶). امواج اولتراسونیک در مالت سازی برای افزایش میزان فعالیت آنزیم مربوطه موثر است (کریسوستو، ۱۹۹۶؛ اسکمیدت و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولتراسونیک باعث فعالیت آنزیم ها می شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). تیمار اولترسونیک با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱ و ساسلیک، ۱۹۹۰). آلفاآمیلاز در جو چه به صورت تثبیت شده و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج فراصوت غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می شود (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵).

بذر تربچه 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).

۲-۱۵- اثرات مخرب امواج فراصوت بر روی آنزیم ها در شدت بالای پرتودهی

اثرات امواج فراصوت بر روی آنزیم ها اغلب با چندین فرآیند مکانیکی و سونوشیمیایی مرتبط است که به وسیله پدیده حفرگی ایجاد می شود. در شدت های بالای پرتودهی امواج فراصوت میکروجت های مایع تولید شده به وسیله فروپاشی متقارن حباب های حفرگی، تنش های برشی در مایع پرتودهی شده و میکروجریان هایی که معلول حباب های نوسان کننده پایدار می باشند قادر به رساندن آسیب مکانیکی به تمامیت ساختمان پروتیین می باشند و باعث افت فعالیت آنزیم می شوند. مکانیسم دیگری که در طی آن آنزیم های پرتودهی شده

غیر فعال می شوند به واسطه تغییر و تحول و یا آسیب ساختار مولکولی آنزیم می باشد. رادیکال های آزاد که ذراتی با الکترون های جفت نشده و با فعالیت واکنش پذیری خیلی بالا هستند، توزیع بار بر روی سطح پروتیین را تغییر داده و باعث رساندن آسیب جدی به ناحیه فعال آنزیم شده بنابراین میل ترکیبی آنزیم با سوبسترا را از بین می برند.

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

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

گزارش های مربوط به افزایش فعالیت آنزیم های آزاد در محیط آزمایشگاه در حضور امواج فراصوت محدود می باشد. به طور غیر قابل انتظار در شدت های پرتودهی پایین، بعضی از آنزیم ها مانند گلوکوآمیلاز و آلفا آمیلاز تثبیت شده در خلل و فرج سلیکاژل و یا به صورت آزاد نه تنها در معرض تابش امواج فراصوت غیر فعال نشده بلکه فعال تر هم می شوند (اسکمیدت، ۱۹۸۸). از این رو میزان فعالیت اولتراسونیک نقش مهمی در فعال سازی یا غیر فعال سازی بیشتر آنزیم ها دارد. گزارش های زیادی توسط محققان مختلف در مورد افزایش

فعالیت آنزیم های آزاد تحت شرایط تابش ملایم امواج فراصوت منتشر شده است که از جمله به افزلیش فعالیت آلفا کیموتریپسین بر روی کازیین در شدت های پایین، و از طرف دیگر کاهش فعالیت این آنزیم در شدت های بالا می توان اشاره کرد (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱). فعالیت آنزیم ها به عنوان کلید واکنش های بیوشیمیایی با تنظیم خوب پرتو افکنی فراصوت افزایش می یابد (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷؛ ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ اسکمیدت، ۱۹۸۸).

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

۲-۱۶- تعریف و انواع کودهای زیستی

اصطلاح کودهای زیستی، منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی گردد، بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن ها نیز از جمله کودهای زیستی محسوب می شوند. به عبارت دیگر کودهای زیستی مواد نگهدارنده ای با انبوه متراکم یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک آن ها می باشند که در ارتباط با تثبیت زیستی نیتروژن یا فراهمی فسفر، گوگرد و سایر عناصر غذایی به ویژه ریز مغذی ها در خاک فعالیت می کنند و در صورت مصرف از طریق تلقیح بذر، سطح گیاه یا خاک در ناحیه اطراف ریشه یا درون گیاه تشکیل کلونی داده و با افزایش فرآهمی عناصر غذایی موجب افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می گردند (وسی، ۲۰۰۳).

کودهای زیستی با استفاده از ظرفیت های طبیعی موجودات مفید خاکزی تهیه می شوند و تولید آن ها علاوه بر صرفه اقتصادی به لحاظ رعایت جنبه های زیست محیطی نیز بسیار با ارزش است. بر این مبنا کودهای زیستی عمدتا شامل باکتری های محیط ریشه تثبیت کننده زیستی نیتروژن مولکولی همزیست، آزادزی و همیار، باکتری ها و قارچ های حل کننده فسفات، قارچ ها و باکتری های حل کننده سیلیکات، باکتری های اکسید کننده گوگرد(تیوباسیلوس)، قارچ های میکوریزایی و غیره و مواد حاصل از فعالیت آن ها می باشند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). بر اساس تعاریف ارایه شده برای کودهای زیستی و زنده بودن آن ها، از کودهای آلی که مواد آلی غیر زنده حاصل از جانوران است و هم چنین از کودهای دامی و گیاهان که کود سبز می باشند، متمایز می شوند (بانرجی و همکاران، ۲۰۰۶).

مزایای حاصل از کاربرد این کودها در بوم نظام هایی که پیچیدگی و پایداری جامعه زیستی آن ها در اثر کاربرد ناهنجار نهاده هایی از قبیل کودها و سموم شیمیایی با هدف کنترل آفات و به حداکثر رساندن عملکرد به شدت دست خوش تزلزل گردیده است. از طریق بهینه سازی و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کودهای آلی و شیمیایی، کنترل زیستی آفات و بیماری ها میسر می شود (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). در نظام های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه ای در افزایش باروری و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (شارما، ۲۰۰۳). هدف از کشاورزی پایدار حفظ باروری خاک های زراعی در سطحی است که نیاز جمعیت در حال افزایش را بدون تخریب محیط زیست و تخلیه عناصر غذایی تامین نماید. بنابراین مدیریت حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای زیستی می تواند در پیشبرد این هدف، بسیار حایز اهمیت باشد.

۲-۱۷- باکتری محرک رشد[۲]

مشکلات اقتصادی اخیر ناشی از افزایش رو به رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک سو و مسایل زیست محیطی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها از سوی دیگر، تفکر استفاده از شیوه های زیستی تثبیت نیتروژن و استفاده از فسفر غیر محلول خاک برای تقویت رشد محصولاتی چون غلات را قوت بخشیده است (بوکمن ، ۱۹۹۷). اصطلاح کودهای زیستی، منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن ها نیز از جمله کودهای زیستی محسوب می‌شوند که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه یا اصطلاحا PGPR از مهم ترین انواع آن ها می‌باشند (منافی و کلوپر، ۱۹۹۴).

گروهی از باکتری های مفید خاکزی که سبب افزایش رشد گیاه می شوند اصطلاحا تحت عنوان باکتری های افزاینده رشد گیاه نامیده می شوند (قلاوند و همکاران، ۱۳۸۵). اصطلاح PGPR نخستین بار توسط کلوپر و اسکروت در سال ۱۹۷۸ به کار برده شد. تلقیح با باکتری محرک رشد تا حدی تامین کننده عناصر غذایی ضروری برای رشد و نمو گیاه می باشد. عکس العمل مثبت گیاه نسبت به کاربرد آن از طریق بهبود رشد رویشی و افزایش پیکره گیاه نمایان می شود. علاوه بر این افزایش سطح اندام های سبز گیاه می تواند در افزایش فتوسنتز و سنتز مواد فتوسنتزی در گیاه نیز موثر واقع شود (کاپالنیک و همکاران، ۱۹۸۲).

۲-۱۸- ساز و کارهای فعالیت باکتری های افزاینده رشد گیاه

۲-۱۸-۱- مستقیم

- افزایش انحلال عناصر غذایی کم محلول، تولید آنزیم ACC د- آمیناز
- تولید هورمون‌های رشد گیاهی

[2] - Plant Growth Promoting Rhizobacteria

- تثبیت نیتروژن، حلالیت فسفات
- تولید سیدروفور (از دیدگاه افزایش قابلیت جذب آهن)
- تولید انواع ویتامین‌ها

۲-۱۸-۲- غیر مستقیم

با استفاده از مکانیزم های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر عوامل بیماری زای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند، (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۱۹- سودوموناس

در سال ۱۸۹۴ باکتری‌های سودوموناس به عنوان یک جنس از باکتری های گرم منفی، لوله ای شکل با تاژک های قطبی معرفی شدند. باکتری های جنس سودوموناس از مهم ترین باکتری های محرک رشد گیاه(PGRP) به شمار می روند، هم چنین باکتری های سودوموناس، جزء باکتری های هوازی می باشند (وازکوستا و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۲۰- خواص باکتری سودوموناس

این باکتری به رشد سریع گیاه در خاک کمک می کند و ساختار خاک را اصلاح و سبب ریشه زایی بهتر و نگهداری بیشتر آب درخاک می شود که این امر سبب مقاومت گیاه در مقابل بیماری ها و افزایش راندمان مصرف آب می شود. سودوموناس با تولید آنزیم و ترشحات اسیدی به انحلال و آزاد سازی عناصر تثبیت شده و نامحلول کمک می کند که این امر سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی، عدم مصمومیت شیمایی و کاهش هزینه های تولید می شود. سودوموناس دوام و پایداری خیلی خوبی در خاک دارد. مصرف کودهای زیستی نظیر سودوموناس در کشاورزی پایدار و کشاورزی ارگانیک صورت می گیرد.

باکتری های محرک رشد مانند سودوموناس علاوه بر محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (زهیر وهمکاران ۲۰۰۴). با توجه به تاثیر بر افزایش رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها باعث افزایش عملکرد نیز می شوند (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۵). سودوموناس از مهم ترین باکتری های فعال افزاینده رشد گیاه محیط اطراف ریشه (رایزوسفر) است (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). باکتری های جنس ازتوباکتر و سودوموناس آزادزی و باکتری های جنس آزوسپیریلوم دارای رابطه همیاری با گیاه میزبان می باشند (جانسون و همکاران، ۲۰۰۷). تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتریت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهم ترین سازوکارهای تاثیر این باکتری ها هستند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). عملکرد دانه ذرت به طور قابل توجهی تحت تاثیر باکتری های محرک رشد قرار می گیرد (توران و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲۱- مکانیسم های رها سازی فسفات

سودوموناس ها و بالاخص سودوموناس فلورسنت از مهم ترین ارگانیسم های ریزوسفری به شمار رفته و اثرات مثبت ناشی از تلقیح آن ها بر رشد گیاه به اثبات رسیده است. بسیاری از این باکتری ها با تولید آنزیم های فسفاتاز، آزاد شدن فسفر را از ترکیبات آلی فسفردار موجب می شوند (رسولی و صادقیانی، ۲۰۰۶). باکتری های تسهیل کننده جذب فسفات نه تنها باعث رها سازی فسفر می شوند، بلکه تولید مواد بیولوژیک دیگر از جمله هورمون های رشد مثل اکسین و جیبرلیک اسید و هم چنین ویتامین ها را موجب می شوند (صالح راستین، ۱۳۸۰).

به طور کلی افزایش تعداد و تنوع میکروارگانیسم ها و اثرات متقابل جوامع میکروبی باعث افزایش تعداد و تنوع اسیدهای آلی موثر در فرآیند انحلال فسفات های نامحلول می شود (شارما، ۲۰۰۲). باکتری

سودوموناس پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارآیی جذب فسفر از خود نشان داده و به علت وسعت انتشار و تنوع گونه ای آن و هم چنین مقاوم بودن برخی از گونه های آن به تنش های محیطی توانسته به عنوان کود زیستی مناسب از جایگاه و اهمیت ویژه ای برخوردار گردند (کیم و همکاران، ۱۹۸۹؛ لوهورت و بترتلین، ۱۹۸۸). استفاده از کود های زیستی بخصوص در کشت های متوالی و بدون آیش و هم چنین خاک های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ ارزش کیفی خاک است.

در حالی که مصرف غیر اصولی و بلند مدت کود های شیمیایی نتیجه ای جز تخریب تدریجی کیفیت خاک، کاهش ارزش کیفی محصول، بهم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم و گسترش آلودگی های زیست محیطی در پی نخواهد داشت (صالح راستین، ۱۳۸۴). در طی سال های اخیر مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی سبب ایجاد بحران هایی نظیر آلودگی محیط زیست، هزینه های بالای تولید و ناپایداری عملکرد شده است. به این منظور تلاش های گسترده ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و حذف آلاینده ها آغاز شده است.

به منظور تامین دانه ذرت مورد نیاز کشور افزایش تولید به ۳/۵ میلیون تن با عملکرد ۸/۵ تن در هکتار برای سال ۱۳۹۰ پیش بینی گردیده که دست یابی به این هدف و بهبود کیفیت دانه ذرت مستلزم مصرف بهینه کود بصورت تلفیق با کودهای زیستی (بیولوژیک) می‌باشد. در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه ای در افزایش باروری و حفظ حاصل خیزی پایدار خاک برخوردار است (شارما، ۲۰۰۳).

۲-۲۲- پرایمینگ بذر

از حدود چهل سال پیش پرایمینگ بذور با مواد مختلف شروع شده و این تیمار بذر برای افزایش سرعت و یکنواخت سبز شدن در تعدادی از سبزیجات، گل ها و برخی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است. این

تیمارها و مشخصات آن ها توسط برخی محققین مورد بررسی قرار گرفته است (کان، ۱۹۹۲ ؛ اشرف و فولدا، ۲۰۰۶). پرایمینگ بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر جوانه زنی و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه زنی را بدست می آورند. این امر می تواند سبب بروز ظاهر زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر پرایم شده و گیاه حاصل از آن گردد به طوری که این موارد را می توان در چگونگی جوانه زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره برداری از نهاده های محیطی، زودرسی، افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (پیل و نیکئر، ۲۰۰۱؛ ساواج و همکاران، ۲۰۰۴). پرایمینگ بذور، دوره کاشت تا استقرار گیاهچه را کوتاه کرده و صدمات ناشی از قرار گیری بذر در شرایط نامساعد محیطی را کاهش می دهد (کان و همکاران، ۱۹۸۷).

پرایمینگ بذر باعث از بین رفتن موانع جوانه زنی شده و جوانه زنی بذر سریع تر و به طور هم زمان صورت می گیرد (هیدکر و گیبینز، ۱۹۸۷). این تکنیک شامل فرآیند هایی است که طی آن بذر آب جذب کرده و پس از خشک کردن بذور، آن ها را برای مدت تعیین شده در محیطی با درجه حرارت خاص قرار می دهند (بردفورد، ۱۹۹۶). طی پرایمینگ دسترسی به رطوبت محدود می شود به گونه ای که رطوبت مورد نیاز برای فرآیندهای فیزیولوژیکی جوانه زنی فراهم می شود، ولی از جوانه زنی و خروج ریشه چه ممانعت به عمل می آید. در زمان انجام پرایمینگ، بذور نباید در درون آب جوانه بزنند و قبل از ظهور ریشه چه و در مرحله انتقال باید بذور را از آب خارج کرد. اساسا بذوری که در زمان عملیات پرایمینگ جوانه زده اند، نمی توانند پس از خشک شدن سریع جوانه زده و توسعه یابند (عدالت پیشه، ۱۳۸۶). اثرات سودمند پرایمینگ پس از خشک کردن بذر می تواند برای یک دوره زمانی معینی حفظ شود (آترتون و فاروکوئی، ۱۹۸۳). بذور پرایم نسبت به بذور غیر پرایم از طول عمری بیشتری برخوردار هستند (چانگ و سانگ، ۱۹۹۸).

تغییر در ترکیب قندهای محلول ممکن است یکی از عوامل موثر بر طول عمر بذر باشد. هم چنین پرایمینگ باعث مقاومت به دماهای بالا و کاهش صدمات وارده به بذر می شود (فرنسیس و کولبر، ۱۹۸۸).

دمای بالا در زمان جوانه زنی اغلب باعث ترمو دورمانسی یا خواب دمایی بذر در ذرت، کاهو و اسفناج می شود، که در این شرایط پرایمینگ بذر مانع ترمو دورمانسی می شود. هم چنین پرایمینگ جوانه زنی بذور را در دمای بالاتر از ۳۰ درجه تسریع می کند (آترتون و فاروکوئی، ۱۹۸۳).

۲-۲۳- انواع پرایمینگ بذر

تعدادی از روش های پرایمینگ شامل هیدرو پرایمینگ، هیدرو ترمال پرایمینگ، اسمو پرایمینگ، هالو پرایمینگ، بیو پرایمینگ، ماتریک پرایمینگ، ترمو پرایمینگ، هورمون پرایمینگ و... می باشد، که در این بخش به هیدرو پرایمینگ و بیو پرایمینگ می پردازیم.

۲-۲۳-۱- هیدرو پرایمینگ

هیدرو پرایمینگ فرآیندی است که با جوانه زنی سریع گیاه به استقرار بهتر گیاه کمک می کند. در این نوع تیمار، بذور قبل از کاشت در آب خیسانده شده و جذب آب باعث فعال شدن فرآیندهای متابولیکی شده و سپس قبل از ظهور ریشه چه بذور را از آب خارج می کنند (پیل و نیکئر، ۲۰۰۱). خیساندن طولانی مدت بذور به علت ناتوانی بذور در گرفتن اکسیژن کافی، مضر می باشد (کان، ۱۹۹۲). بذور باید قبل از ظهور ریشه چه در مرحله فاز انتقال از آب خارج و بلافاصله خشک شوند، تا از نمو و ظهور ریشه چه جلوگیری شود. در طول دوره پرایمینگ بذور، اگر ریشه چه ظاهر شود، با خشک شدن مجدد، بذور آسیب می بینند و سودمندی ایجاد شده به وسیله پرایمینگ به طور چشم گیری کاهش می یابد (بری و درنان، ۱۹۷۱). در طول پرایمینگ، مقدار آب جذب شده توسط بذر برای اطمینان از اینکه جوانه زنی تکمیل نشود به طور دقیق کنترل می شود. گیاهچه های حاصل از بذور پرایم شده با آب نسبت به گیاهچه های حاصل از بذور غیر پرایم سرعت سبز شدن بیشتری داشته و رشد آنها با قوت بیشتری انجام می گیرد (ساگلام و همکاران، ۲۰۱۰).

هیدرو پرایمینگ بذر باعث بهبود ویگور اولیه در برنج دیم، ذرت و نخود می گردد، در نتیجه باعث نمو سریع تر، گل دهی زودتر و عملکرد بیشتر می گردد (هریس و همکاران۲۰۰۱). هیدرو پرایمینگ، اثرات منفی شوری بر تمام قندها و قندهای احیایی، لاکتوز، مالاتوز و اسید آمینه پرولین را کاهش می دهد. هیدرو پرایمینگ بذر به علت تغییرات قابل ملاحظه ای که در واکنش های متابولیکی ایجاد می کند باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه در شرایط شور و غیر شور می گردد .بنابراین هیدرو پرایمینگ بذر یک تکنولوژی کلیدی و ارزان می باشد که باعث افزایش عملکرد گیاهان در شرایط مختلف محیطی می گردد (هریس و همکاران، ۱۹۹۹). تاثیر پرایمینگ بذر در عملکرد سورگوم در طی ۳ سال نشان داد که پرایمینگ بذر جوانه زنی و بنیه بذر سورگوم را بهبود بخشیده و به طور معنی داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید (رامامورتی و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۲۳-۲- بیو پرایمینگ بذر

بذر و گیاهچه در بیشتر گونه های گیاهی به علت بیماری های خاکزی و بذر زاد در معرض پوسیدگی و زوال قرار می گیرند. پوسیدگی بذر اغلب باعث کاهش جوانه زنی و سبز شدن و در نهایت استقرار ضعیف گیاه و کاهش عملکرد نهایی گیاهان می گردد. در حال حاضر کنترل شیمیایی این قبیل بیماری ها رایج ترین روش می باشد. به هرحال استفاده از بیو پرایمینگ بذر با باکتری های کنترل کننده در تناوب با کنترل شیمیایی در مقابله با این قبیل بیماری ها می تواند دارای فوایدی باشد. پس از تیمار بذر با باکتری ها و یا قارچ های مورد نظر بذور تیمار شده را می توان بلافاصله کشت کرد یا می توان آن ها را خشک و نگهداری نمود.

بیو پرایمینگ روشی برای محافظت از بذر در برابر میکروارگانیسم های خاک و بیماری های خاکزی می باشد. برخی از باکتری ها و قارچ ها هستند که اگر در زمان کاشت به همراه بذر مورد استفاده قرار گیرند، می توانند باعث حفاظت از بذر و گیاهچه و در نهایت افزایش رشد و نمو گیاه گردند. بیو پرایمینگ بذر اجازه

مهاجرت سریع میکروارگانیسم های مفید بر روی بذر را می دهد و اغلب باعث پوشش یکنواخت تر بذر در مقایسه با دیگر تکنیک های پرایمینگ می گردد (اسمیت، ۱۹۹۶ ؛ وارئن و بنیت، ۱۹۹۷). در کل مشخص شده است که بیوپرایمینگ بذر در کنترل بیماری ها در مقایسه با روش های شیمیایی موثرتر می باشد. به عنوان مثال بیو پرایمینگ بذور ذرت شیرین مانع از بین رفتن بذر در خاک های سرد و گرم می شود (کالان و ماثری، ۲۰۰۰). پوشش بذر یونجه باعث بهبود بقای باکتری ریزوبیوم بر روی بذر و در نهایت گره زایی زودتر در گیاهچه ها می گردد (هوریکاوا و اوتسوکا، b و a ۱۹۹۵؛ شیفر و همکاران، ۱۹۸۸). مطالعات و بررسی های دیگر نیز تایید کرد که بیو پرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد می گردد (کانسترینو و همکاران، ۱۹۹۸ ؛ هوریکاوا و همکاران، ۱۹۹۶).

۲-۲۴- فواید پرایمینگ

- افزایش جوانه زنی و سبز شدن و یکنواختی در سبز شدن
- بهبود تغذیه گیاهان زراعی
- بهبود عملکرد در شرایط نامطلوب
- افزایش مقاومت به آفات و بیماری ها
- تاثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاه
- تاثیر مطلوب بر زودرسی گیاه

۲-۲۵- مطالعات انجام یافته در خصوص پرایمینگ ذرت

سرعت جوانه زنی در بذور غیر پرایم ذرت آهسته تر از بذور پرایم می باشد. بذور پرایم حتی پس از خشک کردن و نگهداری در انبار باز هم سریع تر از بذور غیر پرایم جوانه می زنند (هریس و همکاران، ۲۰۰۴ ؛ مورونگو و همکاران، ۲۰۰۴)، نیز با مطالعه بر روی ذرت در زیمبابوه گزارش کردند که پرایمینگ سرعت سبز شدن بذور ذرت را نسبت به بذور غیر پرایم در ۸ سال از ۹ سال مورد مطالعه افزایش داده است. در بررسی آن ها، اثر پرایمینگ بر روی استقرار نهایی گیاه، زمان رسیدگی و اجزای عملکرد کاملا معنی دار بوده است. این محققین تایید کردند که پرایمینگ باعث افزایش استقرار گیاه و عملکرد و خنثی نمودن اثرات منفی عوامل محیطی می گردد.

هریس و همکاران (۲۰۰۴)، با بررسی نتایج حاصل از ۱۴ آزمایش پرایمینگ ذرت در پاکستان در مدت ۴ سال از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ بیان کردند که مدت زمان مطلوب برای پرایمینگ بذور ذرت ۱۶ تا ۱۸ ساعت می باشد. در این شرایط، عملکرد دانه می تواند در غالب موارد به طور چشمگیری افزایش یابد. کیواسا و همکاران (۱۹۹۸) گزارش دادند که کشاورزان اراضی نیمه خشک زیمبابوه از سودمندی های پرایمینگ بذر با آب اطلاع کافی دارند. این عملیات برای ذرت که در این مناطق استقرار ضعیفی دارد، رایج می باشد. نتایج بررسی ها در ۳۵ آزمایش حاکی از افزایش ۶ درصدی وزن بلال بود (هریس و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج مطالعات انجام شده در مزارع کشاورزان ماشاگاشی و زیموتو درکشور زیمبابوه، حاکی از پر شدن سریع تر دانه های در حال رشد در گیاهان پرایم می باشد (هریس و همکاران، ۲۰۰۲).

پرایمینگ، میانگین عملکرد ۳ رقم ذرت کاشته شده در ۲ سال متوالی را به میزان ۱۴٪ افزایش داد. علاوه بر سبز شدن سریع تر و کامل تر، مدت زمان پر شدن دانه ها نیز کاهش یافت. آن ها اذعان داشتند که گیاهان حاصل از بذرهای پرایم، قدرت رقابت بالاتری برای رقابت با علف های هرز دارند. پرایمینگ ارتفاع گیاه را در مرحله گیاهچه ای افزایش داده که این ویژگی ها تا حدودی به قدرت رقابت گیاهان ارتباط دارد. جسی و

همکاران، (۲۰۰۰) پرایمینگ را از نظر اقتصادی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پرایمینگ به علت کاهش هزینه و زمان از نظر اقتصادی نیز کاملا سودمند می باشد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش به صورت طرح فاکتوریل در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی داشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در منطقه بسطام اجرا شده است.

۳-۲- موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی

شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۳۴۹ متر است.

۳-۳- خصوصیات خاک مزرعه آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و طراحی کرت ها، تکرارها، جوی ورودی و خروجی آب، زهکش و رعایت فاصله مجاز بین تکرارها و اجرای نقشه کشت، به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در خاک مزرعه، از ۳ نقطه مختلف هر تکرار نمونه گیری شد، سپس خاک آزمایش را با هم مخلوط کردیم، در آخر یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی را که در برگیرنده کل نمونه ها می باشد، جهت تجزیه به آزمایشگاه انتقال دادیم. pH خاک با استفاده از دستگاه pH متر در گل اشباع، EC خاک در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی تعیین گردید (پیج و همکاران، ۱۹۸۲). نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۳-۲ نشان داده شد. 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

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
قابلیت هدایت الکتریکی (EC) (دسی زیمنس)	۰/۶۵
اسیدیته خاک (pH)	۷/۹۱
درصد کربن آلی	۰/۱۹
درصد مواد آلی	۰/۳۳
کلسیم و منیزیم (me/1)	۵۵
کلسیم قابل جذب (me/1)	۳۳
منیزیم قابل جذب (ppm)	۲۲
نیتروژن قابل جذب (ppm)	۰/۰۴
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۰
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۶/۴

۳-۴- نوع و قالب طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. هر تکرار شامل ۱۵ کرت بود که با احتساب ۳ تکرار، تعداد کرت ها ۴۵ عدد بود. فاکتورها شامل امواج اولتراسونیک در پنج سطح شاهد (F1)، ۲ (F2)، ۴ (F3)، ۶ (F4) و ۸ (F5) دقیقه در معرض تابش امواج با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز و باکتری سودوموناس در سه سطح شاهد (B1)، تلقیح به میزان توصیه شده مندرج در بروشور که ۱ لیتر در هکتار می باشد (B2) و تلقیح به میزان دو برابر مقدار توصیه شده مندرج در بروشور که ۲ لیتر در هکتار می باشد (B3). فاصله ردیف ها از هم ۷۵ cm فاصله بوته ها از هم ۲۲ cm و کاشت به صورت جوی و پشته ای بود.

درابتدای کار اقدام به جداسازی زمین بر اساس تعداد و ابعاد تکرارها شد. در هر یک از پلات ها تعداد چهار خط کاشت با فاصله ۷۵ سانتی متر و یک خط نکاشت وجود داشت که طول خطوط ۵ متربود ۲ خط وسط

خطوطی بود که نمونه برداری از آنها انجام شد و ۲ خط کناری خطوط حاشیه بودند ۱۵ پلات درون هر تکرار وجود شد. با رعایت فاصله مجاز بین هر تکرار دو عدد جو یکی برای ورود آب به هر تکرار و دیگری برای خروج زه آب طراحی شد.

۳-۵- مشخصات رقم بذر ذرت

رقم مورد استفاده در این طرح سینگل کراس ۴۳۷ می باشد. هیبرید سینگل کراس ۴۳۷ ذرت دو منظوره (علوفه ای و دانه ای) می باشد با وزن هزار دانه ۳۵۰ گرم، رنگ دانه زرد، فرم دانه دندان اسبی و طول دوره رشد ۱۰۰ روز (میان رس) می باشد هم چنین این هیبرید نسبت به بیماری سیاهک مقاومت نسبی دارد.

۳-۶- پرتو دهی بذور

دانه های ذرت بعد از ۶ ساعت هیدرو پرایمینگ نمودن در شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه فیزیک انتقال داده و در آن جا در یک بشر حاوی آب معمولی به روش مستقیم و با استفاده از دستگاه فراصوت در فرکانس ثابت ۴۲ کیلو هرتز در دستگاه Digital ultrasonic مدل CD-۴۸۲۰ ساخت کشور ژاپن پرتو دهی شدند. بعد از صوت دهی مستقیما به مزرعه جهت کاشت منتقل شدند.

۳-۷- تلقیح باکتری

به منظور تلقیح بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۴۳۷ با باکتری سودوموناس فلورسنت ابتدا برای از بین بردن سم بکار برده شده، بذور چندین بار شستشو شدند. سپس مایع تلقیح باکتری به مقدار یک لیتر در هکتار، بر اساس تیمارهای آزمایشی با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی لیتر با بذر ذرت تلقیح شد و بلافاصله نسبت به کشت اقدام گردید.

۳-۸- مراحل اجرای آزمایش

۳-۸-۱- کاشت و کود دهی

بعد از اعمال تیمارها عملیات کاشت سریعا صورت گرفت. عملیات کاشت به روش دستی و به صورت خشکه کاری در عمق ۶ سانتی متری صورت گرفت. کود مورد استفاده اوره بود که ۴۶٪ نیتروژن دارد و به همه کرت ها طی دو مرحله ۴-۸ برگی و ظهور گل آذین نر به کار برده شد.

۳-۸-۲- آبیاری

اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری دوم به فاصله ۵ روز بعد آبیاری اول صورت گرفت. به طور کلی فاصله آبیاری هر ۷ روز یک بار بود.

۳-۸-۳- وجین

علف های هرز مهم در مزرعه شامل پیچک صحرایی، قیاق و توق بودند که با دو بار وجین دستی با آن ها مبارزه گردید. اولین وجین ۱۵ روز بعد از سبز شدن و دومین وجین ۲۵ روز پس از وجین اول صورت گرفت.

۳-۹- نمونه برداری شاخص های فیزیولوژیک

نمونه برداری برای بدست آوردن شاخص های فیزیولوژیک شامل محاسبه تعداد برگ ها، محاسبه سطح کل برگ های هر بوته، وزن خشک کل برگ ها، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل بوته بود. اولین نمونه برداری یک ماه پس از کاشت صورت گرفت و با فاصله زمانی هر ۱۰ روز یکبار انجام شد تعداد کل نمونه برداری ها ۶

عدد بود. نحوه نمونه برداری به صورت قطع کل ۴ بوته از هر پلات و فقط ار ۲ خط وسط برای حذف اثرات حاشیه صورت گرفت.

۳-۱۰- نمونه برداری شاخص های عملکرد

نمونه برداری شاخص های عملکرد نیز در آخر انجام شد که شامل میانگین وزن کل بوته برای محاسبه بیوماس کل و میانگین وزن دانه ها برای عملکرد دانه بود. وزن بلال، اندازه گیری ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال، قطر چوب بلال، طول بلال، وزن بلال بعد از برداشت، وزن خشک بلال، وزن خشک کل بوته، وزن هزار دانه نیز اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در ردیف ، تعداد ردیف دانه ، وزن هزار دانه، ۳۰ بلال بطور تصادفی انتخاب می گردد(از هر کرت) که ۱۰ بلال اول جهت تعیین عملکرد دانه و ۱۰ بلال دوم برای اندازه گیری صفات زراعی بلال مانند: تعداد دانه در ردیف ، تعداد ردیف دانه و از ۱۰ بلال سوم برای تعیین وزن هزار دانه مورد استفاده قرار گرفت.

جهت تعیین تعداد دانه در ردیف، ۳ ردیف بطور تصادفی از هر یک از بلال های برداشت شده شمارش گردید و میانگین ۳ ردیف به عنوان تعداد دانه در ردیف بلال ثبت شد و میانگین کل بلال ها به عنوان تعداد دانه در ردیف هر تیمار در نظر گرفته شد. جهت تعیین وزن هزار دانه به وسیله دستگاه شمارشگر بذر ۱۰۰۰ عدد بذر را شمارش و جهت خشک کردن در آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از چند بار توزین و عدم اختلاف وزنی ما بین بذور خشک شده، وزن هزار دانه بر اساس رطوبت ۱۵/۵٪ محاسبه گردید.

۳-۱۱- نمونه برداری کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل نیز یک مرتبه در زمان ظهور گل تاجی(تاسل دهی)، به وسیله دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502) انجام شد. بدین صورت که برای هر پلات سه بوته و از هر بوته شش برگ (دو برگ زیر بوته دو برگ وسط کانوپی و دو برگ در انتهای بوته)، و از هر برگ نیز در شش نقطه (دو نقطه در ابتدای برگ دو نقطه در مرکز برگ و دو نقطه در انتهای برگ) در نظر گرفته شد. در مجموع از هر بوته در ۳۶ نقطه کلروفیل برگ ها اندازه گیری شد. ملاک برای هر بوته میانگین داده ها بود.

۳-۱۲- اندازه گیری میزان پروتیین دانه

نمونه بذری از محصول ذرت کشت شده برای آنالیز پروتیین به روش کجل دال در پارک علم و فن آوری شاهرود انجام شد.اسم دستگاه کجل دال است که ساخت کشور تایوان می باشد. آنالیز پروتیین تیمارهای مختلف امواج فراصوت در سطوح متفاوت باکتری سوموناس فلورسنت بعد از بدست آوردن داده ها با برنامه SAS نیز انجام شد.

۳-۱۳- اندازه گیری نیتروژن دانه

به منظور تعیین نیتروژن دانه، مقدار۱۰ گرم از بذر ذرت را پودر کرده و به آزمایشگاه پارک علم و فناوری منتقل شد. در آزمایشگاه به روش کجل دال نیتروژن دانه اندازه گیری شد.

۳-۱۴- شاخص سطح برگ (LAI)[3]

از آن جا که تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح زمین پخش می شود لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آن ها قابل دسترس می باشد. به عبارت ساده تر، LAI نشان می دهد که در یک متر مربع زمین چند متر مربع برگ وجود دارد. میزان سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است و افزایش شاخص سطح برگ به دلیل ارتباط تنگاتنگ و مثبتی که با جذب تشعشع دارد، عملکرد ماده خشک را افزایش می دهد و این هم بستگی تا رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی ادامه دارد. اندازه گیری شاخص سطح برگ در طول دوره رشد گیاه در شش مرحله صورت گرفت. اولین مرحله از بیست روز بعد از کاشت شروع شد و بعد از آن با فاصله هر دو هفته اندازه گیری شد. جهت تعیین میزان سطح برگ از فرمول (بیشترین طول برگ × بیشترین عرض برگ × ۰/۷۵) استفاده شد.

در این پژوهش به جای روز از درجه روز رشد[4] طبق معادله ۳ استفاده شد:

$$GDD=\sum_{i}^{n}\left(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}\right)-Tb \qquad \text{(معادله ۳-۱)}$$

در این معادله Tmax= حداکثر دمای روزانه با حد بالایی ۳۵ درجه، Tmin= حداقل دمای روزانه با حد پایینی ۱۰ درجه سانتی گراد، Tb= دمای پایه گیاه می باشد، که برای ذرت ۱۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد.

[3] -Leaf Area Index
[4]- Growing Degree Days (GDD)

۳-۱۵- آنالیز داده ها

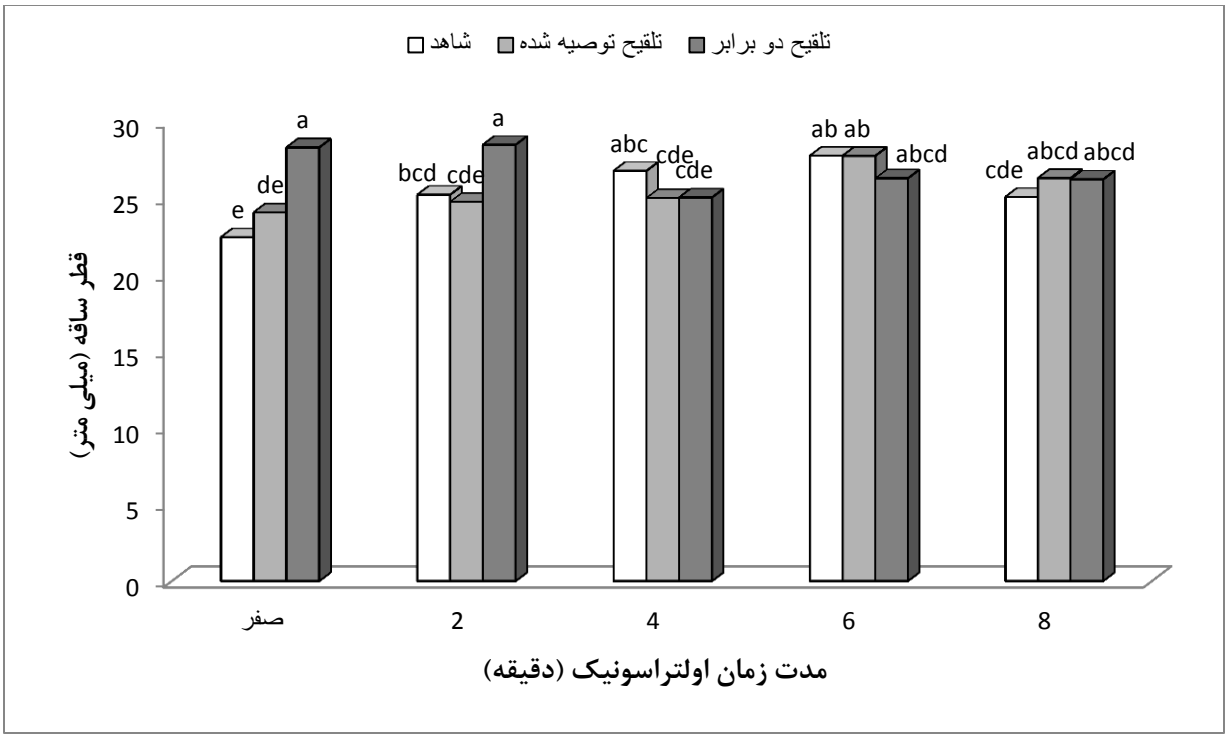
در این پژوهش برای تجزیه داده ها از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C هم چنین برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای رسم شکل ها نرم افزار Excel 2007 بکار برده شد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- قطر ساقه

همان طور که در جدول ۴-۱ پیوست مشاهده می شود تلقیح باکتری و اثر متقابل باکتری و اولتراسونیک بر قطر ساقه معنی دار شد. در سطح ۸ دقیقه و ۴ دقیقه پرتودهی، تفاوتی بین مقدار تلقیح(کاربرد) باکتری بر اساس برشور و دو برابر آن مشاهده نشد (شکل ۴-۱). این در حالی است که در سطوح دیگر آن، چنین حالتی دیده نشد. بنا به گزارش حمیدی و همکاران (۱۳۸۷)، قطر ساقه در اثر تلقیح بذر ذرت با باکتری سودوموناس نسبت به شاهد افزایش نشان داد. نتایج حاصل از آزمایشی بر روی گیاه ذرت نشان داد که تلقیح با برخی از سویه های باکتری سودوموناس منجر به افزایش معنی دار در ارتفاع، وزن ریشه و بیوماس کل ذرت در مقایسه با شاهد شد. به نظر می رسد این سویه ها از طریق کاهش میزان باز دارندگی اتیلن در ریشه ها موجب افزایش رشد ریشه گیاه می شوند. در نتیجه با بهبود رشد ریشه، عملکرد و رشد ساقه نیز افزایش می یابد (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴-۱: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر قطر ساقه ذرت

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و امواج اولتراسونیک نشان داد بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار تلقیح مضاعف و موج ۲ دقیقه (۲۸/۴۷ میلی متر) که با تیمار شاهد و تلقیح مضاعف (۳/۲۸ میلی متر) کمترین قطر مربوط به شاهد (۲۲/۴۴ میلی متر) بود (شکل ۴-۱). تاثیر مثبت امواج فراصوت بر خصوصیات جوانه زنی گندم مثل سرعت جوانه زنی، تست درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن گیاهچه نیز تایید شده است (شرفی و همکاران، ۲۰۰۶).

۴-۲- ارتفاع ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که امواج اولتراسونیک روی ارتفاع ساقه ذرت تاثیر معنی داری داشت (جدول ۴-۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ۶ دقیقه که موجب افزایش ۳۰/۸ درصد ارتفاع ساقه نسبت به شاهد شد (جدول ۴-۳). همان طور که مشاهده

می شود با افزایش مدت زمان تیمار اولتراسونیک به ۸ دقیقه ارتفاع ساقه به مقدار ۴/۴ درصد نسبت به تیمار ۶ دقیقه کاهش یافت. طی تحقیقی بر جوانه زنی بذور گیاه همیشه بهار دریافت که با افزایش زمان تیمار اولتراسونیک با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز از ۲ دقیقه تا ۶ دقیقه درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک گیاهچه افرایش یافت و از ۶ دقیقه به ۸ دقیقه کاهش یافت. در آزمایشی با امواج فراصوت با شدت ۷۰۰ KHz بذر تربچه را تیمار کردند که باعث افزایش سرعت جوانه زنی و افزایش ۱۳ الی ۱۶ درصدی طول ریشه چه نسبت به شاهد گردید (شیمومورا، ۱۹۹۰).

۴-۳- وزن بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی داری بر وزن بلال داشتند (جدول ۴-۱). همان طور که در جدول مقایسه میانگین (جدول ۴-۳) مشاهده می شود تلقیح باکتری سبب افزایش معنی دار وزن بلال در مقایسه با شاهد شد. هر چند که بین تیمار تلقیح توصیه شده و تلقیح مضاعف باکتری از لحاظ آماری اختلاف معنی داری مشاهده نشد. تولید هورمون های گیاهی، القاء مقاومت سیستمیک گیاهان در مقابل عوامل زیستی بیماری زا و نیز افزایش تحرک عناصر غذایی غیر محلول و در نتیجه بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاهان از جمله مکانیسم هایی هستند که در نتیجه همیاری این باکتری ها با گیاهان، سبب بروز اثرات مثبت می شوند. سویه هایی از *P. fluoresence* و *P. putida* طول ریشه و اندام های هوایی را در کلزا و گوجه فرنگی و هم چنین عملکرد را در برنج، گندم و چغندر قند افزایش می دهند (رودریگوئز و فراگا ، ۱۹۹۹).

بین سطوح مدت زمان امواج اولتراسونیک در افزایش وزن بلال اختلاف معنی داری وجود داشت. به طوری که بیشترین وزن بلال در تیمار ۶ دقیقه و کمترین وزن بلال مربوط به شاهد بود. همان طور که در جدول ۴-۳ مشاهده می شود با افزایش مدت زمان تیمار تا ۶ دقیقه وزن بلال افزایش و در تیمار ۸ دقیقه

کاهش یافت. به طوری که در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ به ترتیب وزن بلال ۱۳/۴، ۲۳/۳ و ۲۷/۹ درصد افزایش و در تیمار ۸ دقیقه این افزایش نسبت شاهد به مقدار ۱۷/۸ درصد رسید. در بیشتر مطالعات انجام شده تاثیر مثبت امواج فراصوت بر روی سیستم های زنده بویژه بر جوانه زنی و در رشد گیاهچه ها تایید شده است (فرهودی، ۲۰۰۷؛ کورداس، ۲۰۰۲؛ پلدنسی ۲۰۰۵؛ شرفی و همکاران، ۲۰۰۶).

۴-۴- قطر بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری بر قطر بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشت (جدول ۴-۱).

۴-۵- تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج ارایه شده در جدول ۴-۱ بیان گر آن است که تلقیح باکتری و تیمار موج اولتراسونیک تاثیر معنی داری بر تعداد ردیف دانه در بلال داشت. تلقیح توصیه شده و مضاعف باکتری به ترتیب ۳/۷ و ۵/۱ درصد تعداد ردیف دانه در بلال را در مقایسه شاهد افزایش داد. هر چند که بین سطوح دوم و سوم تلقیح اختلاف معنی داری وجود نداشته است (جدول ۴-۳). با مصرف کودهای بیولوژیک ریزوبیوم، آزوسپریلیوم، ازتوباکتر و سودوموناس مواد غذایی از جمله نیترون و فسفر به خوبی تثبیت شده و در اختیار گیاه قرار می گیرد. این امر در مراحل رشد گیاه و در عمل تلقیح دانه های گرده موثر بوده و تعداد دانه های بیشتری را تولید کرده و موجب افزایش تعداد ردیف دانه در بلال می شوند. طی آزمایشی محققان اظهار کردند که کاربرد باکتری های محرک رشد توانست تعداد دانه در گیاه ذرت را از ۴۱۴/۰۸ دانه به ۴۸۶/۱۶ دانه افزایش دهد که احتمالا از طریق تاثیر در فاکتورهای مختلف رشد و جذب عناصر غذایی ضروری بوده است (سیفی و همکاران، ۱۳۸۵).

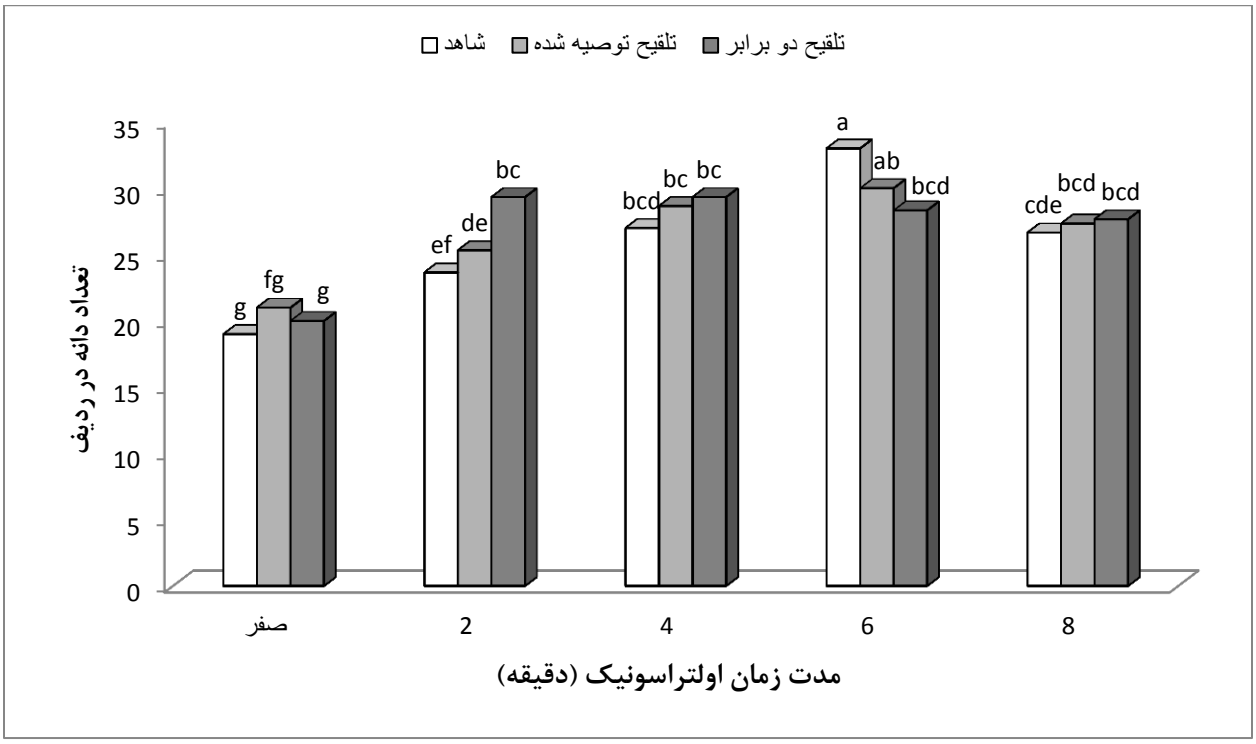
سودوموناس (*Pseudomonas sp*) از مهم ترین باکتری های فعال افزاینده رشد گیاه در محیط اطراف ریشه (رایزوسفر) هستند، که علاوه بر محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

بین سطوح مدت زمان امواج اولتراسونیک در افزایش تعداد ردیف دانه در بلال اختلاف معنی داری وجود داشت. به طوری که بیشترین تعداد ردیف دانه در تیمار ۶ دقیقه (۱۵/۸۸) و کمترین تعداد ردیف دانه مربوط به شاهد (۱۴/۰) بدست آمد. همان طور که در جدول ۴-۳ مشاهده می شود تیمارهای ۲ و ۸ دقیقه اختلاف معنی داری با شاهد ندارند.

۴-۶- تعداد دانه در ردیف بلال

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد موج اولتراسونیک و اثر متقابل آن با باکتری تاثیر معنی داری بر تعداد دانه در ردیف بلال داشت (جدول ۴-۱). بر اساس جدول مقایسه میانگین مشخص شد که تیمار زمان ۶ دقیقه ۵۲/۲ درصد تعداد دانه در ردیف بلال را در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۴-۳). مشاهده می شود با افزایش مدت زمان تیمار تا ۶ دقیقه تعداد دانه در ردیف بلال افزایش و در تیمار ۸ دقیقه کاهش می یابد. به طوری که تیمارهای ۲، ۴ و ۶ به ترتیب تعداد دانه در ردیف بلال را ۳۰/۵، ۴۱/۶ و ۵۲/۲ درصد افزایش و در تیمار ۸ دقیقه ۱۱/۸ درصد نسبت به تیمار ۶ دقیقه کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان می دهد که بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال در تیمار عدم تلقیح باکتری همراه با ۶ دقیقه موج اولتراسونیک بدست آمد که با بقیه تیمارها بجز تیمار تلقیح توصیه شده باکتری و ۶ دقیقه موج اولتراسونیک اختلاف معنی داری را نشان داد.

این تیمار سبب شد تا تعداد دانه در ردیف بلال در مقایسه با شاهد ۷۳/۶ درصد افزایش یابد (شکل ۴-۲). با مصرف باکتری سودوموناس مواد غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن و فسفر که در رشد و نمو گیاه و در نهایت تاثیر بر اندام های زایشی گیاه (تاسل) و عمل تلقیح دانه های گرده نقش دارند، گیاه با کمترین تنش حاصل از کمبود احتمالی این عناصر روبرو شده و در نهایت بر روی تعداد دانه در ردیف موثر می باشد. بینا (۱۳۸۷)، طی تحقیقی بر روی گیاهان مختلف پس از تیمار بذور با امواج فراصوت KHz۴۲ نتایج حاکی از برتری بالای تیمار فراصوت نسبت به شاهد بود.



شکل ۴-۲: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر تعداد دانه در ردیف ذرت

۴-۷- قطر چوب بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری بر قطر چوب بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشت (جدول ۴-۲).

۴-۸- طول بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری بر طول بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشت (جدول ۴-۲).

۴-۹- وزن چوب بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری بر وزن چوب بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشت (جدول ۴-۲).

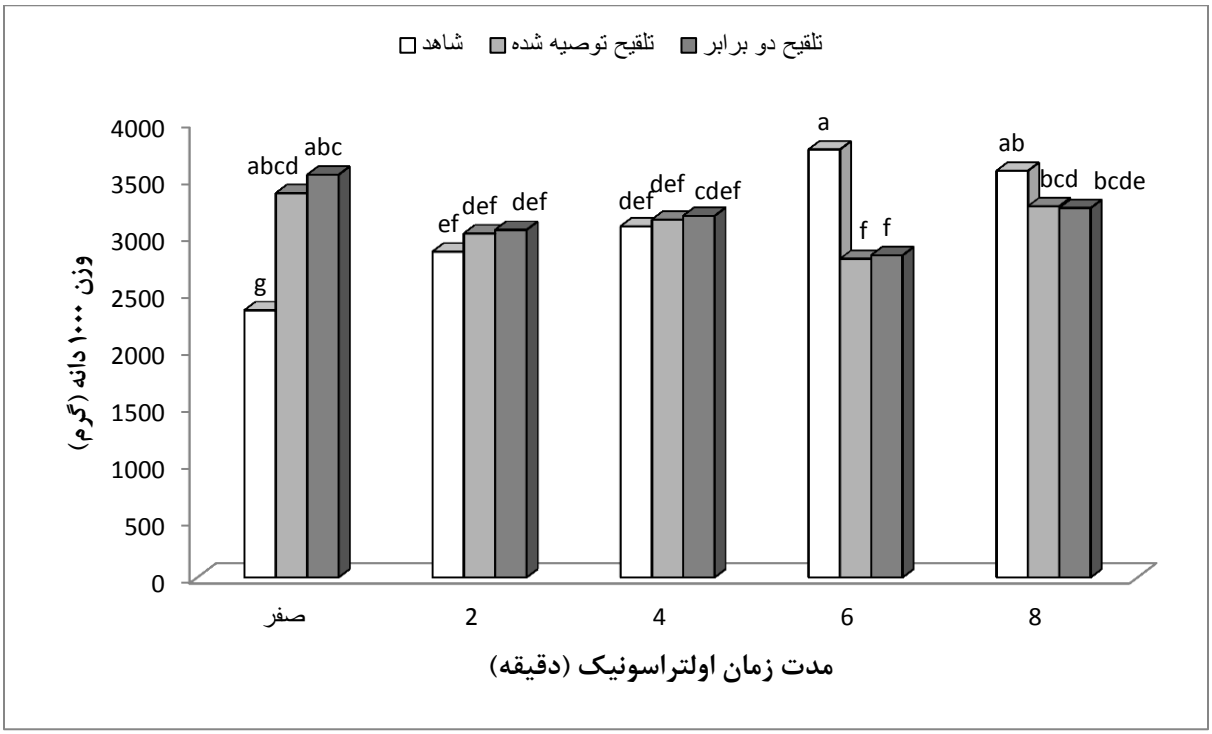
۴-۱۰- وزن کل دانه ها

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول ۴-۲ بیانگر آن است که تیمار امواج اولتراسونیک تاثیر معنی داری بر وزن کل دانه ها در بلال داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار وزن کل دانه ها (۱۸۸/۸۰) مربوط به تیمار زمان ۶ دقیقه و کمترین مقدار (۱۳۷/۴۶) مربوط به شاهد است (جدول ۴-۴). همان طور که مشاهده می شود اعمال تیمار ۲ و ۴ دقیقه ای اولتراسونیک موجب افزایش غیر معنی دار (۱ و ۵ درصد) در مقایسه با شاهد شد. تیمار اولترسونیک باعث افزایش فعالیت آنزیم ها می شود (بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷). هم چنین با تولید حباب هایی در داخل مایعات ایجاد نقاط داغ کرده و بدین ترتیب باعث افزایش انتقال گرما و انهدام میکروارگانیسم ها می شود (ایشیموری و همکاران، ۱۹۸۱؛ ساسلیک،

۱۹۹۰). بذر تربچه 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).

۴-۱۱- وزن ۱۰۰۰ دانه

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد امواج اولتراسونیک و اثر متقابل باکتری سودوموناس و اولتراسونیک تاثیر معنی داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه داشت (جدول ۴-۲). براساس جدول مقایسه میانگین مشخص شد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه مربوط به تیمار ۸ دقیقه است و موجب افزایش ۸/۸ درصد وزن ۱۰۰۰ دانه شد (جدول ۴-۴). همان طور که مشاهده می شود تیمارهای ۲، ۴ و ۶ دقیقه از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با شاهد در افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه نداشته و در یک سطح آماری قرار دارند.



شکل ۴-۳: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر وزن ۱۰۰۰ دانه

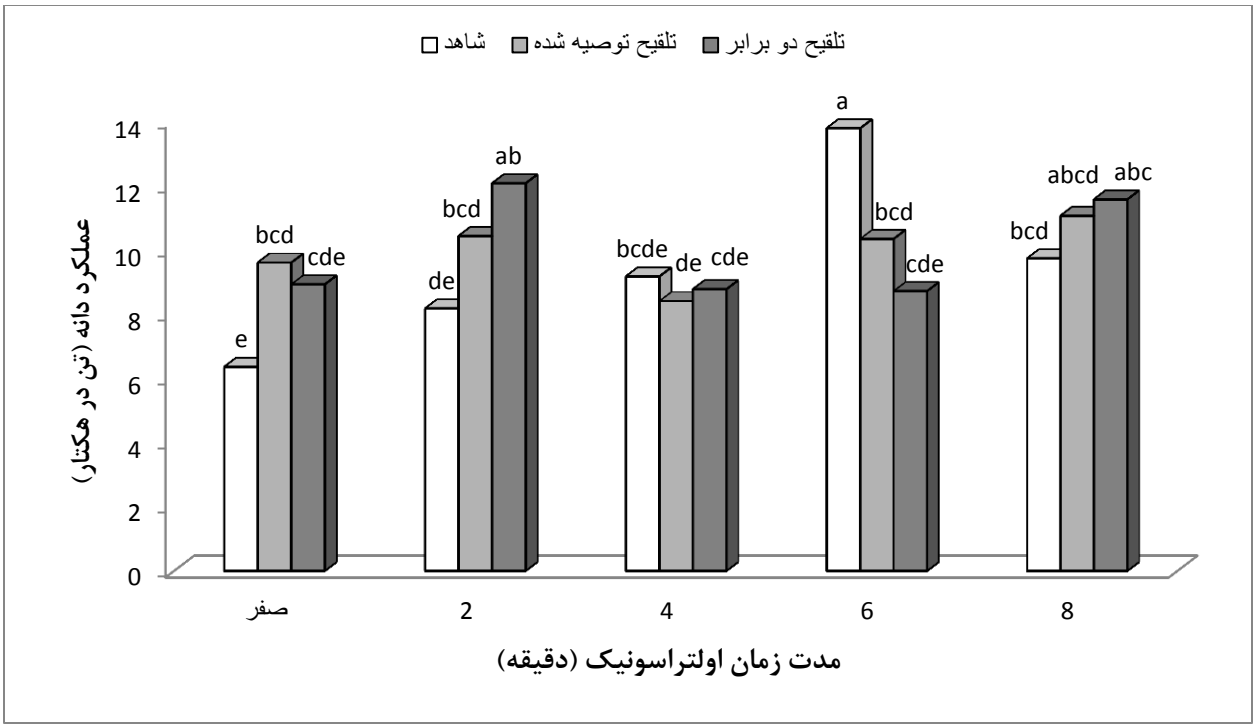
مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری سودوموناس و امواج اولتراسونیک نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری و ۶ دقیقه اولتراسونیک و کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه مربوط به شاهد است (شکل ۴-۳). تحقیقات انجام شده نشان داد طول گیاهچه گندمی که تیمار فراصوت شده بیشتر از شاهد است (پلدنسی و همکاران، ۲۰۰۵).

۴-۱۲- عملکرد بیولوژیک

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که امواج اولتراسونیک تاثیر معنی داری بر عملکرد بیولوژیک ذرت داشت (جدول ۴-۲). تیمار ۶ دقیقه اولتراسونیک عملکرد بیولوژیک را به مقدار ۴۳/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴-۴). مشاهده می شود با افزایش مدت زمان تیمار تا ۶ دقیقه عملکرد بیولوژیکی افزایش و در تیمار ۸ دقیقه بطور غیر معنی داری نسبت به تیمار ۶ دقیقه کاهش یافت. به طوری که تیمارهای ۲، ۴ و ۶ دقیقه به ترتیب عملکرد بیولوژیک ۱۶/۱، ۱۹/۲ و ۴۳/۶ درصد افزایش و در تیمار ۸ دقیقه این افزایش به مقدار ۴۰ درصد رسید. هر چند که بین تیمار ۴، ۶ و ۸ دقیقه اختلاف معنی داری وجود ندارد.

۴-۱۳- عملکرد دانه

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه در هکتار به طور معنی داری تحت تاثیر پرتودهی اولتراسونیک قرار گرفت (جدول ۴-۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۶ دقیقه حاصل شد که اختلاف معنی داری با ۲ و ۸ دقیقه ندارد و کمترین عملکرد دانه مربوط به شاهد می باشد. تیمار ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه اولتراسونیک، میزان عملکرد دانه ذرت را به ترتیب ۲۳/۲، ۵/۹، ۳۱/۹ و ۳۰/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴-۴).



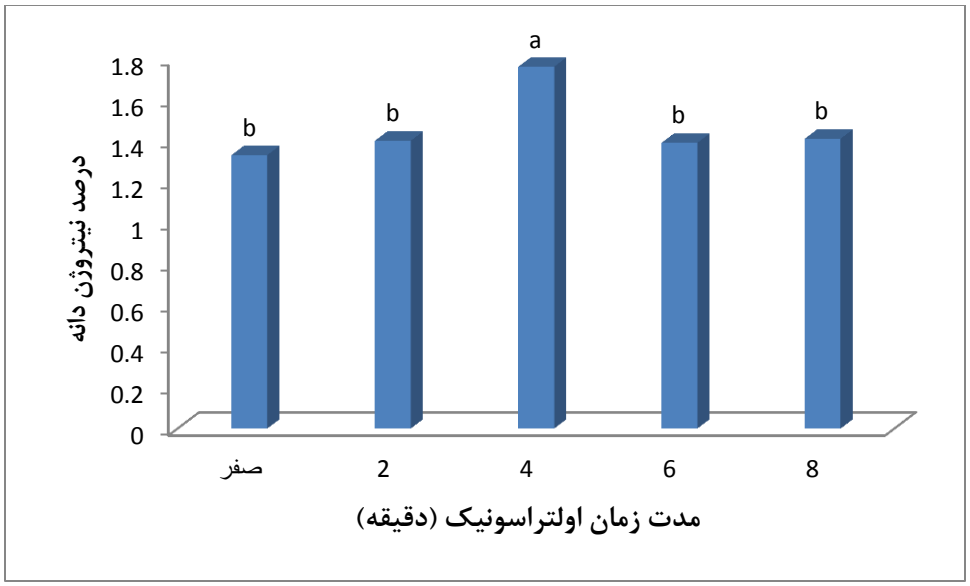
شکل ۴-۴: اثر متقابل باکتری سودوموناس و موج اولتراسونیک بر عملکرد دانه

اثر متقابل تلقیح باکتری و اولتراسونیک در سطح احتمال ۵ درصد به طور معنی داری بر عملکرد دانه تاثیر داشتند (جدول ۴-۲). نتایج بدست آمده نشان داد که کمترین عملکرد دانه مربوط به شاهد و بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری و ۶ دقیقه اولتراسونیک (۱۳/۸۰ تن در هکتار) بود (شکل ۴–۴). باکتری سودوموناس از طریق تولید آنزیم و ترشحات اسیدی به انحلال و آزاد سازی عناصر تثبت شده و نامحلول کمک می نماید و سبب بهبود تغذیه و افزایش عملکرد گیاهان می گردد. سودوموناس علاوه بر محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به تاثیر بر افزایش رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها باعث افزایش عملکرد نیز می شوند (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۵).

۴-۱۴- نیتروژن

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق (جدول پیوست۴-۵) بیانگر آن است که اعمال تیمار اولتراسونیک تاثیر معنی داری (سطح احتمال ۱ درصد) بر درصد نیتروژن دانه داشت. بین مدت زمان تیمار اولتراسونیک اختلاف معنی داری از لحاظ درصد نیتروژن دانه مشاهده شد. بیشترین درصد نیتروژن دانه با اعمال ۴ دقیقه موج اولتراسونیک حاصل شد که اختلاف معنی داری با شاهد دارد (شکل ۴-۵). همان طور که مشاهد می شود اعمال ۲، ۶ و ۸ دقیقه موج اولتراسونیک به ترتیب باعث افزایش ۰/۰۷، ۰/۰۶ و۰/۰۸ در مقدار نیتروژن دانه نسبت به تیمار شاهد شدند که از لحاظ آماری قابل اغماض می باشد. پژوهش هایی درباره استخراج آنتوسیانین از میوه ها و بررسی پایداری آن در شرایط مختلف به وسیله امواج فراصوت انجام شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰).

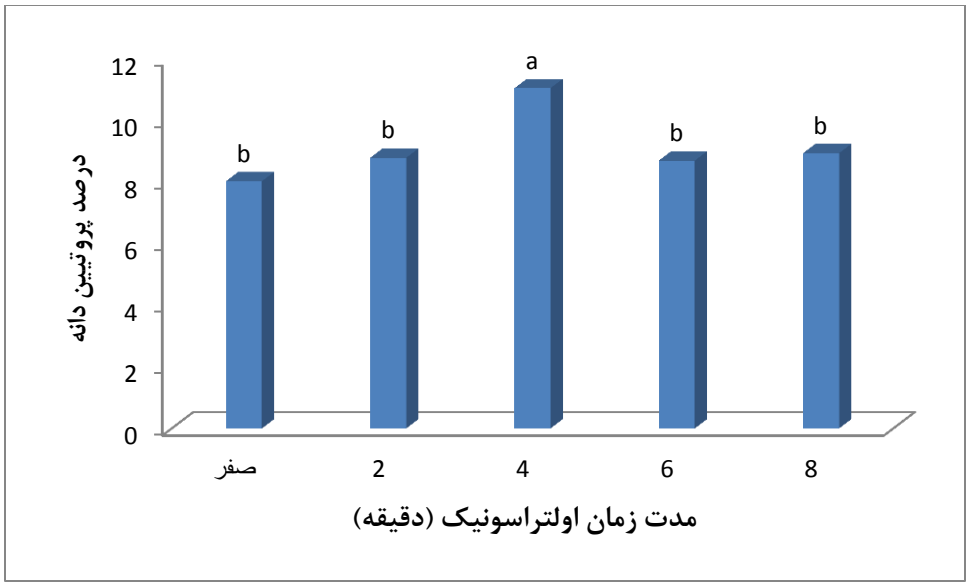
هم چنین هیچ گونه درگیری شیمیایی که سبب افت احتمالی ترکیبات شیمیایی آنتوسیانین تمشک قرمز شود در عصاره گیری با امواج فراصوت وجود ندارد (چن و یانگ، ۲۰۰۶). علاوه بر آنتوسیانین ها، ترکیبات دیگری مثل پلی فنل ها، پلی ساکار یدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگ دانه ها را با استفاده از امواج فراصوت در مدت زمانی کوتاه و با کارایی بالا می توان استخراج نمود (ویلخ و ماوسون، ۲۰۰۷). پلی فنل ها، پلی ساکار یدها، ترکیبات آروماتیک و سایر رنگ دانه ها و آنتوسیانین ترکیبلتی هستند که در ساختار شیمیایی آنها نیتروژن وجود دارد، افزایش در میزان این ترکیبات با تیمار فراصوت به معنی افزایش میزان نیتروژن کل می باشد.



شکل ۴-۵: تاثیر موج اولتراسونیک بر درصد نیتروژن دانه ذرت

۴-۱۵- پروتیین

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که درصد پروتیین دانه ذرت به طور معنی داری تحت تاثیر موج اولتراسونیک قرار گرفت (جدول ۴-۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در مقایشه با شاهد تنها تیمار ۴ دقیقه اولتراسونیک توانست در درصد پروتیین دانه افزایش قابل توجهی ۳/۰۲ را نسبت به شاهد ایجاد نماید (شکل۴-۶). هم چنین موثر بودن این امواج در فرآیند مالت سازی نیز تایید شده است (تایز و استارکز، ۱۹۷۷؛ بارتون و همکاران، ۱۹۹۶؛ زرنر و همکاران، ۱۹۸۷).



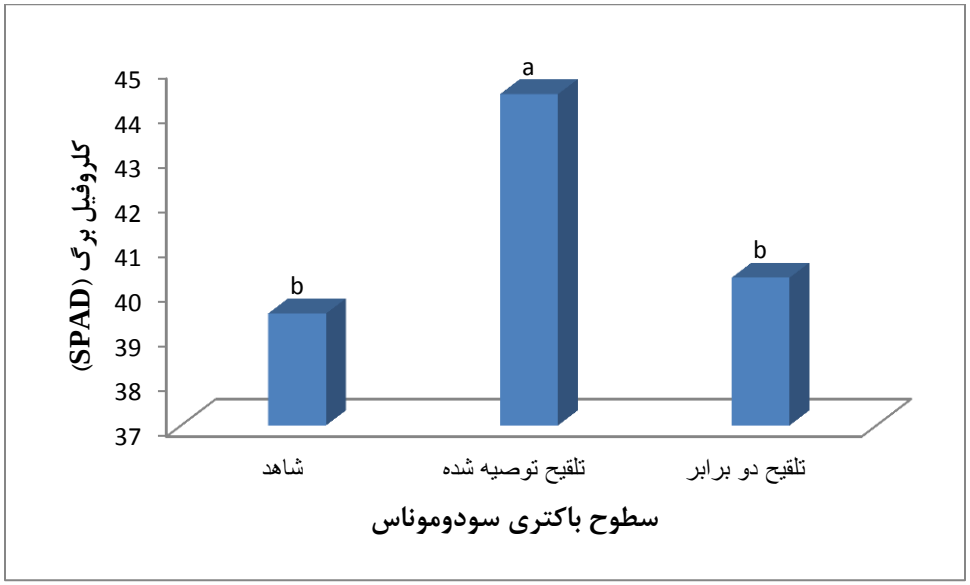
شکل ۴-۶: تاثیر موج اولتراسونیک بر درصد پروتیین دانه ذرت

۴-۱۶- کلروفیل برگ

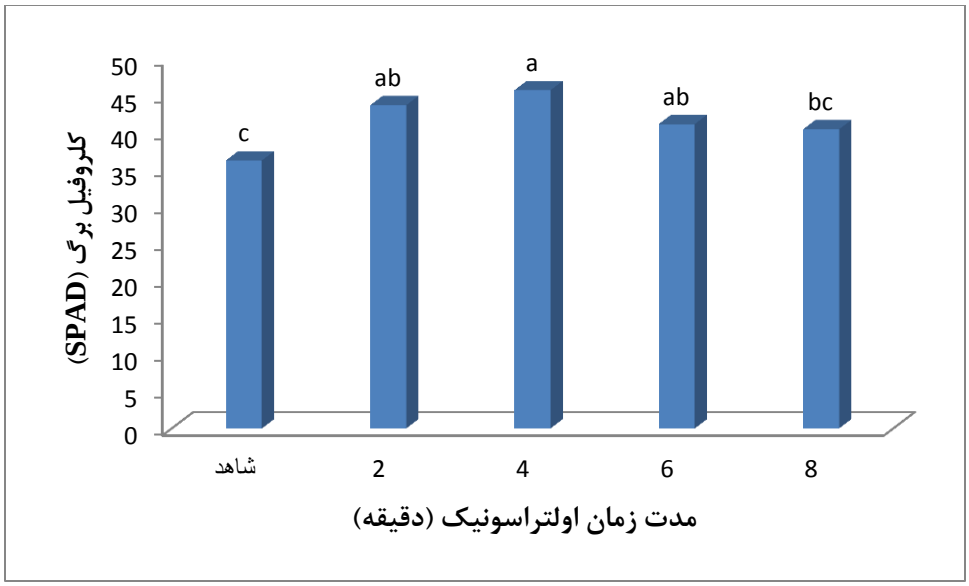
همان طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود (جدول ۴-۵)، باکتری سودوموناس در سطح ۵ درصد و مدت زمان اولتراسونیک در سطح ۱ درصد تاثیر معنی داری بر کلروفیل برگ ذرت داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد تلقیح توصیه شده باکتری سودوموناس کلروفیل برگ را به مقدار ۱۲/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۷). هم چنن بین تلقیح مضاعف و شاهد اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد. این افزایش کلروفیل می تواند ناشی از همزیستی مثبت این باکتری با ریشه گیاه و بهبود وضعیت تغذیه و سلامت گیاه می گردد و عکس العمل مثبت گیاه نسبت به کاربرد آن از طریق بهبود رشد رویشی و افزایش پیکره گیاه نمایان می شود. علاوه بر این افزایش سطح اندام های سبز گیاه می تواند در افزایش فتوسنتز و سنتز مواد فتوسنتزی در گیاه نیز موثر واقع شود (کاپالنیک و همکاران، ۱۹۸۲). باکتری های محرک رشد مانند سودوموناس علاوه بر محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد تحریک کننده رشد به

ویژه انواع اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها رشد نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (زهیر و همکاران ۲۰۰۴).

بیشترین میزان کلروفیل قرائت شده با پرتودهی در مدت ۴ دقیقه حاصل شد که سبب افزایش ۲۶/۲ درصد کلروفیل نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۸). همان طور که مشاهده می شود بین تیمارهای ۲، ۴ دقیقه از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما با افزایش مدت زمان موج از ۴ به ۸ دقیقه میزان کلروفیل کاهش معنی داری یافت.

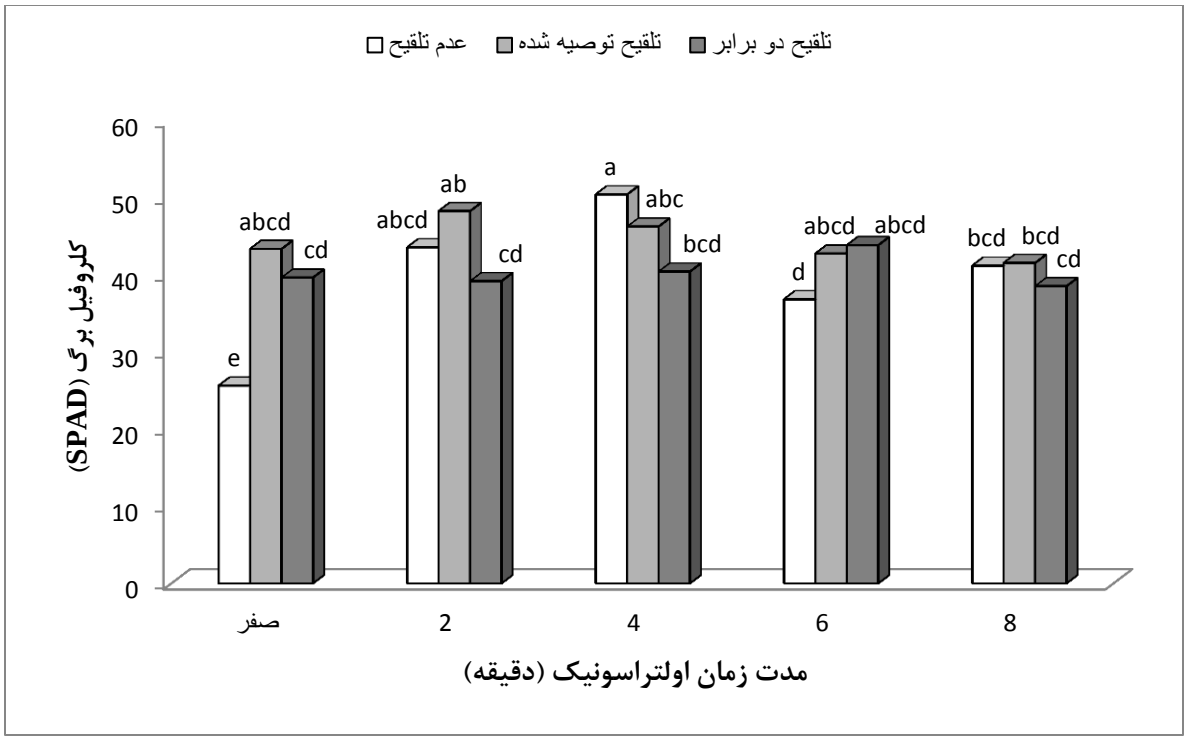


شکل ۴-۷: تاثیر تلقیح باکتری سودوموناس بر کلروفیل برگ ذرت



شکل ۴-۸: تاثیر موج اولتراسونیک بر میزان کلروفیل برگ ذرت

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد بر هم کنش سودوموناس و اولتراسونیک بر کلروفیل برگ اثر معنی دار داشت (جدول ۴-۵). بیشترین مقدار کلروفیل (۵۰/۴۵ قرائت اسپد) از عدم تلقیح باکتری و ۴ دقیقه اولتراسونیک حاصل شد که با خیلی از تیمارها اختلاف معنی دار نداشته است (شکل ۴-۹). باکتری های سودوموناس پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارایی جذب فسفر از خود نشان داده و به علت وسعت انتشار، تنوع گونه ای و مقاوم بودن برخی از گونه های آن به تنش های محیطی توانسته اند به عنوان کود زیستی مناسب از جایگاه و اهمیت ویژه ای برخوردار باشند (کیم و همکاران، ۱۹۸۹؛ لوهورت و بترتلین، ۱۹۸۸).

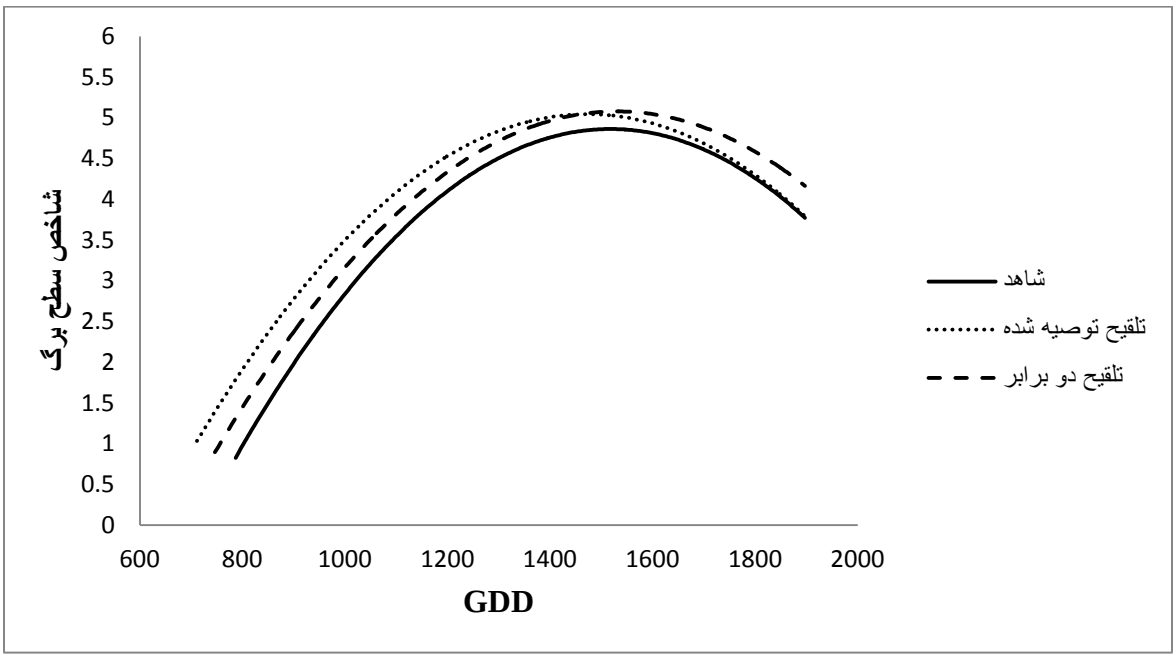


شکل ۴-۹: اثر متقابل باکتری سودوموناس و اولتراسونیک بر کلروفیل برگ ذرت

۴-۱۷- شاخص سطح برگ (LAI)

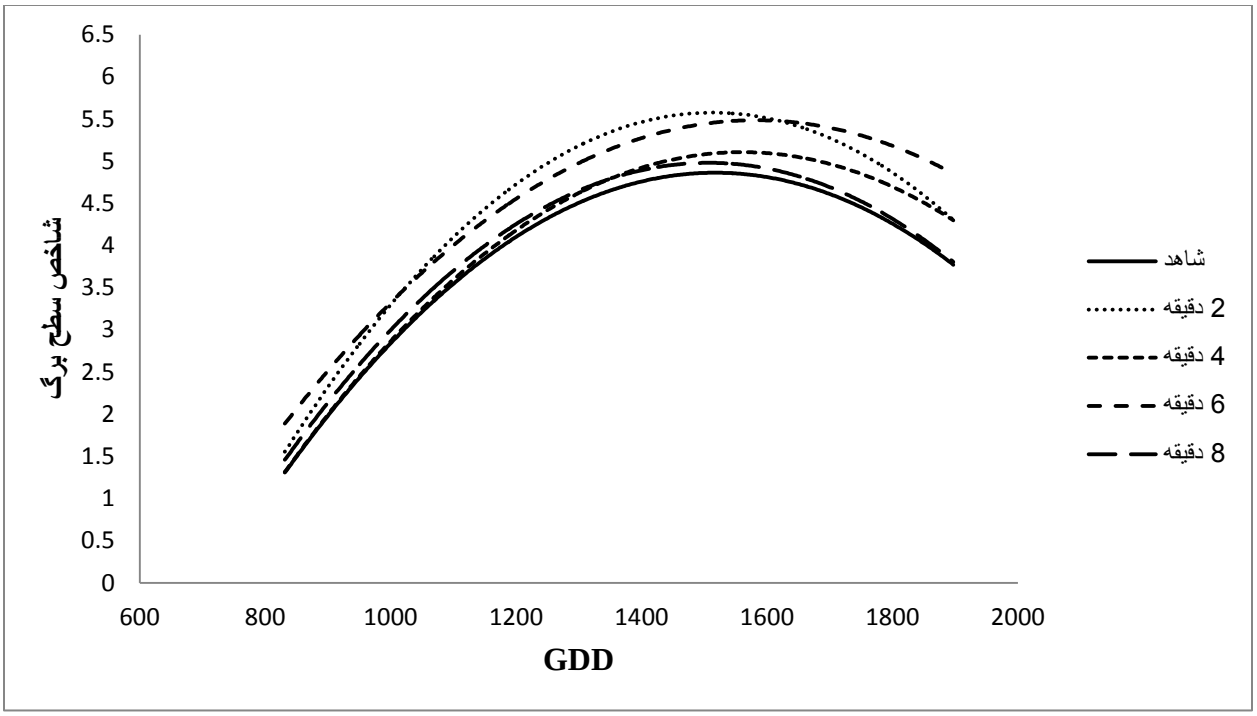
با توجه با شکل ۴-۱۰ مشاهده می شود که تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها از روند مشابهی برخوردار است به طوری که با شروع رشد گیاه افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود با پژمرده شدن و ریزش برگ های پیر کاهش می یابد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای باکتری اعمال شده نسبت به شاهد از نظر شاخص سطح برگ تفاوت مشهودی وجود دارد. بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۴) است که مربوط به تلقیح مضاعف باکتری است و به طور متوسط سبب افزایش ۶/۶ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد البته قبل از این زمان بیشترین LAI مربوط به تلقیح توصیه شده باکتری بود. از جمله فواید PGPR ها برای گیاه می توان به افزایش میزان جوانه زنی، افزایش سطح برگ، افزایش محتوای کلروفیل و تاخیر در پیری برگ اشاره نمود (دبلیر و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج حاصل از آزمایشی بر روی گیاه ذرت نشان داد که تلقیح

با برخی از سویه های باکتری سودوموناس منجر به افزایش معنی دار در ارتفاع، وزن ریشه و بیوماس کل ذرت در مقایسه با شاهد شد. به نظر می رسد این سویه ها از طریق کاهش میزان بازدارندگی اتیلن در ریشه ها موجب افزایش رشد ریشه گیاه می شوند. در نتیجه با بهبود رشد ریشه، عملکرد و رشد ساقه نیز افزایش می یابد (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴-۱۰: روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط تلقیح باکتری سودوموناس

همان طور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می شود تاثیر پرایمینگ بذر با موج اولتراسونیک بر شاخص سطح برگ نسبت به بذور پرایم نشده با این امواج از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بودند. اعمال مدت زمان ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه اولتراسونیک موجب افزایش متوسط شاخص سطح برگ به ترتیب ۵/۸، ۱/۷، ۱/۱ و ۰/۷ درصد نسبت به شاهد شدند. بیشترین شاخص سطح برگ ذرت بعد از دریافت تقریبا ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه روز تجمعی می باشد (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۱: روند تغییرات سطح برگ تحت شرایط تیمار اولتراسونیک

پیوست ها

جدول ۴-۱: میانگین مربعات صفات ارزیابی شده در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه	ارتفاع گیاه	وزن بلال	قطر بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال
بلوک	۲	۰/۹۰۷	۴۷/۰۸	۱۰۸/۲۰	۲/۰۸۸	۰/۹۵۵	۶/۴۲۲
باکتری (B)	۲	۹/۱۴۳*	۹/۱۵$^{n.s}$	۷۳۶/۴۶۶**	۰/۱۴۶^{ns}	۲/۱۵۵**	۴/۲۸۸$^{n.s}$
اولتراسونیک (F)	۴	۶/۵۹۳$^{n.s}$	۱۵۰۴/۱۴**	۲۷۴۸/۳۵**	۲/۷۶۴^{ns}	۵/۰۳۳**	۱۳۹/۰۷۷**
B* F	۸	۹/۳۴۶*	۳۷/۰۴^{ns}	۱۲۰/۷۲۲^{ns}	۸/۶۰۸^{ns}	۰/۱۸۳ ^{ns}	۵۱۱/۱۱ *
خطا	۲۸	۲/۴۷	۲۵/۷۵	۶۳/۲۹	۴/۷۳	۰/۳۸	۳/۶۱

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

جدول ۴-۲: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر چوب بلال	طول بلال	وزن چوب بلال	وزن کل دانه ها	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک	۲	۱/۲۵۴^{ns}	۳/۶۵	۱۹/۹۳۲	۱۰۵۰/۲۳	۶۷۷۳۴/۱۵	۱۱/۶۷۸	۳/۱۸۷
باکتری (B)	۲	۵/۹۴۱^{ns}	۱۱/۱۴^{ns}	۱۲/۸^{ns}	۲۸۳۵/۹۳^{ns}	۱۰۵۶۱/۷۵^{ns}	۳/۱۶۷ ^{ns}	۱/۴۸۲^{ns}
اولتراسونیک (F)	۴	۳/۷۸۵^{ns}	۱۷/۸۹۷^{ns}	۵۷/۰۷۶^{ns}	۵۰۵۵/۲۷*	۱۷۳۱۶۴/۵ *	۵۰/۱۴۵**	۱۳/۰۲*
B* F	۸	۴/۴۱^{ns}	۶/۴^{ns}	۲۲/۶۳۹^{ns}	۲۰۹۴/۷۵**	۵۶۷۹۳۷/۴^{ns}	۲۴/۲۷۹^{ns}	۱۰/۵۴*
خطا	۲۸	۲/۳۶	۱۱/۷۹	۳۲/۴۹	۱۴۰۸/۱۹	۵۵۲۷۹/۷۰	۳/۴۴	۱۱/۷۳

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

جدول ۴-۳: مقایسه میانگین صفات تحت تاثیر باکتری و اولتراسونیک

صفات / تیمار	قطر ساقه (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن بلال (g)	قطر بلال (mm)	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال
سودوموناس						
شاهد	۲۵/۴۵^{b}	۱۵۸/۸۰	۱۳۵/۴۶^{b}	۴۳/۹۳	۱۴/۲^{b}	۲۵/۸۶
توصیه شده	۲۵/۵۷^{b}	۱۶۰/۲۶	۱۴۳/۷۳^{a}	۴۳/۷۴	۱۴/۷۳^{a}	۲۶/۴۶
دوبرابر	۲۶/۸۶^{a}	۱۵۹/۰۶	۱۴۹/۴۰^{a}	۴۳/۷۸	۱۴/۹۳^{a}	۲۶/۹۳
اولتراسونیک						
شاهد	۲۴/۹۳^{b}	۱۳۷/۵۵^{d}	۱۱۷/۷۷^{d}	۴۲/۹۹	۱۴/۰۰^{c}	۲۰/۰۰^{d}
۲ دقیقه	۲۶/۱۴^{ab}	۱۵۸/۸۸^{c}	۱۳۶/۰۰^{c}	۴۳/۸۴	۱۴/۳۳^{bc}	۲۶/۱۱^{c}
۴ دقیقه	۲۵/۶۰^{b}	۱۶۷/۰۰^{ab}	۱۵۳/۶۶^{b}	۴۳/۶۸	۱۴/۶۶^{b}	۲۸/۳۳^{b}
۶ دقیقه	۲۷/۲۶^{a}	۱۷۰/۳۳^{a}	۱۶۳/۵۵^{a}	۴۴/۰۷	۱۵/۸۸^{a}	۳۰/۴۴^{a}
۸ دقیقه	۲۵/۸۶^{ab}	۱۶۳/۱۱^{bc}	۱۴۳/۳۳^{c}	۴۴/۵۰	۱۴/۲۲^{bc}	۲۷/۲۲^{bc}

*وجود یک حرف مشترک بین میانگین ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون LSD می باشد

جدول ۴-۴: مقایسه میانگین صفات تحت تاثیر باکتری و اولتراسونیک

صفات / تیمار	قطر چوب بلال (mm)	طول بلال (cm)	وزن چوب بلال (g)	وزن کل دانه ها (g)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	عملکرد دانه (ton/ha)
باکتری							
شاهد	۲۴/۹۳^{a}	۱۶/۹۸	۲۵/۹۳	۱۴۱/۲۸	۳۱۲۱/۸۷	۱۶/۶۸۲	۹/۴۵
توصیه شده	۲۳/۹۷^{b}	۱۸/۶۶	۲۶/۶۹	۱۶۶/۰۴	۳۱۱۷	۱۵/۷۷۳	۹/۹۷
دوبرابر	۲۳/۷۴^{ab}	۱۸/۱۶	۲۴/۸۵	۱۶۴/۰۲	۳۱۶۵/۲	۱۶/۱۱۲	۱۰/۰۱
اولتراسونیک							
شاهد	۲۳/۱۹^{b}	۱۷/۶۹	۲۵/۲۳^{ab}	۱۳۷/۴۶^{c}	۳۰۸۳/۷^{b}	۱۳/۰۷^{c}	۸/۳۰^{c}
۲ دقیقه	۲۳/۹۶^{ab}	۱۹/۰۵	۲۷/۸۰^{ab}	۱۳۸/۸۶^{c}	۲۹۷۶/۱^{b}	۱۵/۱۸^{bc}	۱۰/۲۳^{ab}
۴ دقیقه	۲۴/۷۷^{a}	۱۶/۸۲	۲۳/۵۴^{b}	۱۴۴/۳۷^{bc}	۳۱۳۱/۲^{ab}	۱۵/۵۹^{abc}	۸/۷۹^{bc}
۶ دقیقه	۲۴/۵۰^{ab}	۱۶/۴۲	۲۳/۴۹^{b}	۱۸۸/۸۰^{a}	۳۱۲۶/۱^{b}	۱۸/۷۷^{a}	۱۰/۹۵^{a}
۸ دقیقه	۲۴/۶۴^{ab}	۱۹/۷۰	۲۹/۰۵^{a}	۱۷۶/۱۱^{ab}	۳۳۵۶/۳^{a}	۱۸/۳۱^{ab}	۱۰/۸۰^{a}

*وجود یک حرف مشترک بین میانگین ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون LSD می باشد

جدول ۴-۵: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با باکتری و اولتراسونیک

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	پروتئین	کلروفیل
بلوک	۲	۰/۰۴۸	۲/۲۲	۶۰/۹۵
باکتری (B)	۲	۰/۰۲۲$^{n.s}$	۲/۸۰^{ns}	۱۰۴/۳۰*
اولتراسونیک (F)	۴	۰/۲۶۸**	۴۶/۹۸**	۱۱۶/۲۹**
B* F	۸	۰/۰۷۸ ^{ns}	۲۸/۷۷ ^{ns}	۸۶/۸۵**
خطا	۲۸	۰/۰۵	۱/۸۱	۲۵/۸۷

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

منابع مورد استفاده:

امام، ی. ۱۳۸۲. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۷۳ صفحه.

انصاری، ح. ۱۳۷۷. تاثیر تنش آبی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۵ صفحه.

بینا، ف.، رضایی، آ.، و آقایی زاده، م. ۱۳۸۷. برسی تأثیر امواج مافوق صوت بر فرآیند فیزیولوژی و مرفولوژی تنژیدن بذر. اولین همایش ملی زیست شناسی گیاهی.

پور صالح، م. ۱۳۷۳. غلات (گندم، جو، برنج، ذرت). انتشارات صفار، تهران. چاپ دوم. ۱۴۴ صفحه.

تاج بخش، م.و.، پور میرزا، ع.ا. ۱۳۸. زراعت غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی، ۳۱۵ صفحه.

حمیدی، آ.ا .، اصغرزاده، ر.، چوگان، م.، دهقان شعار، ح.، و قلالوند، ا. ۱۳۸۷ بررسی کاربرد کودهای ریزو باکتریایی فزاینده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی. مجله علوم محیطی، شماره ۴، صفحه ۲۰ .

خدابنده، ن. ۱۳۷۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران صفحه ۴۷-۱.

ذکی دیزجی، ح.، مینایی، س.، توکلی هشتجین، ت.، مختاری دیزجی، م.، و منتظر، ع. ۱۳۸۷. کیفیت سنج فراصوتی برای محصولات کشاورزی، مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران سال ۱۳۸۷، کرج، صفات مورد نظر رسیدگی و اندازه محصول.

سجادی، ع. ۱۳۷۴ . کشت ذرت، شرکت مهاب قدس، تهران.

سیفی، ح.، اردکانی، م.ر.، رجالی، ف.، و خودشناس، م.ع.، ۱۳۸۵. بررسی کارایی ازتو باکتر و میکوریزا تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در استان مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

سیادت، س.ع.، و شایگان، ع. ۱۳۷۳. مقایسه عملکرد و برخی صفات زراعی ارقام ذرت تابستانه درتاریخ کشت های مختلف . درخوزستان . مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۱۷ ، صفحات ۷۵ تا ۹۱.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آن ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه کودهای بیولوژیک شماره ۳۴ صفحه ۲۲.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۴. مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژی خاک. صفحه ۳۲-۵، مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (چاپ دوم با بازنگری بنیادی)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا.

عدالت پیشه، م،ر.، ۱۳۸۶. بررسی هیدرو ترمال پرایمینگ بذر و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص های فیزیولوژیک ارقام ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

قلاوند، ا.، حمیدی، م.، دهقان شعار، ج.، اصغر زاده، ا.، و چوگان، ر.، ۱۳۸۵. کاربرد کودهای زیستی، راهبردی بوم شناختی برای مدیریت پایدار بوم نظام های زراعی. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. مجموعه مقالات ۲۰۰-۲۲۴. انتشارات دانشگاه تهران سال ۱۳۸۶.

کریمی، ه. ۱۳۸۳ . گیاهان زراعی، صفحه ۷۵-۶۱ انتشارات دانشگاه تهران.

کوچکی، ع. ۱۳۶۴. زراعت در مناطق خشک (غلات و حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه ای). صفحه ۳۴-۱ انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۳. زراعت غلات. انتشارات نقش مهر. صفحه ۱۱۳.

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

مسکوکی، ع.م.، و مرتضوی، ع. ۱۳۸۰. تولید، تبدیل و توزیع زرشک بی دانه، انتشارات معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد صفحه ۴۵.

مؤدب شبستری، م.، و مجتهدی، م. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات مرکز دانشگاهی تهران، کل صفحات.

میر هادی، م.ج.، ۱۳۸۰. ذرت، نشر سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. کرج. کل صفحات.

نعیم، م.، ۱۳۵۸. ذرت، نشر نشاط، اصفهان، کل صفحات.

نور محمدی، ق.، سیادت، س.ع.، و کاشانی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحه ۴۴۶.

Alessi, J., and Power, F. 1975. Response of an early maturing corn hybrid of planting date and population in the northern plain. Agronomy Journal, 67:756-762.

Ashraf, M., and 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.

Atherton, J. G., and Farooque, A. M. 1983. High tempreture and germination in spinach. Effect of osmotic priming. Scientia Horticulture. 19: 221-227.

Banerjee, M., Yesmin, R. L., and Vessey, J. K. 2006. Plant-growth promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides., pp.137-181. in: Rai , M. k. (ed.), Handbook of microbial biofertilizers.Ed.,Rai, M., K., Food Production Press, U.S.A.

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

Berrie, A. M. M., and Drennan, D. S. H. 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. New Phytol. 70: 135-142.

Bingru, H., and Jinmin, F. 2000. Involvement of antioxidant and lipid peroxidation in the adoption of two cool- season grasses to localized drought stress. Anal Botany, 83:93-11.

Bocks Taller, C., and Giradin, P. 1994. Effect of seed size on maize from emergence to silking. Mayica, 39:213-218.

Bona, G.B. 1991. Density effect on size structure of annual plant populations, as indication of neighbourhood competition .Anal Botany, 68:341-347.

Bradford, K. J. 1996. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort. Sci. 21: 1105–1112.

Breitbach, M.D., Bathen, T., and Schmidt, F. 2002. Desorption of a fixed bed adsorber by ultrasound Ultrasonic. Anal Botany, 40:679 – 682.

Callan, N. W., and Mathre, D. E. 2000. Biopriming Seed Treatment. Encyclopedia of Plant Pathology. John Wiley and Sons, New York.

Canestrino, J. G., Rooney, K. R., and Walsh, J. F. 1998. Coated alfalfa seed establishment and yield trials in commercial fields in central Minnesota. In Proceedings of American Forage and Grassland Council, pp. 16-20.

Chang, S. M., and Sung, J. M. 1998. Deteriorative changes in primed shrunken-2 sweet corn seeds during strorageSeed Sci. Technol. 26pp. 613-626.

Chen, F., sun, Y., Zhao, G., Liao, X., Hu, X., Wu, J., and Wang, Z. 2006. Optimization of ultrasound – assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using HPLC–MS, Ultrasonics Sonochemistry. 14 (2007)767 – 778.

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

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

Chivasa, W., Harris, D., Chiduza, C., Nyamudeza, P., and Mashingaidze, A. B. 1998. Agronomic practices, major crops and farmers perceptions of the importance of good stand establishment in Musikavanhu Communal Area, Zimbabwe. J. Appl. Sci. Southern Africa. 4(2): 109-125.

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

Coupland, J., and Saggin, N.R. 2003. Ultrasonic sensors for the food industry. Advances in food and nut. Res. 45:102-166.

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

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

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and Yaacov Okon, Y. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Rev. Plant Sci. 22:107-149.

Egamberdiyeva, D.D., Juraeva, S., Poberejskaya, O., Myachina ,P., Teryuhova ,L., Seydalieva., Aliev, A. 2003. Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. 26th Southern Conservation Tillage Conference.

FAO. 2003. Food and Agriculture Organization of the United nations. Quaterly bulletin of statistics. Rome, Italy.

Farhudi, R. 2007. The effect of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus*) seedlings grown under saline conditions.Seed Sci & Technol. 35: 754-759.

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

Gan, Y., and Stabbe, E.H. 1995. Effect of variation in seed size and planting depth on emeregenceinfertile plants,and grain yield of corn. Canadian Journal of Plant Science, 75:560-565.

Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothkar, P., and Sodhi, P.S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in maize (*Zea mays*), rice (*Oryza sativa*) and chickpea (*Cicer arietinum*) in India using participatory methods. Ep. Agric. 35: 15-29.

Harris, D., Raghuwanshi, B.S., Gangwar, J.S., Singh, S.C., Joshi, K.D., Rashid, A., and Hollington, P.A. 2001. Participatory evaluation by farmers of 'on-farm' seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. Ep Agric. 37: 403–415.

Harris, D., Rashid, A., Ali, S., and Hollington, P. A. 2004. On-farm seed priming with maize in Pakistan. In: G. Srinivasan, P. H. Zaidi, B. M. Prasanna, F. Gonzalez and K. Lesnick, Editors, Proceedings of the 8th Asian Regional Maize Workshop: New Technologies for the New Millennium held Bangkok, Thailand CIMMYT, Mexico, D.F. August 5-8, 2002, pp. 316-324.

Harris, D., Rashid, A., Hollington, P.A., Jasi, L., and Riches, C. 2002. Prospects of improving maize yields with On-farm seed priming. In Sustainable Maize Production System for Nepal (N. P. Rajbhandari, J. K. Ransom, K. Adikhari, and A. F. E. Palmer, Eds.), pp. 180-185. Proceeding of a Maize Symposium, December 3-5, 2001, Kathmandu, Nepal. Kathmandu: NARC and CIMMYT.

Heydcker, W., and Gibbins, B. M. 1978. The priming of seeds. Acta Horticulture. 83: 213-215.

Horikawa, Y., and Ohtsuka, H. 1995a. Effects of coating adhesive on the inoculation of Rhizobium meliloti to alfalfa (Medicago sativa L.) seeds for nodulation and seedling growth. Grassland Sci. 41: 275-279.

Horikawa, Y., and Ohtsuka, H. 1995b. Storage conditions and nodule formation of coated alfalfa (Medicago sativa L.) seeds inoculated with Rhizobium meliloti. Grassland Sci. 42: 7-12.

Horikawa, Y., Iwabuchi, K., and Ohtsuka, H. 1996. Establishment and yield of alfalfa (Medicago sativa L.) sward using lime-coated seeds. Grassland Sci. 42: 211-215.

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

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

Jasi, L., Gatsi, T., Ellis-Jones, J., and Riches, C. 2000. Participatory paired-plot comparison of primed and non-primed maize seed in Zimutu and Mushagashe. In The Role of Small Dams in the Improvement of Rural Livelihoods in Semi-Arid Areas (J. Ellis-Jones and V. Zvarevashe, Eds.). CARE Stakeholder Workshop, Report IDG/00/18, Silsoe Research Institute, Bedford, UK.

Johnson, F., Karlen, L., Wilhelm, J.M., and David, T. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. Agron J. 99: 1665-1667.

Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y., and Henis, Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of com. Israel Journal of Botany , 31:247-255.

Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. In Horticultural Reviews (J. Janick, Ed.), Pp. 131-181. John Wiley and Sons, New York.

Khan, A. A., Tao, K. L., Knypl, J. S., Borkowska, B., and Powell, L. E. 1978. Osmotic conditioning of seeds: Physiological biochemical changes. Acta Hort. 83: 267-278.

Kloepper, J. W. 1993. Plant growth promoting rhizobacteria as biological control agents., pp: 255-274. in: Soil Microbiological ecology. Ed., Metting, F.B., Jr., Dekker, New York, USA.

Kloepper, J. W., Lifshitz, R., and Novacky, A. 1988. Pseudomonas inoculation to benefit plant production. Anim.Plant. Sci. 60-64.

Koocheki, A., Jami-al-ahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi, D. 2005. Ecologycal principles of agriculture. L. E. Powers- R. McSorley (translated). Shabak press.

Kordas, L. 2002. The effect of magnetic field on growth , development and the yield of spring wheat.Poblish Journal of Enviromental Studies.,11:527-530.

Lopez, P., Sa´nchez, A.C., Vercet, A., & Burgos, J. 1997. Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH. Zeitschrift fu¨ r lebensmitteluntersuchungund -forschung, 204: 146 150.

Main, M.A., and Nafziger, E.D. 1994. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. Crop Science, 34:169-171.

Manaffee, W.F., and Kloepper, J. W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. Pp:23-31. in: C. E. Pankburst, B. M. Doube, V.S. R. Gupta and P.R. Graceeds(eds), soil biota management in sustainable farming system. CSLRO, Pub. East Melbourne, Australia.

Mazur, M., and Ferance, P. 1994. The effect of size and shape of seeds on stand emergence in maize. Trnava Slovakia, 40:179-187.

Mead, R., and Riley, J. 1981. A review of statistical ideas relevant to intercropping research.J. R. Statististical.pp: 462-509.

Mizrach, A., Galili, N., Ganmor, S., Flitsanov,U., and Prigozin, I. 1996. Models of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf life. Journal of Agricultural Engineering Research, 65, 261–267.

Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L. J., and Whalley, W.R. 2004. Effect of on-farm seed priming on emergence, growth and yield of cotton and maize in a semi-arid area of Zimbabve. Exp. Agric. 40: 23-36.

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part 1. Chemical and microbiological properties. 2nd Edition. Madison. WI. USA. pp.903-947.

Pill, W.G., and Necker, A.D. 2001. The effect of seed treatment on germination and establishment of kentacky bluegrass (*Poa partensis* L.). Seed Sci. Technool. 29: 65-72.

Poehlman, J.M. 1995. Breeding Field Crops. Henry Holt Company, Inc. New York, 427p.

Poldlensy, D., Pietruszewski, S,. and Poldensa, A. 2005. Influence of magnetic stimulation of seeds on the formation of morphological features and yielding of the pea.19.

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.

Ramamurthy, V., Gajbhiye, K.S., Venugopalan, M.V., and Parhad, V.N. 2005. On-farm evaluation of seed priming technology in sorchum (*Sorghum bicolor* L.). 38(1): 34-41.

Ritchie, J. T. 1973. In flunce of sof soil water status and meteorologyical conditions on era poration from a corn canopy. Agron.65: 83-897.

Rodríguez, H., Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotech Adv.17:319–339.

Saglam, S., Day, S., Kaya, G., and Gurbuz, A. 2010. Hydropriming Increases Germination of Lentil (*Lens culinaris Medik*.) under Water Stress. Not Sci Biol 2 (2), 103-106.

Sala, F.j., and Borgos, J. 1996. Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: Gold GW(ed). In New Methods of Food Perseveration. An Aspen Publication; 176-202.

Salim, M.S., Hossain, M., Mamun, A.A., and Sidiqu, M.A. 1985. Yield of maize as affected by seed size and depth of planting .Journal of Agricultural Research, 10:136-141.

Savage, W.E., Dent, K.C., and Clark, L.J. 2004. Soak condition and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak). Field Crop Res. 90: 361-374.

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

ShafiurRahman, M. 2000. Light and sound in food preservation. Horticulture and food research. J. Institute of New Zealand, 3: 669-685

Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas spp.* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil. Biol. Biochem. 38: 2971-2975.

Sharafi, S., Gholipoo, M., Ghassemi, S., and Sharafi. A. 2006. Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. African Journal(publishing).

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India

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

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

Smith, V. L. 1996. Enhancement of snap bean emergence by Gliocladium virens. Hort Science. 31: 984-985.

Sturz, A.V., and B.R. Christie. 2003. Beneficial microbial alleloplathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil Tillage Res. 72: 107-123.

Suslick, K.S., (Ed.) 1988. Ultrasound: Its physical, chemical and biological effects, VCH, New York.

Suslick, K.S. 1990. Sonochemistry Science. 247:1439-1445.

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

Tollenaar, M., and Dwyer, L. 1999. Physiology of maile. In: D.L. Smith and C. Hamel (Eds).Crop Yield, Physiology and Processes. Springer-Verlag, pp.169-204.

Turan, M., Ataoglu, N., and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. Sus Agric. 28: 99-108.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil. 255: 271-586.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., and Bates, D. 2007. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9(2008)161–169

Warren, J.E., and M.A. Bennett. 1997. Seed hydration using the drum priming system. Hort. Sci. 32: 1220-1221.

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

Zahir, A. Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81:97-168.

Effect of ultrasonic waves and *Pseudomonas* bacteria on growth and yield of corn

Abstract

The aim of this experiment was to study the effect of ultrasonic waves and pseudomonas bacteria effect on growth and yield of corn. The experimental design was factorial in the base on randomized complete blocks design with three replications. Treatments consisted of factorial arrangement of ultrasonic waves, in five levels zero exposure including (F1), 2 (F2), 4 (F3), 6 (F4) and 8 minutes (F5) in and three levels of pseudomonas inoculation, including control (B1), recommended a mount of inoculation (B2) and twice recommended inoculation (B3). Results showed that inoculation of pseudomonas bacteria increased stem diameter, plant height, ear weight and grain row number per ear as compared to controls. Ultrasonic waves increased plant height, ear weight, row number on ear, grain row number per ear, total grain weight, weight of 1000 grains and grain and biological yield. Also the interaction of pseudomonas bacteria and ultrasonic waves was significant for on stem diameter, grain row number per ear, weight of 1000 grains and grain yield were significant. It was concluded that 4 minutes exposure to ultrasonic waves can increase the growth and yield of corn.

Keywords: Ultrasonic, pseudomonas, Corn

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

Effect of ultrasonic waves and *Pseudomonas* bacteria on growth and yield of corn (*Zea maize* L.)

Saeed Rajabian

Supervisor:

Dr. M. Gholipoor

Advisor:

Dr. H. Abasdokht

2013