

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده مهندسی آب و خاک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته  
مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

## بررسی اثر دمای هوا و رطوبت نهایی شلتوک بر کیفیت تبدیل ارقام مختلف برنج در خشک کن بستر سیال

پژوهش و نگارش:

مهدی خدادادی

استاد راهنما:

دکتر محمدهاشم رحمتی

اساتید مشاور:

دکتر محمدرضا علیزاده

دکتر عباس رضایی اصل

تابستان ۱۳۹۲



## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار تحقیق نظری تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

- ۱- قبل از چاپ تحقیق نظری خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲- قبل از چاپ تحقیق نظری در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳- انتشار نتایج تحقیق نظری باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب مهدی خدادادی دانشجوی رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء



تقدیم به

مهربان فرشتگانی که محظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت

رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست

تقدیم به خانواده عزیزم.





## مشکر و قدردانی

مشکر شایان نثار ایندمنان که توفیق رارفق را بهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر محمد هاشم رحمتی که به عنوان استاد راهنما همواره اینجانب را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم از اساتید مشاورم دکتر محمد رضا علینژاده و دکتر عباس رضایی اصل که در طول انجام این پژوهش همواره با روئی گشاده پذیرای بنده بودند و از بهنگامی و مشاورت ایشان بهره برده ام صمیمانه قدردانی می نمایم. و با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر ابراهیم اسماعیل زاده که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه گشای اینجانب در اتمام و تکمال پایان نامه بوده است. از داور محترم و نماینده تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر محسن آزاد بخت که زحمت بازخوانی این پایان نامه و مدیریت جلسه دفاع را تقبل نمودند و بار اینجانبی های ارزنده شان در ارائه هر چه بهترین تحقیق یاریم نموده اند کمال تشکر را دارم.

از سایر اساتید گروه مکانیک ماشین های کشاورزی و کارشناس گروه جناب آقای مهندس نورقلی پور که در تمامی مراحل انجام پایان نامه اینجانب را همراهی کردند تشکر می نمایم.

از دوست عزیز و گرامی جناب آقای مهندس رضا ترخانی که در تمام مراحل انجام پایان نامه این جانب را یاری نمودند، دکتر اسماعیل شیدانی، مهندس مصطفی قلی پور، مهندس اسماعیل حلیمی، دکتر فرزادالدین صالحی و مهندس عباد امیری به خاطر راهنمایی های ارزنده شان کمال تشکر را دارم.



## چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر پارامترهای دمای هوای ورودی به خشک‌کن، رطوبت نهایی دانه و نوع رقم بر کیفیت خواص تبدیلی برنج (درجه سفیدی، درصد شکستگی، ضریب تبدیل، درصد ترک و زمان خشک شدن)، بر روی یک دستگاه خشک‌کن بستر سیال مجهز به سامانه تنظیم دما انجام شد. پارامتر دمای هوای ورودی در چهار سطح ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نهایی در سه سطح ۸-۱۰، ۱۰-۱۲ و ۱۲-۱۴ درصد بر مبنای خشک و نوع برنج در سه سطح طارم دم‌سیاه، هاشمی و شیروودی در نظر گرفته و آزمایشات در سه تکرار و در قالب طرح فاکتوریل سه فاکتوره  $4 \times 3 \times 3$  انجام شد. نتایج نشان داد که درجه سفیدی رقم شیروودی در دماهای مختلف نسبت به دو رقم دیگر بیشتر است و برای رقم طارم افزایش رطوبت باعث افزایش درجه سفیدی می‌شود. درحالی که برای ارقام هاشمی و شیروودی تنها با افزایش رطوبت از ۸-۱۰ درصد به ۱۰-۱۲ درصد شاهد افزایش درجه سفیدی هستیم. متوسط درجه سفیدی در رطوبت ۸-۱۰ درصد کمتر از درجه سفیدی در دو سطح رطوبتی دیگر است. متوسط زمان خشک شدن نمونه‌ها برای رسیدن به سطوح رطوبتی مختلف با افزایش دما و رطوبت، کاهش می‌یابد همچنین زمان لازم برای خشک شدن رقم شیروودی بیشترین مقدار است. رقم هاشمی در هر چهار دما و هر سه سطح رطوبتی کمترین میزان شکستگی را دارد همچنین ارقام طارم و هاشمی در دمای  $55^{\circ}\text{C}$  بیشترین و در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  کمترین و رقم شیروودی در دمای  $55^{\circ}\text{C}$  کمترین و در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  بیشترین میزان شکستگی را دارا می‌باشند. درصد شکستگی رقم هاشمی با افزایش رطوبت از ۱۰-۱۲ درصد به ۱۲-۱۴ درصد افزایش می‌یابد. دما اثری بر ضریب تبدیل نداشته با افزایش رطوبت در هر چهار سطح دمایی ضریب تبدیل کاهش می‌یابد. همچنین ضریب تبدیل رقم هاشمی در هر سه سطح رطوبتی و هر چهار سطح دمایی بیشترین مقدار و ضریب تبدیل رقم شیروودی کمترین مقدار است. کمترین میزان ترک در بین چهار سطح دمایی مربوط به رقم هاشمی و بیشترین مقدار آن مربوط به رقم شیروودی است. درصد ترک رقم شیروودی در تمام رطوبت‌ها بیشترین مقدار و برای رقم هاشمی کمترین مقدار است و رطوبت اثری بر میزان درصد ترک ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** بستر سیال، درجه سفیدی برنج، درصد شکستگی، ضریب تبدیل برنج، درصد ترک



فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه .....
۴	۲-۱- فرضیه‌ها .....
۴	۳-۱- اهداف .....
۴	۴-۱- پیشینه تحقیق و سابقه کشت .....
۴	۵-۱- سابقه برنج کاری در ایران .....
۵	۶-۱- ویژگی‌های زراعی برنج .....
۵	۷-۱- اجزای تشکیل دهنده دانه برنج .....
۵	۱-۷-۱- ریشک .....
۶	۲-۷-۱- پوسته .....
۶	۳-۷-۱- سیوس .....
۶	۴-۷-۱- آندوسپرم برنج .....
۶	۵-۷-۱- بافت نشاسته دانه برنج .....
۶	۶-۷-۱- جنین .....
۶	۸-۱- ترکیبات دانه برنج .....
۷	۱-۸-۱- نشاسته .....
۷	۲-۸-۱- پروتئین .....
۷	۳-۸-۱- چربی .....
۷	۴-۸-۱- ویتامین .....
۷	۵-۸-۱- مواد معدنی .....
۸	۹-۱- طبقه بندی ارقام مختلف برنج از نظر تیپ اقلیمی .....
۸	۱-۹-۱- نوع ایندیکا .....

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۹-۲- نوع ژاپونیکا.....	۸
۱-۹-۳- نوع جاوانیکا.....	۸
۱-۱۰- طبقه‌بندی واریته برنج از طرف سازمان خوارو بار کشاورزی (FAO).....	۸
۱-۱۱- تقسیم بندی برنج‌های ایران از نظر مشخصات ظاهری.....	۹
۱-۱۱-۱- برنج‌های دانه بلند.....	۹
۱-۱۱-۲- برنج‌های دانه متوسط.....	۹
۱-۱۱-۳- برنج‌های دانه کوتاه.....	۹
۱-۱۱-۴- ارقام پرمحصول.....	۹
۱-۱۲- مراحل تولید برنج.....	۱۰
۱-۱۲-۱- کاشت برنج.....	۱۰
۱-۱۲-۱-۱- تهیه بذر برای کشت در خزانه.....	۱۱
۱-۱۲-۱-۲- عملیات تهیه خزانه.....	۱۱
۱-۱۲-۱-۳- عملیات کاشت در زمین اصلی.....	۱۲
۱-۱۲-۲- داشت برنج.....	۱۲
۱-۱۲-۳- برداشت برنج.....	۱۲
۱-۱۲-۴- عملیات بعد از برداشت برنج.....	۱۳
۱-۱۲-۴-۱- خشک کردن برنج.....	۱۳
۱-۱۲-۴-۲- پوست کنی برنج.....	۱۳
۱-۱۲-۴-۳- سفید کردن برنج.....	۱۳
۱-۱۳- لزوم انجام مرحله خشک کردن برنج.....	۱۴
۱-۱۴- آشنایی با فرآیند شناور سازی.....	۱۴
۱-۱۵- خشک‌کن‌های بستر سیال.....	۱۵
۱-۱۵-۱- مزایا و معایب بستر سیال.....	۱۶

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱۶	۱-۱۵-۲- تأثیر پارامترهای مختلف بر روی خشک کردن بستر سیال.....
۱۶	۱-۱۵-۱-۲- ارتفاع بستر.....
۱۷	۱-۱۵-۲-۲- اندازه ذرات.....
۱۷	۱-۱۵-۲-۳- سرعت گاز.....
۱۷	۱-۱۵-۲-۴- دمای بستر.....
۱۷	۱-۱۶- اصطلاحات مربوط به خشک کردن.....
۱۷	۱-۱۶-۱- میزان رطوبت.....
۱۸	۱-۱۶-۲- مقدار رطوبت تعادلی (e.m.c).....
۱۸	۱-۱۶-۳- مقدار رطوبت بحرانی (c.m.c).....
۱۹	۱-۱۶-۴- مقدار رطوبت بیشینه.....
۱۹	۱-۱۶-۵- مقدار رطوبت اولیه.....

### فصل دوم: مرور منابع

۲۲	۱-۲- مرور منابع درزمینه خشک کردن و بررسی خواص تبدیلی برنج.....
۲۵	۲-۲- جمع بندی کلی.....

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

۲۸	۱-۳- دستگاه خشک‌کن بستر سیال.....
۲۹	۱-۳-۱- المنت حرارتی.....
۲۹	۱-۳-۲- دمنده.....
۳۰	۱-۳-۳- حسگر دما.....
۳۰	۲-۳- تهیه نمونه‌ها.....

## فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

۳۰	۳-۲-۱- ارقام مورد آزمایش .....
۳۱	۳-۲-۲- انجام آزمایشات .....
۳۱	۳-۳- ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی برنج تبدیل شده .....
۳۳	۳-۳-۱- ضریب تبدیل .....
۳۳	۳-۳-۲- درجه سفیدی .....
۳۴	۳-۳-۳- درصد شکستگی .....
۳۴	۳-۳-۴- درصد ترک .....
۳۵	۳-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها .....

### فصل چهار: نتایج و بحث

۳۸	۴-۱- اثر عوامل مختلف (دما و رطوبت نهایی) بر درجه سفیدی ارقام برنج .....
۴۶	۴-۲- اثر عوامل مختلف (دما و رطوبت نهایی) بر درصد شکستگی ارقام برنج .....
۵۲	۴-۳- اثر عوامل مختلف (دما و رطوبت نهایی) بر ضریب تبدیل ارقام برنج .....
۵۷	۴-۴- اثر عوامل مختلف (دما و رطوبت نهایی) بر درصد ترک ارقام برنج .....
۶۴	۴-۵- اثر عوامل مختلف (دما، رقم و رطوبت نهایی) بر زمان خشک شدن ارقام برنج .....

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷۲	۵-۱- نتیجه‌گیری .....
۷۴	۵-۲- پیشنهادات .....
۷۶	فهرست منابع .....



## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۴-۱- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر ارقام برنج، دما و رطوبت نهایی بر میزان پارامتر درجه سفیدی.....	۳۸
جدول ۴-۲- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در دما و آزمون دانکن مربوط به درجه سفیدی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۳۹
جدول ۴-۳- برش‌دهی اثرات متقابل رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به درجه سفیدی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۴۱
جدول ۴-۴- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به درجه سفیدی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۴۳
جدول ۴-۵- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به درجه سفیدی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۴۵
جدول ۴-۶- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر ارقام برنج، دما و رطوبت نهایی بر میزان درصد شکستگی.....	۴۶
جدول ۴-۷- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در دما و آزمون دانکن مربوط به درصد شکستگی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۴۷
جدول ۴-۸- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به درصد شکستگی (میانگین $\pm$ اشتباه معیار).....	۴۹
جدول ۴-۹- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به درصد شکستگی (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۵۱
جدول ۴-۱۰- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر ارقام برنج، دما و رطوبت نهایی بر میزان ضریب تبدیل.....	۵۲
جدول ۴-۱۱- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در دما و آزمون دانکن مربوط به ضریب تبدیل (میانگین $\pm$ اشتباه معیار).....	۵۳

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱۲- برش‌دهی اثرات متقابل رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به ضریب تبدیل (میانگین $\pm$ اشتباه معیار).....	۵۵
جدول ۴-۱۳- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به ضریب تبدیل (میانگین $\pm$ اشتباه معیار).....	۵۷
جدول ۴-۱۴- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر ارقام برنج، دما و رطوبت نهایی بر میزان درصد ترک.....	۵۸
جدول ۴-۱۵- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در دما و آزمون دانکن مربوط به درصد ترک (میانگین $\pm$ اشتباه معیار).....	۵۹
جدول ۴-۱۶- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به ضریب تبدیل (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۶۱
جدول ۴-۱۷- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به درصد ترک (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۶۳
جدول ۴-۱۸- نتایج آنالیز واریانس سه طرفه مربوط به اثر ارقام برنج، دما و رطوبت نهایی بر زمان خشک شدن.....	۶۴
جدول ۴-۱۹- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در دما و آزمون دانکن مربوط به زمان خشک شدن (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۶۵
جدول ۴-۲۰- برش‌دهی اثرات متقابل دما در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به زمان خشک شدن (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۶۷
جدول ۴-۲۱- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت و آزمون دانکن مربوط به زمان خشک شدن (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۶۸
جدول ۴-۲۲- برش‌دهی اثرات متقابل رقم در رطوبت در دما و آزمون دانکن مربوط به زمان خشک شدن (میانگین $\pm$ انحراف معیار).....	۷۰

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

شکل ۳-۱- دستگاه خشک‌کن بستر سیال.....	۲۸
شکل ۳-۲- المنت حرارتی.....	۲۹
شکل ۳-۳- حسگر دما.....	۳۰
شکل ۳-۴- دستگاه پوست کن برنج.....	۳۲
شکل ۳-۵- دستگاه سفید کن برنج.....	۳۲
شکل ۳-۶- الک دوار.....	۳۳
شکل ۳-۷- دستگاه ترک بین.....	۳۴
شکل ۴-۱- نمودار درجه سفیدی در دماهای مختلف برای ارقام طارم، هاشمی و شیروودی.....	۴۰
شکل ۴-۲- نمودار متوسط درجه سفیدی در رطوبت‌های مختلف برای دماهای مختلف.....	۴۲
شکل ۴-۳- نمودار درجه سفیدی در سطوح رطوبتی مختلف برای ارقام طارم، هاشمی و شیروودی..	۴۴
شکل ۴-۴- نمودار متوسط درصد شکستگی در دماهای مختلف برای ارقام مختلف.....	۴۸
شکل ۴-۵- نمودار متوسط درصد شکستگی در رطوبت‌های مختلف برای ارقام مختلف.....	۵۰
شکل ۴-۶- نمودار متوسط ضریب تبدیل در دماهای مختلف برای ارقام مختلف.....	۵۴
شکل ۴-۷- نمودار متوسط ضریب تبدیل در رطوبت‌های مختلف برای دماهای مختلف.....	۵۵
شکل ۴-۸- نمودار متوسط ضریب تبدیل در رطوبت‌های مختلف برای ارقام مختلف.....	۵۶
شکل ۴-۹- نمودار متوسط درصد ترک در دماهای مختلف برای ارقام مختلف.....	۶۰
شکل ۴-۱۰- نمودار متوسط درصد ترک در رطوبت‌های مختلف برای ارقام مختلف.....	۶۲
شکل ۴-۱۱- نمودار متوسط زمان خشک شدن در دماهای مختلف برای ارقام مختلف.....	۶۶
شکل ۴-۱۲- نمودار متوسط زمان خشک شدن در رطوبت‌های مختلف برای دماهای مختلف.....	۶۷
شکل ۴-۱۳- نمودار متوسط زمان خشک شدن در رطوبت‌های مختلف برای ارقام مختلف.....	۶۹

