

تأثیر خشک کردن بر قوه‌ی نامیه بذر ذرت

حسین جرگون تیلکی^۱، بهمن نجفی^{۲*}، زرغام فاضل نیاری^۲، ترحم مصری گندشمین^۴، سیدرضا طباطبایی کلور^۵

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشجوی دکتری، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۴. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۵. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۳/۲۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۴/۱۱)

چکیده

خشک کردن می‌تواند طول عمر بذر را افزایش دهد. فرآیند خشک کردن یک گام مهم در تولید بذر است و یکی از علل شایع آسیب بذر و از دست رفتن قوه‌ی نامیه می‌باشد. موضوع این مطالعه، تعیین عوامل موثر خشک شدن بذر ذرت بر کیفیت بذر (درصد قوه نامیه) می‌باشد. بذرها در سه دمای (۳۳، ۳۸ و ۴۳°C) و سه سطح جریان هوای ورودی به خشک‌کن (۰/۰۴۵، ۰/۰۹ و ۰/۱۳۵ m³/s) خشک شدند. بعد از اینکه بذرها کاملاً خشک شدند، آزمون جوانه‌زنی بذرها بلافاصله بعد از خشک شدن و ۶ ماه بعد از آن، انجام گرفت. نتایج نشان داد که آسیب دیدن جنین داخل بذر، بلافاصله بعد از عملیات خشک کردن، مشخص نمی‌شود. در هر دو مرحله‌ی آزمون، تاثیر دمای خشک‌کن بر میزان جوانه‌زنی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی تاثیر جریان هوای خشک‌کن، در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. بهترین شرایط جوانه‌زنی در دمای ۳۸°C و جریان هوای ۰/۰۹ m³/s با مدت زمان ۱۴۱ دقیقه و کمترین مقدار انرژی مصرفی اتفاق افتاد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، بذر ذرت، جوانه زنی

مقدمه

در عصر حاضر یکی از راهکارهای افزایش عمر مفید محصولات کشاورزی، خشک کردن می‌باشد. خشک کردن شاخص‌ترین و قدیمی‌ترین روش فرآوری و نگهداری محصولات کشاورزی است. در طی فرآیند خشک شدن قسمتی از رطوبت محصول، از آن خارج شدن می‌شود (Mesgari et al., 2013). کاهش میزان رطوبت محصول باعث کاهش سرعت فعل و انفعالات شیمیایی شده و در نتیجه می‌توان محصول کشاورزی را برای مدت طولانی انبار و نگهداری کرد (Goksu et al., 2005). دوره ذخیره و انبار، محصولات کشاورزی (دانه‌ها) اساساً به دو عامل فیزیکی دما و مقدار رطوبت، بستگی دارد. با کاهش دما و رطوبت، زمان انبار دانه‌ها را می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (Jayas et al., 2005).

در عملیات خشک کردن، هوای گرم از روی محصول، عبور داده می‌شود. هوای گرم، ظرفیت جذب آب بالایی داشته و موجب انتقال جرم (آب) از محصول می‌شود. (Hollick, 1999) یکی از مهمترین محصولات کشاورزی که باید خشک شده و به مدت طولانی در انبار نگهداری شوند، بذرهای غلات

می‌باشند. قوه نامیه بذر این محصولات بایستی تا زمان کاشت، محفوظ بماند. قوه‌ی نامیه (Viability) و بنیه‌ی (Vigour) بذر از صفات مهم در ارزیابی کیفیت بذر می‌باشند (Copeland and Harrington, 1972; McDonald, 1995). برای نگهداری بذور برداشت شده لازم است تا رطوبت آنها به زیر ۱۴٪ برسد در غیر این صورت امکان انبارداری وجود ندارد (Kianmehr et al., 2007).

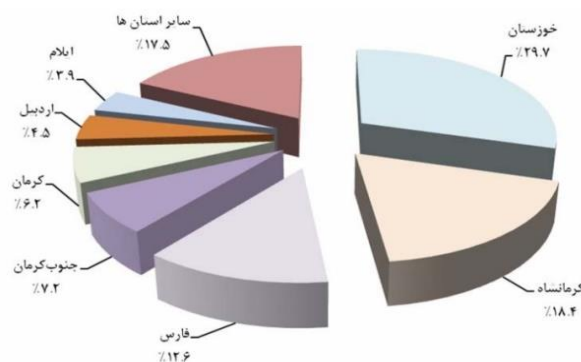
تحقیقات نشان می‌دهد که دما و رطوبت بذر از مهمترین عوامل موثر بر کیفیت بذر در طی انبارداری می‌باشند. (Krishnan et al., 2003; Ellis et al., 1988; Chen, 2003) به ازای هر ۳ درصد کاهش رطوبت بذر، عمر بذر دو برابر می‌شود. همچنین در تجارت بذر، مقدار رطوبت بذر از مهمترین عامل تأثیرگذار در خرید و فروش بذر می‌باشد. (Ghaderi-Far et al., 2011; Harrington, 1972).

بذر اساس تولید محصولات زراعی است و به عنوان اولین نهاده مصرفی در انتقال صفات ژنتیکی محصول دارای نقش غیر قابل انکاری است. بدون استفاده از بذر خوب، نمی‌توان به حداکثر عملکرد محصول دست یافت. بذر تنها نهاده‌ی کشاورزی است که بدون صرف هزینه‌های اضافی می‌تواند در افزایش عملکرد محصول، نقش مهمی داشته باشد. عوامل مختلفی بر طول عمر بذر تأثیر دارند که شناسایی آنها، در مدیریت بهینه‌ی انبار بذر

* نویسنده مسئول: najafib@uma.ac.ir

اهمیت دارد.

(Copeland and McDonald, 1995 ; Jastice and Bass, 1976). سالانه به طور متوسط ۱۷/۵۵ میلیون تن غلات در کشور تولید می‌شود (آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی، ۹۳-۱۳۹۲)، که ۱/۶۷ میلیون تن آن ذرت دانه‌ای می‌باشد. میزان بذر ذرت تولید شده در سال ۱۳۹۲ معادل ۲۴ هزار تن می‌باشد که حدود ۸۵ درصد آن در استان اردبیل (مغان) تولید شده است. ذرت گیاهی است یکساله از خانواده غلات و از جنس *Zea mays L*، اگر چه همه انواع ذرت از یک گونه مشابه هستند، ولی در بافت، شکل، اندازه و رنگ دانه بسیار متفاوت هستند. در کشور ایران، میزان تولید ذرت دانه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در حدود ۱/۶۶ میلیون تن برآورد شده است. استان‌های خوزستان با ۲۹/۷، کرمانشاه با ۱۸/۴، فارس با ۱۲/۶، جنوب استان کرمان با ۷/۲، کرمان با ۶/۲ و اردبیل با ۴/۵ درصد به ترتیب، بیشترین سهم مقدار ذرت دانه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۱ درصد توزیع میزان تولید محصول ذرت دانه‌ای در استان‌های کشور سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد.



شکل ۱. میزان تولید ذرت دانه‌ای در ایران (۹۳-۱۳۹۲)

در فرآیند خشک کردن دانه بذر ذرت، تلفات زمانی و مصرف انرژی زیاد است و دانه‌های ترک‌دار، جوانه نمی‌زنند یا دچار بدسبزی می‌شوند (Gazor and Adelzadeh, 2009). در تحقیقی (McCloy et al., 2009)، تاثیر دمای خشک کردن بر جوانه‌زنی نخود فرنگی با رطوبت اولیه ۲۲ و ۳۰ درصد بررسی کردند، نتایج نشان داد که هیچ اثر مخربی در جوانه‌زنی دانه‌ها با دمای خشک کردن 125°C مشاهده نمی‌شود ولی در 150°C درصد جوانه‌زنی به شدت کاهش می‌یابد. در گزارش دیگری، مشخص شد که خشک شدن لوبیا در تا دمای 60°C تاثیر کمی در جوانه‌زنی بذرها دارد اما در دماهای بالای 70°C به شدت، جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Mokshin and

Silchenko, 1962). همچنین، در تحقیقی (Hall 1956) خشک کردن بذر چغندر قند را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که اگر این دانه‌ها بیش از یک ساعت در معرض گرما قرار گیرند، جنین داخل آنها آسیب خواهند دید و دمای خشک کردن نباید از 110°C بیشتر باشد. در تحقیقی (Kreyger 1958) نشان داد که اگر در مرحله خشک کردن، دانه‌های غلات بیش از ۳-۴ ساعت در دمای 40°C قرار بگیرند، هیچ‌گونه کاهش در ظرفیت جوانه‌زنی ایجاد نمی‌شود. این در حالی است که درجه حرارت بالاتر از 60°C اثر تخریبی دارد. ولی بعضی از دانه‌ها، مانند دانه‌های بذر چغندر قند و لوبیا تا دمای 50°C نیز می‌توانند قوه‌ی نامیه خود را حفظ نمایند. با وجود معلوم بود اثر تخریبی دماهای بالا بر جوانه‌زنی بذرها، آسیب وارد شده به قوه نامیه بذر بلافاصله پس از عملیات خشک کردن قابل مشاهده نیست. آسیب وارد شده به جنین داخل بذر به صورت ترک‌های کوچک میکروسکوپی به وجود می‌آیند که این ترک‌ها، بلافاصله اثر تخریبی خود را نشان نمی‌دهند و پس از گذشت مدت زمانی، موجب فاسد شدن جنین داخل بذر و از دست رفتن قوه نامیه بذر می‌شود.

در این تحقیق برای اولین بار اثر تخریبی دما و جریان هوا در خشک کن، بر روی قوه‌ی نامیه بذر پس از یک دوره‌ی زمانی انبارداری، مورد مطالعه قرار گرفته است. خشک شدن بذرها به عوامل مختلفی از جمله: نوع بذر، رطوبت اولیه بذر، رطوبت نهایی بذر، رطوبت نسبی هوای خشک کننده، سرعت عبور هوا از روی محصول و دمای هوای خشک‌کننده بستگی دارد (Mesgari et al., 2013).

در حال حاضر در کشور ایران، اکثر بذرهای ذرت تولید شده با استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی خشک می‌شوند. از آنجایی که در فصل برداشت ذرت بذری با توجه به حجم انبوه محصول، برای کاهش زمان خشک کردن، دما و سرعت فرآیند خشک شدن را افزایش می‌دهند. این در حالی است که استفاده از دما و سرعت بالای هوای ورودی به خشک‌کن، ممکن است زمان خشک کردن را کاهش دهد ولی در عوض اثرات مخربی بر کیفیت بذر داشته و بر قوه نامیه آن آسیب می‌زند. با توجه به اینکه قوه نامیه بذر بلافاصله پس از عملیات خشک کردن اندازه گیری و گزارش می‌شود ولی کشاورزان پس از یک دوره‌ی انبارداری، این بذور را کشت می‌کنند؛ به دلیل فاسد شدن جنین داخل بذر (در اثر شرایط سخت خشک کردن)، عملکرد مناسبی را از زمین زراعی به دست نمی‌آورند که خود عامل اختلافی بین تولید کنندگان بذور ذرت و کشاورزان است. لذا ضروری می‌باشد تا قوه نامیه‌ی بذور پس از یک دوره‌ی انبارداری مورد بررسی

محفظه خشک‌کن، محفظه دمنده، شاسی، درب خشک‌کن و سینی محصولات بود.

جریان هوا در یک مسیر افقی ایجاد شده و توسط المنت‌های حرارتی گرم می‌شود و سپس ۹۰ درجه تغییر جهت داده و به سمت بالا هدایت می‌شود. در مسیر جریان عمودی، سیستم یکنواخت کننده‌ای وجود داشت که دقیقاً سرعت و دمای هوا را یکنواخت می‌کرد. پس از یکنواخت کننده جریان هوا، سینی خشک‌کن قرار داشت. سرعت‌سنج، سرعت جریان هوای ورودی و ترموکوپل، در کنار سینی تعبیه شده بود. سینی خشک‌کن، توسط یک اهرم‌بندی ساده به یک ترازوی دقیق متصل شده بود که تغییرات وزن محصول را در حین خشک شدن و به صورت بلادرنگ اندازه‌گیری می‌کرد. تصویر خشک‌کن عمودی بستر سیال و مجموعه اندازه‌گیری در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲. خشک‌کن عمودی بستر سیال

دمای محفظه خشک‌کن توسط یک ترمومتر دیجیتال SAMWON مدل SU-105IP ساخت کشور کره با دقت $\pm 0.5\%$ اندازه‌گیری شد. رطوبت نسبی هوا نیز، توسط رطوبت‌سنج دیجیتال نوع SAMWOM مدل SU-503B، ساخت کشور کره جنوبی با دقت $\pm 3\%$ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سرعت باد از یک سرعت‌سنج باد پره‌ای از نوع PROVA مدل AVM-303 ساخت کشور تایوان استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن دانه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ± 0.1 گرم استفاده شد.

برای تنظیم دقیق دما در حالت‌های مختلف آزمون، از یک مقاومت متغیر AC مدل Gold Star با توان ۵۰۰۰ VA استفاده شد. برای تنظیم سرعت دورانی دمنده‌ی هوا، از یک اینورتر HYUNDAI، مدل N50-015 SF ساخت کشور کره با توان kW ۱/۵ و با حساسیت ۰/۰۱ هرتز استفاده شد. برای محاسبه انرژی

قرار گیرد و شرایط مناسب و بهینه برای خشک کردن بذر ذرت، با هدف حفظ حفظ قوه نامیه‌ی بذر تعیین شود.

هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر دما و جریان هوای خشک‌کن بر قوه نامیه بذر ذرت در دو مقطع زمانی بلافاصله پس از خشک شدن (مرحله اول) و ۶ ماه پس از خشک شدن (مرحله دوم) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر جریان عبور هوا از روی محصول و دمای هوای خشک‌کننده بر روی قوه نامیه بذر ذرت بررسی شده است. بذر ذرت از رقم Single Cross 704 بود که از مزارع کشت و صنعت مغان، تهیه شد. به منظور تعیین درصد رطوبت اولیه بذر، ابتدا به طور تصادفی ۱۰۰ گرم از دانه ذرت انتخاب و در داخل آون (مدل OD 53) در دمای 103°C به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند (ISTA., 2009) و سپس مقدار رطوبت مبنای تر تعیین شد (Ghaderi-Far and Soltani, 2010). رطوبت اولیه دانه ذرت بر پایه‌ی $17/5\%$ به دست آمد. آزمون‌های تعیین قوه نامیه بذر ذرت در ۹ تیمار، سه سطح دمایی ۳۳، ۳۸ و 43°C و ۴۳ و سه سطح جریان هوای ورودی ۰/۰۴۵، ۰/۰۹ و $0.135\text{m}^3/\text{s}$ انجام شد و برای بررسی تکرارپذیری، هر یک از آزمون‌ها ۵ تکرار انجام شدند.

جدول ۱. تیمارهای آزمون تعیین قوه نامیه بذر ذرت

تیمار	دمای خشک‌کن ($^{\circ}\text{C}$)	جریان هوای ورودی (m^3/s)
R1	۳۳	۰/۰۴۵
R2	۳۳	۰/۰۹
R3	۳۳	۰/۱۳۵
R4	۳۸	۰/۰۴۵
R5	۳۸	۰/۰۹
R6	۳۸	۰/۱۳۵
R7	۴۳	۰/۰۴۵
R8	۴۳	۰/۰۹
R9	۴۳	۰/۱۳۵

آزمون‌های خشک کردن بذر ذرت، در یک خشک‌کن بستر سیال انجام گرفت، زیرا در خشک‌کن‌های بستر سیال، محصولات دانه‌ای در معرض جریان هوای همگن قرار گرفته و کاملاً به صورت یکنواخت خشک می‌شوند (Izadifar and Mowla, 2003; Chen et al., 2001).

خشک‌کن از نوع جریان عمودی بوده و شامل دمنده‌ی هوا، المنت‌های حرارتی، سیستم یکنواخت کننده جریان هوا،

حتی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نیست.

جدول ۲. تجزیه واریانس (ANOVA) جوانه زنی مرحله اول

منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
دما	۰/۰۳۶	۲	۰/۰۱۸ ^{NS}	۰/۱۱۸	۰/۸۹۲
جریان هوا	۴/۴۳۶	۲	۲/۲۱۸ ^{NS}	۱۴/۶۷۶	۰/۰۱۴
خطا	۰/۶۰۴	۴	۰/۱۵۱		
کل	۸۷۸۹۷/۵۶۰	۹			

** در سطح احتمالی ۱٪ معنی دار است. NS معنی دار نیست.

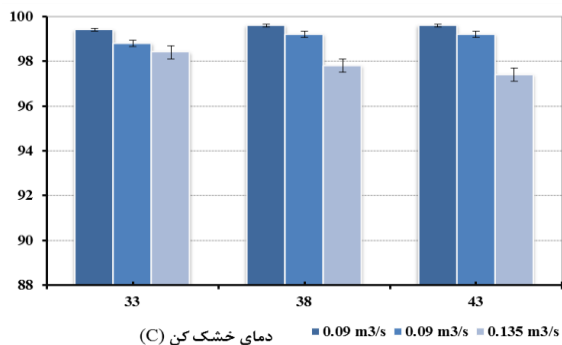
جدول ۳. تجزیه واریانس (ANOVA) جوانه زنی مرحله دوم

منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
دما	۱۳۲/۳۴۷	۲	۶۶/۱۷۳ ^{**}	۱۵۵/۰۹۴	۰/۰۰۰
جریان هوا	۰/۷۴۷	۲	۰/۳۷۳ ^{NS}	۰/۸۷۵	۰/۴۸۴
خطا	۱/۷۰۷	۴	۰/۴۲۷		
کل	۱۳۴/۸۰۰	۸			

** در سطح احتمالی ۱٪ معنی دار است. NS معنی دار نیست.

شکل ۳ و ۴ تاثیر دما و جریان هوای ورودی بر میزان جوانه زنی مرحله اول و دوم را نشان داده شده است. همانطور که از نمودارها مشخص است، در دمای ۳۳°C و ۳۸°C قوه نامیه بذرها آسیب نمی بینند. در دمای ۴۳°C با وجود اینکه قوه نامیه بذرها، آسیب دیده اند ولی بلافاصله پس از خشک شدن مشخص نمی شود ولی پس از ۶ ماه به طور قابل ملاحظه ای قوه نامیه تخریب شده است.

با توجه به نتایج این تحقیق، شرایط بهینه برای خشک شدن بذور ذرت با هدف حفظ قوه نامیه آنها، دمای ۳۳°C و جریان هوای ورودی ۰/۱۳۵ m³/s است. در این شرایط کیفیت جوانه زنی بذور ذرت بالاتر از ۹۹/۳ درصد می باشد.



شکل ۳. تاثیر دما و جریان هوا بر درصد جوانه زنی مرحله اول

مصرفی پس از پایان هر آزمایش، مدت زمانی را که گرمکنها و دمنده سانتریفیوژ روشن بودند یادداشت شده و با توجه به مشخص بودن توان مصرفی گرمکنها و دمندهی هوا، انرژی مصرفی هر آزمون محاسبه شد. برای ثابت نگه داشتن رطوبت هوای ورودی به خشک کن و حذف اثر آن، تمامی آزمونها در ساعات مشخصی از روز که رطوبت هوا تقریباً برابر ۵۰ تا ۶۰ درصد بود، انجام شد.

روش آزمون بدین صورت بود که: خشک کن قبل از شروع عملیات خشک کردن به مدت ۱۰ دقیقه کار می کرد تا شرایط پایداری ایجاد شود. بعد از جداسازی دانه های سالم، مقدار ۱۰۰ گرم از آن روی سینی خشک کن قرار داده می شد. تغییرات وزن داده ها، از طریق اهرم بندی متصل به ترازوی دیجیتال، در هر ۵ دقیقه توسط اپراتور ثبت می شد. این عملیات تا رسیدن وزن دانه ها به میزانی که رطوبت آن ها مناسب انبارداری باشد ادامه می یافت. رطوبت اولیه بذر ذرت بر پایه ی ۱۷/۵ درصد بود و رطوبت مناسب برای انبارداری ۱۳ درصد می باشد.

پس از خشک شدن دانه ها و رسیدن به رطوبت مناسب انبارداری، دانه ها در دو مرحله تحت آزمون جوانه زنی قرار گرفتند. مرحله اول چند روز بعد از فرآیند خشک شدن و مرحله دوم ۶ ماه بعد از خشک شدن آزمایش شدند.

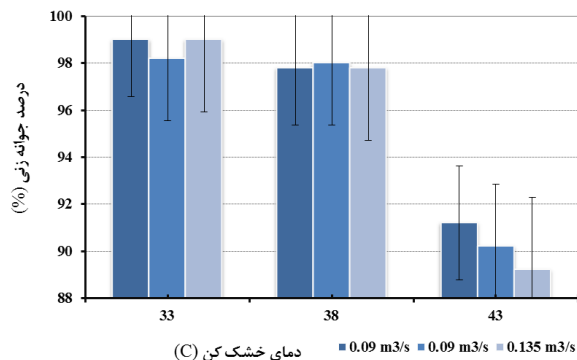
آزمون جوانه زنی استاندارد در دمای ۲۵°C و با ۱۰۰ عدد بذر و بستر کاشت روی کاغذ جوانه زنی در ژرمیناتور اجرا گردید. پس از ۷ روز، تعداد بذور جوانه زده به عنوان جوانه زنی نهایی (Final Germination Percent) تعیین شدند (Hunter, et al. 1984). تحلیل آماری آزمونها با استفاده از طرح فاکتوریل در نرم افزار SPSS 17 انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ و ۳، تجزیه واریانس جوانه زنی بذر ذرت در مرحله اول یعنی بلافاصله پس از خشک شدن و مرحله دوم یعنی ۶ ماه پس از خشک کردن را نشان می دهد. نتایج حاکی از این واقعیت است که تاثیر جریان هوای ورودی به خشک کردن و دمای خشک کن بر میزان جوانه زنی در مرحله اول در سطح احتمال ۱٪ معنی دار نیست.

در مرحله دوم تاثیر دمای هوای خشک کردن روی جوانه زنی بذر ذرت، در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. ولی تاثیر جریان هوای ورودی به خشک کردن بر میزان جوانه زنی بذر

متوسط زمان خشک شدن و متوسط توان مصرف شده برای خشک کردن آورده شده است. می‌توان دریافت که در دمای °C ۴۳، درصد جوانه‌زنی بذرها پس از ۶ ماه، مابین ۸۹/۲ تا ۹۱/۲ درصد می‌باشد که مقدار غیر قابل قبولی است. در دمای °C ۳۳، درصد جوانه‌زنی بذرها پس از ۶ ماه، مابین ۹۸/۲ تا ۹۹ درصد می‌باشد که شرایط کاملا مناسبی است ولی در این شرایط مدت زمان خشک شدن بذرها، نسبتا طولانی می‌باشد. لذا اگر ملاک انتخاب شرایط کاری بهینه برای خشک کردن بذر ذرت، فقط قوه نامیه بذر باشد، دمای °C ۳۳ بهترین حالت را دارد.



شکل ۴. تأثیر دما و جریان هوا بر درصد جوانه‌زنی مرحله دوم

در جدول ۴، تأثیر دما و جریان هوا بر قوه نامیه بذر ذرت،

جدول ۴. تأثیر پارامترهای خشک کن بر قوه‌ی نامیه بذر ذرت

متوسط انرژی مصرف شده* (kWh)	متوسط زمان خشک شدن (min)	درصد جوانه‌زنی		جریان هوا (m³/s)	دما (°C)
		مرحله دوم	مرحله اول		
۲/۳۹	۱۸۹	۹۹	۹۹/۴	۰/۰۴۵	۳۳
۴/۲۵	۱۸۵	۹۸/۲	۹۸/۸	۰/۰۹	
۶/۶۳	۱۸۱	۹۹	۹۸/۴	۰/۱۳۵	
۲/۳۰	۱۴۱	۹۷/۸	۹۹/۶	۰/۰۴۵	۳۸
۴/۴۳	۱۳۵	۹۸	۹۹/۲	۰/۰۹	
۵/۶۰	۱۱۴	۹۷/۸	۹۷/۸	۰/۱۳۵	
۲/۲۹	۱۱۲	۹۱/۲	۹۹/۶	۰/۰۴۵	۴۳
۴/۴۷	۱۰۷	۹۰/۲	۹۹/۲	۰/۰۹	
۶/۴۸	۱۰۴	۸۹/۲	۹۷/۴	۰/۱۳۵	

*میزان برق مصرف شده در کل عملیات خشک کردن

میزان مصرف انرژی (برق) برای خشک کردن بذر ذرت، در جریان هوای ۰/۰۴۵ m³/s و دماهای °C ۳۳ و °C ۳۸ به ترتیب برابر ۲/۳۹ kWh و ۲/۳۰ kWh می‌باشد که تقریبا برابر هم هستند، در این شرایط مدت زمان خشک شدن به ترتیب ۱۸۹ و ۱۴۱ دقیقه می‌باشد. لذا اگر علاوه بر کیفیت جوانه‌زنی، کاهش زمان خشک شدن و کاهش مصرف انرژی نیز مهم باشند، با توجه به نتایج جدول (۴)، بهترین دما حدود °C ۳۸ و جریان هوای ۰/۰۴۵ m³/s می‌باشد، در این شرایط قوه‌ی نامیه بذر حتی پس از ۶ ماه نیز در شرایط قابل قبولی قرار دارد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که آسیب وارد شده به قوه نامیه بذر در اثر عملیات خشک کردن، بلافاصله خود را نمایان نمی‌سازد. دمای خشک کن بر میزان جوانه‌زنی بذر ذرت به شدت تأثیر می‌گذارد (در سطح ٪۱ معنی دار است). در دمای °C ۴۳، درصد جوانه‌زنی بذرها پس از ۶ ماه، مابین ۸۹/۲ تا ۹۱/۲ درصد می‌باشد که مقدار غیر قابل قبولی است. تأثیر جریان هوای ورودی به خشک کن قوه نامیه بذر، حتی در سطح ٪۵ نیز معنی دار نمی‌باشد. درصد جوانه‌زنی بذرها پس از ۶ ماه برای دمای خشک کردن °C ۳۳، مابین ۹۸/۲ تا ۹۹ درصد می‌باشد که شرایط کاملا مناسبی است ولی در این شرایط مدت زمان خشک شدن بذرها، نسبتا طولانی می‌باشد. لذا اگر ملاک انتخاب شرایط کاری بهینه برای خشک کردن بذر ذرت، فقط قوه نامیه بذر باشد دمای °C ۳۳ بهترین حالت را دارد. همچنین بیشتر درصد جوانه‌زنی در دماهای °C ۳۳ و جریان هوای ۰/۰۴۵ m³/s می‌باشد. میزان مصرف انرژی برای خشک کردن بذر ذرت، در جریان هوای ۰/۰۴۵ m³/s و دماهای °C ۳۳ و °C ۳۸ به ترتیب برابر ۲/۳۹ kWh و ۲/۳۰ kWh می‌باشد که تقریبا خیلی نزدیک به هم هستند، در این شرایط مدت زمان خشک شدن به ترتیب ۱۸۹ و ۱۴۱ دقیقه می‌باشد. لذا اگر علاوه بر قوه نامیه بذر، مصرف انرژی و مدت زمان خشک شدن نیز مهم باشند، بهترین شرایط دمای °C ۳۸ و جریان هوای ورودی به خشک کن ۰/۰۴۵ m³/s است.

REFERENCES

- Chen, G. 2003. Evaluation of Air Oven Moisture Content Determination Methods for Rough Rice. *Postharvest Technology* 86: 447-457.
- Chen, G., Wang, W. and Mujumdar, A.S., 2001. Theoretical study of microwave heating patterns on batch fluidized bed drying of porous materials. *Chem Eng Sci*, 56(24): 6823-6835.
- Ellis, R., Hong, T., and Roberts, E. 1988. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. *Annals of Botany*.61:405-408.
- Gazor, H. R. and Adelzadeh R.,. Technical and economic studies physical losses in corn seed processing machines in Mugan. *Proceeding of the 5th Agr. Machinery Eng. And Mechanization Conference*, 2009, Karaj, Iran (In Farsi).
- Ghaderi-Far, F., and Soltani, A. 2010. Control and certification of seed. Mashhad University of Jahad publications. 200 p.
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H. 2011. Changes in Seed Quality during Seed Development and Maturation in Medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *Pepo*. Convar.
- Goksu, El., Sumnu, G., and Esin, A., 2005. Effect of microwave on fluidized bed drying of macaroni beads. *Journal of food engineering*, 66: 463-468.
- Copeland, L.O. and M.B., McDonald. 1995. *Seed Science and Technology*, Third edition, Chapman and Hall, New York and London.
- Harrington, J.F., 1972. Seed storage and longevity. In *Seed Biology*, Vol. 3, ed. T.T. Kozlowski, PP: 145-240. New York and London Academic Press.
- Hall, C. W. Drying temperatures and storage problems of sugar beet seeds. 1. *Am. Sot. Sug. Beet Technol.* 1956, 9 (2) 161.
- Hollick, J. C., 1999. Commercial scale solar drying. *Renewable Energy*, 16, 714-719.
- ISTA. 2009. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA).
- Izadifar, M., Mowla, D. 2003. *Simulation of a cross-flow continuous fluidized bed dryer for paddy rice*. *Journal of Food Engineering* 58, 325-329.
- Jastice, O.L. and L.N., Bass., 1979. Seed moisture content and relative humidity, In principles and practices of seed storage. Castle-House Pub.,: 35-38.
- Jayas, D. S., N. D. G. White, and W.P. Muir, Eds. 1995. *Stored-Grain Ecosystems*. Dekker, New York.
- Kianmehr, M.H., Hejazi,A., Bigdeli, R., Akbari, Gh., (2007). Effect of drying air temperatures drying bed depths on cracking percentage in Soybean seeds. *Iranian Journal of Agriculture Science*, Volume 38, Issue 2, (In Farsi).
- Kreyger, J. Drogen (Drying of agricultural products). *Publ. Ser. A20, Inst. Bewar. Verwerk., LandbProd.*, 1958, p. 18.
- Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M., and Moharir, A. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed science and technology*. 31:541-550.
- McCloy, J.; Woodfate, J.; Warner, M. G. R. The drying of blue peas. *Tech. Memo. 118, natn. Inst. agric. Engng, Silsoe, Feb. 1955.*
- Mesgari, A and Najafi B. 2013. *Experimental Modeling and Optimization of Grape's Convection Hot Air Dryer*. M.Sc.Thesis. University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (In Farsi).
- Mokshin, P. N.; Silchenko, N. F. Sushka kormovykh hobov (Drying of beans). *Vest. sel.-khov. Nauki, Mask.* 1962, 7 (8) 34.