نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۳، ص ۱۰- ۱

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 4, No. 1, Spring - Summer 2014, p. 1-10

بررسی اثر روش کود دهی اوره و رطوبت زمان برداشت بر خواص مکانیکی نهایی ذرت دانه‌ای خشک شده

سجاد کردی[۱]- علی فدوی[۲*]- محمد اسکندری[۳]- مهرشاد براری[۴]- مسعود رفیعی[۵]- علی‌اشرف مهرابی[۶]

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۲

چکیده

خواص مکانیکی دانه تحت تأثیر عوامل متعدد از جمله مواد غذایی خاک و رطوبت زمان برداشت دانه می‌باشد. به‌منظور کاهش خسارات مکانیکی، در طراحی و انجام فرآیندهای متفاوت، شناخت خواص مکانیکی تحت تأثیر عوامل مذکور ضروری می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر روش کود دهی اوره و رطوبت زمان برداشت بر خصوصیات مکانیکی نهایی دانه‌های ذرت خشک شده، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی خرم آباد، به صورت استریپ اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل دو روش کود دهی اوره (محلول پاشی اوره و روش خاک مصرف اوره)، سه زمان برداشت (زمانی که رطوبت دانه به ۳۰،۲۰ و ۴۰ درصد برسد) و چهار هیبرید ذرت (شامل سه هیبرید خارجی ان اس، کونسور، جیتا و هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ به عنوان شاهد) بودند. رطوبت دانه‌های خشک با توجه به خاصیت جذب متفاوت تیمارها در فاصله حدوداً ۱±۷ درصد قرار داشت. نتایج نشان داد که اثر متقابل روش کوددهی و هیبرید بر چقرمگی دانه معنی‌دار گردید. رطوبت دانه در زمان برداشت اثر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی به جز صفت سفتی دانه داشت، بیشترین میزان صفات حداکثر نیروی شکست، میزان جابه‌جایی در نقطه حداکثر نیروی شکست، انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست، تغییر شکل ویژه، توان و چقرمگی دانه به رطوبت ۲۰ درصد دانه در زمان برداشت اختصاص یافت. همچنین نتایج نشان داد هیبرید ان اس دارای بیشترین میزان حداکثر نیروی شکست (۲۱۹ نیوتن)، جابه‌جایی در نقطه حداکثر نیروی شکست (۰/۳۷ میلی‌متر)، انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست (۴۲/۵۱ میلی ژول)، توان ($۳/۸۹\times۱۰^{-۳}$ وات) و چقرمگی (۰/۳۳ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) بود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، رطوبت دانه، مشخصات مکانیکی، نیتروژن، نیروی شکست

مقدمه

ذرت با نام علمی (*Zea mays L.*) یکی از گیاهان مهم خانواده غلات است و به‌دلیل عملکرد بالا و مصارف گوناگون، کشت آن در سراسر جهان گسترش یافته است و مکان سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است. ذرت سهم عمده‌ای در تأمین مواد غذایی مورد نیاز انسان، دام، طیور و مصارف صنعتی دارد و از نظر تأمین انرژی بی‌نظیر است و به‌همین دلیل امروزه ذرت در تغذیه مرغ و تولید تخم مرغ به‌عنوان یک عامل منحصر به فرد شناخته شده است (Kuchaki, 1994). تولید محصول با کیفیت بالا مطابق شاخص‌های معین، مثلاً تولید بذر دورگ، از اهداف تولید کنندگان می‌باشد (Baker *et al.*, 1989). نخستین گام برای افزایش کیفیت شناخت عوامل تأثیرگذار بر کیفیت و میزان تأثیر آن‌ها است. ذرت دانه‌ای به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین غذای طیور کشور مطرح است. با این وجود محصول تولیدی داخل، بعضاً به‌دلیل پایین بودن کیفیت دانه (مانند پایین بودن قدرت انبارداری، پودر شدن دانه حین آسیاب کردن، چگالی توده پایین) از طرف مصرف کنندگان چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت محصول، زمان برداشت است که خود تابع شرایط محیطی زمان برداشت قرار می‌گیرد. بالا بودن درصد رطوبت دانه در زمان برداشت یکی از عوامل ضد کیفیت است که نوع رقم از نظر دوره رسیدگی، تاریخ مناسب برداشت و نحوه خشک کردن بر آن اثر دارد (Rafiee *et al.*, 2002). دانه ذرت در صورت داشتن رطوبت پائین‌تر در زمان برداشت، علاوه بر سهل‌تر نمودن فرآیند

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد رشته زراعت دانشگاه ایلام
۲- عضو هیأت علمی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ایلام
۴ و۶- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ایلام
۵- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خرم آباد
(*- نویسنده مسئول: (Email: afadavi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

خشک کردن، آب کمتری برای رسیدن به رطوبت استاندارد نگه‌داری از دست خواهد داد، لذا ساختار فیزیکی محصول کمتر دستخوش تغییر می‌شود. در تحقیقاتی خواص فیزیکی، ضریب اصطکاک و رفتار مکانیکی (نیرو و انرژی شکست) دو رقم ذرت (DC370 و SC407) تحت بارگذاری فشاری بین دو صفحهٔ تخت در چهار سطح رطوبت در محدودهٔ رطوبت ۶/۲٪ تا ۲۸/۷٪ بر پایهٔ تر تعیین شد و برای آن‌ها روابط رگرسیونی ارائه گردید، بررسی نتایج نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی ارقام ذرت به شدت تحت تأثیر رطوبت محصول است (Seifi and Alimardani, 2010 a, b). در تحقیقی سطوح مختلف رطوبت در زمان برداشت، آسیب پوسته و دماهای متفاوت آون برای خشک کردن پنج رقم ذرت مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که محتوای رطوبت بالا در هنگام برداشت (۳۲٪) باعث افزایش قابلیت شکست[1] دانه‌های ذرت می‌شود، همچنین افزایش آسیب دیدگی پوسته باعث افزایش ترک‌های تنشی[2] در دانه و شکنندگی آن می‌شود (Peplinski *et al*., 1992). یکی دیگر از عوامل مؤثر بر خصوصیات مکانیکی دانه، میزان عناصر غذایی است که در مراحل مختلف رشد و نمو در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم است که تأثیر عمده‌ای بر کمیت و کیفیت دانه ذرت دارد (Borjian and Imam, 2000). میزان کود نیتروژن قابل دسترس گیاه از طریق تأثیر روی نسبت ترکیبات دانه به‌ویژه میزان پروتئین دانه، روی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دانه تأثیر گذار است (Bauer and Carter, 1986). احمدی و همکاران ارقام مختلف ذرت را از نظر آندوسپرم به چهار نوع نرم[3]، سخت[4]، پرزدار[5] و معمولی[6] دسته‌بندی کردند. آن‌ها در این تحقیق اثر دو مقدار کود نیتروژن را بر پارامترهای وزن دانه، چگالی واقعی، قابلیت شکست و مقاومت به سایش[7] ارقام مختلف ذرت را که در دو مزرعه کشت شده بودند، بررسی کردند، نتایج آنان نشان داد که وزن و چگالی واقعی رقم نرم کمتر از رقم سخت بوده و چگالی واقعی و قابلیت شکست رقم پرزدار نسبت به رقم معمولی به‌ترتیب بیشتر و کمتر می‌باشد. آنان همچنین گزارش کردند که افزایش مقدار کود نیتروژن احتمالاً با افزایش غلظت پروتئین، نسبت آندوسپرم (سخت)[8] به (آردی)[9] را افزایش داده است. این افزایش در حجم آندوسپرم سخت ممکن است باعث افزایش مقاومت به سایش و کاهش قابلیت شکست دانه‌های ذرت شود (Ahmadi *et al*., 1995). در تحقیق دیگری سه رقم ذرت از نظر آندوسپرم به سه نوع نرم، سخت و مایل به سخت دسته بندی شد و اثر درجه حرارت خشک کن در محدوده ۳۷/۷ تا ۹۳/۳ درجه سانتی‌گراد بر قابلیت شکست و کیفیت آسیاب شدن ارقام مختلف ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد درجه حرارت خشک‌کن و سفتی دانه‌های ذرت، اثرات معنی‌داری بر کیفیت آسیاب دانه‌های ذرت دارد. آن‌ها گزارش کردند افزایش درجه حرارات خشک‌کن به‌ترتیب باعث کاهش و افزایش کیفیت آسیاب شدن و قابلیت شکست دانه‌های ذرت می‌گردد. همچنین افزایش درجه حرارات خشک‌کن کیفیت آسیاب شدن دانه‌های ذرت سخت‌تر را نسبت به ارقام نرم‌تر کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kirleis and Stroshine, 1990). عملیات مختلفی که پس از برداشت روی دانه‌ی ذرت انجام می‌گیرد از جمله خشک کردن، انبارداری، حمل و نقل و غیره موجب بروز صدماتی به دانه‌های ذرت از قبیل شکسته شدن و شکاف برداشتن می‌گردد که سبب بالا رفتن حساسیت آن در مقابل فساد می‌شود و سالانه زیان‌های اقتصادی زیادی را به‌بار می‌آورد. به عنوان مثال عملیات مختلف در تولید بذر اعم از برداشت، بوجاری و درجه‌بندی به‌طور اجتناب ناپذیری باعث خسارات مکانیکی می‌شود. اگر چه ممکن است اثرات احتمالی چنین خساراتی روی کیفیت دانه جدی نباشد ولی اثر این خسارات روی طول عمر دانه، از اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است (Herter and Burris, 1989). در طی آزمایشی تأثیر زمان برداشت بر خصوصیات فیزیکی دانه ذرت مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که تأخیر در برداشت باعث افزایش چگالی توده، وزن دانه و چگالی حقیقی در هیبریدهای ذرت گردید (Kordi, 2012). خشک کردن دانه ذرت یکی از عوامل مهم فرآوری آن است و عامل مؤثری بر کیفیت دانه محسوب می‌شود (Mohsenin, 1986). به منظور جلوگیری از ترک پوسته و شکست دانه، خشک نمودن دانه با رطوبت بالا در دمای پایین صورت می‌گیرد (Peplinski *et al*., 1992). بسیاری از کارخانه‌های خشک‌کن جهت تسریع در فرآیند خشک کردن به‌جای استفاده از دمای استاندارد ۹۰-۸۵ درجه سانتی‌گراد اقدام به خشک نمودن دانه با دمای بسیار بالا می‌نمایند که منجر به کاهش شدید کیفیت محصول می‌شود. تعیین خواص مکانیکی محصولات کشاورزی برای طراحی ماشین های فرآوری و همچنین دستیابی به محصولی با کیفیت بالا حائز اهمیت است. اطلاعات به‌دست آمده از خصوصیات مکانیکی برای تعیین روش‌های مناسب خرد کردن، له کردن و آسیاب کردن محصولات دانه‌ای و جلوگیری از شکسته شدن و شکاف برداشتن دانه طی برداشت و عملیات پس از آن تا زمان رسیدن محصول به دست مصرف‌کننده موجب کاهش ضایعات می‌شود. تاکنون مطالعات نسبتاً زیادی در دنیا

1- Breakage susceptibility
2- Stress crack
3- Soft
4- Hard
5- Waxy
6- Normal
7- Grinding resistance
8- Flinty
9- Flourty

Archive of SID

www.SID.ir

در مورد اثرات عوامل زراعی از جمله زمان برداشت و کود نیتروژن بر عملکرد ذرت انجام شده است، اما اطلاعات کمی از اثر این عوامل بر خصوصیات مکانیکی دانه ذرت در دست است. با توجه به نقش کلیدی روش کود دهی نیتروژن بر نسبت ترکیبات دانه به‌ویژه درصد پروتئین دانه و به تبع آن سختی و استحکام دانه ذرت (Kordi, 2012) و همچنین اهمیت زمان برداشت بر خصوصیات کیفی و مکانیکی دانه ذرت خشک شده نهایی، این پژوهش به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش کوددهی نیتروژن و رطوبت زمان برداشت ذرت با توجه به تأثیر آن بر خصوصیات مکانیکی دانه ذرت خشک شده اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

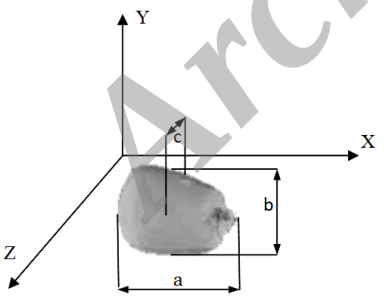
تهیه و آماده سازی نمونه‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ به‌منظور بررسی اثر روش کوددهی اوره و رطوبت زمان برداشت بر خصوصیات مکانیکی دانه ذرت با استفاده از دو روش کوددهی (محلول پاشی اوره و روش خاک مصرف اوره) به‌صورت نواری، چهار هیبرید ذرت دانه‌ای (شامل سه هیبرید خارجی ان اس[1]، کونسور[2]، جیتا[3] و هیبرید شاهد سینگل کراس ۷۰۴[4]) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه زمان برداشت (زمانی که رطوبت دانه به ۳۰،۲۰ و ۴۰ درصد برسد) به‌عنوان فاکتور فرعی، به‌صورت استریپ اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خرم آباد اجرا گردید، مصرف کودهای شیمیایی شامل N، P و K بر اساس نتایج آزمون خاک مشتمل بر ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و ۵۰ کیلوگرم پتاس به‌ترتیب از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم صورت گرفت. مصرف کود نیتروژنه به‌صورت ۲۰۰ کیلوگرم اوره در زمان کاشت و مابقی به‌صورت سرک بود. کود سرک در روش خاک کاربرد به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله رشد سریع گیاه مصرف شد و در تیمار محلول پاشی به نسبت سه در هزار در دو مرحله‌ی رشد سریع (پنج تا هفت برگی) و دو هفته قبل از گل‌دهی اعمال گردید. که این مقدار در روش محلول‌پاشی اوره در مجموع دو مرحله به میزان ۶ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. تهیه بستر شامل شخم، دیسک، ماله کشی و آماده کردن جوی و پشته به وسیله فاروئر بود. هر هیبرید ذرت در هر تکرار، در ۱۲ ردیف با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها کشت گردید. از بین خطوط کاشت مربوط به هر هیبرید، چهار خط کاشت به هر زمان برداشت اختصاص داده شد، کاشت به‌صورت کپه‌ای (چهار بذر در هر چاله) با فاصله ۱۸ سانتی‌متر بین بوته‌های روی ردیف با دست انجام شد. در زمان تنک کردن در مرحله ۴ تا ۶ برگی یک بوته سالم و قوی از هر کپه نگه‌داری و بقیه‌ی بوته‌ها حذف گردید. عملیات برداشت بر اساس میزان رطوبت دانه به‌وسیله دستگاه رطوبت سنج (مدل رسا ۳۰۰۰ ساخت ایران) انجام گردید. در زمان برداشت بر اساس درصد رطوبت دانه، بلال‌های دو خط میانی هر کرت فرعی با حذف نیم متر حاشیه از دو طرف جهت تست و ارزیابی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از برداشت دانه‌ها از بلال جدا شده و جهت جلوگیری از فساد و زوال زودرس بلافاصله رطوبت آن‌ها توسط آون کاهش داده و در پاکت نگه‌داری شدند. رطوبت دانه‌های خشک با توجه به خاصیت جذب متفاوت تیمارها در فاصله حدوداً ۱±۷ درصد قرار داشت.

تعیین خواص مکانیکی ذرت

جهت تعیین خواص مکانیکی ذرت از دستگاه تست یونیورسال (زوئیک روئل[5] ساخت آلمان) استفاده گردید. این دستگاه دارای سه قسمت اصلی پایه نگه‌دارنده ثابت، قسمت متحرک و واحد ثبت داده‌ها می‌باشد. نیرو سنج نصب شده بر روی دستگاه قابلیت اندازه‌گیری نیرو تا ۵۰۰ نیوتن با دقت ۰/۰۱ را دارا می‌باشد. کلیه آزمایش‌ها در دمای آزمایشگاهی صورت گرفت.

قبل از انجام هر آزمایش، وضعیت ظاهری ذرت‌ها بازدید شد و در صورت مشاهده هر گونه ترک روی پوسته نمونه از آزمایش خارج می‌گردید. در آزمایشات اولیه ذرت‌ها در تمام جهت‌های اصلی مطابق شکل ۱ تحت بارگذاری قرار گرفتند. میزان نیروی مورد نیاز در جهات X و Z بیشتر از ظرفیت نیروسنج بود و انجام آزمایش امکان‌پذیر نبود، بنابراین فقط راستای محور Y جهت انجام آزمایشات انتخاب شد.



شکل ۱- ابعاد ذرت در سه جهت اصلی

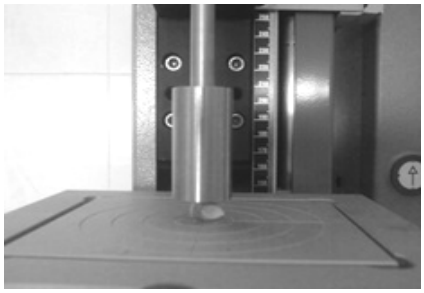
Fig.1. Dimensions of corn in three major axes

1- Ns 640
2- Konsur 580
3- Jeta 600
4- SC 704

5- Zwick/Roell

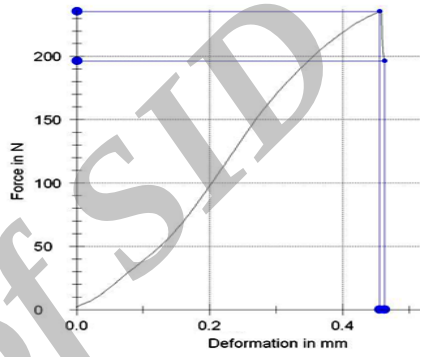
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نمونه ذرت تحت بارگذاری توسط دستگاه زوئیک روئل

Fig.2. Corn sample under loading by Zwick/Roell machine



شکل ۳- نمودار نیرو - تغییر شکل ذرت در بارگذاری فشاری

Fig.3. Force–deformation curve for compressed corn

ذرت‌های سالم بین پایه نگهدارنده ثابت و قسمت متحرک دستگاه در راستای محور اصلی Y (در امتداد عرض) با سرعت ۲ mm min^{-1} تحت بارگذاری فشاری قرار می‌گیرد (شکل ۲). هم‌زمان توسط نیروسنج[1] ۵۰ نیوتنی و واحد ثبت داده‌ها نمودار نیرو- تغییر شکل ذرت به‌طور پیوسته ترسیم می‌گردد. بارگذاری تا لحظه‌ای که نیرو به بیشترین مقدار خود می‌رسد و ذرت شکسته می‌شود ادامه می‌یابد بعد از شکست نمونه، نیرو به‌صورت ناگهانی کاهش می‌یابد (شکل ۳).

آزمون مکانیکی برای هر تیمار در چهار تکرار انجام شد. در هر آزمایش با توجه به نمودار نیرو- تغییر شکل، نیروی شکست، اندازه جابه‌جایی در هنگام شکست نمونه قرائت شد. انرژی مصرفی در نیروی شکست نمونه نیز با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل مستقیماً توسط نرم افزار دستگاه به‌دست می‌آید. تغییر شکل ویژه در جهت بارگذاری از تقسیم تغییر شکل تا نقطهٔ شکست بر اندازهٔ قطر دانه در امتداد محور متناظر مطابق رابطه (۱) محاسبه گردید (Braga *et al*., 1999).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱):

ε تغییر شکل ویژه (٪)

L اندازهٔ اولیهٔ دانه در راستای محور Y (mm)

ΔL اندازهٔ تغییر شکل دانه تا نقطهٔ شکست در راستای محور Y (mm)

چقرمگی[2] انرژی واحد حجم در نقطه شکست می‌باشد. ابعاد هر ذرت قبل از هر آزمایش تعیین و حجم آن مطابق رابطه (۲) محاسبه شد (Jain and Bal, 1997). سپس مقدار چقرمگی ظاهری برای ذرت طبق رابطه (۳) محاسبه گردید (Mohsenin, 1986; Olaniyan and Oje, 2002).

$$V = \frac{\pi B^2 a^2}{6(2a-B)} \qquad (۲)$$

$$B = \sqrt{bc}$$

در رابطه (۳) a، b و c به‌ترتیب مربوط به طول و عرض و ضخامت بر حسب میلی‌متر است.

$$p = \frac{E_a}{V} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳):

E_a انرژی شکست بر حسب میلی‌ژول

V حجم دانه ذرت بر حسب میلی‌مترمکعب

p چقرمگی برحسب میلی ژول بر میلی‌متر مکعب

مقدار توان مورد نیاز برای شکست ذرت با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Vursavuş and Özgüven, 2005).

$$P = \frac{E_a v}{60000D} \qquad (۴)$$

در رابطه (۴)، P توان مورد نیاز برای شکست (W)، E_a انرژی جذب شده توسط نمونه (mJ)، v سرعت بارگذاری ($mm\ min^{-1}$)، D تغییرشکل تا نقطهٔ شکست (mm) می‌باشد.

مقدار سفتی با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد (Olaniyan and Oje, 2002; Vursavuş and Özgüven, 2005).

$$Q = \frac{F}{D} \qquad (۵)$$

در رابطه (۵)، Q سفتی ($N\ mm^{-1}$)، F نیروی شکست (N)، D تغییرشکل تا نقطهٔ شکست (mm) می‌باشد.

نتایج و بحث

پارامترهای خواص مکانیکی به دو علت اندازه گرفته شد، ابتدا صرف به‌دست آوردن نیروی اعمالی، میزان انرژی مورد نیاز و توان مصرفی هنگامی که جداسازی دانه از چوب بلال و یا خرد و آسیاب کردن آن مورد نظر است و از طرفی دانستن محدوده تغییرات پارامترهای مذکور به طراح کمک خواهد کرد تا آسیب‌های مکانیکی با

1- Loadcell

2- Toughness

Archive of SID

www.SID.ir

لحاظ این مقادیر در فرآیندهای اولیه به حداقل برسد.

حداکثر نیروی شکست

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اعمال تیمار روش کوددهی بر حداکثر نیروی شکست دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). با وجود عدم اثر معنی‌دار روش کودهی بر حداکثر نیروی شکست دانه، اعمال کود نیتروژن به روش محلول پاشی می‌تواند تا حدودی سختی دانه را تحت تأثیر قرار دهد و مقاومت به شکستگی را افزایش دهد. احمدی و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که افزایش مقدار کوددهی نیتروژن باعث افزایش مقاومت به سایش و کاهش قابلیت شکست‌پذیری در دو نوع هیبرید نرم و سخت شده است. اثر هیبرید و رطوبت زمان برداشت بر این صفت به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان حداکثر نیروی شکست (۲۱۹ نیوتن) و کمترین آن (۱۸۴/۷۵ نیوتن) به‌ترتیب مربوط به هیبریدهای ان اس و کونسور بود (جدول ۲). تحقیقات بیشتر نیز نشان داد نیروی شکست هیبریدهای مختلف ذرت متفاوت است (Seifi and Alimardani, 2010 a, b). مقایسه میانگین سطوح مختلف رطوبت زمان برداشت نشان داد که بیشترین مقدار حداکثر نیروی شکست (۲۲۴/۹۸ نیوتن) در رطوبت ۲۰ درصد دانه در زمان برداشت به‌دست آمد و با افزایش رطوبت میزان نیروی شکست و جابه‌جایی در نقطه شکست به‌واسطه افزایش ترک‌های سطحی که ناشی از تبخیر رطوبت زیاد در هنگام خشک شدن می‌باشد، کاهش یافت (جدول ۲ و شکل ۴ الف). نتایج پیلینسکی و همکاران (۱۹۹۲) نیز نشان داد محتوای رطوبت بالا در هنگام برداشت باعث افزایش قابلیت شکست دانه‌های ذرت می‌شود. تمامی اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

جابه‌جایی در حداکثر نیروی شکست

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر روش‌های مختلف کوددهی بر جابه‌جایی در حداکثر نیروی شکست معنی‌دار نگردید (جدول ۱). بین هیبریدهای مورد بررسی از نظر جابه‌جایی در حداکثر نیروی شکست در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بررسی مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد که هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به سایر هیبریدها از کمترین میزان جابه‌جایی در حداکثر نیروی شکست (۰/۳۴ میلی‌متر) برخوردار بود (جداول ۱و ۲). اثر رطوبت زمان برداشت بر این صفت در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف رطوبت زمان برداشت نشان داد که بیشترین مقدار جابه‌جایی در حداکثر نیروی شکست (۰/۳۹ میلی‌متر) در رطوبت ۲۰ درصد دانه در زمان برداشت به‌دست آمد (جدول ۲). تمامی اثرات متقابل بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده‌ی اثر غیر معنی‌دار تیمارهای روش کوددهی بر انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست بود (جدول ۱)، با این وجود دانه‌هایی که از روش محلول پاشی اوره بهره گرفته بودند از سختی و استحکام بیشتری برخوردار بودند، به‌نظر می‌رسد سختی و استحکام بیشتر این دانه‌ها به‌دلیل میزان پروتئین بیشتر این دانه‌ها باشد (جدول ۲). در پژوهشی میزان پروتئین هیبریدهای ذرت در تیمارهای مختلف کوددهی اوره مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین دو روش کوددهی از لحاظ میزان پروتئین دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و دانه‌هایی که از روش محلول پاشی اوره بهره گرفته بودند نسبت به روش خاک مصرف اوره از میزان پروتئین بیشتری برخودار بودند (Kordi, 2012). بین هیبریدهای مختلف از نظر انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. بررسی مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد که هیبرید ان اس نسبت به سایر هیبریدها از بیشترین میزان انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست (۴۲/۵۱ میلی‌ژول) برخوردار بود (جدول ۱و ۲). رطوبت زمان برداشت بر این صفت در سطح احتمال یک درصد آماری اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱)، نتایج مقایسه میانگین مشخص نمود که کمترین میزان انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست (۳۲/۲۷ میلی‌ژول) به سطح رطوبتی ۴۰ درصد دانه در زمان برداشت اختصاص یافت (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقی که با استفاده از نمونه برداری‌های دوره‌ای و تجزیه آزمایشگاهی صورت گرفت، مشخص شد که در طول دوره‌ی رسیدن دانه‌ها بر میزان ماده خشک و محتوای آن افزوده می‌شود (Sroller *et al*., 1984). تأخیر در برداشت فرصت لازم را در اختیار گیاه قرار می‌دهد که مرحله پر شدن دانه به طور کامل انجام گیرد و تجمع مواد غذایی به حداکثر میزان خود در دانه برسد و دانه مرحله بلوغ فیزیولوژیکی را طی نماید که در این مرحله دانه از استحکام کافی پوسته و غشاء برخوردار است. اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

تغییر شکل ویژه

نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که تیمار روش کوددهی بر تغییر شکل ویژه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). اثر هیبرید و رطوبت زمان برداشت بر تغییر شکل ویژه به‌ترتیب در سطح احتمال

Archive of SID

www.SID.ir

پنج و یک درصد آماری معنی دار گردید (جدول ۱). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد که بیشترین میزان تغییر شکل ویژه (۴/۹۰) و کمترین آن (۴/۴۷) به‌ترتیب مربوط به هیبریدهای ان اس و سینگل کراس ۷۰۴ بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر رطوبت زمان برداشت نشان داد که کمترین میزان تغییر شکل ویژه (۴/۴۴) به سطح رطوبتی ۴۰ درصد دانه در زمان برداشت اختصاص یافت (جدول ۲). تمامی اثرات متقابل بر صفت مذکور معنی دار نگردید (جدول ۱).

توان

اندازه این پارامتر بیان کننده سرعت اعمال بار برای شکستن دانه ذرت می‌باشد، بدیهی است میزان بالای این پارامتر نشان دهنده نیاز به یک سرعت دورانی بالا، درصورت استوانه‌ای بودن ابزار خردکردن، می‌باشد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها روش‌های مختلف کوددهی اثر معنی‌داری بر صفت توان نداشت (جدول ۱). اثر هیبرید و رطوبت زمان برداشت بر توان در سطح احتمال پنج درصد آماری معنی دار گردید (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد که هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به سایر هیبریدها از کمترین میزان توان ($۳/۲۳ \times ۱۰^{-۳}$ وات) برخوردار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف رطوبت زمان برداشت نشان داد که بیشترین مقدار توان ($۳/۷۳ \times ۱۰^{-۳}$ وات) در رطوبت ۲۰ درصد دانه در زمان برداشت به‌دست آمد (جدول ۲). احتمالاً در فرآیند خشک کردن دانه به‌علت تبخیر سریع رطوبت از لایه‌های داخلی دانه‌های ذرت با محتوای رطوبتی بالا، میزان ترک‌های تنشی شده افزایش یافته است. تمامی اثرات متقابل بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

سفتی

سفتی پارامتری است که میزان مقاومت دانه در برابر شکنندگی را بیان می‌کند، میزان پایین این پارامتر نشان‌دهنده شکننده بودن دانه است و هنگام اعمال نیرو احتمال چند تکه شدن دانه‌ها با سفتی پایین نسبت به نمونه مشابه با سفتی بالا بیشتر است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین هیبریدهای مختلف از نظر صفت سفتی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بررسی مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد که هیبرید کنسور نسبت به سایر هیبریدها از کمترین میزان سفتی (۵۱۲/۳۳ نیوتن بر میلی‌متر) برخوردار بود (جدول ۲). اثر تیمارهای مختلف روش کوددهی و رطوبت زمان برداشت و همچنین تمامی اثرات متقابل بر سفتی دانه معنی‌دار نشد (جدول ۱).

چقرمگی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر روش‌های مختلف کوددهی بر چقرمگی دانه معنی‌داری نگردید. ولی بین هیبریدهای مختلف از نظر چقرمگی دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر هیبرید نشان داد هیبرید ان اس نسبت به سایر هیبریدها از بیشترین میزان چقرمگی (۰/۳۳ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) برخوردار بود (جدول ۲). اثر رطوبت زمان برداشت بر چقرمگی دانه در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار گردید (جدول ۱)، نتایج مقایسه میانگین مشخص نمود کمترین میزان چقرمگی (۰/۲۶ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) به سطح رطوبتی ۴۰ درصد دانه در زمان برداشت اختصاص یافت (جدول ۲). میزان چقرمگی دانه با افزایش رطوبت روند کاهشی داشت، به‌نظر می‌رسد در سطح رطوبتی ۴۰ درصد به‌دلیل عدم کامل شدن روند ذخیره مواد در دانه، هیبریدها از ضخامت کمتری برخوردار باشند و به اصطلاح دانه‌ها لاغرتر هستند که در این صورت دانه‌ها شکننده‌تر هستند و همچنین در برداشت دانه با رطوبت ۴۰ درصد به‌دلیل عدم بلوغ کامل دانه و تکمیل نشدن ساختار غشاء و پوسته، دانه‌ها از میزان چقرمگی کمتری برخوردارند. اثر متقابل روش کوددهی و هیبرید بر این صفت نیز در سطح احتمال پنج درصد آماری معنی‌دار گردید و بیشترین میزان چقرمگی به هیبرید ان اس و روش کوددهی خاک مصرف اختصاص یافت. (جدول ۱و شکل ۴ ب)، همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در تمامی هیبریدها به جز هیبرید ان اس مقدار چقرمگی دانه در روش محلول پاشی اوره بیشتر از روش خاک مصرف است. سایر اثرات متقابل بر چقرمگی دانه معنی‌دار نگردید (جدول ۱).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که روش‌های مختلف کوددهی، خواص مکانیکی هیبریدهای مورد بررسی را نسبت به تیمار رطوبت دانه در زمان برداشت کمتر تحت تأثیر قرار داد. اما با این وجود در روش محلول پاشی اوره دانه‌ها از استحکام بیشتری برخوردار بودند. به‌نظر می‌رسد از جمله عوامل بسیار تأثیرگذار بر خواص مکانیکی دانه، رطوبت دانه در زمان برداشت و نوع هیبرید باشد، برداشت دانه با حداقل محتوای رطوبتی باعث استحکام و سختی دانه خشک نهایی گردید، به‌طوری که بیشترین میزان صفات حداکثر نیروی شکست، انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست، توان و چقرمگی دانه به رطوبت ۲۰ درصد دانه در زمان برداشت اختصاص یافت. هیبریدهای مختلف ذرت عکس‌العمل‌های متفاوتی در برابر تیمارهای مورد بررسی از خود نشان دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس خواص مکانیکی

Table1- The variance analysis of mechanical properties

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	حداکثر نیروی شکست Maximum fracture force	جابجایی در نقطه حداکثر نیروی شکست ×۱۰۳ Displacement at the maximum fracture force×10^3	انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست Energy consumption to maximum force point	تغییر شکل ویژه (بی‌بعد) Specific deformation	۱۰^{۷}× توان Rupture power×10^7	سفتی Firmness	۱۰$^{-۳}$× چقرمگی Toughness×10^3
بلوک (block)	3	2298.81^{ns}	3.68^{ns}	181.49^{ns}	0.86^{ns}	5.65^{ns}	8310.98^{ns}	8.12^{ns}
کوددهی (Fertilization)	1	560.40^{ns}	2.60^{ns}	97.76^{ns}	0.50^{ns}	4.00^{ns}	329.82^{ns}	7.53^{ns}
خطای ۱ (Error 1)	3	1728.17	4.87	136.94	0.84	1.51	883.82	8.27
هیبرید (Hybrid)	3	6069.45*	4.37*	360.12**	0.76*	21.22**	61341.61**	30.19**
خطای ۲ (Error 2)	9	967.89	1.11	46.02	0.15	0.61	6411.26	2.75
کوددهی × هیبرید (Fertilization × Hybrid)	3	127.38^{ns}	0.84^{ns}	70.39^{ns}	0.43^{ns}	5.10^{ns}	3303.81^{ns}	8.99*
خطای ۳ (Error 3)	9	802.44	1.68	34.44	0.34	1.67	2308.4	1.79
رطوبت زمان برداشت (Moisture)	2	10267.82**	22.38**	1154.81**	3.72**	22.06*	15548.92^{ns}	53.24**
کوددهی × رطوبت زمان برداشت (Fertilization × Moisture)	2	757.04^{ns}	2.04^{ns}	27.18^{ns}	0.37^{ns}	0.58^{ns}	8757.40^{ns}	0.11^{ns}
هیبرید × رطوبت زمان برداشت (Hybrid× Moisture)	6	582.45^{ns}	3.02^{ns}	46.73^{ns}	0.58^{ns}	0.92^{ns}	9149.23^{ns}	3.30^{ns}
کوددهی × هیبرید× رطوبت زمان برداشت (Fertilization × Hybrid × Moisture)	6	236.84^{ns}	3.46^{ns}	31.38^{ns}	0.96^{ns}	2.50^{ns}	6799.04^{ns}	3.10^{ns}
خطای ۴ (Error 4)	48	428.18	2.92	57.28	0.57	2.9	5674.1	3.71
ضریب تغییرات (C.V)	-	9.97	15.06	20.01	16.12	15.3	12.89	20.77

* و ** به ترتیب معنی‌دار ی در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

*,** and ns show significant difference at probability of %5, %1 and no significant difference, respectively different at %5 probability level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین خواص مکانیکی

Table2- Mean comparisons of mechanical properties

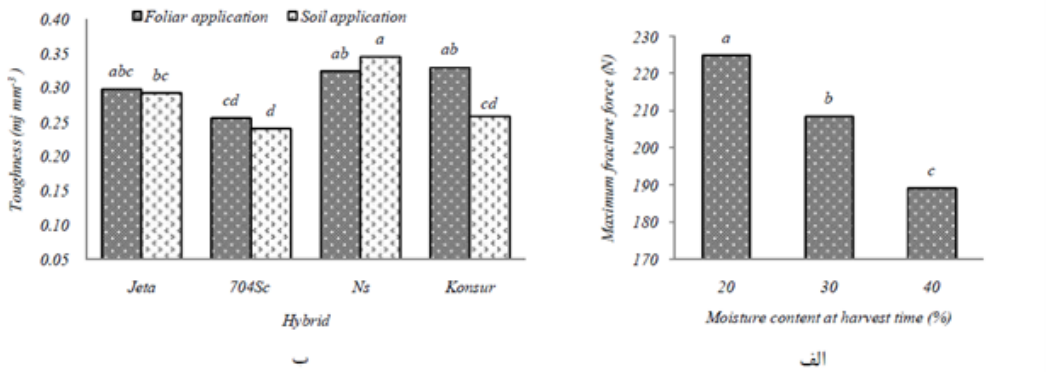
چقرمگی **Toughness** ($mj\ mm^{-3}$)	سفتی **Firmness** ($N\ mm^{-1}$)	توان $\times 10^3$ **Rupture power×10³** (W)	تغییر شکل ویژه **Specific deformation(-)**	انرژی مصرفی تا نقطه حداکثر نیروی شکست **Energy consumption to maximum force Point** (mj)	جابجایی در نقطه حداکثر نیروی شکست **Displacement at the maximum fracture force** (mm)	حداکثر نیروی شکست **Maximum fracture force** (N)	تیمار **Treatment**
							کوددهی Fertilization
0.30a	582.51 a	3.57 a	4.77a	38.83 a	0.36a	209.98a	محلول پاشی Foliar application
0.28 a	586.22 a	3.44 a	4.63 a	36.81 a	0.35 a	205.15 a	خاک مصرف Soil application
							هیبرید Hybrid
0.29 b	625 a	3.56 b	4.71 a	39.14 ab	0.35 ab	217.87 a	Jeta
0.25 c	612.99 a	3.23 c	4.47 a	33.56 c	0.34 b	208.63a	Sc704
0.33 a	587.16 a	3.89 a	4.90 a	42.51 a	0.37 a	219 a	Ns
0.29 b	512.33 b	3.32 b c	4.73 a	36.06 bc	0.36 ab	184.75 b	Konsur
							درصد رطوبت دانه Grain moisture (%)
0.34 a	584.62 ab	3.73 a	5.08 a	44.20 a	0.39 a	224.98 a	20
0.29 b	606.29 a	3.56 a	4.58 b	36.98 b	0.35 b	208.52 b	30
0.26 c	562.20 b	3.21b	4.44 b	32.27c	0.34 b	189.19 c	40

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at %5 probability level

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤– (الف) مقایسه میانگین اثر رطوبت زمان برداشت بر حداکثر نیروی شکست، (ب) مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کوددهی و هیبرید بر میزان چقرمگی

Fig.4. (a) Mean comparisons of the effect of seed moisture content at harvest time on maximum fracture force (b) Mean comparisons of the interaction of fertilization method and hybrid on toughness

منابع

1. Ahmadi, M., W. J. Wiebold, and J. E. Beuerlein. 1995. Physical characteristics of corn kernels as influenced by nitrogen fertilization. Communications in Soil Science and Plant Analysis 26: 145-153.
2. Baker, R., D. Fowler, and J. Brydon. 1989. Nitrogen fertilization of no-till winter wheat and rye. II. Influence on grain protein. Agronomy Journal 81: 72-77.
3. Bauer, P. J., and P. R. Carter. 1986. Effect of seeding date, Plant density, moisture availability, and soil Nitrogen fertility on Maize Kernel breakage susceptibility. Crop science 26: 1220-1226.
4. Borjian, A., and Y. Imam. 2000. The effect of urea solution spraying before flowering on the performance and protein of grain of wheat. Iran cultivation sciences journal 2: 23-25. (In Farsi).
5. Braga, G. C., S. M. Couto, T. Hara, and J. T. P. Almeida Neto. 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. Agricultural Engineering research 72: 239-245.
6. Herter, U., and J. S. Burris. 1989. Change in moisture, temperature and quality of corn seed during high-temperature during. Canadian Journal of plant science. 69: 749-761.
7. Jain, R., and S. Bal. 1997. Properties of pearl millet. Agricultural Engineering Research 66: 85-91.
8. Kirleis, A., and R. Stroshine. 1990. Effects of hardness and drying air temperature on breakage susceptibility and dry-milling characteristics of yellow dent corn. Cereal Chemistry 67: 523-528.
9. Kordi, S. 2012. Effects of urea foliar application, harvesting time and seed drying methods on agronomical traits and seed quality of corn in khorramabad conditions. Faculty of agriculture. Ilam university, Ilam, Iran. (In Farsi).
10. Kuchaki, A. 1994. Cultivation in dry regions. Jihad daneshgahi publications of Mashhad. Iran. (In Farsi).
11. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials, structure, physical characteristics, and mechanical properties. New York: Gordon and Breach.
12. Olaniyan A. M., and K. Oje. 2002. Some aspects of the mechanical properties of Shea Nut. Biosystems Engineering.
13. Peplinski, A., M. Paulsen, and A. Bouzaher. 1992. Physical, chemical, and dry-milling properties of corn of varying density and breakage susceptibility. Cereal Chemistry 69: 397-400.
14. Rafiee, M., G. Noormohamadi, M. Karimi, and A. Nadiyan. 2002. Multivariate analysis of yield, yield components and harvest index of maize. In proceedings of 7th Congress of Agronomy and plant Breeding, seed and plant improvement institute, Karaj, Iran. (In Farsi).
15. Seifi, M. R., and R. Alimardani. 2010 a. Comparison of moisturedependent physical and mechanical

Archive of SID

www.SID.ir

properties of two varieties of corn (Sc 704 and Dc 370). Australian Journal of Agricultural Engineering 1: 170-178.

16. Seifi, M. R., and R. Alimardani. 2010 b. The Moisture content effect on some physical and mechanical properties of Corn (Sc 704). Agricultural Science 2: p125.
17. Sroller, J., J. pulkrabek, J. Behal, and J. Hodek. 1984. Determination of ripeness of sugar beet seed production stands. Sbronik. Vysoke skoly Zemedelske praze Fakulta Agronomicka 40: 227-240.
18. Vursavuş, K., and F. Özgüven. 2005. Fracture resistance of Pine Nut to compressive loading. Biosystems engineering 90: 185-191.

Archive of SID

www.SID.ir