

## ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای ماشین‌های مکانیزه برداشت بقایای ذرت دانه‌ای به‌منظور تغذیه دام

محمد رضا مستوفی سرکاری<sup>۱\*</sup> و ابوالفضل عباسی<sup>۲</sup>

### چکیده

در ایران، معمولاً کشاورزان بعد از برداشت ذرت دانه‌ای با مشکل بقایای آن روبرو هستند. این بقایا به‌صورت سوزاندن، چرا و خارج کردن از مزرعه تا حدودی کنترل می‌شوند. همچنین وجود بقایای به‌جامانده بعد از عملیات خاک‌ورزی، مشکلاتی مانند مصرف زیاد بذر را برای کاشت محصول بعدی (مثلاً گندم) با ماشین خطی‌کار به دنبال دارد. پژوهش حاضر با هدف انتخاب ماشین مکانیزه مناسب برای برداشت بقایا و تعیین ارزش غذایی آن‌ها برای تغذیه دام انجام گرفت. ویژگی‌های عملکردی ماشین‌ها، مقدار بقایا و عملکرد بقایای برداشت‌شده در واحد سطح اندازه‌گیری شد. پارامترهای ارزیابی‌شده در آزمایشگاه نیز شامل میزان ماده خشک و ترکیب شیمیایی آن‌ها، پروتئین خام، خاکستر، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، دیواره سلولی (NDF)، لیگنین و قابلیت هضم بودند. نمونه‌ها، تجزیه فیزیکی شده و میزان رطوبت آن‌ها (در ساقه، برگ و گل‌آذین) اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه مرکب در دو سال نشان داد که ماشین‌های ساقه‌کن و علف‌چین به ترتیب ۶۹۹۴/۲ و ۶۴۲۶/۲ کیلوگرم بر هکتار، بیشترین میزان برداشت کلی بقایا را به خود اختصاص داده و از نظر معنی‌داری مرتبه اول شد. ماشین ساقه‌خردکن با مقدار ۲۳۶۲/۴ کیلوگرم بر هکتار، در مرتبه بعدی قرار داشت. بالاترین ظرفیت مزرعه‌ای برای ماشین ساقه‌کن با مقدار ۰/۸۶ هکتار بر ساعت بوده و ماشین‌های علف‌چین و ساقه‌خردکن به ترتیب با ۰/۵۴ و ۰/۴۳ هکتار بر ساعت در مراتب بعدی بودند. نتایج تجزیه مرکب برای عملکرد میزان پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم بقایای برداشت‌شده توسط ماشین‌های ساقه‌کن، علف‌چین و ساقه‌خردکن با احتساب ۹۹ درصد اطمینان، معنی‌دار بوده و به ترتیب ۳۵۹/۵، ۳۱۱/۴ و ۱۴۱/۴ کیلوگرم بر هکتار و ۱۸۹۹۶/۷، ۱۶۸۴۱/۷ و ۹۵۶۹/۶ مگاکالری بر هکتار (بر اساس ماده خشک) به دست آمد. همچنین عملکرد مواد مغذی بقایای ذرت دانه‌ای در برگ، بیشتر از ساقه و در ساقه، بیشتر از گل‌آذین حاصل شد. بنابراین، ماشین ساقه‌کن عملکرد بهتری نسبت به سایر ماشین‌های برداشت بقایا نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزش غذایی، بقایای ذرت دانه‌ای، برداشت، علف‌چین دوار، ماشین ساقه‌کن.

**ارجاع:** مستوفی سرکاری م. ر. و عباسی ا. ۱۴۰۱. ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای ماشین‌های مکانیزه برداشت بقایای ذرت دانه‌ای به‌منظور تغذیه دام. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۳۷-۴۴. ۲۴. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10063.529>

۱- عضو هیئت علمی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- عضو هیئت علمی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

\* نویسنده مسئول: [mostofi08@gmail.com](mailto:mostofi08@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

## مقدمه

با عنایت به طرح کلان ارتقاء خوداتکایی در تولید علوفه و خوراک دام و طیور، تأمین منابع خوراک دام یک مسئله اساسی است.

در این راستا بقایای محصولات کشاورزی و به خصوص بقایای ذرت

دانه‌ای منبع غذایی قابل توجهی محسوب می‌شوند. به‌طوری‌که در آمارنامه سال ۹۹-۱۳۹۸، (Ahmadi, et al., 2021) سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای، ۱۳۲۵۷۲ هکتار و با تولید محصولی در حدود ۱/۱ میلیون تن ذکر شده است.

با توجه به منابع مورد مطالعه در این پژوهش تولید بقایای نیز رقم مشابهی را شامل می‌شود که با برداشت و جمع‌آوری ۷۰٪ کل بقایای موجود در مزرعه سالانه ۷۷۰ هزار تن بقایا قابل‌برداشت بوده که در این صورت حدود ۱۵٪ نیاز علوفه کشور تأمین می‌شود (نیاز کشور ۵/۲۴ میلیون تن علوفه و دانه است) (Anonymous, 2003). لازم به ذکر است ارزش اقتصادی این مقدار بقایای ذرت به‌عنوان علوفه به ازای هر تن در سال ۲۰۱۶ میلادی، ۷۱/۷۰-۶۱/۱۳ دلار، معادل ۵۱/۱۴ میلیون دلار خواهد بود (Khanna & Paulson, 2016). از طرف دیگر با توجه به اینکه معمولاً ذرت در تناوب با گندم است، بنابراین در ۱۳۲۵۷۲ هکتار زمین زراعی، گندم، با خطی کار کشت‌شده و با در نظر گرفتن ۲۰۰-۱۸۰ کیلوگرم بذر گندم به ازای هر هکتار، ۲۶/۲ هزار تن بذر مورد نیاز خواهد بود. درحالی‌که مقدار بذر موردنیاز برای کاشت با سانتی‌فوز ۳۰۰-۳۵۰ کیلوگرم به ازای هر هکتار است (۴۴/۸ هزار تن). بنابراین حدود ۲۰ هزار تن بذر صرفه‌جویی خواهد شد. با در نظر گرفتن قیمت متوسط بذر گندم به ازای هر کیلوگرم ۸۰۰۰ تومان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، بیش از ۱۶۰ میلیارد تومان صرفه اقتصادی خواهد داشت. بنابراین فرایند اجرای این پژوهش دارای توجیه اقتصادی است.

بر اساس منابع موجود (Shanahan 2004) در تحقیقی اعلام کردند در طول فصل زمستان و اوایل بهار، می‌بایستی علوفه برداشت‌شده برای تغذیه دام در کلرادو استفاده شود. با توجه به اینکه امکان چرا در این فصول وجود ندارد بنابراین از لحاظ زمانی گران‌قیمت‌ترین غذای دام محسوب می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود تغذیه دام با استفاده از بقایای ذرت و سورگوم صورت گیرد.

در صورتی‌که بقایای ذرت بلافاصله بعد از برداشت دانه مورد استفاده قرار گیرد ارزش یغذایی نسبتاً بالایی خواهد داشت. اگر دانه در رطوبت بیشتر از ۲۰٪ برداشت شود بقایای آن حدوداً ۵۰٪ رطوبت خواهند داشت.

(Lardy 2016) با هدف توصیف ارزش غذایی بقایای ذرت و ارائه توصیه‌هایی در رابطه با استفاده از بقایای ذرت در تغذیه گاو گوشتی، گزارش کرد هزینه‌های تولید گاو گوشتی در حال افزایش است. هزینه‌های خوراک زمستانی و چرای تابستانی تقریباً ۶۰ تا ۶۵ درصد از کل هزینه تولیدات مربوط به گاو را تشکیل می‌دهد. چرای بقایای محصول یکی از راه‌هایی است که به بهره‌بردار کمک می‌کند تا هزینه‌ها را کاهش داده و درآمد خود را بهبود دهد.

در تحقیقی برای کاهش روزهای جمع‌آوری بقایای ذرت دانه‌ای و افزایش تراکم آن‌ها برای تغذیه دام، Atchison, (2004) یافتند که مناسب‌ترین روش جمع‌آوری بقایا، برداشت یک مرحله‌ای آن‌ها و دانه به‌صورت توأمان بوده که در این صورت بقایا مرطوب نگهداری شده و پس از فرآوری از طریق یک ریلی حمل‌ونقل شوند.

(Herbek et al. 2000) در تحقیقی اعلام کردند برداشت بقایای ذرت دانه‌ای با استفاده از علف چین شلاقی و دوار انجام گرفت و نتایج نشان داد تیمار برداشت با علف چین شلاقی درصد بیشتری از سطح خاک را نسبت به برداشت با علف چین دوار با بقایا پوشش داده و می‌تواند به‌عنوان ماشین مناسب برای پخش یکنواخت‌تر بقایا معرفی شود.

(Quick, 2003) در تحقیقی ماشین برداشت جدیدی را با عنوان ماشین برداشت یک‌باره ذرت دانه‌ای و بقایای آن ابداع نمود که قادر به جمع‌آوری کل بقایای ذرت و چوب‌بلال است و بقایا قبل از اینکه با زمین برخورد نمایند وارد ماشین برداشت بقایا شده و فقط مقداری از آن به‌منظور پوشش خاک روی زمین باقی می‌ماند.

(Shinners 2003a) در تحقیقی اعلام کردند برداشت بقایای مرطوب به‌صورت مواد خردشده و بسته‌بندی کردن آن در داخل پلاستیک با متوسط اتلاف ماده خشک برابر با ۱۰/۹٪ بعد از ۷ تا ۸ ماه انبارمانی روش موفق بود. همچنین برداشت بقایای مرطوب به‌وسیله بسته‌بندها و پوشش آن‌ها به شکل تیوب با متوسط اتلاف ماده خشک ۳/۶٪ موفق بوده است.

ذرت دانه ای می‌تواند با استفاده از علف‌چین شلاقی و دوار بریده‌شده و در سطوح کوچک توسط شانه (ریک) جمع آوری شده و با بیلر مکعبی و در سطوح بزرگ با استفاده از بیلر دوار بسته‌بندی شود. همچنین در مزارعی که ماشین درو ردیف‌کن وجود دارد می‌توان اقدام به برداشت بقایا نموده و توسط بسته‌بند علوفه بسته‌بندی کرد. اگر تراکم بقایا زیاد باشد، برداشت مستقیم بقایا با چپر نیز ممکن خواهد بود. بنابراین اهداف پژوهش به ترتیب زیر است:

(۱) انتخاب روش مناسب برداشت مکانیزه به‌منظور امکان جمع‌آوری حداکثر بقایای ذرت (بیش از ۷۰٪)

(۲) باقی گذاشتن مقداری از بقایا به‌منظور حفظ ماده آلی خاک در عملیات خاک‌ورزی حفاظتی

### مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی این پژوهش به شرح زیر بودند (Mostofi & Abbasi, 2012):

۱. برداشت با ساقه خردکن + ریک + بسته‌بند،
۲. برداشت با علف‌چین دوار + ریک + بسته‌بند،
۳. برداشت با ماشین ساقه‌کن (شکل ۱) + ریک + بسته‌بند.

در این پژوهش، برداشت بقایا با چپر، به علت خرد کردن بیش‌ازحد بقایا و اتلاف زمانی، حذف شد. برداشت بقایا در سطح رطوبتی ۲۳-۲۱ درصد محصول صورت گرفت. همچنین طرح آزمایشی بر اساس بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با ۵ تکرار انجام شد.



شکل ۱- ماشین ساقه‌کن پنبه

ماشین ساقه‌کن در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی طراحی و نمونه‌سازی شده و با عنوان ماشین ساقه‌کن پنبه، دارای گواهی ثبت اختراع به شماره ۳۰۰۱۷

Shinners (2003b) در تحقیقی دیگر نشان دادند که با استفاده از ماشین برداشت یک‌باره تولید هر تن بقایای خشک برداشت‌شده هزینه‌ای برابر با ۳۰/۸ دلار دارد. این هزینه شامل انبار نمودن و انتقال به تجهیزات فرآوری یاست. درحالی‌که هزینه روش معمول با بسته‌های خشک نگهداری شده در محوطه بیرون برابر با ۴۱/۹ دلار بر هر تن بقایای خشک است. بنابراین سامانه برداشت یک‌باره، هزینه‌ها را به میزان ۲۹٪ کاهش می‌دهد. سامانه‌های برداشت دو و سه مرحله‌ای بقایای مرطوب با استفاده از ماشین برداشت خودگردان علوفه خشک، هزینه نقل‌وانتقال را به ترتیب ۱۹ و ۱۵ درصد کاهش داده است. (Tasha (2017) در پژوهشی کیفیت بقایای ذرت را موردبررسی قرارداد و گزارش نمود که روش‌های خشک‌کردن نمونه‌های بقایا در کیفیت آنها مؤثر بودند. همچنین روش خشک‌کردن با اینکه تأثیری بر مواد آلی و قابلیت هضم نداشت اما بر محتوای فیبر تأثیر گذاشت.

دانشگاه ایالتی ایوا، در ارایه نتایج پژوهشی با عنوان برداشت صنعتی بقایای ذرت (2014) اعلام کردند ذینفعان در زنجیره ارزش تأمین بقایای ذرت باید به تغییرات موجود در هنگام برداشت به رطوبت انبار، شرایط مزرعه، تجهیزات کاربردی و مسائل مربوط به ذخیره‌سازی پس از برداشت توجه داشته باشند. در بقایای بسته‌بندی شده، باید الزامات کیفیت را هنگام تحویل به بهره‌بردار رعایت نموده تا امکان مشارکت مداوم در زنجیره تأمین فراهم شود.

دست‌آورد پژوهشی در نشریه ترویجی Michigan State University (2017). گزارش شد مقدار باقیمانده بقایای پوشیده شده در مزرعه پس از بسته‌بندی، ۱۳ درصد کمتر از نوارهایی بود که به‌طور میانگین در مکان‌ها و سال‌ها برداشت نمی‌شد. برای خرد، درو ردیف‌کردن بقایا در دو مکان مشخص از یک دماغه مخصوص برداشت بقایای ذرت استفاده شد. اما در مکانی دیگر از یک خردکن ساقه/درو ردیف‌کن استفاده شد که تفاوت معنی‌داری در مقدار باقیمانده بقایا نشد. در این پژوهش بیان شد که کشاورزان می‌توانند در صورت استفاده از ساقه خردکن، با تنظیم ارتفاع ساقه‌ها و ارتفاع دستگاه درو ردیف‌کن، میزان برداشت را برآورد کنند.

با توجه به منابع ارائه‌شده می‌توان دریافت که پژوهش حاضر تا به حال در کشور انجام‌نشده است. برداشت بقایای

- سرعت پیشروی مجموعه تراکتور و ماشین: این عملیات با ۵ تکرار انجام‌شده و میانگین آن برای سطوح مختلف تیمار ۱ به ترتیب ۴/۵ و ۳/۶ کیلومتر بر ساعت ثبت گردید.

- بازده مزرعه‌ای (e): بازده مزرعه‌ای سطوح مختلف تیمار آزمایشی ماشین‌های برداشت بر اساس میزان اتلاف زمانی در دور زدن‌های انتهایی کرت‌های آزمایشی و عدم خرابی در طول عملیات برداشت و نهایتاً توقف به‌منظور رفع بیش باری بین ۷۵ تا ۸۰ درصد محاسبه گردید.

- ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (c): با استفاده از معادله (۱)، ظرفیت مزرعه‌ای هر ماشین برحسب هکتار بر ساعت محاسبه یشد (جدول ۳):

$$c = \frac{S \times W \times e}{10} \quad (1)$$

که در آن S = عرض کار مفید دستگاه برحسب متر، W = سرعت پیشروی تراکتور برحسب کیلومتر بر ساعت، و e = بازده مزرعه‌ای برحسب درصد است.

از اداره ثبت شرکت‌ها و مالکیت صنعتی ایران است. این ماشین توسط شرکت تاکا تولید نیمه‌صنعتی رسیده است (Mostofi, 2006).

پارامترهای قابل‌اندازه‌گیری در مزرعه عبارتند بودند از: (۱) مقدار بقایای برداشت شده (عملکرد برداشت (Kg/ha): پس از برداشت دانه ذرت، عملکرد بقایا اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

رطوبت بقایای برداشت‌شده: رطوبت بقایا بر اساس استاندارد (ASAE Standards ASAE S358.2 DEC98 (ASAE Standards for Moisture Determination) اندازه‌گیری شد.

(۲) تعیین وزن کل بوته‌ها در یک مترمربع (جدول ۲) عملکرد محصول ذرت دانه‌ای در مزرعه آزمایشی ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، حدود ۲ تن در هکتار اعلام شده است بنابراین مشاهده می‌شود که متوسط عملکرد بقایا نیز حدود ۲ تن در هکتار اندازه‌گیری، توزین و ثبت‌شده است.

پارامترهای عملکردی ماشین‌های مورد‌استفاده در این پژوهش به شرح زیر اندازه‌گیری و تعیین شدند:

جدول ۱- میزان بقایای برداشت‌شده در سطوح مختلف تیمار آزمایشی

| تیمار | تیمار آزمایشی | مقدار بقایای برداشت‌شده (kg/ha) در تکرارها |      |      |
|-------|---------------|--|------|------|
| ۱     | علف‌چین دوار  | ۴۳۵۰                                       | ۳۱۱۶ | ۶۴۰۰ |
| ۲     | ساقه‌کن       | ۲۷۲۶                                       | ۳۵۸۰ | ۳۹۵۰ |
| ۳     | ساقه خردکن    | ۱۳۳۳                                       | ۲۶۱۶ | ۱۳۰۰ |



شکل ۲- ماشین ساقه‌کن در حال برداشت بقایای ذرت دانه‌ای

پس از اعمال هر تیمار در ابعاد پلات ۳×۳ مترمربعی، بقایای برداشت‌شده جمع‌آوری و توزین گردید. در ادامه قسمت‌های مختلف بقایای جمع‌آوری شده (ساقه، برگ و گل‌آذین) تفکیک، توزین و میزان ماده خشک هرکدام جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شد.

جدول ۲- میزان بوته‌ها در واحد سطح

| تکرار | وزن کل بوته‌ها در واحد سطح (kg/ha) |
|-------|------------------------------------|
| ۱     | ۱۸۹۵/۲                             |
| ۲     | ۱۷۹۳/۳                             |
| ۳     | ۲۲۰۱                               |
| ۴     | ۱۹۱۵/۴                             |
| ۵     | ۱۹۰۲/۷                             |

جدول ۳- ظرفیت مزرعه‌ای سطوح مختلف تیمار آزمایشی

| تیمار | تیمار آزمایشی | ظرفیت مزرعه‌ای ماشین (ha/h) |
|-------|---------------|-----------------------------|
| ۱     | علف‌چین دوار  | ۰/۵۴                        |
| ۲     | ساقه‌کن       | ۰/۸۶                        |
| ۳     | ساقه خردکن    | ۰/۴۳                        |

(Tilley, 1963). انرژی قابل متابولیسم نمونه‌ها با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش‌های برون تنی تخمین زده شد. داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و جدول بررسی داده‌ها و میانگین آن‌ها به روش دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

### نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از دو سال اجرای پروژه (جدول ANOVA) در خصوص داده‌های سامانه‌های برداشت بقایای ذرت دانه‌ای نشان داد که تیمار سامانه برداشت در سطح ۵ و ۱٪ معنی‌دار است. بنابراین میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شده و نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است اثر تیمارهای برداشت بقایای ذرت دانه‌ای در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است.

پارامترهای قابل اندازه‌گیری پس از برداشت در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور (ستاد موسسه، کرج، البرز) عبارتند از:

۱- تعیین میزان ماده خشک نمونه‌ها،  
۲- تجزیه فیزیکی قسمت‌های مختلف بقایای ذرت (ساقه، برگ و گل‌آذین) (Montross, 2005).

۱-۲- اندازه‌گیری میزان وزنی قسمت‌های مختلف بقایا،  
۲-۲- اندازه‌گیری میزان رطوبت قسمت‌های مختلف بقایا. برای تعیین ترکیبات شیمیایی و ارزش غذایی مقدار ۲۰ تا ۳۰ گرم از هر نمونه با آسیاب آزمایشگاهی و با الک یک میلی‌متری آسیاب و سپس آزمایش‌های تعیین میزان ماده خشک، خاکستر خام، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی سلولز، لیگنین، کلسیم و فسفر طبق روش‌های مندرج در (AOAC (2000) انجام شد. همچنین آزمایش‌های تعیین قابلیت هضم به روش برون تنی (in vitro) به روش هضم دمرحله‌ای انجام شد (Terry &

جدول ۴- جدول تجزیه و تحلیل داده‌های برداشت بقایای تیمارهای مختلف آزمایشی

| منابع تغییر  | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F     | $\alpha$ |
|--------------|--------------|------------|----------------|-------|----------|
| تیمار برداشت | ۱۶۲۲۸۹۸۱۷/۲  | ۲          | ۸۱۱۴۴۹۰۸/۶     | ۸/۵۵۲ | ۰/۰۰۵    |
| خطا          | ۱۱۳۸۵۷۴۳۲/۴  | ۱۲         | ۹۴۸۸۱۱۹/۴      |       |          |
| کل           | ۲۷۶۱۴۷۲۴۹/۶  | ۱۴         |                |       |          |

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود میزان برداشت بقایا در دو سامانه برداشت با ماشین‌های ساقه‌کن و علف‌چین دوار در یک‌مرتب معنی‌داری قرار می‌گیرند و میزان برداشت با ماشین ساقه خردکن در مرتبه معنی‌داری بعدی قرار دارد. همچنین بیشترین مقدار بقایا

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود میزان برداشت بقایا در دو سامانه برداشت با ماشین‌های ساقه‌کن و علف‌چین دوار در یک‌مرتب معنی‌داری قرار می‌گیرند و میزان برداشت با ماشین ساقه خردکن در مرتبه معنی‌داری بعدی قرار دارد. همچنین بیشترین مقدار بقایا

جدول ۵- میانگین داده‌های مربوط به میزان برداشت بقایای ذرت دانه‌ای از تیمارهای آزمایشی

| ماشین برداشت | تعداد | مرتبه اول            | مرتبه دوم           |
|--------------|-------|----------------------|---------------------|
| ساقه خردکن   | ۵     | ۸۸۱۹/۲ <sup>a</sup>  | ۲۹۷۱/۸ <sup>b</sup> |
| علف چین      | ۵     | ۱۰۶۹۵/۸ <sup>a</sup> |                     |
| ساقه‌کن      | ۵     | ۱/۰۰۰                | ۰/۳۵۴               |
|              |       |                      | $\alpha$            |

جدول ۶- تجزیه مرکب داده‌های دوساله اجرای پروژه در تیمارهای آزمایشی

| منابع تغییر        | مجموع مربعات  | درجه آزادی | میانگین مربعات | F     | $\alpha$ |
|--------------------|---------------|------------|----------------|-------|----------|
| سال                | ۱۴۹۸۱۳۹۷۵/۱۵  | ۱          | ۱۴۹۸۱۳۹۷۵/۱۵   | ۲۴/۵۷ | ۰/۰۰۱    |
| خطای سال           | ۴۸۷۷۶۴۳۴/۶۹   | ۸          | ۶۰۹۷۰۵۴/۳۴     | ۱/۲۴  |          |
| تیمار برداشت       | ۱۲۷۶۳۴۰۹۵۷/۷۵ | ۲          | ۶۳۸۱۷۰۴۷/۸۷    | ۱۲/۹۶ | ۰/۰۰۱    |
| سال × تیمار برداشت | ۴۸۱۸۵۷۲۸/۹۲   | ۲          | ۲۴۰۹۲۸۶۴/۴۶    | ۴/۸۹  | ۰/۰۲۲    |
| خطای کل            |               | ۱۶         | ۴۹۲۵۲۲۴/۲۱     |       |          |
| کل                 |               | ۲۹         |                |       |          |

معنی‌داری با هم داشتند. بیشترین میزان برداشت بقایا توسط ماشین‌های علف‌چین دوار و ساقه‌کن بوده است که نتیجه کلی و مرکب دو سال در جدول ۹ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود بیشترین میزان برداشت بقایا با استفاده از ماشین‌های ساقه‌کن و علف‌چین دوار بوده و در مرتبه معنی‌داری اول قرار می‌گیرد و روش برداشت با ماشین ساقه خردکن در مرتبه معنی‌داری بعدی قرار دارد. همچنین می‌توان به زیاد بودن مقدار برداشت بقایا با ماشین ساقه‌کن پی برد که بیشترین ساقه‌های ذرت دانه‌ای توسط این سامانه برداشت از مزرعه جمع‌آوری شده و امکان کاشت با خطی کار را برای گندم در تناوب با ذرت دانه‌ای میسر می‌سازد.

اثر سال و تیمار آزمایشی (تیمارهای برداشت) در سطوح ۵ و ۱٪ معنی‌دار بوده و اثر سال در تیمار آزمایشی نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. بنابراین نتایج کلی در جدول اثر سال و سال و تیمار آزمایشی و آزمون میانگین داده‌ها (جدول ۷ تا ۹) ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که در سال‌های مختلف و در مزارع متفاوت می‌توان میزان بقایای متغیری را در سامانه‌های مختلف برداشت به دست آورد که در جدول ۸ این تغییرات در سطوح مختلف تیمار آزمایشی نشان داده شده است.

در دو سال اجرای پروژه میزان برداشت بقایا متفاوت بوده و همچنین سطوح مختلف تیمار آزمایشی اختلاف

جدول ۷- اثر سال در اعمال تیمارهای آزمایشی

| سال | میانگین | خطای معیار |
|-----|---------|------------|
| اول | ۳۰۲۶/۲۴ | ۱۳۹۵/۲     |
| دوم | ۷۴۹۵/۶۰ | ۴۴۴۱/۳     |

جدول ۸- اثر متقابل سال و تیمار آزمایشی ماشین‌های برداشت بقایای ذرت دانه‌ای

| سال | تیمار برداشت | میانگین  | خطای معیار |
|-----|--------------|----------|------------|
| اول | علف‌چین      | ۴۰۳۳/۱۹  | ۱۷۰۷/۳     |
|     | ساقه‌کن      | ۳۲۹۲/۵۲  | ۴۷۹/۷      |
|     | ساقه خردکن   | ۱۷۵۳/۰۰  | ۵۳۴/۶      |
| دوم | علف‌چین      | ۸۸۱۹/۲۰  | ۴۴۱۴/۴     |
|     | ساقه‌کن      | ۱۰۶۹۵/۸۰ | ۲۹۰۳/۹     |
|     | ساقه خردکن   | ۲۹۷۱/۸۰  | ۷۳۷/۹      |

جدول ۹- نتیجه آزمون مرکب میانگین داده‌های تیمار آزمایشی برداشت بقایای ذرت دانه‌ای

| ماشین برداشت | تکرار | مرتبه اول            | مرتبه دوم            |
|--------------|-------|----------------------|----------------------|
| ساقه خردکن   | ۱۰    |                      | <sup>b</sup> ۲۳۶۲/۴۰ |
| علف‌چین دوار | ۱۰    | <sup>a</sup> ۶۴۲۶/۲۰ |                      |
| ساقه‌کن      | ۱۰    | <sup>a</sup> ۶۹۹۴/۱۶ |                      |
| $\alpha$     |       | -/۵۷۵                | ۱/۰۰۰                |

است که از مزرعه خارج شده و امکان کاشت محصول بعدی، بعد از عملیات کم خاک‌ورزی (خاک‌ورزی حفاظتی) میسر شود. پس مسئله مهم و قابل‌توجه در برداشت مکانیزه بقایای ذرت دانه‌ای، برداشت ساقه بوده که بعد از شانه‌کشی (ریک زدن) قابل‌برداشت با بیسته‌بند بوده و به‌صورت بسته‌بندی برای تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین جمع‌بندی نتایج سال اول و دوم به‌صورت زیر خواهد بود:

### الف- نتایج و بحث برداشت ماشینی بقایای ذرت دانه‌ای

با توجه به جداول نتایج و اختلاف معنی‌دار بین بقایای برداشت‌شده در تیمارهای مختلف (ماشین برداشت) می‌توان نتیجه گرفت که چون ماشین برداشت موردنظر بلافاصله بعد از برداشت دانه با کمباین وارد عملیات می‌شود بنابراین ماشینی موفق خواهد بود که بیشترین میزان برداشت ساقه‌ها را دربر داشته و به علت عدم پوسیدگی این قسمت از بقایا تا سال زراعی بعدی نیاز

علف‌چین دوار در یک‌مرتب‌ه معنی‌داری قرار گرفته و برداشت بقایا با ماشین ساقه خردکن میزان خاکستر بیشتری را داشت.

- بیشترین میزان دیواره سلولی (NDF) مربوط به بقایای برداشت‌شده توسط ماشین ساقه‌کن بود و سامانه‌های دیگر برداشت به ترتیب در ردیف‌های بعدی قرار گرفتند.

- بیشترین انرژی خام از بقایای برداشت‌شده توسط ماشین ساقه‌کن به‌دست‌آمده و بقایای برداشت‌شده توسط ماشین‌های دیگر در ردیف‌های بعدی قرار گرفتند.

- قابلیت هضم ماده خشک بقایای برداشت‌شده توسط ماشین‌های علف‌چین دوار و ساقه‌کن نسبت به برداشت بقایا توسط ماشین ساقه خردکن بالاتر بود.

- نتایج تجزیه مرکب برای عملکرد مواد مغذی بر اساس تفکیک بوتانیکی نشان داد که به‌طور میانگین عملکرد برگ بیشتر از ساقه و ساقه بیشتر از گل‌آذین بوده است. این موضوع به این دلیل است که محتوای مواد مغذی، متأثر از میزان عملکرد ماده خشک است.

- نتایج تجزیه مرکب بین ارزش غذایی قسمت‌های مختلف گیاه ذرت دانه‌ای در دو سال مختلف نشان داد که در بیشتر صفات مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری با ۹۹ درصد اطمینان بین سال اول با سال دوم وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که به‌طور میانگین مقدار ماده خشک گل‌آذین، برگ و ساقه به ترتیب کاهش یافته و تفاوت‌ها معنی‌دار بوده است. محتوی پروتئین خام نیز روند نسبتاً مشابه با ماده خشک را نشان داد، اما فقط ساقه با دو جزء دیگر گیاه تفاوت معنی‌دار را نشان داد. نتایج تجزیه مرکب برای عملکرد میزان پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم بقایای برداشت‌شده توسط ماشین‌های ساقه‌کن، علف‌چین و ساقه خردکن با احتساب ۹۹ درصد اطمینان، معنی‌دار بوده و به ترتیب ۳۵۹/۵، ۳۱۱/۴ و ۱۴۱/۴ کیلوگرم بر هکتار و ۱۸۹۹۶/۷، ۱۶۸۴۱/۷ و ۹۵۶۹/۶ مگا کالری بر هکتار (بر اساس ماده خشک) به دست آمد.

#### نتیجه‌گیری

در مجموع، با توجه به عملکردهای به دست آمده، ماشین ساقه‌کن کارایی بهتری نسبت به سایر ماشین‌های برداشت داشته و ماشین مناسبی برای برداشت بقایای ذرت دانه‌ای توصیه می‌شود.

• نوع سامانه برداشت مکانیزه بقایا در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است.

• ماشین‌های ساقه‌کن و علف‌چین به ترتیب بیشترین میزان برداشت کلی بقایا (ساقه، برگ و گل‌آذین) را به خود اختصاص داده و در مرتبه معنی‌داری اول قرار گرفته و ماشین ساقه خردکن در مرتبه بعدی قرار دارد.

• بیشترین ساقه‌ها توسط ماشین ساقه‌کن برداشت‌شده و به ترتیب ماشین‌های علف‌چین و ساقه خردکن در مراتب بعدی معنی‌داری قرار می‌گیرند.

• بیشترین کاه و گل‌آذین با علف‌چین برداشت‌شده و ماشین‌های ساقه‌کن و ساقه خردکن در مرتبه‌های بعدی معنی‌داری قرار می‌گیرند.

• بیشترین برگ توسط ماشین علف‌چین برداشت‌شده و به ترتیب ماشین‌های ساقه‌کن و ساقه خردکن در مرتبه‌های بعدی قرار دارند.

• بالاترین ظرفیت مزرع‌ای برای ماشین ساقه‌کن بوده و ماشین‌های علف‌چین و ساقه خردکن در مراتب بعدی معنی‌داری قرار دارند.

• باقی ماندن قسمت‌هایی از بقایا که قابلیت پوسیدن و تبدیل به ماده آلی خاک را داراست و با اعمال عملیات کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی امکان کشت محصول بعدی با ماشین کاشت میسر می‌شود، توسط سامانه برداشت بقایا با ماشین ساقه‌کن حاصل می‌شود.

#### ب- نتایج و بحث ارزش غذایی بقایای ذرت دانه‌ای

##### جمع‌آوری شده

- میزان برداشت بقایای ذرت دانه‌ای پس از برداشت دانه، تحت تأثیر عواملی همچون سال (وضعیت آب و هوا)، زمان برداشت، نوع ماشین برداشت و نسبت اجزای گیاه است. - بیشترین میزان پروتئین خام برداشت‌شده از مزرعه ذرت دانه‌ای توسط ماشین‌های علف‌چین دوار (۳/۸۲٪) و ساقه‌کن (۳/۷۹٪) بوده و برداشت این ماده مغذی توسط ماشین ساقه خردکن (۳/۲۴٪) کمتر بوده است که با تحقیق (Shanahan et al., 2004)، همخوانی دارد.

- کمترین میزان خاکستر مربوط به بقایای برداشت‌شده توسط ماشین ساقه‌کن بوده که با برداشت بقایا با ماشین

Engineering Department University of Kentucky.

- Mostofi Sarkari, M. R. & Abbasi, A., (2012). Investigation of Suitable Method of Mechanized Corn Residues Harvesting Based on Quality and Quantity of Harvested Residues and Machine Performance Parameters. *Research project report* No. 42216. (In Persian).
- Mostofi Sarkari, M. R., (2006). Cotton Stalk Puller Field Evaluation Assessment. *Agricultural Engineering Research Journal*, 7(29): 47-58. (In Persian).
- Quick, G. R., (2003). Single-Pass Corn and Stover Harvesters: Development and Performance. *Electronic proceedings of the international conference on crop harvesting and processing*, 9-11 Feb. 2003 (Louisville, Kentucky USA). ASAE Publication.
- Shanahan, J. F., Smith D.H., Stanton T. L., & Horn B. E. (2004). Crop Residues for Livestock Feed. Colorado State. *University Cooperative Extension*.
- Shinners, K. J., Binversie B. N., & Savoie, P. (2003a). Harvest and Storage of Wet and Dry Corn Stover as a Biomass Feedstock. *ASAE Paper*.
- Shinners, K. J., Binversie B. N., & Savoie, P. (2003b). Whole-Plant Corn Harvesting for Biomass: Comparison of single-pass and Multi-pass harvest systems. *ASAE Paper*.
- Tasha M. & King, M. S. (2017). Estimating corn residue quality. *M. Sc. Thesis. The University of Nebraska*.
- Tilley, Y. M. A. & Terry, R. A. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 18: 104-111.

## سیاسگزاری

نویسندگان از همکاران فنی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی که در ارزیابی مزرعه‌های ماشین و اجرای پروژه در مزرعه کمک کردند و همچنین کلیه همکاران آزمایشگاهی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور که در اجرای آزمایشات پروژه همکاری لازم را مبذول داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

- Ahmadi, K., Ebad-Zadeh, H. R., Hatami, F., Mohammad -Nia Afrozi, SH., Esfandiyari Poor, E., & Taghani, R. A., (2021). *Agricultural Statistics*. Jahad-Agriculture Ministry. Programming and Economic Deputy. Static and information technology office. (In Persian).
- Anonymous, (2003). *Husbandry Needed Feed Report*. Needed food assessment year 2003-2014 (In Persian).
- AOAC, (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*, 17th ed. Official method 968.06.
- ASAE Standard No. S358.2 DEC98.
- Atchison, J. E., & Hettenhaus, J. R. (2004). Innovative Methods for Corn Stover Collecting, Handling, Storing, and Transportation. *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. SR-510-33893-Golden-Colorado.
- Budgets\_cost\_of\_production\_and\_decision\_making tools. (Accessed Feb. 6, 2017.)
- Herbek, J., Murdock L., James J., & Call, D. (2000). Corn Residue Management for No-Till Wheat. Department of Agronomy.
- Industrial corn Stover Harvest, (2014). *Iowa State University Extension and Outreach*.
- Khanna, Madhu, & Paulson, Nick, (2016). To harvest Stover or not: Is it worth it? Department of Agricultural and Consumer Economics. *The University of Illinois at Urbana-Champaign. Farmdoc daily* (6): 32
- Lardy, Greg, (2016). Utilizing corn residue in beef cattle diets. *North Dakota State University (NDSU) Extension Service*. Fargo, North Dakota.
- Michigan State University Extension. 2017. Budgets, cost of production, and decision-making. Available at: [http://msue.anr.msu.edu/topic/farm\\_management/](http://msue.anr.msu.edu/topic/farm_management/)
- Montross, M. D., McNeill S. G., Shearer, S. A., & Stombaugh T. S. (2005). Post-Harvest Physical Properties of Corn Stover. *Biosystems and the Agricultural*