

بررسی تلفات دانه گندم در برداشت با کمباین‌های مختلف در استان اردبیل و ارائه راهکارهای کاهش آن

جبرائیل تقی‌نژاد^{۱*} و الیاس دهقان^۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۸

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

۲- موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: E-mail: j.taghinezhad@areeo.ac.ir

چکیده

مرحله برداشت یکی از مهم‌ترین مراحل تولید محصولات کشاورزی بوده و بخش مهمی از تلفات محصول در این مرحله اتفاق می‌افتد. در سال زراعی ۹۶-۹۷، میزان تلفات برداشت گندم تعداد ۴۹ دستگاه از کمباین‌های متداول داخلی (جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس ۶۸ اس) و کمباین جدید نیوهلند ۵۰۸۰ TC، به‌روش نمونه‌گیری تصادفی، در پنج شهرستان استان اردبیل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد کل تلفات برداشت گندم در استان اردبیل ۵/۷۱ درصد بود که سهم تلفات طبیعی و کمباینی به ترتیب ۳/۷۴ و ۱/۹۷ درصد بود. از بین کمباین‌های مورد بررسی، کمباین نیوهلند ۵۰۸۰ دارای کمترین میزان تلفات دانه به‌میزان ۱٪ و بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای به میزان $1/16 \text{ ha.hr}^{-1}$ بود. بیشترین تلفات دانه به‌میزان ۲/۵۱٪ در کمباین کلاس ۶۸ اس با ظرفیت مزرعه‌ای $0/78 \text{ ha.hr}^{-1}$ محاسبه شد. در کمباین‌های جان‌دیر، کلاس و نیوهلند به ترتیب ۶۸/۵، ۶۵/۲ و ۹۰ درصد از تلفات کمباینی دانه توسط واحد سکوی برش ایجاد شد. تلفات سکوی برش در کمباین‌های جان‌دیر، کلاس و نیوهلند به ترتیب ۱/۴۱، ۱/۶۴ و ۰/۹۹ درصد بود. تلفات واحدهای فراوری (عقب) در کمباین جان‌دیر و کلاس نیز به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۸۷ درصد و برای نیوهلند ۵۰۸۰ TC حدود ۰/۰۴ درصد بود. نتایج حاصل از بررسی نمونه دانه در مخزن کمباین نشان داد که میزان تلفات کیفی مفید برای کمباین‌های نیوهلند ۵۰۸۰ TC، جان‌دیر و کلاس به ترتیب ۰/۵۲، ۱/۰۳ و ۱/۱۴٪ است. به‌طور کلی، برای برداشت گندم در استان اردبیل به ترتیب استفاده از کمباین‌های نیوهلند ۵۰۸۰ TC، و جان‌دیر ۹۵۵ توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تلفات، عملکرد، گندم، هد کمباین

Assessment of Wheat Harvesting Losses with Different Combines and Provide the Necessary Solutions in Ardabil Province

Jabraeil Taghinazhad^{1*} and Elyas Dehghan²

Received: 6 Apr 2020

Accepted: 14 Feb 2021

¹Academic Member, Department of Agricultural Engineering Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran

²Academic Member, Department of Agricultural Engineering Research, AREEO, Karaj, Iran

*Corresponding author: E-mail: j.taghinezhad@areeo.ac.ir

Abstract

Harvesting is one of the most difficult and important stages of crop production. In this regard, 49 combine harvesters including conventional combines JD 955, JD 1055, CLASS-S 68 and NEW Holland TC 5080 were investigated in wheat farms in 5 cities of Ardabil provinces, during 2018. The measured parameters were preharvesting yield losses and the losses at different sections of combine harvester such as cutting unit, threshing and separation unit, and storage tank, and also MOG percentage. The results showed that there was a significant difference between the harvesters in terms of losses and field capacity at the level of 1%. The highest effective field capacity was for NEW Holland TC 5080 combine with 1.16 ha hr^{-1} where the lowest losses with 0.99 percent belonged to the same. Head grain losses in John Dear, CLASS-S 68 and NEW Holland TC 5080 combines were about 68.5, 65.2 and 90 percent, respectively. Cutting platform losses in John Dear, CLASS-S 68 Combine and NEW Holland TC 5080 were 1.41, 1.64 and 0.99 percent, respectively. Processing losses in John Dear and Class combines were 0.67% and 0.87%, respectively, where it was only 0.04% for New Holland 5080 TC. The highest total losses were 2.51 percent obtained for CLASS-S 68 combine with 0.78 ha hr^{-1} field capacity. Useful quality losses were 0.52, 1.03, and 1.14%, respectively, for New Holland 5080 TC, John Dear and Class combines, respectively. In overall, the natural preharvesting losses rate was 3.74% and the average total losses for all combine harvesters was 1.94%. According to the results, in general it is recommended to use JD955 and TC5080 combine harvesters due to their low losses, acceptable wheat grain purity percentage and suitable field capacity.

Keywords: Combine harvester, Head losses, Wheat, Yield

How to cite:

Taghinazhad, J., and Dehghan E. 2020. Assessment of Wheat Harvesting Losses with Different Combines and Provide the Necessary Solutions in Ardabil Province. Journal of Agricultural Mechanization 5 (1): 1-10.

۱- مقدمه

۱۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. مطابق جدول ۱، در سال ۱۳۹۷ این سطح برداشت از مزارع گندم استان اردبیل توسط ۱۳۵۷ دستگاه کمباین برداشت شد. از این تعداد کمباین، بیش از ۱۰۵۰ دستگاه آن انواع کمباین جاندر، ۱۹۷ دستگاه کمباین کلاس مدل ۶۸ اس و ۳۴ دستگاه کمباین نیوهلند جدید بودند (Anon, 2015).

گندم مهم‌ترین محصول زراعی کشور است. بیشترین سطح زیر کشت زمین‌های زراعی قابل کشت استان اردبیل به غلات اختصاص دارد. سطح زیر کشت گندم آبی و دیم در سال ۱۳۹۷ به ترتیب برابر با ۷۰۸۹۵ و ۲۳۴۹۹۱ هکتار بود و میانگین عملکرد آن‌ها نیز به ترتیب ۴۴۹۵ و

جدول ۱- سن، نوع و تعداد کمباین‌های فعال در استان اردبیل در سال ۱۳۹۷

Table 1. Age, type and the number of active combine harvesters in Ardabil province in 2017

نام شهرستان	انواع جاندر	کلاس	نیوهلند	بلاروس	سایر	کل	13 years <	20-13	> 20 years	کل	نام شهرستان
City name	JD type	Class	NEW Holland	Belaros	Other	Total	13 years <	20-13	> 20 years	Total	City name
اردبیل	40	5	0	1	11	57	24	29	4	57	Ardabil
مشکین شهر	73	24	0	0	14	111	58	38	15	111	Meshkin shahr
گرمی	170	26	0	0	7	203	100	64	39	203	Germi
بيله سوار	549	88	1	4	38	680	365	170	153	680	Bilesvar
پارس‌آباد	113	49	32	0	11	205	116	57	32	205	Parsabad
سایر شهرستان‌ها	107	5	1	0	0	113	67	38	8	113	Other City
کل	1052	197	34	5	81	1369	709	396	251	1369	Total

مربوط به میزان تلفات دانه گندم در ۳۲ استان کشور از سال ۸۴ تا ۹۳ گزارش دادند که مقدار دانه گندم تلف‌شده در کشور در هر سال زراعی حدود ۶۰۰ هزار تن بود که این مقدار معادل ۱۰۴۹ میلیون مترمکعب آب در هر سال (معادل پنج برابر حجم مخزن سد کرج) می‌باشد. با فرض قیمت ۱۷۰۰ تومان برای خرید تضمینی هر کیلوگرم گندم، مجموع خسارات وارد شده به کشاورزان و کشور در اثر تلفات دانه در مرحله برداشت گندم حدود ۸۸۴ میلیارد تومان می‌باشد که سهم تلفات کمباینی و طبیعی از خسارات وارده به ترتیب حدود ۵۷۶ و ۳۰۸ میلیارد تومان برآورد گردید (Mostofi-Sarkari et al., 2016). هم‌چنین هزینه سالانه هدر رفت آب ناشی از تلفات برداشت ۱۵۷۳/۵ میلیارد تومان (معادل خرید ۲۴۲۰ دستگاه کمباین ۶۵۰ میلیون تومانی غلات) بود (Dehghan et al., 2018).

Dehghan (2008) با اندازه‌گیری تلفات دانه گندم در ۴۲ دستگاه کمباین در استان خوزستان در سال ۱۳۸۶، گزارش نمودند که میانگین تلفات طبیعی، تلفات کمباینی (جاندر ۹۵۵) و تلفات کل در مزارع گندم مورد بررسی به ترتیب ۲، ۶/۵ و ۸/۵ درصد و تلفات سکوی برش و واحدهای کوبنده، جداکننده و تمیزکننده کمباین نیز به ترتیب ۴/۴،

با کاهش ضایعات گندم در مرحله برداشت، امکان افزایش قابل توجه در تولیدات نیز وجود دارد. اولین گام برای کاهش تلفات کمباینی، تعیین منشأ تلفات در هر منطقه است. طبق گزارش مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، تلفات کمباینی دانه گندم در کشور در سال ۱۳۹۶ حدود ۵/۷ درصد بود. این در حالی است که تلفات قابل قبول برای دانه گندم در کشور ۲٪ و ایده‌آل آن ۱٪ است. براساس نتایج یک پژوهش ملی که توسط Dehghan et al. (2018) به سفارش معاونت امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی در ۲۱ استان انجام شد، میانگین کل تلفات برداشت گندم در کشور ۳/۷۵ درصد بود که ۱/۲۶ درصد آن تلفات طبیعی و ۲/۴۹ درصد آن تلفات کمباینی بود. تلفات دانه در انواع رایج کمباین‌های جاندر (۹۵۵، ۱۰۵۰ و ۱۱۶۵)، کلاس (توکانو ۲۲۰، اس ۸۰ و مدیون ۳۱۰) و نیوهلند (۵۰۶۰، ۵۰۷۰ و ۵۰۸۰)، به ترتیب ۲/۹، ۲/۰ و ۱/۸ درصد بود. هم‌چنین، میانگین کل تلفات دانه در مزارع آبی ۳/۳۴ درصد و در مزارع دیم کشور ۴/۴۰ درصد بود. میانگین تلفات کمباینی در مزارع آبی و دیم به ترتیب ۲/۳۰ و ۲/۸۶ درصد بود. میانگین تلفات طبیعی در گندم آبی و دیم نیز به ترتیب ۱/۰۴ و ۱/۵۴ درصد گزارش شد (Dehghan et al., 2018). محققین در تحقیقی با بررسی داده‌های

در یک دهه گذشته وزارت جهاد کشاورزی خطوط اعتباری ویژه‌ای را برای تجهیز و نوسازی کمباین‌های کشور اختصاص داده است که منجر به گسترش استفاده از کمباین‌های پیشرفته در برداشت گندم در کشور شد. انتظار می‌رود که اجرای این برنامه توانسته باشد میزان تلفات کمباینی گندم را در کشور کاهش دهد. این تحقیق، به منظور گردآوری داده‌های مطمئن از شرایط مزارع گندم آبی و دیم استان اردبیل در زمان برداشت، منشاء ایجاد تلفات دانه، میزان تلفات (طبیعی و کمباینی) در کمباین‌های متداول در نقاط مختلف استان با هدف کمک به مدیران تصمیم‌گیر برای هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی کنترل و کاهش تلفات برداشت گندم اجرا شد.

۲- مواد روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در مزارع گندم آبی و دیم استان اردبیل به صورت مطالعه میدانی باهدف تعیین میزان تلفات دانه گندم در کمباین‌های معمولی (جان‌دیر ۹۵۵، ۹۵۵ و ۱۰۵۵ و کلاس ۶۸اس) و نیوهلند ۵۰۸۰ TC انجام شد. با توجه به نوع و فراوانی کمباین‌های فعال در استان (جدول ۱)، از بین کمباین‌های در حال کار پنج شهرستان استان (بیله سوار- پارس‌آباد- گرمی- مشکین‌شهر و اردبیل) تعداد ۴۹ دستگاه به‌روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب و بررسی گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل استفاده گردید. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل رطوبت دانه در زمان برداشت، سرعت پیشروی، سرعت دوران چرخ‌وفلک، سوخت مصرف شده، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای کمباین، درصد تلفات دانه قبل از برداشت (طبیعی)، تلفات کمباینی در سکوی برش و تلفات عقب یا واحدهای فرآوری کمباین، تلفات کیفی (میزان دانه‌های شکسته) و درصد ناخالصی موجود در مخزن کمباین بود. علاوه بر این به منظور کسب اطلاعات تکمیلی از عوامل جانبی مؤثر بر کارکرد کمباین‌ها در مزارع، مانند عرض کرت‌ها، سن کمباین‌ها، نصب تجهیزات موردنیاز و چگونگی انجام تنظیمات مختلف در کمباین با استفاده از فرم‌هایی که به این منظور طراحی شده بود مورد سنجش کمی و کیفی قرار گرفت.

از رطوبت‌سنج پرتابل برای تعیین رطوبت دانه در زمان برداشت (نمونه دانه داخل مخزن) استفاده گردید. سرعت پیشروی کمباین‌ها در صورت سالم بودن سرعت‌سنج کمباین، قرائت و ثبت شد. در صورت خرابی سرعت‌سنج کمباین، از روش نشانه‌گذاری و اندازه‌گیری زمان موردنیاز برای پیمودن مسافت مشخص (۳۰ متر) توسط زمان‌سنج و متر استفاده شد. برای سنجش سرعت دوران چرخ‌وفلک ابتدا با بستن یک‌تکه روبان رنگی بر روی چرخ‌وفلک، آن را علامت‌گذاری نموده سپس درحالی‌که کمباین در حال کار بود، با رسیدن روبان به بالاترین نقطه

۱/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد بود. ۶۶٪ از کل تلفات کمباینی دانه در استان خوزستان مربوط به نحوه‌ی عملکرد سکوی برش کمباین‌ها بود. میانگین تلفات در کمباین‌های مهاجر و بومی نیز به ترتیب ۶/۳ و ۷/۶٪ بود. محققین گزارش نمودند مناسب‌سازی عملکرد کمباین بر اساس سه عامل حداکثر شدت تغذیه، میزان تلفات دانه و خسارات وارده به دانه انجام می‌شود. ظرفیت خوراک‌دهی مناسب برای کمباین‌های برداشت دانه براساس میزان تلفات و خسارات دانه قابل‌قبول به‌دست می‌آید. چهار عامل اولیه مؤثر بر میزان خوراک‌دهی کمباین شامل تراکم محصول، عرض برداشت، ارتفاع برش و سرعت پیشروی هستند. لیکن با توجه به این‌که اپراتور نمی‌تواند همواره میزان محصول ورودی به داخل کمباین را کنترل نماید، خوراک‌دهی باید با کنترل سرعت، ارتفاع برش و جهت‌دهی به آن انجام شود (Randal, et al., 2005). با شبیه‌سازی سرعت پیشروی کمباین و بررسی میزان تلفات دانه گزارش نمودند که اجزای تلفات در کمباین به‌شدت به نحوه کنترل‌ها، اجزای کمباین و تغییرات نحوه برخورد کمباین با محصول وابسته است. وی همچنین دریافت که چنانچه تغییرات محصول در مزرعه تدریجی باشد، کنترل و تغییر سرعت پیشروی بر کاهش میزان تلفات مؤثر است، اما تغییرات ناگهانی و زیاد میزان محصول در مزرعه باعث افزایش تلفات دانه در هنگام فرآوری محصول در کمباین می‌شود (Schueller, 1989). Mostofi Sarkari et al. (2006) بر اساس نتایج یک طرح تحقیقاتی میزان افت کمباینی غلات در زراعت گندم آبی و دیم در استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، زنجان، سمنان، قزوین و یزد را در سال ۱۳۸۴، به‌ترتیب ۳/۲، ۲/۴۸، ۳/۰۹، ۴/۵۵، ۶/۰۸، ۶/۸۴ و ۳/۳۸ درصد و مجموع تلفات طبیعی و کمباینی استان‌های مذکور را به‌ترتیب ۵/۹۴، ۲/۶۴، ۳/۳، ۷/۲۲، ۶/۵۶، ۱/۰۱ و ۴/۴۲ درصد گزارش نمودند. بر اساس این گزارش میانگین تلفات کمباینی برابر ۳/۳۷ درصد بود که بیش‌ترین مقدار تلفات به میزان ۲/۱ درصد مربوط به نحوه عملکرد پلتفرم بود. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که نوسازی کمباین‌ها در سال ۱۳۸۵ موجب کاهش چشمگیر ضایعات گندم به میزان ۱۳۶۸ هزار تن به‌ارزش ۲۴۶۲۴۰۰ میلیون ریال در کشور شده است. به‌طوری‌که یکی از دلایل پائین بودن تلفات کمباین در تعدادی از مناطق کشور را نو شدن ناوگان کمباینی برداشت گزارش کردند (Amirrezhad et al., 2009). در ارزیابی و مقایسه تلفات برداشت گندم با کمباین‌های کاه کوب و معمولی در استان فارس گزارش شد که میانگین تلفات دانه در مخزن، برای کمباین کاه‌کوب برابر با ۱/۱۹ درصد بوده که بیش‌ترین آن مربوط به خوشه‌های نیم‌کوبیده با ۰/۹۳ درصد بود. درحالی‌که تلفات مخزن برای کمباین معمولی ۰/۲۶ درصد و بیش‌ترین آن نیز کزل به‌میزان ۰/۲۱ درصد بود. میزان MOG نیز در کمباین کاه کوب و معمولی به‌ترتیب ۲/۷ و ۰/۵ درصد بود (Rostami et al., 2018).

Wb = وزن دانه‌هایی که قبل از ورود کمباین به مزرعه ریزش کرده‌اند شامل مجموع دانه‌های ۴ نمونه در کیسه (gr)
 n = تعداد دفعات کادر اندازی (در اینجا برابر ۴)
 Ak = مساحت کادر نمونه‌برداری (در اینجا ۰/۲۵ مترمربع).

۲-۲- تلفات کمباینی

مجموع تلفات واحد برش و عقب کمباین به‌عنوان تلفات کل کمباینی است.

۲-۲-۱- تلفات هد (سکوی برش)

تلفات هد (سکوی برش) شامل خوشه‌ها و دانه‌هایی است که قبل از این که به‌واحد کوبنده کمباین منتقل شوند، به‌علت کارکرد نامناسب اجزای دماغه بر روی زمین می‌ریزند. برای تعیین تلفات واحد برش در ۴ نقطه (دو نقطه در سمت راست و دو نقطه در سمت چپ مسیر برداشت‌شده) از مزرعه که توسط کمباین برداشت‌شده و کاه و کلش عقب کمباین بر روی آن ریخته نشده، کادر فلزی ۵۰×۵۰ سانتی‌متر را به‌صورت تصادفی انداخته و سپس دانه‌ها و خوشه‌هایی را که درون آن هستند، جمع‌آوری و درون یک پاکت ریخته شد. خوشه‌های داخل پاکت کوبیده و به‌همراه سایر دانه‌های آزاد توزین گردید. وزن این دانه‌ها شامل مجموع تلفات سکوی برش و طبیعی است که با کسر تلفات طبیعی، میزان تلفات واحد برش با استفاده از رابطه ۴ تعیین شد.

$$P_i = \frac{Wq \times 1000}{Y_t \times n \times Ak} - P_r \quad (۴)$$

که در آن:

P_i = درصد تلفات دانه در سکوی برش (٪)

n = تعداد دفعات کادر اندازی

Wq = وزن مجموع دانه‌های جمع شده (gr)

Y_t = کل دانه تولیدشده در واحد سطح ($kg \ ha^{-1}$)

Ak = مساحت کادر نمونه‌برداری (m^2)

P_n = درصد تلفات طبیعی دانه (٪)

۲-۲-۲- تلفات عقب کمباین (واحد کوبنده، جداکننده و

تمیزکننده)

تلفات واحد کوبنده شامل دانه‌های موجود در خوشه‌های سالم و نیم‌کوب است که همراه با کاه و کلش از انتهای کمباین خارج می‌شوند. برخی عوامل ایجاد این تلفات عبارتند از سرعت دورانی نامناسب کوبنده، فاصله نامناسب کوبنده و ضد کوبنده و سرعت زیاد کمباین که باعث خوراک دهی بیش از حد به واحد کوبنده می‌شود. برای تعیین تلفات این واحد از مواد خارج شده از عقب کمباین، ۵ نمونه با استفاده از کادر ۸۰×۵۰

چرخ‌فلک، کرنومتر را استارت کرده و پس از ۵ بار چرخش کامل چرخ-فلک، در دور پنجم به‌محض رسیدن روبان به بالاترین نقطه، کرنومتر متوقف و زمان طی شده ثبت گردید. برای تعیین سرعت دورانی سیلندر کوبنده درحالی‌که کمباین در حال برداشت محصول بود با دستگاه دورسنج (تاکومتر) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر کمباین نیز با اندازه‌گیری عرض کار مفید و طول مسیر برداشت (سطح برداشت شده) با کمباین و مدت زمان موردنیاز برای پیمودن مسافت مشخص توسط زمان‌سنج و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$FCe = \frac{A}{T_t} \quad (۱)$$

که در آن A سطح برداشت شده برحسب هکتار، T_t زمان برحسب ساعت و FCe ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برحسب هکتار در ساعت است.

۲-۱- عملکرد و تلفات طبیعی دانه

تلفات طبیعی شامل دانه‌هایی است که قبل از ورود کمباین به مزرعه در اثر وزش باد، خوابیدگی و ریزش محصول و شرایط جوی از دسترس کمباین خارج می‌شود. مجموع وزن دانه‌های درون کادر اندازه‌گیری به‌عنوان عملکرد واقعی محصول در واحد سطح و وزن دانه‌های درون خوشه‌های ریخته شده بر زمین به‌عنوان تلفات طبیعی در نظر گرفته شد. برای تعیین تلفات طبیعی دانه، در ۴ نقطه تصادفی از مزرعه برداشت‌نشده با استفاده از کادر فلزی ۵۰×۵۰ سانتی‌متر که دور از حاشیه و در مجاورت مسیر ارزیابی کمباین بود نمونه‌برداری شد. همه خوشه‌های ایستاده درون کادر را (که با کمباین قابل برداشت بودند) به‌آرامی و بدون ریزش، با داس بریده و در یک کیسه قرار داده شد. سپس از درون کادر فلزی ۵۰×۵۰ سانتی‌متر، همه دانه‌ها و خوشه‌هایی را که قبلاً و به‌صورت طبیعی روی زمین ریخته شده جمع‌آوری کرده و در کیسه دیگر قراردادیم (به عنوان تلفات طبیعی). دانه‌های خالص هر کدام از کیسه‌ها را از خوشه‌ها جداسازی و تمیز کرده و با توزین دانه‌ها میزان تلفات طبیعی و عملکرد به ترتیب از روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید (Behroozi-Lar, 2000).

$$P_n = \frac{Wb}{(W_a + W_b)} \times 100 \quad (۲)$$

$$Y_t = \frac{(W_a + W_b)}{n \times Ak} \times 10 \quad (۳)$$

که در آن:

P_n = متوسط درصد تلفات طبیعی دانه (٪)

Y_t = کل دانه تولیدشده در واحد سطح ($kg \ ha^{-1}$)

W_a = وزن دانه‌های موجود در بوته‌های ایستاده قابل برداشت با کمباین،

شامل مجموع دانه‌های ۵ نمونه در کیسه (gr)

K = وزن دانه‌های شکسته موجود در نمونه (gr)

M = وزن کاه و کلش موجود در نمونه (gr)

N = وزن علف‌های هرز موجود در نمونه (gr)

R = وزن سنگ‌ریزه و خاک موجود در نمونه

نهایتاً درصد خلوص دانه با کسر میزان ناخالصی از ۱۰۰ محاسبه گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها، نتایج به کمک نرم‌افزار آماری Minitab مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و کمباین‌ها از نظر تلفات شانه برش، انتهای کمباین و کل تلفات و نیز تلفات داخل مخزن مقایسه شدند.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تلفات قبل از برداشت (طبیعی)

نتایج بررسی نمونه‌ها نشان داد که تلفات طبیعی در مزارع گندم آبی و دیم متأثر از شرایط اقلیمی استان در زراعت به ترتیب ۲/۸۵ و ۴/۴۶ درصد بود. به عبارتی در سال زراعی ۹۶-۹۷ میانگین تلفات طبیعی در مجموع مزارع دیم و آبی استان اردبیل ۳/۷۴ درصد بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد این اختلاف ناشی از بارش تگرگ و باران‌های سیل‌آسا آخر فصل در سال مورد بررسی، به‌ویژه در مناطق کوهستانی بوده که سبب افزایش میزان تلفات طبیعی گندم در استان اردبیل شد. دهقان و همکاران میزان تلفات طبیعی گندم (آبی و دیم) در استان همدان و آذربایجان شرقی را به ترتیب ۳/۵۹ و ۳/۱۰ درصد و برای مجموع ۱۷ استان کشور ۱/۲۷ درصد گزارش کردند (Dehghan et al., 2018).

۳-۲- ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین کمباین‌ها از لحاظ ظرفیت مزرعه‌ای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند (جدول ۲). ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر تابعی از عرض کار، سرعت پیشروی و زمان تلف شده است و هرچه مقدار آن بیشتر باشد دلیل بر زیاد بودن راندمان مفید است. معمولاً هنگام کار با کمباین استفاده از عرض کامل ماشین غیر ممکن است و همیشه مقداری همپوشانی وجود دارد که شرایط منطقه، سطح آموزش کاربران و خدمات ارائه شده برای ماشین‌ها به شدت راندمان مزرعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌رحال، شرایط مزرعه از نظر تراکم محصول، رطوبت دانه و ناهمواری زمین، باعث تغییر عرض کار، سرعت پیشروی و نهایتاً ظرفیت مزرعه‌ای می‌شود. با در نظر گرفتن این عوامل ارزیابی یکسان کمباین‌های برداشت نتایج نشان داد بیش‌ترین ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر مربوط به کمباین نیوهلند ۵۰۸۰ TC با ۱/۱۶ هکتار در ساعت بود. سایر کمباین‌های متداول تقریباً مشابه و در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳). Dehghan et al. (2018) یکی از دلایل اختلاف ظرفیت کمباین‌ها را الگوی کاشت (مسطح بودن یا جوی پشته‌ای بودن زمین) سطوح مزرعه و تراکم بوته بیان کردند.

سانتی‌متری (مشبک به توری سیمی) گرفته شد. برای جمع‌آوری دانه‌های تلف شده در عقب کمباین، در حالی که کمباین به‌صورت عادی در حال برداشت محصول بود، با یک حرکت سریع در زیر کمباین (حداقل بین چرخ‌های جلو و عقب) قرار داده شد. با جمع‌آوری خوشه‌های کوبیده نشده و نیم‌کوبیده موجود در قاب و توزین دانه‌های حاصل از آن، مقدار افت کوبنده مشخص گردید.

تلفات واحد جداکننده (کاه برها) شامل دانه‌های جداشده‌ای است که همراه با کاه و کلش، از روی کاه برها عبور کرده و فرصت فروریختن بر روی الک‌ها را نیافته و در نهایت از انتهای کاه برها بیرون ریخته و درون کادر ۸۰×۵۰ سانتی‌متری قرار گرفتند.

تلفات واحد تمیزکننده (الک‌ها) نیز شامل دانه‌های سالم و شکسته‌ای است که از قسمت خروجی الک‌ها به بیرون از کمباین ریخته می‌شوند که از ۵ نقطه (به عنوان تکرار)، درحالی که کمباین به‌صورت عادی در حال برداشت محصول بود، با استفاده از همان کادر ۸۰×۵۰ سانتی‌متری دانه‌های سالم و خرد شده به‌طور مجزا، جمع‌آوری و وزن خالص آن‌ها یادداشت شد. این دانه‌ها شامل تلفات واحد تمیزکننده کمباین ثبت شد. بنابراین تعریف تلفات کل کمباینی مجموع تلفات در قسمت‌های مختلف کمباین، واحد برش، واحد فراوری (مجموع واحد کوبنده، جداکننده و تمیزکننده کمباین) است.

۳-۲- درصد ناخالصی و افت کیفی

در جریان برداشت محصول توسط کمباین، بخشی از دانه‌ها به‌صورت شکسته شده به‌مخزن کمباین منتقل می‌شوند که به‌عنوان افت کیفی شناخته می‌شود. ناخالصی‌های محصول برداشت‌شده (مواد غیر دانه‌ای) نیز شامل بذر علف‌های هرز، خاک، سنگ‌ریزه و کاه و کلش است. درصد افت کیفی از نسبت وزن دانه‌های شکسته شده به‌وزن خالص کل (دانه‌های سالم و شکسته) نمونه به‌دست آمد (Dehghan et al., 2018). درصد ناخالصی‌ها نیز از نسبت وزن مجموع ناخالصی‌ها (بذر علف‌های هرز، خاک، سنگ‌ریزه و کاه و کلش) به‌وزن کل نمونه و با استفاده از روابط ۵ و ۶ به‌دست آمد.

$$Pk = \frac{I}{T} \times 100 \quad (5)$$

$$Pz = \frac{(K+M+N+R)}{T} \times 100 \quad (6)$$

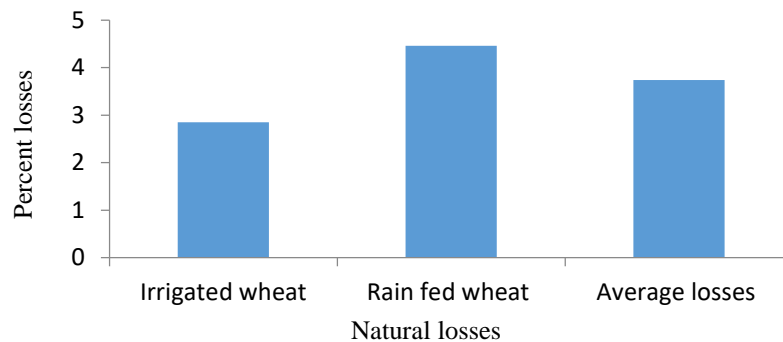
که در آن:

Pk = درصد تلفات کیفی دانه (/.)،

Pz = درصد ناخالصی‌ها (/.)،

T = وزن کل نمونه (gr)

I = وزن دانه‌های سالم موجود در نمونه (gr)



شکل ۱- تفکیک تلفات طبیعی دانه در مزارع گندم آبی و دیم استان اردبیل

Fig 1. Separation of natural (preharvesting) grain losses in irrigated and rain fed wheat fields of Ardabil province

سکوی برش، مانند شکستگی تیغه‌ای سکوی برش، سرعت دوران کم یا زیاد چرخ‌وفلک، زاویه نامناسب ورود انگشتی‌های چرخ و فلک در بین خوشه‌ها و فاصله نامناسب عمودی یا افقی چرخ و فلک از تیغه برش باشد. چنانچه بتوان این تلفات را به حداقل رساند، میزان تلفات کلی کمباین می‌تواند به‌طور چشمگیری کاهش یابد. چون بیش از ۶۰-۵۰ درصد تلفات کمباینی در این قسمت اتفاق می‌افتد. دیگر محققان نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند (Mostofi-Sarkari *et al.*, 2006; Dehghan, 2008; Mostofi-Sarkari *et al.*, 2016).

۳-۳-۲- تلفات عقب کمباین (واحدهای کوبنده، جداکننده و تمیزکننده)

مطابق جدول ۲ درصد تلفات واحد فراوری (عقب کمباین) در کمباین‌های معمولی (جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس S ۶۸) نسبت به کمباین نیوهلند TC ۵۰۸۰، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند. به عبارتی میزان درصد تلفات انتهایی کمباین در کمباین نیوهلند TC ۵۰۸۰ ناچیز بود. مطابق جدول ۴، میانگین درصد تلفات واحد فراوری در کمباین‌های معمولی (جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس S ۶۸) و کمباین نیوهلند TC ۵۰۸۰ به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۸۷، ۰/۴۳ و ۰/۴۳ درصد بود. تلفات انتهایی کمباین را ۱/۹ درصد گزارش کردند (Dehghan *et al.*, 2009).

۳-۳-۳- کل تلفات کمباینی

نتایج بررسی تلفات کمباینی براساس جدول ۲ نشان می‌دهد که تلفات در قسمت‌های مختلف کمباین، هد (واحد جمع‌آوری)، واحد فراوری و نهایتاً تلفات کل کمباینی در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بودند. مطابق جدول ۳ نتایج نشان می‌دهد تلفات کل کمباینی در استان اردبیل برای کمباین نیوهلند TC ۵۰۸۰ برابر ۱/۰۳ درصد بود که در مقایسه با سایر کمباین‌های برداشت (جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس S ۶۸) بیش از ۵۰ درصد کاهش تلفات کمباینی داشته است و کمباین کلاس S ۶۸ با ۲/۵۱ درصد بیش‌ترین تلفات کمباینی را داشت (جدول ۳). تلفات کل کمباین را برای کمباین‌های جان‌دیر ۹۵۵ و ۱۰۵۵ در شهرستان بروجرد ۶/۴۱ درصد، هم‌چنین دهقان و همکاران نیز در سال ۱۳۹۸ برای کشور میانگین ۲/۵۵ درصد را گزارش کردند.

۳-۳-۱- تلفات هد (سکوی برش)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تلفات دانه در سکوی برش کمباین‌های متداول داخلی و کمباین جدید نیوهلند TC ۵۰۸۰ از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که تلفات هد در کمباین‌های معمولی جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس S ۶۸ و کمباین نیوهلند TC ۵۰۸۰ به ترتیب ۱/۵۴، ۱/۳۹، ۱/۶۴ و ۰/۹۹ درصد بود (جدول ۳). افت جمع‌آوری توسط همه مکانیسم‌های دماغه کمباین که در ارتباط با محصول می‌باشند، حاصل می‌شود بیش‌ترین میزان تلفات در کمباین‌ها، در قسمت سکوی برش آن‌ها حادث می‌شود. این اختلاف می‌تواند به دلایل احتمالی نامناسب بودن اجزای

جدول ۲- تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های مورد بررسی

Table 2. Analysis of variance for treatments of experiment on the studied indicators

صفات Traits	درجه آزادی (Df)	میانگین مربعات (M.S.)	F
تلفات واحد جمع‌آوری Gathering unit losses	3	0.5106	8.63**
تلفات واحد فراوری Processing unit losses	3	0.1330	9.35**
تلفات کل کمباینی Total losses	3	1.0962	14.58**
خلوص دانه Grain purity	3	0.1510	0.60 ^{ns}
ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity	3	0.4542	37.50**

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 1% * وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 5% و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تیمارهای آزمایشی با آزمون (LSD $\alpha=95\%$)Table 3. Mean Comparison of studied traits in experimental treatments with test (LSD $\alpha=95\%$)

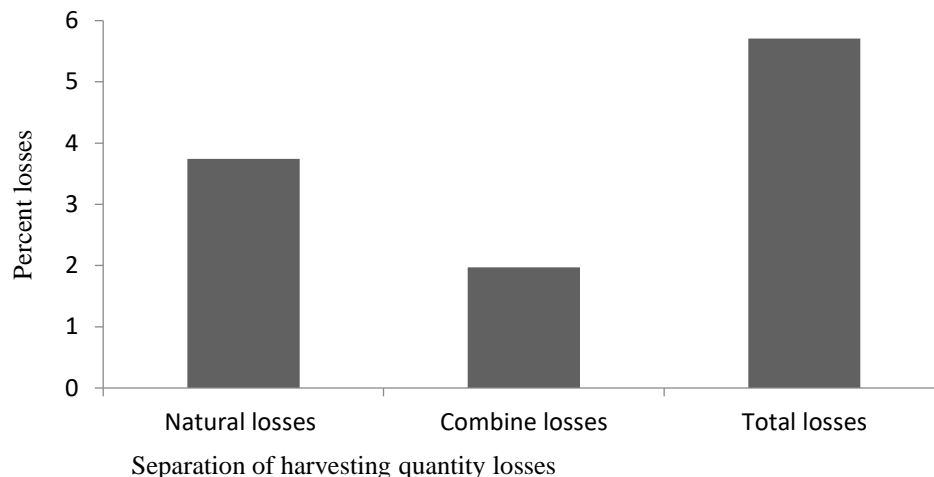
تیمار Treatment	تلفات واحد جمع‌آوری Gathering unit losses (%)	تلفات واحد فراوری Processing unit losses (%)	تلفات کل کمباینی Total losses Combine (%)	خلوص دانه Grain purity (%)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت) Field capacity (ha.hr ⁻¹)
JD 955	1.54 ab	0.69 b	2.23 b	98.89	.79 b
JD 1055	1.39 b	0.64 b	2.03 b	98.91	0.83 b
CLASS 68s	1.64 a	0.87 a	2.51 a	98.82	0.78 b
NEW Holland TC 5080	0.99 c	0.043 c	1.03 c	99.17	1.16 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

۳-۴- تلفات کل برداشت

شکل ۲ به تفکیک منشأ ایجاد تلفات طبیعی دانه و کمباینی یا به عبارتی تلفات کل برداشت در مزارع گندم آبی و دیم استان اردبیل را نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق مشخص نمود که میزان تلفات کمباینی دانه گندم در استان اردبیل ۱/۹۷ درصد بود. این در حالی است که دهقان و همکاران (۱۳۹۸) میانگین کل تلفات کمباینی گندم در کشور را در سال اجرای این تحقیق ۲/۵۵ درصد گزارش نمودند. لذا میزان تلفات کمباینی استان اردبیل در همان سال ۲۲ درصد کمتر از میانگین کشور بود (Dehghan et al., 2018). مجموع تلفات قابل قبول در واحدهای برش، کوبش و تمیز کردن دانه‌ها در کمباین بایستی کمتر از ۲ درصد باشد (Verma et al., 2000). تلفات کمباینی در استان اردبیل در مقایسه با میزان تلفات قابل قبول جهانی (۲درصد) کمتر بود و در شرایط مناسبی قرار داشت.

متوسط تلفات طبیعی نیز ۳/۷۴ درصد که در مجموع درصد بالاتری از تلفات گندم استان را شامل بود به عبارتی در سال مورد بررسی، بیشترین تلفات در برداشت گندم استان اردبیل تلفات مربوط به قبل از برداشت بود که به دلایل مختلف از جمله شرایط جوی یا استفاده از ارقام نامناسب گندم توسط زارعین حادث می‌شود به طوری که تلفات کل برداشت ۵/۷۱ درصد بود (شکل ۲). خسروانی و رحیمی در سال ۱۳۸۴، میانگین تلفات برداشت گندم در استان فارس را ۴/۸ درصد گزارش نمودند که بیش‌ترین میزان تلفات مربوط به افت سکوی برش کمباین (۶۸ درصد) و بعد از آن به ترتیب مربوط به افت طبیعی، افت الک و غربال، افت کوبنده و افت کیفی بود (Khosravani & Rahimi, 2005).



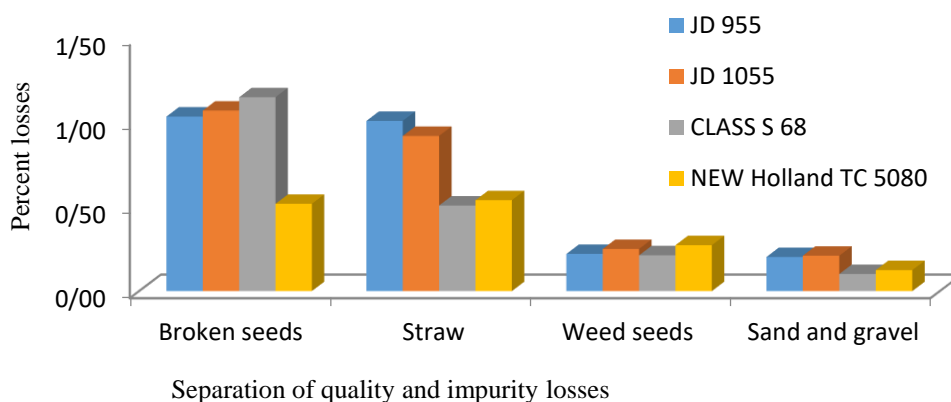
شکل ۲- تفکیک منشأ ایجاد تلفات دانه در مزارع گندم آبی و دیم استان اردبیل

Fig 2. Separation of the source of grain losses in irrigated and rain fed wheat fields in Ardabil province

۳ بیش‌ترین مقدار ناخالصی‌های محصول برداشت‌شده (مواد غیر دانه‌ای) مانند بذر علف‌های هرز، خاک، سنگریزه و کاه و کلش برای کمباین جان‌دبر حدود ۱ درصد و سایر کمباین‌ها در مراتب بعدی بودند. رستمی و همکاران نیز در مقایسه تلفات برداشت کمباین‌های کاه کوب و معمولی گزارش کردند. بیش‌ترین تلفات کیفی مخزن در کمباین کاه کوب با میانگین ۱/۱۹ درصد بود که بیش‌ترین آن نیز خوشه‌های نیم‌کوب به میزان ۰/۹۳ درصد بودند درحالی‌که تلفات مخزن کمباین معمولی ۰/۲۶ درصد و بیش‌ترین آن نیز به کزل، به‌میزان ۰/۲۱ درصد، ارتباط داشت. میزان MOG نیز در کمباین کاه کوب و معمولی به‌ترتیب ۲/۷ و ۰/۵ درصد بود (Rostami *et al.*, 2018).

۳-۵- ناخالصی و افت کیفی

مطابق جدول ۳ درصد خلوص دانه در بین کمباین‌های موردبررسی از لحاظ آماری اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. ناخالصی‌های محصول برداشت‌شده شامل بذر علف‌های هرز، خاک، سنگریزه و کاه و کلش است. در جریان برداشت محصول توسط کمباین، بخشی از دانه‌ها به‌صورت شکسته شده به مخزن کمباین منتقل می‌شوند که به‌عنوان افت کیفی شناخته می‌شود. نتایج حاصل از نمونه دانه مخزن کمباین نشان داد میزان تلفات کیفی مفید برای کمباین‌های نیوهلند ۵۰۸۰ TC، جان‌دیر و کلاس به ترتیب برابر با ۰/۵۲، ۱/۰۳ و ۱/۱۴ درصد بود. مطابق شکل



شکل ۳- تفکیک منشأ ایجاد تلفات کیفی و ناخالصی دانه گندم برداشت شده در استان اردبیل

Fig 3. Separation of the source of quality losses and impurities of wheat grains harvested in Ardabil province

۳-۶- سطح زیر کشت، سن و سرعت پیشروی کمباین-

ها

بر اساس نتایج این تحقیق، سن ۵۲ درصد از کمباین‌های فعال در استان اردبیل کمتر از ۱۳ سال، ۲۹ درصد بین ۱۳-۲۰ سال و ۱۹ درصد بیش از ۲۰ سال بود. این آمار نشان‌دهنده نو بودن کمباین‌های مورد استفاده در استان اردبیل بود. امیری نژاد و همکاران نیز در سال ۱۳۸۸ یکی از دلایل پائین بودن تلفات کمباین در تعدادی از مناطق کشور را نو شدن ناوگان کمباینی برداشت گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین منطقه مغان با داشتن دو شرکت بزرگ کشت و صنعت مغان و پارس، پیشرو در ورود ماشین‌های جدید کشاورزی از جمله کمباین‌ها می‌باشد که تأثیر مثبتی بر کشاورزان منطقه و استان دارد. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که ناوگان کمباین‌های منطقه به سرعت روبه نو شدن است و یکی از عوامل مؤثر در پائین بودن تلفات کمباینی استان اردبیل می‌تواند این عامل باشد.

بررسی‌های انجام شده نشان داد که میانگین رطوبت گندم در زمان برداشت ۱۲ درصد بود. سرعت کوبنده و سرعت پیشروی بر اساس نوع کمباین و شرایط مزرعه‌ای متفاوت بود. میانگین سرعت پیشروی نیز برای کمباین‌های جان‌دیر ۹۵۵ و ۱۰۵۵، کلاس اس ۶۸ و نیوهلند ۵۰۸۰ به ترتیب ۱/۳، ۱/۴، ۱/۴ و ۵/۶ کیلومتر در ساعت بود. متوسط سرعت دوران کوبنده در کمباین‌های معمولی جان‌دیر و کلاس اس ۶۸ به ترتیب بین ۷۵۰-۷۰۰ و ۱۱۰۰-۹۵۰ و برای کمباین جدید نیوهلند ۵۰۸۰ TC بین ۱۲۵۰-۱۳۰۰ دور در دقیقه بود.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد کمباین نیوهلند ۵۰۸۰ TC با ۱/۰۳٪ کمترین تلفات کمباینی و ۱/۱۶ هکتار در ساعت بالاترین ظرفیت کمباینی را داشت. بیش‌ترین تلفات در کمباین کلاس S۶۸ برابر با ۲/۵۱٪ و با ظرفیت مزرعه‌ای متوسط^۱ ۰/۷۸ ha hr^{-۱} بود. تلفات هد برای کمباین‌های جان‌دیر ۹۵۵، ۱۰۵۵ و کلاس اس ۶۸ حدود ۶۵-۶۰٪ و برای کمباین نیوهلند ۵۰۸۰ TC بیش از ۹۰ درصد تلفات کل کمباینی بود. که برای کمباین جان‌دیر و کلاس به ترتیب ۱/۴۱ و ۱/۶۴ درصد و برای نیوهلند حدود ۰/۹۹ درصد بود. تلفات فراوری در کمباین جان‌دیر و کلاس نیز به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۸۷ درصد و برای نیوهلند ۵۰۸۰ TC حدود ۰/۰۴ درصد بود. نتایج حاصل از نمونه دانه مخزن کمباین نشان داد میزان تلفات کیفی مفید به ترتیب ۰/۵۲، ۱/۰۳ و ۱/۱۴٪ برای کمباین‌های نیوهلند ۵۰۸۰ TC، جان‌دیر و کلاس بود. بنابراین ارائه راهکارها با نظارت فنی و دقیق بر مراکز معاینه کمباین‌ها توأم با آگاه‌سازی و فرهنگ‌سازی کمباین داران و کشاورزان با مفهوم و اهمیت موضوع تلفات محصولات کشاورزی به‌ویژه گندم از طریق آموزش بهره‌برداران و کارشناسان ترویج در مدیریت‌ها و مراکز خدمات جهاد کشاورزی تابع می‌تواند مؤثر باشد.

۵- تشکر و قدردانی

از همکاران معاونت تولیدات گیاهی و اداره فناوری‌های مکانیزه سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل و مدیریت‌های جهاد کشاورزی شهرستان‌های تابعه به دلیل حمایت و همکاری در اجرای پروژه، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

۶- منابع

- Amirnezhad, H., Rfiei, H., and Ataei, K. (2009). *Investigating the effect of combine renovation on reducing wheat losses in the country*. Journal of Agriculture, University of Tehran, Vol. 11(1): 1-20. (In Persian).
- Anonymous. (2015). *Agricultural Statistics Center for Information and Communication Assistance of Technology.Planning and Economic*, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran.
- Behrooz-Lar, M. (2000). *Principles of Design of Agricultural Machinery*. Scientific Publish Center of Islamic Azad University. Tehran, Iran. (In Persian).
- Dehghan, E. (2008). *Assessment of the amount and Reasons for losses products in combine for harvesting wheat in Khuzestan province*. Final report of the research project. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Registration number 88/947. (In Persian).
- Dehghan, A., Ivani, A., Hedayatipour, A., Asadi Khashvi, A., Taghinejad, J., Chaji, H., Sadeghnejad, H. R., Omidmehr, Z., Zarif Neshat, S., Abbasi, S., Afzali, S.M.J., Vahedi, A., Mehdi Nia, A., Gerami, K., Shaker, M., Saeedi Rad M. ,,,, Mostofi Sarkari, M.R., Rostami, M.A., Safari, M., Zabulistani M., and Sharif nasab, H. (2018). *Measurement of combine losses of wheat grain harvest in the country in order to provide solutions to reduce it*. Final report of Technical and Engineering Research Institute. Registration number 39565. (In Persian).
- Dehghan, E., Afzali, M., Alizadeh, M., Salehi, E., and Dibachi, E. (2009). *Investigating the rate and causes of seed loss in wheat harvesting combines in Khuzestan province*. Agricultural Engineering

Research Institute (AERI). Final Report No.947/88. Karaj, Iran. (In Persian).

Khosravani, A., and Rahimi, H. (2005). *Investigation of wheat harvest losses with combine harvester in Fars province*. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol 6 (25): 113-130. (In Persian).

Mostofi Sarkari, R., Mohammadi Asadi, N., Baghani, J., and Ghaffari, A. (2016). *Effects of reducing and controlling losses of irrigated wheat combine harvesters in reducing water loss*. Analytical Report. Registration number 51255. (In Persian).

Mostofi-Sarkari, M.R., Nasehi, B., Saei, J., Farahmand, S., Raufi, M., Ghomashi, M., and Valaei, A. (2006). *Measurement of grain combine loss in irrigated and rain fed wheat cultivation in seven provinces of the country in the crop year of 2004-2005*. Ministry of Jihad Agriculture., Agricultural Engineering Research Institute. (In Persian).

Randal K. T., Hobby, H. M., and Schrock, M. D. (2005). *Evaluation of an Automatic Feedrate Control System for a Grain Combine*. ASAE Annual International Meeting. Paper Number: 051134.

Rostami, S., Lotfalian, M., and Hosseinzadeh Samani, B. (2018). *Assessment and Comparison of Conventional and Straw Walker Combines Harvesting Losses in Fars Province*. Agricultural Mechanization and Systems Research Vol. 19 (70): 85-96. (In Persian).

Schueller, J. K. (1989). *Digital simulation of combine reel and forward speed controllers*. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 4 (1): 59-71.

Verma, R. B., Yadav, S. K., and Singh, A. K. (2000). *Effect of wheat varieties on combine losses*. Dissertation report, B. Tech. Department of Farm Machinery.