

بررسی وضعیت موجود و تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برنج (مطالعه موردی در استان مازندران)

عادل واحدی^{۱*}، محمد یونسی الموتی^۲ و احمد شریفی مالواجردی^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب: استادیار؛ و دانشیاران موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۸

چکیده

نیل به خودکفایی محصول برنج در کشور جز با بررسی وضعیت موجود مکانیزاسیون برنج مقدر نیست. این تحقیق به منظور تعیین وضعیت موجود مکانیزاسیون برنج و ارائه راهکارهای لازم برای بهبود آن انجام شد تا امکان خودکفایی در تولید این محصول استراتژیک فراهم آید. داده‌ها با تکمیل پرسشنامه، مراجعه به منابع آماری موجود، و بررسی‌های میدانی جمع‌آوری شد. با استفاده از اطلاعات به دست آمده، درجه مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون، ظرفیت مکانیزاسیون، بازده اقتصادی مکانیزاسیون، بازده مزرعه‌ای ماشین، توان اجرایی بالقوه ماشینی، روزها و ساعات کاری، و ضریب بهره‌وری ماشین محاسبه شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که درجه مکانیزاسیون خاک ورزی اولیه و ثانویه در استان مازندران ۹۹/۷ و ۹۹/۳ درصد، کاشت با نشاکار ۲۲/۶۹ درصد، و برداشت مکانیزه برنج با دروگر و کمباین برنج ۷۲/۸ درصد است. کمترین درجه مکانیزاسیون تولید برنج برای وجین ۸ درصد به دست آمد. سطح مکانیزاسیون محاسبه شده برای برنج‌کاری در استان مازندران ۲/۶۳ اسب بخار بر هکتار محاسبه شد. میانگین بازده اقتصادی مکانیزاسیون تولید برنج در استان مازندران ۱/۸۷ تن بر اسب بخار و متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج استان ۲۳۵ اسب بخار- ساعت بر هکتار تعیین شد.

واژه‌های کلیدی

بازده مزرعه‌ای، برنج، شاخص‌های مکانیزاسیون، مازندران

مقدمه

برنج با سطح زیرکشت ۵۳۰ هزار هکتار و تولید ۲/۳ میلیون تن شلتوک و متوسط عملکرد ۴/۴۳ تن بر هکتار از محصولات استراتژیک کشاورزی ایران محسوب می‌شود. در جدول ۱ سطح زیر کشت برنج و مقدار تولید شلتوک استان‌های عمده تولیدکننده برنج کشور در سال ۱۳۹۳ ارائه شده است. ۳۸/۵۵ درصد سطح زیرکشت برنج و ۴۱/۷۳ درصد تولید شلتوک کشور در استان مازندران است. جدول ۲ سطح زیرکشت و میزان تولید و عملکرد انواع ارقام برنج مازندران را نشان می‌دهد (Anon, 2014).

از مجموع ۱۱/۳۸ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی سال ۹۴-۱۳۹۳ کشور، ۸/۱۷ میلیون هکتار (۷۱/۸۶ درصد) به غلات اختصاص داشته که ۶/۳ درصد آن شلتوک بوده است. کل تولید محصولات زراعی در همین سال نیز ۷۴/۰۴ میلیون تن بوده است. سهم غلات ۱۸/۲۴ میلیون تن (معادل ۲۳/۶۸ درصد کل تولید محصولات زراعی) و سهم شلتوک ۱۲/۵۵ درصد تولید غلات را شامل می‌شود (Anon, 2014).

جدول ۱- سطح زیر کشت و میزان تولید شلتوک استان‌های عمده تولیدکننده برنج کشور

| استان | سطح کشت (هکتار) | تولید (تن) | متوسط عملکرد (تن بر هکتار) |
|----------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| مازندران | ۲۰۴۲۸۸ | ۹۷۹۷۶۲ | ۴/۷۹ |
| گیلان | ۱۶۱۸۴۷ | ۶۲۱۵۳۵ | ۳/۸۴ |
| خوزستان | ۵۳۶۱۱ | ۲۴۰۵۰۳ | ۴/۴۸ |
| گلستان | ۴۷۱۵۹ | ۲۱۱۲۸۰ | ۴/۴۸ |
| فارس | ۲۵۶۹۵۲ | ۱۳۴۲۷۹ | ۵/۲۲ |
| اصفهان | ۵۵۰۹ | ۳۰۳۷۶ | ۵/۵۱ |

جدول ۲- سطح زیر کشت و میزان تولید و عملکرد انواع ارقام برنج مازندران

| رقم | سطح کشت (هکتار) | تولید (تن) | متوسط عملکرد (تن بر هکتار) |
|--------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| دانه بلند صدری | ۱۶۴۰۵۸ | ۷۳۵۹۳۰ | ۴/۴۹ |
| دانه بلند پرمحصول | ۳۰۲۴۱ | ۲۰۴۴۹۲ | ۶/۷۶ |
| دانه متوسط مرغوب | ۶۶۶۹ | ۲۴۹۲۱ | ۳/۷۴ |
| دانه متوسط پرمحصول | ۲۲۵ | ۱۳۵۴ | ۶/۰۲ |
| دانه کوتاه | ۹۴۹ | ۳۱۲۴ | ۳/۲۹ |
| دانه کوتاه پرمحصول | ۲۰۴۸ | ۹۴۹۵ | ۴/۶۴ |
| سایر | ۹۸ | ۴۴۶ | ۴/۵۵ |

استان گیلان ناکافی است و افزایش ماشین‌های و جین‌کن برنج در سطح استان ضرورت دارد. فیروزی (2014, Firouzi) وضعیت توان موتور و ماشین‌های خودگردان کشت برنج را در شهرستان لنگرود استان گیلان بررسی و این اطلاعات را برای پنج منطقه روستایی چاف، دیوشل، گل سفید، کومله و اطاقور شهرستان لنگرود محاسبه کرد: توان در واحد سطح (سطح مکانیزاسیون)، مساحت به‌ازای هر واحد تراکتور، مساحت به‌ازای هر واحد ماشین، و نیاز مکانیزاسیون. متوسط توان در واحد سطح برابر ۱/۳۷ اسب بخار در هکتار به‌دست آمد. نیاز مکانیزاسیون کل برای آماده‌سازی زمین، نشاکاری، و جین و برداشت به‌ترتیب صفر، ۸۱/۵۰، ۹۴/۹۷ و ۴۳/۲۰ درصد تعیین گردید. مساحت به‌ازای هر

فیروزی (2015, Firouzi) وضعیت توان موتوری و ماشین‌آلات خودگردان ویژه کشت برنج در استان گیلان را بررسی کرد. توان در واحد سطح (سطح مکانیزاسیون)، مساحت به‌ازای واحد ماشین خودگردان و نیاز مکانیزاسیون برای سه منطقه شرق، مرکز و غرب استان گیلان محاسبه شد. متوسط توان در واحد سطح برای این سه منطقه به‌ترتیب ۲/۲۲، ۲/۰۷، و ۳/۰۹ اسب بخار در هکتار به‌دست آمد. نیاز مکانیزاسیون کل برای آماده‌سازی زمین، نشاکاری، و جین و برداشت به‌ترتیب صفر، ۷۳/۳۹، ۹۹/۲۸، و ۵۲/۴۷ درصد تعیین گردید. مساحت به‌ازای نشاکار، و جین‌کن و کمباین برنج به‌ترتیب ۱۱۱/۳۸، ۳۷۷۷/۹۷ و ۳۵۸/۹۹ هکتار محاسبه شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مکانیزاسیون و جین برنج در

وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی منطقه مرودشت فارس، نشان داده که در این منطقه سطح مکانیزاسیون ۴۶ اسب بخار بر هکتار است و منطقه با کمبود تراکتور روبه‌روست.

دهقان (Dehghan, 1998) در مطالعه بحران در مکانیزاسیون کشاورزی ایران و راه‌های مقابله با آن می‌گوید بر اساس هدف‌های برنامه مکانیزاسیون کشاورزی باید سطح مکانیزاسیون کشور از ۰/۷ اسب بخار بر هکتار در سال ۱۳۷۳ به ۱/۱ اسب بخار بر هکتار در سال پایانی برنامه (سال ۱۳۷۸) افزایش یابد. بر اساس تعریف بانک جهانی، مزارع با وسعت کمتر از دو هکتار مزارع کوچک لحاظ می‌شوند.

لقمان‌پور زرینی و همکاران (Loghmanpour-Zarini et al., 2012) هزینه ضایعات در واحد سطح را برای مزارع سنتی به‌طور تقریب ۲ برابر هزینه ضایعات در مزارع مکانیزه برنج گزارش کرده‌اند و افزایش عملکرد محصول در مزارع مکانیزه، نسبت به مزارع سنتی را متأثر از مکانیزاسیون و کاربرد ارقام پر محصول در سطح وسیع‌تر بیان کردند.

نظرداد (Nazardad, 2007) با مطالعه موردی شالیزارهای ۱۰ روستا از شهرستان ساری که بر اساس نوع عملیات کشاورزی به مزارع کشت مکانیزه و مزارع کشت سنتی تفکیک شدند، میزان عملکرد و ضایعات محصول برنج را بررسی کرد و گزارش داد که عملکرد محصول برنج در مزارع سنتی ۴/۸ و در مزارع مکانیزه ۵/۵ تن در هکتار است. افزایش عملکرد محصول در مزارع مکانیزه نسبت به مزارع سنتی تحت تاثیر مکانیزاسیون کشاورزی و کاربرد ارقام پر محصول در سطوح وسیع‌تر است. کاهش ضایعات محصول در مزارع مکانیزه نیز تا حدودی تحت تأثیر مکانیزاسیون است که به افزایش عملکرد محصول منجر خواهد شد. یادآوری می‌شود که تفاوت شالیکاری مکانیزه و سنتی تنها در کاشت و برداشت است.

تراکتور چهار چرخ، نشاکار، وجین‌کن و کمباین برنج به‌ترتیب ۱۷۶/۴۲، ۴۱۶/۳۶، ۸۰، ۲۰۸۱ و ۸۸/۲۱ هکتار محاسبه شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در شهرستان لنگرود به‌ترتیب مکانیزاسیون وجین برنج و کاشت با ماشین نشاکار ناکافی است و ایجاد فرصت برای دسترسی بیشتر به این ماشین‌ها ضروری است.

لویمی (Loveimi, 1999) سطح مکانیزاسیون منطقه شمال اهواز را معادل ۱/۱ اسب بخار بر هکتار و ضریب بهره‌وری تراکتورها را، با وجود وفور نسبی آنها در منطقه، ۴۵ درصد گزارش و اعلام کرده است که وضعیت مکانیزاسیون منطقه از نظر کمی مطلوب و از نظر کیفی نامطلوب است. وی همچنین گزارش داده که درجه عملیات ماشینی نسبتاً پایین است و اغلب کشاورزان صرفاً از تراکتور برای خاک‌ورزی و تهیه زمین استفاده می‌کنند. لویمی پیشنهاد می‌کند که سطح مکانیزاسیون منطقه با افزودن ۷۵۴ تراکتور متوسط و ۳۹ تراکتور نیمه‌سنگین به ۲ اسب بخار بر هکتار افزایش یابد. همچنین بر اساس تحقیقات، در سال ۱۳۷۸ سطح مکانیزاسیون در منطقه ایذه خوزستان برابر ۰/۱۱ اسب بخار بر هکتار بوده است.

صفری و همکاران (Safari et al., 2005) با بررسی ضرایب و شاخص‌های مکانیزاسیون در عملیات خاک‌ورزی در ۱۰ منطقه کشور نشان دادند که صرف نظر از منطقه و نوع تراکتور، میانگین توان مورد نیاز عملیات شخم در مناطق مورد تحقیق ۲۰/۳۶ اسب بخار است. این محققان همچنین میانگین درجه مکانیزاسیون خاک‌ورزی و کل را به‌ترتیب ۹۸/۶ و ۷۱/۵ درصد، سطح مکانیزاسیون خاک‌ورزی و کل را به‌ترتیب ۰/۹۶ و ۱/۰۱ اسب بخار بر هکتار، ظرفیت مکانیزاسیون را ۷۴ اسب بخار-ساعت بر هکتار و ضریب هکتار بر تراکتور را ۵۰/۴۵ محاسبه کردند. بیشترین و کمترین روزهای مناسب کاری برای خاک‌ورزی با ۴۸ و ۲۵ روز به‌ترتیب در همدان و خوزستان بوده است. فرهادی (Farhadi, 2000) نیز با بررسی و ارزیابی

بوجاری می‌شود، اما نوع خوشه تغذیه دارای پایین‌ترین درصد ضایعات ۳/۹ تا ۴/۷ درصد است. فؤاد و همکاران (Fouad *et al.*, 1990) در بررسی نوعی کمباین خودگردان مخصوص برنج اعلام کردند که با افزایش سرعت پیشروی از ۰/۸ به ۲/۹ کیلومتر بر ساعت، میزان ضایعات برداشت افزایش ولی بازده مزرعه‌ای کمباین کاهش می‌یابد.

افزایش و شاکر (Afzalnia & Shaaker, 2002) در کارگاه‌های تبدیل برنج در شهرستان مرودشت تحقیقاتی کردند و نتیجه گرفتند که وجود پادیه (جداساز شلتوک از برنج قهوه‌ای)، ۸/۰۶ درصد از مقدار شکستگی را کاهش می‌دهد. این محققان همچنین اعلام کردند اگر از سفیدکن سایشی و تیغ‌های به‌عنوان مکمل استفاده شود، درصد شکستگی برنج حاصل، از لحاظ بازارپسندی، معقول خواهد بود.

علیزاده (Alizadeh, 2001) دو نوع ماشین پوست‌کن غلتک لاستیکی و تیغ‌های را بررسی کرد و نشان داد که بدون توجه به رقم، مقدار خردبرنج قهوه‌ای در پوست‌کن غلتک لاستیکی به طور متوسط ۷/۰۶ درصد و در پوست‌کن تیغ‌های ۱۰/۰۵ درصد است. مقدار خردبرنج سفید در سیستمی که از پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن تیغ‌های استفاده می‌کند ۱۹/۴۱ درصد و در سیستمی که از پوست‌کن و سفیدکن تیغ‌های استفاده می‌کند ۲۲/۶ درصد است.

یان و همکاران (Yan *et al.*, 2005) با بررسی تولید برنج سفید در یک سیستم تبدیل سایشی عمودی نشان دادند که سرعت دورانی محور سفیدکن و مقدار رطوبت، بر درصد سفیدشدگی اثر معنی‌دار دارند، به طوری که با افزایش رطوبت و سرعت دورانی محور توپی، درصد سفیدشدگی افزایش می‌یابد.

برابر گزارش پیمان (Payman, 1999)، ماشین‌های سفیدکن برنج در اکثر نقاط کشور از نوع تیغ‌های هستند که گاهی از آنها برای پوست‌کنی استفاده می‌شود و خود

در تحقیقی، ضایعات مراحل قبل از کاشت تا برداشت و خرمن‌کوبی ارقام بومی برنج ۳۱/۲ درصد و ارقام اصلاح شده برنج ۲۳/۶ درصد گزارش شده است. از بین سه مرحله اصلی خشکاندن، پوست‌کنی و سفیدکنی، خشکاندن شلتوک بیشترین تأثیر را بر میزان ضایعات (درصد برنج خرد) می‌گذارد. مجموع میزان ضایعات (کمی و کیفی) برای مراحل مختلف قبل از کاشت، برداشت و عملیات پس از برداشت به‌طور متوسط به‌ترتیب ۱/۸، ۳/۹، ۱۵، ۴/۵ و ۹/۸ درصد و میانگین کل ضایعات بر مبنای شلتوک ۴۵ درصد اعلام شده است (Esfahani *et al.*, 2010). تأخیر در برداشت برنج را یکی از دلایل ایجاد تنش‌های محیطی و ترک‌خوردگی دانه‌های برنج می‌دانند که باعث افزایش ضایعات در مرحله تبدیل برنج می‌شود (Siebenmorgen *et al.*, 1998).

لویمی و همکاران (Loveimi *et al.*, 2008) مقدار ضایعات برداشت برنج با دو نوع کمباین مجهز به کوبنده دندان میخی و سوهانی را در استان خوزستان بررسی کردند. در برداشت مستقیم، میانگین افت محصول با کمباین دندان میخی ۱/۷۳ درصد و در کمباین نوع سوهانی ۳/۶۸ درصد به‌دست آمد. در برداشت غیر مستقیم، ضایعات محصول ۳/۴۵ درصد تعیین گردید.

علیزاده و باقری (Alizadeh & Bagheri, 2009) اثر روش‌های مختلف خرمن‌کوبی را بر میزان ضایعات کمی و کیفی بررسی کردند و نشان دادند که روش خرمن‌کوبی به‌طور معنی‌دار بر میزان ضایعات حاصل از شلتوک شکسته و ترک‌دار و نیز درصد شکستگی برنج پس از تبدیل تأثیر گذاشته است.

ویچا و همکاران (Vicha *et al.*, 1992) در تحقیقی با عنوان آزمون عملکرد کمباین‌های برنج، بازده مزرعه‌ای و میزان ضایعات دو کمباین محلی و کمباین خوشه تغذیه را بررسی و ارزیابی کردند و نشان دادند که در نوع محلی، سرعت پایین‌تر باعث کاهش درصد ضایعات و بازده

استان‌های تهران، قزوین و سمنان، حد غربی آن استان گیلان و حد شرقی آن استان گلستان است. با توجه به اینکه بعضی از مناطق این استان کوهستانی است، به‌طور طبیعی اختلاف ارتفاع یکی از ویژگی‌های بارز این منطقه است به‌طوری‌که بابلسر و بلده به‌ترتیب با ارتفاع ۲۱ متر پایین‌تر و ۲۱۲۰ متر بالاتر از سطح دریا پست‌ترین و مرتفع‌ترین شهرهای استان هستند.

داده‌های مورد نیاز با تکمیل پرسشنامه و با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای موجود و بررسی‌های میدانی و مصاحبه با بهره‌برداران جمع‌آوری شد. اطلاعات پرسشنامه‌ای عبارت‌اند از: سطح زیر کشت ارقام پرمحصول برنج و میزان تولید، سطح زیرکشت ارقام کیفی برنج و میزان تولید؛ نوع، تعداد دفعات و سطح عملیات تهیه زمین؛ پرورش نشا (ظرفیت بانک نشا، تعداد و سطح کاشت)؛ نوع، روش و سطح عملیات کاشت؛ نوع و سطح عملیات داشت و مقادیر مصرفی کود، سم و آب؛ نوع و سطح عملیات برداشت؛ رقم و میزان بذری مصرفی؛ مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در تولید برنج؛ تعداد، ظرفیت اسمی، ظرفیت کاری و مدت زمان کار شالیکوبی‌های استان؛ و تعداد نیروی انسانی برای اجرای فعالیت‌های مختلف. از اطلاعات به‌دست آمده، شاخص‌های مکانیزاسیون شامل درجه مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون، ظرفیت مکانیزاسیون، بازده اقتصادی مکانیزاسیون، بازده مزرعه‌ای ماشین، توان اجرایی بالقوه ماشینی، روزها و ساعات کاری، و ضریب بهره‌وری ماشین محاسبه شدند. روش محاسبه هر یک از شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی به‌شرح زیر است (Almassi et al., 2009):

درجه مکانیزاسیون

درجه مکانیزاسیون با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. این شاخص بیانگر نسبت سطح عملیات مکانیزه انجام شده به کل سطح زیر کشت است و بر حسب درصد نشان‌دهنده کمیت درجه مکانیزاسیون است.

باعث افزایش شکستگی برنج می‌شود.

از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان شکستگی برنج، مقدار رطوبت شلتوک است. تحقیقات شاکر و علیزاده (Shaaker & Alizadeh, 2001) نشان می‌دهد که در تبدیل شلتوک چند رقم مختلف به برنج سفید، رطوبت ۱۶ تا ۱۸ درصد بر پایه‌تر با بالاترین مقدار شکستگی، ۲۶/۱ درصد، و رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد با کمترین مقدار شکستگی، ۶/۱۵ درصد، همراه است.

شاکر (Shaaker, 2004) تحقیقی در زمینه تأثیر سرعت دورانی توپی سفیدکن افقی بر میزان شکستگی دو رقم برنج امل ۳ و کامفیروزی نشان داد که سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه برای هر دو رقم مناسب است.

در تحقیق حیدری سلطان‌آبادی و هم‌مت (Heidari-Soltan Abadi & Hemmat, 2007)، توپی سفیدکن تیغه‌ای به ماریچ انتقال کامل مجهز شد. آزمایش‌ها نشان داد که میزان شکستگی برنج سازندگی در رطوبت ۱۳ درصد در سفیدکن تیغه‌ای رایج ۲۳ و در سفیدکن بهینه شده ۲۰/۵ درصد بر پایه‌تر است.

هدف از اجرای این پژوهش، تعیین وضعیت موجود مکانیزاسیون برنج و بهینه‌سازی آن، بررسی عوامل موثر بر کاهش ضایعات ماشینی برنج، و ارائه راهکارهای مکانیزاسیون مراحل تولید و فرآوری آن در استان مازندران است.

مواد و روش‌ها

استان مازندران در شمال ایران و در حاشیه دریای خزر بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. این استان با مساحتی حدود ۲۳۷۵۶/۴ کیلومتر مربع، ۱/۴۶ درصد مساحت کل ایران را دارد که این لحاظ ۱۸امین استان کشور است. حد شمالی استان مازندران دریای خزر، حد جنوبی آن

$$D = \frac{S_1}{S_2} \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

CM = ظرفیت مکانیزاسیون (اسب بخار.ساعت بر هکتار)؛
 P = توان تراکتور (اسب بخار)؛ h = مدت زمان اجرای عملیات سالیانه (ساعت)؛ و S = سطح عملیات اجرایی (هکتار).

که در آن،

D = درجه مکانیزاسیون (درصد)؛ S_1 = سطح عملیات مکانیزه انجام شده (هکتار)؛ و S_2 = کل سطح زیر کشت (هکتار).

سطح مکانیزاسیون

این شاخص بیانگر کیفیت مکانیکی در مکانیزاسیون است و از نسبت مجموع کل توان کششی موجود فعال در کشاورزی هر منطقه به مجموع کل سطح زمین‌های زراعی قابل کشت مکانیزه آن منطقه به دست می‌آید. سطح مکانیزاسیون بر حسب اسب بخار در هکتار و از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$P = \frac{P_t}{S_t} \times r \quad (2)$$

که در آن،

P = سطح مکانیزاسیون (اسب بخار بر هکتار)؛ P_t = مجموع کل توان کششی موجود در کشاورزی منطقه (اسب بخار)؛ S_t = کل سطح زیر کشت (هکتار)؛ و r = ضریب تبدیل (برای تراکتورهای کمتر از ۱۳ سال عمر، ۷۵ درصد و برای تراکتورهای بیش از ۱۳ سال عمر، ۵۰ درصد).

که در آن،

E_e = بازده اقتصادی مکانیزاسیون (تن بر اسب بخار)؛
 Y = میانگین عملکرد محصول در منطقه (تن بر هکتار)؛ و
 P = سطح مکانیزاسیون (اسب بخار بر هکتار).

$$E_e = \frac{Y}{P} \quad (4)$$

بازده مزرعه‌ای ماشین

بازده مزرعه‌ای برابر است با نسبت ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای به ظرفیت نظری. این شاخص در محاسبات مکانیزاسیون کاربرد فراوانی دارد و بیانگر میزان توانمندی مدیریت برای به کارگیری ظرفیت کاری ماشین‌ها و ادوات در تولید و کاهش وقت‌های تلف شده در عملیات است. برای تعیین بازده مزرعه‌ای، لازم است ظرفیت نظری و مؤثر تعیین شوند. ظرفیت نظری با توجه به سرعت پیشروی و عرض کار ماشین قابل محاسبه است. ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای نیز با توجه به ساعات واقعی کار یک هکتار عملیات مزرعه‌ای محاسبه می‌شود. گفتنی است که برای واقعی‌تر کردن هرچه بیشتر محاسبه‌ها، ظرفیت نظری و

ظرفیت مکانیزاسیون

ترکیبی از کمیت و کیفیت کار مکانیزاسیون با شاخص ظرفیت مکانیزاسیون کشاورزی نشان داده می‌شود. در واقع، مقدار انرژی مکانیکی مصرف شده در واحد سطح را بیان می‌کند و واحد آن انرژی بر واحد سطح است که به صورت اسب بخار ساعت بر هکتار یا کیلووات ساعت بر هکتار بیان می‌شود. این شاخص در تفسیر و تحلیل مسائل مکانیزاسیون کارایی بیشتری دارد. مقدار این شاخص از رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$CM = \frac{P \times h}{S} \quad (3)$$

در محدوده تقویم زراعی؛ d_r = تعداد روزهای بارندگی/باد شدید/گرمای شدید و ... محدودکننده مؤثر در محدوده تقویم زراعی؛ n = تعداد دفعات بارندگی مؤثر در محدوده تقویم زراعی؛ و d_l = تعداد روزهای غیر قابل کارکردن پس از هر بار بارندگی در محدوده تقویم زراعی.

روزها و ساعات کاری

تعداد روزهای کاری بر اساس تقویم زراعی نمی‌تواند الزاماً برای فعالیت ماشین‌ها و ادوات مناسب باشد. برای مثال، سمپاشی با سمپاش پشت تراکتوری در روزها و ساعاتی که باد بوزد یا هوا خیلی گرم است متوقف می‌شود، هرچند این روزها و ساعات از نظر تقویم زراعی در زمان مناسب سمپاشی قرار گرفته باشد. این در حالی است که عملیات خاک‌ورزی در این شرایط می‌تواند ادامه یابد. همچنین تقریباً همه عملیات ماشینی در روزهای بارانی متوقف می‌شوند اما برخی کارهای سبک در روز بعد می‌تواند دنبال شود، در حالی که ممکن است اجرای برخی دیگر از عملیات تا دو یا سه روز بعد نیز امکان‌پذیر نباشد. از این فاکتور برای تعیین تعداد تراکتور و ادوات مورد نیاز برای اجرای به‌موقع کار در محدوده تقویم زراعی استفاده می‌شود.

ضریب بهره‌وری ماشین

ضریب بهره‌وری ماشین یا ضریب بهره‌وری سطحی از ماشین عبارت است از نسبت توان اجرایی واقعی به توان اجرایی بالقوه ماشین در هر منطقه. روشن است هرچه این نسبت بالاتر باشد مدیریت، سرویس و نگهداری و برنامه‌ریزی برای فعالیت ماشینی بهتر است. برخی از مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در زراعت برنج به‌منظور محاسبه شاخص‌های مکانیزاسیون به‌شرح جدول ۳ است.

مؤثر در محدوده تقویم زراعی محاسبه شد. مقدار این شاخص با استفاده از رابطه ۵ به‌دست می‌آید:

$$F_e = \frac{C_a}{C_{at}} \times 100 \quad (5)$$

که در آن،

F_e = بازده مزرعه‌ای (درصد)؛ C_a = ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)؛ و C_{at} = ظرفیت مزرعه‌ای نظری (هکتار بر ساعت).

توان اجرایی ماشینی

توان اجرایی ماشینی بیانگر سطحی است که در حال حاضر و با شرایط و وضعیت موجود، تعداد ماشین‌های در دسترس منطقه (با ظرفیت مؤثر فعلی خود) می‌توانند روی آن سطح عملیات ماشینی انجام دهند. در عمل، این ضریب بیانگر این مطلب است که آیا تراکتور یا هر یک از ماشین‌ها و ادوات موجود در منطقه جوابگوی نیاز واقعی مکانیزاسیون منطقه برای آن عملیات خاص هست یا نه، و دیگر اینکه میزان کمبود ماشین در منطقه چقدر است. مقدار این شاخص از رابطه ۶ به‌دست می‌آید:

$$S_o = \frac{N_m \times D_w \times T_w}{T_f} \quad (6)$$

$$D_w = D_c - D_d \quad , \quad D_d = d_r + (n \times d_l)$$

که در آن،

S_o = توان اجرایی ماشینی (هکتار)؛ N_m = تعداد ماشین‌های فعال؛ D_w = تعداد روزهای کاری مؤثر؛ T_w = تعداد ساعات کار در هر روز (ساعت)؛ T_f = زمان مورد نیاز برای اجرای کار در هکتار (ساعت بر هکتار)؛ D_c = تعداد روزهای کاری طبق تقویم زراعی؛ D_d = تعداد روزهای غیر قابل کارکردن

جدول ۳- مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در زراعت برنج

| نام ماشین | توان تراکتور (اسب بخار) | عرض کار (متر) | سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت) |
|----------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| گاواهن برگرداندار | ۴۰ | ۱/۰۵ | ۴ |
| پادلر | ۴۰ | ۲/۵ | ۳/۵ |
| ماله | ۴۰ | ۳ | ۳ |
| روتیواتور | ۴۵ | ۱/۵ | ۱/۵ |
| نشاکار چهارردیفه راه‌رونده | ۴ | ۱/۲ | ۱/۴ |
| نشاکار شش‌ردیفه سوارشونده | ۱۸ | ۱/۸ | ۱/۲ |
| سمپاش پشتی موتوری | ۱ (توان موتور سمپاش) | ۲/۸ | ۳/۶ |
| کمباین برنج | ۷۵ | ۲ | ۳ |
| دروگر برنج | ۴/۵ | ۱/۲ | ۲ |

نتایج و بحث

شهرستان‌های استان مازندران نشان می‌دهد. در این تحقیق، ضریب تبدیل توان اسمی به توان کششی ماشین‌ها ۰/۸ و برای تیلرها به -دلیل عمر بالای آنها ۰/۵ در نظر گرفته شده است. سطح مکانیزاسیون برنج استان مازندران ۲/۶۳ اسب بخار بر هکتار به -دست آمد و شهرستان‌های جویبار با ۴/۶ و گلوگاه با ۱/۲ اسب بخار بر هکتار به -ترتیب بیشترین و کمترین سطح مکانیزاسیون را در استان مازندران دارند. از دلایل بالا بودن سطح مکانیزاسیون در شهرستان جویبار این موارد را می‌توان برشمرد: صنعتی بودن و وجود انواع کارگاه‌های طراحی، ساخت و تولید ادوات و ماشین‌های کشاورزی و وجود تعداد زیاد تیلر کشاورزی (در مقایسه با سایر شهرستان‌های استان و با توجه به سطح زیرکشت این شهرستان‌ها).

با توجه به متوسط عملکرد شلتوک، ۴/۹۱۷ تن بر هکتار در استان مازندران، و با در نظر گرفتن سطح مکانیزاسیون، ۲/۶۳ اسب بخار بر هکتار، بازده اقتصادی مکانیزاسیون برنج استان ۱/۸۷ تن بر اسب بخار به‌دست آمده است. بنابراین برای تولید هر ۱۸۷۰ کیلوگرم شلتوک، یک اسب بخار توان در استان مازندران مصرف می‌شود.

در جدول ۴ آمار ادوات، نیروی محرکه شالیزار و سطح زیرکشت برنج به تفکیک شهرستان‌های استان مازندران آمده است. برابر این جدول، کل سطح زیرکشت برنج استان ۲۲۰۹۶۸ هکتار است که بیشترین آن در شهرستان‌های بابل و آمل به‌ترتیب با ۴۷۶۸۵ و ۳۸۹۲۸ هکتار و کمترین سطح زیر کشت برنج در شهرستان عباس‌آباد با ۵۵۴ هکتار است. بیشترین سطح نشای مکانیزه برنج در شهرستان‌های بابل و آمل به -ترتیب با ۸۹۸۷ و ۸۹۳۸ هکتار و کمترین آن در شهرستان عباس‌آباد و نوشهر دیده می‌شود؛ در این شهرستان‌ها نشای مکانیزه دیده نمی‌شود.

کل سطح برداشت مکانیزه برنج استان ۱۶۰۳۴۰ هکتار است که ۱۰۹۶۳۸ هکتار با کمباین مخصوص برنج و ۵۰۷۰۲ هکتار با دروگر برنج برداشت می‌شود. بیشترین سطح برداشت مکانیزه برنج در شهرستان‌های بابل و آمل به ترتیب با ۳۵۷۳۵ و ۳۴۹۶۲ هکتار و کمترین سطح برداشت مکانیزه برنج در شهرستان چالوس است؛ برداشت در این شهرستان دستی و سنتی است.

جدول ۵ توان اسمی و کششی کل ماشین‌های شالیزاری و سطح مکانیزاسیون برنج را به تفکیک

جدول ۴- آمار ادوات، نیروی محرکه شالیزاری و سطح زیر کشت برنج به تفکیک شهرستان‌های استان مازندران

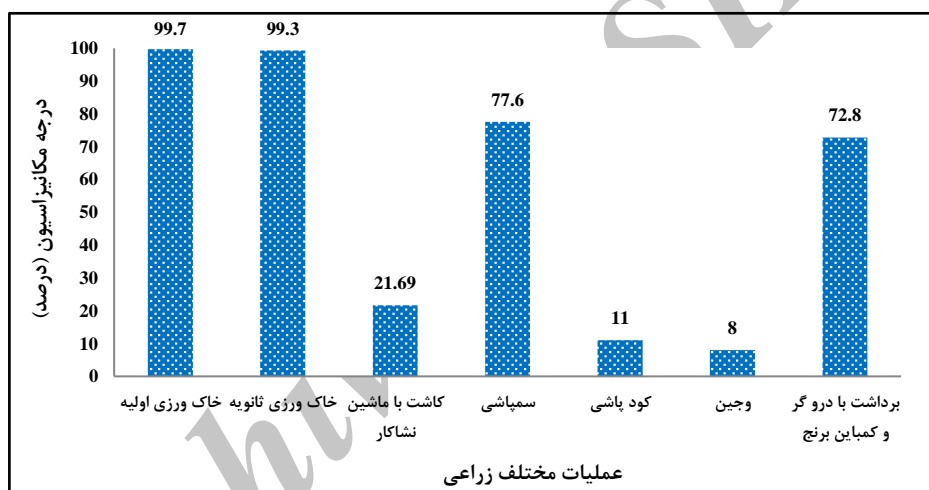
| شهرستان | نشاکار ۴ ردیفه | نشاکار ۶ ردیفه | تیلر | دروگر | خرمن کوب تراکتوری | کمباین مخصوص | تراکتور مخصوص برنج | شالی کوبی فعال | سطح زیر کشت برنج (هکتار) | سطح نشا مکانیزه (هکتار) | برداشت با کمباین (هکتار) | برداشت با دروگر (هکتار) | کل برداشت (هکتار) |
|------------|----------------|----------------|-------|-------|-------------------|--------------|--------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| گلوگاه | ۳ | - | ۸۲۹ | ۱۲ | ۳۳ | ۲ | ۱۰ | ۶ | ۲۹۹۷ | ۱۸۶ | ۵۵۰ | ۱۵۶۷ | ۲۱۱۷ |
| بهشهر | ۸۲ | ۱۲ | ۲۷۲۳ | ۱۸۵ | ۶۰ | ۱۷ | ۱۶ | ۱۴ | ۸۲۲۱ | ۴۷۵۱ | ۳۱۵۰ | ۲۱۵۰ | ۵۳۰۰ |
| نکا | ۸ | ۱۶ | ۶۸۹۰ | ۶۲ | ۵ | ۱۴ | ۲۸ | ۲۵ | ۹۶۱۵ | ۲۵۱۵ | ۱۲۰۰ | ۳۶۰۰ | ۴۸۰۰ |
| میاندورود | ۱۵۵ | ۲۶ | ۱۰۲۵۴ | ۱۶۵ | ۳ | ۲۶ | ۴۲ | ۱۴ | ۲۳۴۲۹ | ۶۰۲۰ | ۲۱۵۰ | ۳۰۰۰ | ۵۱۵۰ |
| ساری | ۳۲۰ | ۱۵ | ۵۳۵۷ | ۳۲۰ | ۱۵۰ | ۷۰ | ۳۳ | ۶۵ | ۸۵۲۳ | ۷۸۱۲ | ۶۰۷۰ | ۱۲۳۷۲ | ۱۸۴۴۲ |
| قائم‌شهر | ۳۹ | ۶ | ۵۲۳۵ | ۲۰۷ | ۱۴۰ | ۴۷ | ۲۱ | ۴۷ | ۱۱۲۵۱ | ۲۰۰۰ | ۳۰۰۰ | ۳۳۰۰ | ۶۳۰۰ |
| سوادکوه | ۵ | - | ۲۲۴۵ | ۸ | ۲۱ | ۱ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۴۲۰ | ۹۰ | ۳۰ | ۲۹۰ | ۳۲۰ |
| جویبار | ۵۵ | ۸ | ۹۸۰۶ | ۲۶۱ | - | ۱۰۰ | ۳۲ | ۳۱ | ۹۷۹۳ | ۱۶۴۳ | ۴۵۰۰ | ۲۹۷۲ | ۷۴۷۲ |
| بابل | ۲۵۵ | ۹ | ۱۵۰۶۸ | ۷۱۷ | ۱۶۰ | ۳۷۹ | ۵۷ | ۲۳۰ | ۴۷۶۸۵ | ۸۹۸۷ | ۳۱۲۰۰ | ۴۵۳۵ | ۳۵۷۳۵ |
| بابلسر | ۹۳ | ۷ | ۵۸۲۳ | ۴۵۷ | ۷۵ | ۱۲۶ | ۳۹ | ۳۰ | ۱۴۶۶۱ | ۳۶۰۰ | ۷۲۶۰ | ۵۹۰۱ | ۱۳۱۶۱ |
| فریدونکنار | ۹ | ۷ | ۴۰۸۷ | ۲۸ | ۱۵ | ۱۳۵ | ۳۲ | ۷۲ | ۶۳۱۸ | ۲۱۳ | ۵۰۳۸ | ۶۵۰ | ۵۶۸۸ |
| محمودآباد | ۴۵ | ۳ | ۵۸۹۰ | ۵۰ | ۲۱ | ۱۲۱ | ۲۲ | ۸۰ | ۱۸۳۲۴ | ۵۸۶ | ۱۲۴۰۰ | ۲۲۲۴ | ۱۴۶۲۴ |
| آمل | ۲۶۵ | ۲۳ | ۱۳۵۳۹ | ۲۷۵ | ۲۱۸ | ۳۰۲ | ۵۱ | ۱۷۵ | ۳۸۹۲۸ | ۸۹۳۸ | ۲۷۵۰۰ | ۷۴۶۲ | ۳۴۹۶۲ |
| نور | ۸ | ۱ | ۶۰۰۸ | ۱ | ۳۳ | ۱۴ | ۱۶ | ۴۳ | ۹۳۵۴ | ۱۵۰ | ۵۵۰۰ | ۵۰۰ | ۶۰۰۰ |
| نوشهر | - | - | ۱۰۶۸ | - | - | - | ۱۱ | ۱۵ | ۱۳۴۷ | - | ۱۵ | - | ۱۵ |
| چالوس | ۵ | - | ۷۲۱ | - | ۳ | - | ۳ | ۱۵ | ۷۲۵ | ۵۰ | - | - | - |
| عباس‌آباد | - | - | ۳۶۴ | ۱ | ۵ | - | ۲ | ۵ | ۵۵۴ | - | - | ۱۲ | ۱۲ |
| تنکابن | ۷ | ۳ | ۲۰۶۶ | ۳ | ۳۵ | ۱ | ۹ | ۴۱ | ۶۱۱۱ | ۲۱۵ | ۷۵ | ۱۵۰ | ۲۲۵ |
| رامسر | - | - | ۶۴۲ | ۲ | ۷ | ۱ | ۲ | ۷ | ۷۱۲ | ۴ | - | ۱۷ | ۱۷ |
| کل استان | ۱۳۵۴ | ۱۳۶ | ۹۸۶۱۵ | ۲۷۵۴ | ۹۸۴ | ۱۳۵۶ | ۴۴۶ | ۹۲۵ | ۲۲۰۹۶۸ | ۴۷۷۶۰ | ۱۰۹۶۳۸ | ۵۰۷۰۲ | ۱۶۰۳۴۰ |

جدول ۵- توان اسمی نیروی محرکه شالیزاری و سطح مکانیزاسیون برنج در شهرستان‌های استان مازندران

| شهرستان | کل توان نشاکار ۴ ردیفه (اسب بخار) | کل توان نشاکار ۶ ردیفه (اسب بخار) | توان دروگرها (اسب بخار) | توان کمباین‌ها برنج (اسب بخار) | توان تراکتورهای شالیزاری (اسب بخار) | توان اسمی تیلرها (اسب بخار) | توان کششی نیرو محرکه (اسب بخار) | توان کششی تیلرها (اسب بخار) | سطح مکانیزاسیون (اسب بخار بر هکتار) |
|------------|---|---|----------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| گلوگاه | ۱۲ | - | ۵۴ | ۱۵۰ | ۴۰۰ | ۶۲۱۸ | ۴۹۳ | ۳۱۰۹ | ۱/۲۰ |
| بهشهر | ۳۲۸ | ۲۱۶ | ۸۳۲/۵ | ۱۲۷۵ | ۶۴۰ | ۲۰۴۲۳ | ۲۶۳۳ | ۱۰۲۱۱ | ۱/۵۶ |
| نکا | ۳۲ | ۲۸۸ | ۳۷۹ | ۱۰۵۰ | ۱۱۲۰ | ۵۱۶۷۵ | ۲۲۱۵ | ۲۵۸۳۸ | ۲/۹۲ |
| میاندو رود | ۶۲۰ | ۴۶۸ | ۷۴۲/۵ | ۱۹۵۰ | ۱۶۸۰ | ۷۶۹۰۵ | ۴۳۶۸ | ۳۸۴۵۳ | ۱/۸۳ |
| ساری | ۱۲۸۰ | ۲۷۰ | ۱۴۴۰ | ۵۲۵۰ | ۱۳۲۰ | ۴۰۱۷۸ | ۷۶۴۸ | ۲۰۰۸۹ | ۳/۲۵ |
| قائم‌شهر | ۱۵۶ | ۱۰۸ | ۹۳۱/۵ | ۳۵۲۵ | ۸۴۰ | ۳۹۲۶۳ | ۴۴۴۸ | ۱۹۶۳۱ | ۲/۱۴ |
| سوادکوه | ۲۰ | - | ۳۶ | ۷۵ | ۸۰۰ | ۱۶۸۳۸ | ۷۴۵ | ۸۴۱۹ | ۳/۷۹ |
| جویبار | ۲۲۰ | ۱۴۴ | ۱۱۷۴/۵ | ۷۵۰۰ | ۱۲۸۰ | ۷۳۵۴۵ | ۸۲۵۵ | ۳۶۷۷۳ | ۴/۶۰ |
| بابل | ۱۰۲۰ | ۱۶۲ | ۳۲۲۶/۵ | ۲۸۴۲۵ | ۲۲۸۰ | ۱۱۳۰۱۰ | ۲۸۰۹۱ | ۵۶۵۰۵ | ۱/۷۷ |
| بابلسر | ۳۷۲ | ۱۲۶ | ۲۰۵۶/۵ | ۹۴۵۰ | ۱۵۶۰ | ۴۳۶۷۳ | ۱۰۸۵۲ | ۲۱۸۳۶ | ۲/۲۳ |
| فریدون‌کار | ۳۶ | ۱۲۶ | ۱۲۶ | ۱۰۱۲۵ | ۱۲۸۰ | ۳۰۶۵۳ | ۹۳۵۴ | ۱۵۳۲۶ | ۳/۹۱ |
| محمودآباد | ۱۸۰ | ۵۴ | ۲۲۵ | ۹۰۷۵ | ۸۸۰ | ۴۴۱۷۵ | ۸۳۳۱ | ۲۲۰۸۸ | ۱/۶۶ |
| آمل | ۱۰۶۰ | ۴۱۴ | ۱۲۳۷/۵ | ۲۲۶۵۰ | ۲۰۴۰ | ۱۰۱۵۴۳ | ۲۱۹۲۱ | ۵۰۷۷۱ | ۱/۸۷ |
| نور | ۳۲ | ۱۸ | ۴/۵ | ۱۰۵۰ | ۶۴۰ | ۴۵۰۶۰ | ۱۳۹۶ | ۲۲۵۳۰ | ۲/۵۶ |
| نوشهر | - | - | - | - | ۴۴۰ | ۸۰۱۰ | ۳۵۲ | ۴۰۰۵ | ۳/۲۳ |
| چالوس | ۲۰ | - | - | - | ۱۲۰ | ۵۴۰۸ | ۱۱۲ | ۲۷۰۴ | ۳/۸۸ |
| عباس‌آباد | - | - | ۴/۵ | - | ۸۰ | ۲۷۳۰ | ۶۸ | ۱۳۶۵ | ۲/۵۹ |
| تنکابن | ۲۸ | ۵۴ | ۱۳/۵ | ۷۵ | ۳۶۰ | ۱۵۴۹۵ | ۴۲۴ | ۷۷۴۸ | ۱/۳۴ |
| رامسر | - | - | ۹ | ۷۵ | ۸۰ | ۴۸۱۵ | ۱۳۱ | ۲۴۰۸ | ۳/۵۷ |
| کل استان | ۵۴۱۶ | ۲۴۴۸ | ۱۲۳۹۳ | ۱۰۱۷۰۰ | ۱۷۸۴۰ | ۷۳۹۶۱۳ | ۱۱۱۸۲۸ | ۳۶۹۸۰۶ | ۲/۶۳ |

موضوع دارد. ارتقای درجه مکانیزاسیون برداشت برنج استان به دلیل ورود کمباین‌های برنج و تجهیز ماشین‌های برداشت برنج استان با این کمباین‌ها در سال‌های اخیر است. کمترین درجه مکانیزاسیون در کشت برنج استان مازندران در وجین دیده می‌شود (با ۸ درصد)؛ به‌علت شرایط خاص و باتلاقی بودن زمین‌های شالیزاری و نبود ماشین وجین کن مناسب، بیشتر وجین‌کاری‌ها در شالیزارهای مازندران با دست و به‌صورت سنتی است.

شکل ۱ درجه مکانیزاسیون عملیات مختلف زراعی در کشت برنج استان مازندران را نشان می‌دهد. بیشترین درجه مکانیزاسیون برنج استان برای خاک‌ورزی اولیه و ثانویه است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ۹۹/۷ درصد از شالیزارهای استان مازندران، عملیات خاک‌ورزی اولیه و در ۹۹/۳ درصد این اراضی خاک‌ورزی ثانویه با ماشین انجام می‌شود. درجه مکانیزاسیون بالای خاک‌ورزی به دلیل سنگینی عملیات خاک‌ورزی و انرژی بر بودن آن است؛ نتایج تحقیقات گذشته نیز دلالت بر همین



شکل ۱- درجه مکانیزاسیون عملیات مختلف زراعی در کشت برنج استان مازندران

انتهای مزرعه می‌کاهند. استفاده از رانندگان حرفه‌ای و علامتگذار سبب کاهش همپوشانی در مسیرهای رفت و برگشت عملیات می‌شود. بازده مزرعه‌ای پایین در شخم با گاوآهن برگرداندار به دلیل تلفات زمانی زیاد در دور زدن‌ها، تعمیرات و نگهداری، فرمان‌گیری سخت‌تر، و همپوشانی شخم در مسیر رفت و برگشت است که از به‌کار نگرفتن رانندگان حرفه‌ای و علامت‌گذار ناشی می‌شود.

بازده مزرعه‌ای ماشین‌های شالیزاری برای عملیات مختلف زراعی در جدول ۶ آمده است. بیشترین بازده مزرعه‌ای، ۷۳ درصد، در نشاکار شش ردیفه سوارشونده و کمترین آن، ۶۳ درصد، در خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن برگرداندار دیده می‌شود. علت بالا بودن بازده مزرعه‌ای ماشین‌های نشاکار شش ردیفه سوارشونده عرض کار زیاد این ماشین‌ها و کاربرد آنها توسط رانندگان حرفه‌ای است که از تعداد و تلفات زمانی دور زدن‌ها در

جدول ۶- بازده مزرعه‌ای عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج استان مازندران

| شاخص | گاواهن برگردان‌دار | پادلر | ماله | روتیواتور | نشاکار چهار ردیفه | نشاکار شش ردیفه | سمپاش پستی موتوری | کمباین برنج | دروگر |
|--|-----------------------|-------|------|-----------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------|-------|
| عرض کار (متر) | ۱/۰۵ | ۲/۵ | ۳/۲ | ۱/۸ | ۱/۲ | ۱/۸ | ۱۰ | ۲ | ۱/۲ |
| سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت) | ۱/۸ | ۲ | ۲/۵ | ۲ | ۱/۵ | ۲/۵ | ۱ | ۳ | ۲ |
| ظرفیت مزرعه ای نظری (هکتار بر ساعت) | ۰/۱۹ | ۰/۵ | ۰/۸ | ۰/۳۶ | ۰/۱۸ | ۰/۴۵ | ۱ | ۰/۶ | ۰/۲۴ |
| ظرفیت مزرعه ای موثر (هکتار بر ساعت) | ۰/۱۲ | ۰/۳۲ | ۰/۵۸ | ۰/۲۴ | ۰/۱۲۵ | ۰/۳۲۸ | ۰/۶۷ | ۰/۴۱ | ۰/۱۶ |
| بازده مزرعه ای (درصد) | ۶۳ | ۶۴ | ۷۲ | ۶۶ | ۶۹/۵ | ۷۳ | ۶۷ | ۶۸ | ۶۶ |

جدول ۷- توان اجرایی بالقوه عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج استان مازندران

| شاخص | پادلر | ماله | روتیواتور | نشاکار چهار ردیفه | نشاکار شش ردیفه | سمپاش پستی موتوری | کمباین برنج | دروگر |
|----------------------------|-------|-------|-----------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------|--------|
| تقویم زراعی (روز) | ۲۵ | ۲۵ | ۲۲ | ۳۰ | ۳۰ | ۱۰ | ۳۳ | ۴۰ |
| ساعت کار در روز | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۱۰ | ۸ |
| تعداد ماشین فعال | ۱۷۷ | ۵۵۶ | ۸۰۳۵ | ۱۳۵۴ | ۱۳۶ | ۵۹۲۳ | ۱۳۵۶ | ۲۷۵۴ |
| توان اجرایی بالقوه (هکتار) | ۱۱۳۲۸ | ۶۴۴۹۶ | ۳۳۹۳۹۸ | ۴۰۶۲۰ | ۱۰۷۰۶ | ۳۱۷۴۷۳ | ۱۸۳۴۶۶ | ۱۴۱۰۰۵ |

جدول ۷ توان اجرایی بالقوه ماشین‌ها و ادوات شالیزاری را در استان مازندران نشان می‌دهد. توان اجرایی ماشینی شاخصی است عملی برای ارزیابی توانایی‌ها و قابلیت ماشین‌ها برای

در محاسبه توان اجرایی بالقوه و عملی و ضریب بهره‌وری، محدوده تقویم زراعی در نظر گرفته شده است که در آن بیشترین تراکم عملیات ماشینی وجود دارد. ظرفیت مکانیزاسیون عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج استان مازندران در جدول ۸ نشان داده شده است. بیشترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات برداشت با کمباین برنج با ۳۰۶/۱۱ اسب بخار ساعت بر هکتار و کمترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات سمپاشی با ۱۲/۸ اسب بخار ساعت بر هکتار به دست آمده است. این موضوع از این بابت منطقی به نظر می‌رسد که برداشت برنج انرژی بر و داشت برنج کاربر است. مدت زمان خاک‌ورزی بر اساس سه بار خاک‌ورزی (یک بار شخم و دو بار روتیواتور) محاسبه شده است. کل انرژی مصرفی ماشین‌های شالیزاری در تولید برنج استان مازندران ۵۱,۷۶۷,۵۶۰ اسب بخار- ساعت و متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج استان مازندران ۲۳۵ اسب بخار ساعت بر هکتار محاسبه شده است، این شاخص نشان می‌دهد که به‌طور میانگین در هر هکتار از شالیزارهای مازندران ۲۳۵ اسب بخار- ساعت انرژی مکانیکی مصرف می‌شود.

در محاسبه توان اجرایی بالقوه و عملی و ضریب بهره‌وری، محدوده تقویم زراعی در نظر گرفته شده است که در آن بیشترین تراکم عملیات ماشینی وجود دارد. ظرفیت مکانیزاسیون عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج استان مازندران در جدول ۸ نشان داده شده است. بیشترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات برداشت با کمباین برنج با ۳۰۶/۱۱ اسب بخار ساعت بر هکتار و کمترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات سمپاشی با ۱۲/۸ اسب بخار ساعت بر هکتار به دست آمده است. این موضوع از این بابت منطقی به نظر می‌رسد که

جدول ۸- ظرفیت مکانیزاسیون عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج در استان مازندران

| شاخص | خاک‌ورزی | نشاکار چهار ردیفه | نشاکار شش ردیفه | سمپاش پستی موتوری | کمباین برنج | دروگر |
|--|----------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------|-------|
| توان ماشین (اسب بخار) | ۴۰ | ۴ | ۱۵ | ۱ | ۷۵ | ۴ |
| مدت زمان اجرای عملیات (ساعت) | ۶۰۰ | ۲۴۰ | ۲۴۰ | ۴۰۰ | ۳۳۰ | ۳۲۰ |
| توان اجرایی واقعی (هکتار) | ۲۲۰۹۶۸ | ۳۸۷۹۰ | ۸۹۷۰ | ۱۷۰۹۴۰ | ۱۰۹۶۳۸ | ۵۰۷۰۲ |
| ظرفیت مکانیزاسیون (اسب بخار- ساعت بر هکتار) | ۴۸/۴۴ | ۳۳/۵۱ | ۵۴/۵۸ | ۱۲/۸ | ۳۰۶/۱۱ | ۶۹/۵۳ |

جدول ۹ ضریب بهره‌وری ماشین‌ها و ادوات شالیزاری را در استان مازندران نشان می‌دهد. ضریب بهره‌وری بالاتر نشان دهنده مدیریت بهتر ماشینی برای اجرای آن عملیات است. در جدول ۹ ملاحظه می‌شود بیشترین ضریب بهره‌وری با ۲/۳۹ (۲۳۹ درصد) به ماله کشی با لولر اختصاص دارد که دلیل آن مدیریت بهینه استفاده از لولر نیست بلکه قابلیت به‌کارگیری سایر ابزارهای ساده مثل تیرک چوبی یا آهنی، به‌جای لولر، است. کمترین ضریب بهره‌وری با ۰/۳۶ (۳۶ درصد) در برداشت با دروگر دیده می‌شود. ضریب بهره‌وری پایین این ماشین نشان می‌دهد که مدیریت استفاده از دروگرها ضعیف و تعداد دروگرهای استان نسبت به عملیات زراعی

کنونی بیشتر است. یکی از دلایل پایین بودن ضریب بهره‌وری دروگرهای برنج، استفاده از کمباین‌های مخصوص برنج برای برداشت، به‌جای دروگرها، در سال‌های اخیر بوده است. به‌علت قیمت نسبتاً مناسب، کاهش سختی کار، انرژی‌بر بودن مرحله برداشت، سرعت بالای برداشت، و اجرای به‌موقع عملیات، این کمباین‌ها در سطح استان بسیار ترویج و گسترش یافته‌اند. برای ماشین‌هایی که ضریب بهره‌وری کمتر از ۸۵ درصد دارند، می‌توان با مدیریت صحیح ماشینی و بالابردن ضریب بهره‌وری، با همین تعداد ماشین موجود در ناوگان ماشینی، سطح بیشتری از عملیات را اجرا کرد.

جدول ۹- ضریب بهره‌وری ماشین در تولید برنج در استان مازندران

| شاخص | پادلر | ماله | روتیواتور | نشاکار چهار ردیفه | نشاکار شش ردیفه | سمپاش پستی موتوری | کمباین برنج | دروگر |
|----------------------------|-------|--------|-----------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------|--------|
| توان اجرایی واقعی (هکتار) | ۱۰۹۴۰ | ۱۵۴۰۷۰ | ۲۱۰۹۴۰ | ۳۸۷۹۰ | ۸۹۷۰ | ۱۷۰۹۴۰ | ۱۰۹۶۳۱ | ۵۰۷۰۲ |
| توان اجرایی بالقوه (هکتار) | ۱۱۳۲۸ | ۶۴۴۹۶ | ۳۳۹۳۹۸ | ۴۰۶۲۰ | ۱۰۷۰۶ | ۳۱۷۴۷۳ | ۱۸۳۴۶۶ | ۱۴۱۰۰۵ |
| ضریب بهره‌وری ماشین | ۰/۹۷ | ۲/۳۹ | ۰/۶۲ | ۰/۹۵ | ۰/۸۴ | ۰/۵۴ | ۰/۶ | ۰/۳۶ |

نتیجه‌گیری

درجه مکانیزاسیون خاک‌ورزی و برداشت برنج با توجه به انرژی‌بر بودن این عملیات، که در سطح استان بیشتر ماشینی است، بالاست. درجه مکانیزاسیون کاشت با ماشین نشاکار ۲۱/۶۹ و به نسبت پایین است. سطح مکانیزاسیون برنج در استان مازندران ۲/۶۳ اسب بخار بر

هکتار است که نسبت به متوسط سطح مکانیزاسیون کشور (۱۱/۰۱ اسب بخار بر هکتار) تقریباً ۲/۶ برابر بیشتر است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد جز برای کاشت مکانیزه با نشاکار چهار ردیفه راه‌رونده و نشاکار شش ردیفه سوارشونده و پادلر، با توجه به سطح عملیات فعلی، تعداد ماشین‌های شالیزاری موجود استان مناسب است و فقط با

بهرتر کردن مدیریت ماشینی باید سطح اجرایی عملیات را
افزایش داد. در مورد ماشین‌های نشاکار، با توجه به درجه
مکانیزاسیون پایین و ضریب بهره‌وری بالا، باید برای
افزایش درجه مکانیزاسیون کاشت ماشینی برنج
برنامه‌ریزی و این ماشین‌های شالیزاری را تهیه و به شکلی
مناسب توزیع کرد؛ همچنین باید به ترویج و توسعه
پرورش نشای مکانیزه و تهیه نشا در سینی‌های نشا
پرداخت که برای کاربرد ماشین‌های نشاکار لازم خواهد
بود. کل ساعت کار مفید ماشین‌های شالیزاری در تولید
برنج استان ۲۱۳۰ ساعت بر هکتار محاسبه شده است.

مراجع

- Afzalinia, S. and Shaaker, M. 2002. Comparison and selection of different combinations of rice milling machines. Research Report. Agricultural Engineering Research Institute. Iran. (in Persian)
- Alizadeh, M. R. 2001. Effect of hulling ratio on rice breakage. Research Report. Rice Research Institute of Iran. Iran. (in Persian)
- Alizadeh, M. R. and Bagheri, I. 2009. Field performance evaluation of different rice threshing methods. Int. J. Nat. Eng. Sci. 3(3): 139-143. (in Persian)
- Almassi, M., Kiani, S. and Loveimi, N. 2009. Principle of Agricultural Mechanization. Jungle Pub. (in Persian)
- Anon. 2014. Statistics Reports of Agriculture. Vol. 1. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Department of Planning and Economy. Statistics and Information Technology Office. Available at: <http://dpe.agri-jahad.ir/portal/Home/Default>. (in Persian)
- Dehghan, M. 1998. Agricultural mechanization crisis in islamic republic of iran and remedies. The First National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Sep. 5-7. Karaj, Iran. (in Persian)
- Esfahani, M., Alizadeh, M. R., Sabouri, S., Motamed, K. and Amiri, Z. 2010. Analysis losses and waste reduction strategies. Available at: agrobreed.ir/journal/P10-2.pdf. (in Persian)
- Farhadi, H. 2000. Study and evaluation current status of agricultural mechanization in Marvdasht region and suggesting suitable improvement methods. M. Sc. Thesis. Department of Agricultural Machinery and Mechanization. Science and Research Branch, Islamic Azad University. (in Persian)
- Firouzi, S. 2014. An assessment of rice cultivation mechanization in Northern Iran (Langarud county in Guilan province). International Journal of Biosci. (IJB). 5(3): 110-115.
- Firouzi, S. 2015. A survey on the current status of mechanization of paddy cultivation in iran (case of Guilan province). Int. J. Agric. Manage. Dev. (IJAMAD). 5(2): 117-124.
- Fouad, H. A., Tayel, S. A., El-Hadad, Z. and Abdel-Mawla, H. 1990. Performance of two different types of combines in harvesting rice in Egypt. Agr. Mech. Asia, Af. (AMA). 21(3): 17-22
- Heidari-Soltan Abadi, M. and Hemmat, A. 2007. Effect of blade distance from the agitator and output rate on rice quality in a modified blade-type milling. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Resour. 11(1): 135-146. (in Persian)
- Loghmanpour-Zarini, R., Akram, A. and Tabatabae-Koloor, R. 2012. A comparative study on conventional and mechanized rice fields in Sari. The 7th National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization of Iran. Sep. 5-7. Shiraz University, Shiraz, Iran. (in Persian)

- Loveimi, N. 1999. Evaluating mechanization status in northern Ahwaz and suggestion of suitable mechanized method. M. Sc. Thesis. Department of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (in Persian)
- Loveimi, N., Gilany, A. A. and Alizadeh, M. R. 2008. The effect Of harvesting method on losses for two rice varieties in Khuzestan province. *J. Agric. Eng. Res.* 9(3): 89-106. (in Persian)
- Nazardad, E. 2007. Effect of Agricultural Mechanization on Yield and Waste of Rice. Agriculture and Natural Resources Engineering Disciplinary Organization. Available at: <http://main.iaeo.org>. (in Persian)
- Payman, M. H. 1999. Study rice milling systems in Iran and World. The 7th Rice National Symposium. Karaj, Iran. (in Persian)
- Safari, M., Khosravani-Goshtasb, A., Zarif-Neshat, S., Asadi, A., Shamabadi, Z. A., Loveimi, N., Adelzadeh, R., Saati, M., Roozbeh, M., Azadshahraki, S. and Hedayatipour, A. 2005. Determination of coefficients and indices related to primary tillage using three bottoms mould board plow and conventional tractors in ten areas. Research Report. No.84/1400. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)
- Shaaker, M. 2004. Effect of the speed variation of abrasive rice whitening on breakage and milling loss of rice. Research Report. No.83/1461. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)
- Shaaker, M. and Alizadeh, M. R. 2001. The effect of paddy moisture on rice breakage and total rice recovery. Annual Research Report. Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research & Education Center. Shiraz, Iran. (in Persian)
- Siebenmorgen, T. J., Perdon, A. A., Chen, X. and Mauromous, A. 1998. Relating rice milling quality changes during adsorption to individual kernel moisture content distribution. *Cereal Chem.* 75(1): 129-136.
- Vicha, M., Kastsunobu, G. and Yoshiaki, G. 1992. Performance test of rice combine harvesters. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 26, 97-102.
- Yan, T. Y., Hong, J. H. and Chung, J. H. 2005. An improved method for the prediction of white embryo in a vertical mill. *Biosyst. Eng.* 92(3): 317-323.

Assessment of Current Status and Determination of Rice Mechanization Indices (Case Study in Mazandaran Province)

A. Vahedi*, M. Younesi-Alamouti and A. Sharifi-Malvajerdi

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Vahedi_adel@yahoo.com

Received: 17 July 2016, Accepted: 8 November 2016

Rice with the cultivation area of more than 565 thousand hectares and production amount of 2.45 million tons is the second most important crop after wheat in Iran. Most of cultivated area is also located in Mazandaran and Guilan province. It is clear that reaching to self-sufficiency in rice production is not possible without assessment of current status of rice mechanization. Therefore present study was conducted to determine current status of rice mechanization and propose needed solutions to improve it. Data were gathered by completing questionnaire and by reviewing the literature and field surveying. In view of information obtained; degree of mechanization, level of mechanization, capacity of mechanization, economic efficiency of mechanization, field efficiency of machine, potential ability of machine, working hours and days and productivity coefficient of machine were calculated. The results showed that degree of mechanization of primary tillage and secondary tillage was 99.7 and 99.3%, planting operation with transplanter was 22.69% and harvesting operation with mower and combine was 72.8 %. The lowest degree of mechanization of rice production was obtained for mechanical weeding with the value of 8%. The level of mechanization was calculated 2.63 hp/ha. Mean economic efficiency of mechanization and capacity of mechanization of rice was found to be 1.87 ton/ha and 235 hp.hr/ha, respectively.

Key words: Field Efficiency, Mazandaran, Mechanization Indices, Rice