بررسی عملکرد مزرعه‌ای ماشین‌های وجین‌کن و مقایسه آن‌ها با وجین‌دستی در شالیزار

محمدرضا علیزاده*، حسین رحیم سروش، ایرج بنیادی، شایگان ادیبی، حیدر کامیاب،
علیرضا مه‌پیما، علی‌اکبر رحیمی‌مقدم، سید ابراهیم موسوی
مؤسسه تحقیقات برنج کشور
*alizadeh_mohammadreza@yahoo.com

چکیده

وجین دستی علف های هرز به ویژه در شرایط شالیزار کاری وقت گیر، پر زحمت و هزینه بر است. بنابراین توسعه روش های مکانیزه و سازگار با شرایط موجود در این اراضی برای افزایش بهره وری و کاهش هزینه تولید در این مرحله از اهمّیت زیادی برخوردار می باشد. در این تحقیق، عملکرد مزرعه‌ای چهار نوع وجین‌کن مکانیکی مخصوص شالیزار با روش وجین دستی مورد مقایسه قرار گرفت. آزمایشات به صورت کرت های خرد شده با دو عامل؛ رقم به عنوان عامل اصلی در دو سطح (هاشمی و هیبرید) و روش وجین به عنوان عامل فرعی در پنج سطح (۱. وجین کن مخروطی یک ردیفه، ۲. وجین کن مخروطی دو ردیفه، ۳. وجین کن دوار، ۴. وجین کن موتوری و ۵. وجین دستی) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور به اجرا درآمد. نتایج نشان داد، اثر رقم و روش وجین بر بازده وجین‌کنی، بوته های آسیب دیده و ظرفیت مزرعه ای ماشین های وجین کن معنی دار ($p<0.01$) بود. از بین ماشین های وجین کن، بیشترین راندمان وجین‌کنی (۸۴/۳۳٪) در وجین کن موتوری و رقم هیبرید و کمترین آن (۷۳/۲۰٪) در وجین کن مخروطی یک ردیفه و رقم هاشمی بدست آمد. بیشترین درصد بوته های آسیب دیده (۴/۴۰٪) در تیمار وجین‌کن مخروطی دو ردیفه و رقم هاشمی و کمترین مقدار (۰/۱۳٪) در وجین دستی تعیین گردید. ظرفیت مزرعه‌ای موثر وجین کن موتوری در دو رقم هاشمی و هیبرید به ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۸۲ و ۰/۰۸۷ هکتار بر ساعت بیشترین و در وجین دستی به ترتیب ۰/۰۰۸۴ و ۰/۰۰۸۸ هکتار بر ساعت کمترین مقدار بود. هزینه وجین در تیمارهای مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، دوار و موتوری در مقایسه با روش دستی به ترتیب ۱۵/۷۰، ۳۸/۵۱، ۲۲/۳۲ و ۴۸/۷۰٪ کاهش یافت. نقطه سر به سر در وجین کنهای مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، دوار و موتوری به ترتیب ۰/۰۷۹، ۰/۰۸۳، ۰/۰۷۰ و ۱/۲۴ هکتار بر سال به دست آمد. از بین وجین‌کنهای مورد آزمایش، وجین کن موتوری از عملکرد مزرعه ای مناسب‌تری برخوردار بود.

واژه های کلیدی: وجین‌کن شالیزار، علف های هرز، وجین دستی، عملکرد مزرعه ای، بازده وجین کنی

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی بیش از دو میلیارد نفر در آسیا و ۴۰۰ میلیون نفر از مردم آفریقا و آمریکای لاتین می‌باشد و نقش عمده ای در تأمین نیازهای غذایی مردم دنیا دارد. برنج یکی از محصولات

اساسی کشورمان محسوب می‌شود که در سطحی معادل ۶۱۵ هزار هکتار کشت می شود و از این سطح سالانه حدود سه میلیون تن شلتوک تولید می گردد. استان های گیلان و مازندران با دارا بودن ۷۵ درصد سطح زیر کشت و تولید از مهم ترین استان های برنج خیز کشور برنج محسوب می شوند (Alizadeh et al., 2006). روش معمول کشت برنج در اکثر مناطق نشاکاری در بستر غرقاب می باشد که در نشاکاری سنتی به صورت درهم و درکاشت مکانیزه بطور ردیفی انجام می شود.

عملیات وجین یکی از مراحل حساس و تأثیرگذار بر عملکرد کمی و کیفی محصول محسوب می‌شود. علف های هرز از طریق رقابت با گیاه در آب، نور و مواد غذایی عملکرد محصول را بسته به گونه، تراکم و زمان کنترل علف‌های هرز از ۱۵ تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (Hassanuzzaman et al., 2009). بر اساس برآوردهای انجام شده، خسارت ناشی از علف‌های هرز در محصولات اصلی سالانه بیش از ۴۰ میلیون تن گزارش شده است (Singh & Sahaye, 2001). بررسی‌های انجام شده نشان داد که رقابت نوعی علف هرز رایج در مزرعه شالیزاری به نام سوروف با برنج میزان عملکرد را حدود ۲۵ درصد کاهش داده است (Islam & Haq, 1991). همچنین، وجود علف های هرز می تواند جایگاه مناسبی برای رشد و تکثیر آفات و بیماری‌ها باشد و از این طریق خسارت سنگینی بر کشاورزان وارد نماید.

روش‌های معمول درکنترل علف های هرز شامل روش های مکانیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و زراعی است. در این میان، کنترل مکانیکی که با دست یا ابزارهای دستی و یا ماشین های وجین‌کن انجام می شود، از نقطه نظر زراعی و سازگاری آن با شرایط محیطی جایگاه ویژه ای دارد (Gite & Yadav, 1990). کنترل مکانیکی نه تنها علف های بین ردیف های کاشت را ریشه‌کن می‌کند بلکه باعث نرم شدن خاک سطحی و هوادهی خاک می‌شود. اما وجین دستی کاری سخت و طاقت فرساست و صدمات زیادی بر کارگران که بیشتر آن‌ها خانمهای روستایی تشکیل می دهند، وارد می‌نماید. بسته به تراکم و تنوع علف های هرز در مزرعه، تعداد کارگر مورد نیاز در هر مرحله از وجین ۱۵-۱۰ نفر روز در هر هکتار متغیر می باشد و با توجه به روند صعودی افزایش دستمزد کارگر طی سال های اخیر، سهم قابل توجهی از هزینه تولید برنج به این مرحله اختصاص دارد. تحقیقات انجام شده درکشورهای دیگر نیز روند مشابه‌ای را نشان می دهد. به عنوان مثال Haq & Islam (۱۹۸۵) در بررسی‌شان به این نتیجه رسیدند که عملیات وجین در بنگلادش در حدود ۲۱/۶٪ از کل هزینه تولید برنج را شامل می شود.

با معرفی فناوری های کاشت ردیفی در نشاکاری و کشت مستقیم با استفاده از نشاکارهای برنج و انواع ماشین‌های خطی کار، زمینه برای کاربرد ماشین‌های داشت به ویژه وجین‌کن‌ها در شالیزار فراهم شده است (Tajuddin, 2009). بنابراین ارزیابی کارایی ماشین‌های مختلف وجین‌کن و معرفی نوع مناسب آن در اراضی شالیزاری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. محققین زیادی کارایی و عملکرد مزرعه‌ای وجین‌کن‌ها را با روش دستی مورد مقایسه قرار دادند. Manuwa et al. (۲۰۰۹) نوعی وجین‌کن موتوری با عرض کار ۰/۲۴ متر را برای وجین در کشت محصولات ردیفی طراحی و ساختند. ظرفیت مزرعه‌ای موثر ماشین ۰/۰۵۳ هکتار بر ساعت، مصرف سوخت ۰/۷ لیتر بر ساعت و بازده وجین‌کنی ۹۵ درصد گزارش شد. Parida (۲۰۰۲) وجین کن مخروطی طرح ایری (مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج) را اصلاح نمود و عملکرد مزرعه ای آن را در شالیزار ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که تحت شرایط آزمایش، ظرفیت مزرعه ای ماشین ۰/۲ هکتار بر ساعت و بازده وجین کنی آن ۸۰ درصد می باشد. سایر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه نشان داد که استفاده از وجین کن‌ها موجب افزایش ظرفیت مزرعه‌ای و کاهش زمان و هزینه وجین می‌شود (Kumar et al., 2000; Goel et al., 2008; Singh, 1992; Biswas et al., 2000; Yadav and Pund, 2007).

هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی عملکرد مزرعه ای و بررسی کارایی انواع وجین کن‌های مکانیکی مخصوص شالیزار شامل وجین کن مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، وجین کن دوار و موتوری و مقایسه آن با وجین دستی در دو رقم برنج (هاشمی و هیبرید) بود.

مواد و روش‌ها

دراین تحقیق عملکرد مزرعه ای چهار نوع وجین کن مخصوص شالیزار (شکل ۲) با وجین دستی مورد مقایسه قرار گرفت. آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) در قطعه زمین شالیزاری به مساحت تقریبی ۲۰۰۰ متر مربع به اجرا درآمد. عملیات آماده سازی مزرعه (شخم اولیه و ثانویه) مشابه روش معمول منطقه با استفاده از تیلر و اداوات مرسوم و در حالت غرقاب انجام شد. پادلینگ (گلخرابی) و تسطیح و ماله کشی کرت ها یک هفته قبل از نشاءکاری صورت گرفت. برای آماده‌سازی نشا نوع حصیری، بذور پیش جوانه دار ارقام هاشمی (رقم محلی) و رقم هیبرید (رقم پرمحصول) در جعبه های پلاستیکی مخصوص (همانند روشی که برای تهیه نشا برای ماشین نشاکار مورد استفاده قرار می گیرد) و به میزان ۲۰۰ گرم در هر جعبه بذرپاشی شد. سپس جعبه ها به خزانه اصلی منتقل شدند و نشاهای با طول دوره رشد ۲۰ روز و ۳-۲ برگی و ارتفاع حدود ۱۵ سانتی متر آماده نشاکاری شدند. کاشت نشا به صورت ردیفی به فاصله کاشت ثابت ۳۰ سانتی متر و فاصله کپه ها روی ردیف ۱۵ سانتی متر برای رقم هاشمی و۲۰ سانتی متر برای رقم هیبرید انجام شد و ۲۴ ساعت پس از نشاکاری سطح کرت ها غرقاب گردید.

این تحقیق به صورت کرت های خرد شده با دو عامل؛ رقم به عنوان عامل اصلی در دو سطح (هاشمی و هیبرید) و روش وجین در پنج سطح شامل چهار نوع وجین کن مکانیکی ۱. وجین کن دستی نوع مخروطی یک ردیفه، ۲. وجین کن دستی مخروطی دو ردیفه، ۳. وجین کن دستی دوار، ۴. وجین کن موتوری و روش مرسوم یعنی وجین دستی به عنوان عامل فرعی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرارگرفت. عملیات وجین اول ۲۰ روز پس از نشاکاری آغاز و به مدت چهار روز ادامه یافت. قبل از شروع کار، به منظور افزایش کارایی وجین کن‌ها، سطح آب موجود بر روی کرت ها به حدود یک سانتی متر کاهش داده شد. در وجین کنهای مکانیکی، علف های هرز روی ردیف به دلیل فاصله کم بین دو کپه نشا توسط کارگر (با دست) وجین شد و از ماشین های وجین برای کنترل علف های هرز در فاصله بین دو ردیف کاشت استفاده گردید. پارامترهای مورد اندازه گیری در این تحقیق عبارت بودند از:

۱- بازده (راندمان) وجین کنی

برای تعیین بازده وجین کنی در پنج نقطه از هر کرت قبل و بعد از وجین بطور تصادفی کادر چوبی به ابعاد متر۱× متر۱ انداخته و تعداد علف های هرز داخل کادر شمارش شد. بازده وجین کنی از رابطه زیر محاسبه گردید (Remesan et al., 2007):

$$WE = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن:

WE بازده (راندمان) وجین کنی (٪)، N_1 تعداد علف های هرز در هر متر مربع قبل از وجین و N_2 تعداد علف‌های هرز در هر متر مربع بعد از وجین می‌باشد.

۲- بوته های آسیب دیده

درصد بوته‌های آسیب‌دیده در عملیات وجین علف های هرز به عنوان شاخصی از کیفیت کار ماشین وجین کن می‌باشد (Tewari et al., 1993). برای اندازه گیری این صفت، تعداد بوته های آسیب دیده در داخل کادر چوبی متر۱× متر۱ که بطور تصادفی در چهار نقطه از هر کرت انداخته شد، شمارش گردید و سپس درصد آسیب دیدگی بوته ها از رابطه زیر بدست آمد (Remesan et al., 2007):

$$DP = \frac{Q_1}{Q_2} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن، DP بوته‌های آسیب دیده (٪)، Q_1 تعداد کل بوته های موجود در هر متر مربع و Q_2 تعداد بوته‌های آسیب دیده در هر متر مربع بعد از وجین

الف- سرعت پیش‌روی درحین کار

برای تعیین سرعت پیش‌روی در حین کار، مدت زمان لازم برای طی مسافت ۱۰ متر در فاصله بین دو ردیف کاشت با زمان سنج ثبت و در محاسبات سرعت از متر بر ثانیه به کیلومتر بر ساعت تبدیل شد. این عمل در هر کرت در چهار تکرار صورت گرفت.

۳- ظرفیت و بازده مزرعه

به منظور تعیین ظرفیت مزرعه تئوری، ظرفیت مزرعه موثر (عملی)، ظرفیت کار و بازده مزرعه وجین‌کنهای های مورد آزمایش، عرض کار، سرعت پیش‌روی، مدت زمان کل انجام کار و زمان های تلف شده در هر کرت ثبت گردید و سپس از روابط زیر بدست آمد (Hunt, 1995):

$$C_t = \frac{W \times S}{10} \qquad (۳)$$

$$C_e = \frac{SWe}{10} \qquad (۴)$$

$$e = \frac{T_e}{T_t} \qquad (۵)$$

$$W_c = \frac{1}{C_e} \qquad (۶)$$

در روابط فوق:

C_t = ظرفیت مزرعه تئوری بر حسب هکتار بر ساعت (hah^{-1})

C_e = ظرفیت مزرعه موثر (hah^{-1})

W = عرض کار ماشین، متر (m)

S = سرعت پیش‌روی ماشین، کیلومتر بر ساعت (kmh^{-1})

A = مساحت کرت، هکتار (ha)

T_t = مدت زمان کل انجام کار (hr)

T_e = مدت زمان مفید انجام کار (ha)

e = بازده مزرعه

W_c = ظرفیت کار (hha^{-1})

۴- تعیین هزینه‌های وجین در روش های مختلف

برای تعیین هزینه وجین در ماشین های وجین کن، هزینه های ثابت و متغیر آنها محاسبه شد. هزینه ثابت شامل استهلاک، سود سرمایه، بیمه، سایبان و مالیات و هزینه های متغیر شامل هزینه کارگر، تعمیرات، سوخت و روغن می باشد. در محاسبه هزینه‌های ثابت، از هزینه‌های بیمه، مالیات و سایبان به دلیل ناچیز بودن آن در این تحقیق صرف نظر شده است و فقط هزینه‌های استهلاک و سود سرمایه در محاسبات منظور گردید. هزینه عملیات ماشینی مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر می‌باشد که از رابطه زیر تعیین گردید (Hunt, 1995):

$$A_c = F_c + R_m + H[F + O + L)] \quad (۷)$$

که در آن:

A_c = هزینه سالیانه ماشین، ریال $(Rl.)$

F_c = هزینه ثابت سالیانه، ریال بر سال (Rly^{-1})

R_m = هزینه سالیانه تعمیرات و نگهداری (Rly^{-1})

H = کارکرد سالیانه ماشین، ساعت (h)

F = هزینه سوخت (Rlh^{-1})

O = هزینه روغن (Rlh^{-1})

L = هزینه کارگر (Rlh^{-1})

در محاسبه هزینه‌های ثابت و متغیر، ارزش اسقاطی ۱۰٪ قیمت ماشین نو، هزینه تعمیرات ۵٪ قیمت خرید در هر سال منظور گردید (رمسان و دیگران، ۲۰۰۷). نرخ سود با توجه به شرایط فعلی در عملیات بانکی کشور بطور میانگین ۱۲٪ در نظر گرفته شد. کارکرد سالیانه ماشین با احتساب ۲۰ روز کار مفید در طی عملیات داشت و روزانه ۸ ساعت کار مفید، ۱۶۰ ساعت لحاظ گردید. سطح کارکرد سالیانه از حاصل ضرب ظرفیت مزرعه ای موثر و کارکرد سالیانه محاسبه شد. برای تعیین نقطه سر به سر (سطح توجیه کننده مالکیت) از رابطه زیر استفاده شده است (Alizadeh et al., 2007):

$$B_e = \frac{F_c}{V_c - V_{cm}} \quad (۸)$$

که در آن:

B_e = نقطه سر به سر ماشین (hay^{-1})

F_c = هزینه ثابت سالیانه (Rly^{-1})

V_c = هزینه روش مرسوم $(Rlha^{-1})$

V_{cm} = هزینه متغیر ماشین $(Rlha^{-1})$

اثر متغیرهای مستقل و متقابل مورد بررسی با تجزیه واریانس داده ها و مقایسه بین میانگین ها از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

۱- بازده وجین‌کنی

نتایج مربوط به اثر ساده روش وجین بر بازده وجین کنی در جدول ۱ نشان داده شده است. روش وجین اثر معنی‌داری ($p<0.01$) بر بازده وجین کنی داشت. از بین وجین کنهای مکانیکی، بیشترین بازده وجین کنی (۸۳/۴۵٪) در وجین کن موتوری و کمترین مقدار (۷۳/۷۰٪) در وجین کن دوار بود که با مقدار آن در وجین کن مخروطی یک ردیفه (۸۲/۷۳٪) اختلاف معنی داری نداشت. علت بالا بودن بازده وجین کنی در وجین کن موتوری را می‌توان به نوع مکانیزم مورد استفاده در این ماشین دانست. در وجین‌کن نوع موتوری روتور تیغه‌های وجین‌کن از نوع فعال می‌باشد، یعنی توان مورد نیاز آن از یک موتور (بنزینی) تأمین می‌شود و این عامل باعث درگیری بهتر تیغه‌های روی روتور با خاک و در نتیجه قدرت ریشه‌کنی علف‌های هرز و بازده وجین‌کنی ماشین را افزایش می دهد.

مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل روش وجین و رقم بر بازده وجین‌کنی (جدول۲) نشان داد که در هر دو رقم هاشمی و هیبرید بازده وجین کن موتوری بطور معنی‌داری ($P<0.01$) بیش از انواع دیگر وجین‌کن‌های مورد آزمایش است. همچنین، در هر یک از وجین‌کنهای مکانیکی، بازده وجین‌کنی در رقم هیبرید بیش از رقم هاشمی تعیین گردید که علت آن را می‌توان مربوط به الگوی پخش کانوپی این دو رقم دانست. در رقم پر محصول مانند هیبرید، بوته‌ها بطور مستقیم رشد می‌کنند، بطوری که در فاصله بین دو ردیف کاشت فضای مناسبی برای کار دستگاه وجود دارد و در حین کار راننده از کنترل مناسب‌تری برخوردار می‌باشد اما در ارقام محلی مانند هاشمی به دلیل سایه‌اندازی بوته‌ها در فضای بین ردیف‌های کاشت، حرکت ماشین با مشکل مواجه می‌شود. بطور کلی بازده وجین کنی به نوع وجین‌کن، نوع و تنوع علف های هرز و زمان وجین بستگی دارد. بازده وجین‌کنی ماشین برای گونه های از علف هرز مانند مرغ که ساقه های به شدت رونده دارد در حین کار با مشکل مواجه می‌شود، اما برای کنترل علف های هرز سایر گونه ها که در ابتدای مرحله رشدیشان قرار دارند، از راندمان مطلوبی برخوردارند. چنانچه عملیات وجین با تأخیر انجام شود، به دلیل ریشه دوانی بیش از حد علف‌های هرز در خاک، تیغه های ماشین های وجین‌کن که در عمق نسبتاً کمی بکار گرفته می‌شوند، کارایی لازم را ندارند.

در مورد بازده وجین‌کنی ماشین‌های وجین‌کن نتایج متفاوتی ارائه شده است. Remesan et al. (۲۰۰۷) بازده وجین کنی برای وجین کن‌های مخروطی و دوار را به ترتیب ۷۹/۰ و ۷۲/۵ ٪ گزارش نمودند. بازده ماشین وجین‌کن مخروطی اصلاح شده ایری در حدود ۸۰ ٪ اعلام شد (Parida, 2002). همچنین، Subudhi (۲۰۰۴) بازده وجین‌کنی انواع وجین‌کن دستی مورد آزمایش را بین ۷۶ تا ۹۱٪ گزارش کرد که این مقادیر با نتایج حاصل از این تحقیق تقریباً مطابقت می‌کند.

۲- بوته‌های آسیب‌دیده

مقایسه بین میانگین های اثر ساده روش وجین بر درصد بوته‌های آسیب‌دیده در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که کمترین مقدار بوته‌های آسیب دیده (۰/۱۳٪) در روش دستی و بیشترین مقدار آن (۴/۱۴٪) در وجین کن مخروطی دو ردیفه بود. وجین‌کن موتوری با وجود برخورداری از بازده وجین‌کنی بالاتر در مقایسه با وجین کن مخروطی یک و دو ردیفه، بوته‌های آسیب دیده کمتری را دارا بود. همچنین نتایج اثر متقابل روش وجین و رقم (جدول ۲) نشان داد که در سطح از روش وجین، درصد بوته‌های آسیب دیده در رقم هاشمی بطور معنی‌داری($p<0.01$) بیش از رقم هیبرید بود. در رقم هاشمی، به دلیل الگوی پخش، کانوپی گیاه فضای موجود بین دو ردیف کاشت را سایه اندازی نموده و این موضوع باعث بروز مشکلاتی در حرکت ماشین بین ردیف‌های کاشت

می‌شود و در نتیجه درصد بوته‌های آسیب دیده را افزایش می‌دهد، اما در رقم هیبرید به دلیل رشد مستقیم بوته‌ها و در نتیجه قدرت دید بهتر اپراتور، حرکت ماشین در فاصله بین دو ردیف راحت‌تر اجام می‌شود و این موضوع سبب کاهش صدمات وارده بر گیاه می‌شود.

۳- ظرفیت و بازده مزرعه

مقایسه میانگین‌های اثر ساده روش وجین بر ظرفیت مزرعه تئوری(C_t)، ظرفیت مزرعه موثر(C_e) و بازده مزرعه(F_e) وجین‌کن‌های مورد آزمایش، در جدول ۳ نشان داده شده است. ظرفیت مزرعه تئوری در وجین‌کن موتوری با مقدار ۰/۱۰۱ هکتار بر ساعت بیشترین و در وجین‌کن مخروطی یک ردیفه با میانگین ۰/۰۲۳ هکتار بر ساعت کمترین مقدار بود که با ظرفیت مزرعه تئوری وجین‌کن دوار اختلاف معنی‌داری نداشت. با توجه به رابطه۳، ظرفیت مزرعه تئوری که مبین میزان کارکرد ماشین بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده است، به عرض کار اسمی و سرعت ماشین بستگی دارد. بدیهی است، وجین کن موتوری به دلیل برخورداری از عرض کار و سرعت حرکت بالاتر، ظرفیت مزرعه تئوری بیشتری نیز دارد و وجین‌کن مخروطی دو ردیفه از این نظر در رتبه بعدی قرار گرفته است.

از بین وجین کنهای مکانیکی، بیشترین ظرفیت مزرعه موثر مربوط به وجین‌کن موتوری (۰/۰۸۴ هکتار بر ساعت) بود و وجین کن مخروطی دو ردیفه (۰/۰۳۷ هکتار بر ساعت) در رتبه بعدی قرار گرفت. همچنین، کمترین ظرفیت مزرعه ای موثر در وجین دستی (۰/۰۰۸۶ هکتار بر ساعت) بود. در وجین‌کن موتوری سرعت حرکت اپراتور از سرعت محیطی روتور وجین‌کن تبعیت می‌کند و با توجه به بالا بودن سرعت روتور، راننده به ناچار می‌بایست با سرعت بیشتری به دنبال ماشین حرکت نماید. شکل ۲ میانگین سرعت پیش‌روی ماشین‌های وجین‌کن را در حین کار نشان می‌دهد. از سوی دیگر، وجین‌کن موتوری در مقایسه با سایر وجین‌کن‌ها عرض کار بزرگتری دارد، در نتیجه طبق رابطه ۴ از ظرفیت مزرعه‌ای بالاتری نیز برخوردار است. همچنین بین دو تیمار مخروطی یک ردیفه و دوار از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بازده مزرعه که بیانگر نسبت زمان مفید انجام کار به کل زمان انجام کار تعریف می شود، در وجین کن موتوری بیشترین مقدار و در مخروطی دو ردیفه کمترین مقدار بود، اما بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ وجود نداشت.

مقایسه بین میانگین‌های مربوط به ظرفیت کار (مدت زمان لازم برای وجین یک هکتار) در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین ظرفیت کار با مقدار میانگین ۱۲۱/۱۷ ساعت بر هکتار در وجین دستی بدست آمد و ظرفیت کار در وجین کنهای مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، دوار و موتوری به ترتیب ۵۲/۰۰، ۲۷/۱۷، ۴۵/۰۶ و ۱۱/۷۸ ساعت بر هکتار تعیین گردید.

در تحقیقات انجام شده توسط محققین نتایج مختلفی ارائه شده است. پاریدا (۲۰۰۲) ظرفیت مزرعه یک نوع وجین‌کن دستی اصلاح شده ایری را ۰/۲ هکتار بر ساعت گزارش کرد. ظرفیت مزرعه موثر وجین‌کن موتوری ساخته شده توسط Tajuddin (۲۰۰۹) در مزرعه شالیزاری در هندوستان ۰/۷۵ هکتار بر ساعت اعلام گردید. Remesan et al. (۲۰۰۷) ظرفیت مزرعه‌ای موثر برای وجین‌کنهای دوار، مخروطی و روش دستی به ترتیب ۰/۰۲۱، ۰/۰۲۴ و ۰/۰۰۳۰ هکتار بر ساعت گزارش کردند. بازده مزرعه برای دو نوع وجین کن دوار و مخروطی به ترتیب ۷۲/۵ و ۷۹/۰ ٪ و مدت زمان لازم برای وجین یک هکتار (ظرفیت کار) به ترتیب ۴۸/۷۸ ساعت و ۴۱/۰ ساعت گزارش شد. ظرفیت مزرعه ای چهار نوع وجین‌کن دستی در هندوستان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ظرفیت مزرعه ای این نوع ماشین‌ها از ۰/۰۱۷ تا ۰/۰۸۹ متغیر می‌باشد (Subudhi, 2004).

۴- مقایسه هزینه وجین در تیمارهای آزمایش

مبنای برآورد و محاسبات هزینه‌های وجین در ماشین‌های وجین‌کن و روش دستی در جدول ۳ نشان داده شده است. کارکرد سالیانه وجین کنها بر اساس ۲۰ روز کار مفید در طی مرحله داشت و روزانه ۸ ساعت کار مفید ۱۶ ساعت تعیین گردید. سطح کارکرد سالیانه از حاصل ضرب ظرفیت مزرعه موثر (میانگین رقم محلی و پرمحصول) و ساعات کارکرد سالیانه بدست آمد. مقایسه هزینه‌های وجین در تیمارهای آزمایش در جدول ۴ نشان داده شده است. در وجین کنهای مکانیکی، هزینه عملیات ماشینی مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر ماشین است و هزینه کل عملیات وجین از مجموع هزینه عملیات ماشینی و هزینه کارگر برای وجین علف‌های هرز بین کپه‌ها روی ردیف بدست آمد. در روش دستی، هزینه کل عملیات ناشی از دستمزد کارگر برای وجین علف‌های هرز می‌باشد.

همان طوری که مشاهده می‌شود، از بین ماشین های وجین‌کن، بیشترین هزینه ثابت با میانگین ۲۷۴۵۵۳ ریال بر هکتار مربوط به وجین‌کن موتوری و کمترین مقدار با میانگین ۴۱۳۳۵ ریال بر هکتار در وجین‌کن دوار بود. اما در مورد هزینه متغیر نتایج متفاوت بود بطوری که کمترین هزینه متغیر در وجین‌کن موتوری (۵۲۰۶۷۸ ریال بر هکتار) و بیشترین مقدار آن در وجین‌کن مخروطی یک ردیفه (۱۶۵۲۹۴۷ ریال بر هکتار) تعیین گردید که علت آن ظرفیت مزرعه ای پایین وجین کن مخروطی در مقایسه با سایر وجین‌کن‌های مورد آزمایش است. از بین وجین‌کن‌های مکانیکی، هزینه کل عملیات وجین در وجین‌کن موتوری کمترین (۱۷۹۵۲۳۱ ریال بر هکتار) و در وجین‌کن مخروطی یک ردیفه (۲۹۵۰۸۰۹ ریال بر هکتار) بیشترین مقدار بود. هزینه وجین در روش دستی با تعداد کارگر مورد نیاز ۱۴ نفرروز ۳۵۰۰۰۰۰ ریال تعیین شد. با توجه به نتایج جدول ۷ می‌توان گفت که هزینه وجین در در وجین کنهای مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، دوار و موتوری در مقایسه با روش دستی به ترتیب ۱۵/۷۰، ۳۸/۵۱، ۲۲/۳۲ و ۴۸/۷۰ درصد کاهش یافت. نتایج سایر محققین نیز کاهش هزینه استفاده از ماشین های وجین در مقایسه با روش دستی نشان می‌دهد(Ramesan et al., 2007; Goel et al., 2008; Parida, 2002; Tajuddin, 2009).

نقطه سر به سر ماشین ها که با توجه به هزینه واقعی آنها و وجین دستی از رابطه ۸ محاسبه گردید در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می شود، بیشترین مقدار نقطه سر به سر (۱/۲۴ هکتار بر سال) مربوط به وجین کن موتوری و برای سه نوع وجین کن دیگر بطور میانگین ۰/۰۷۷ هکتار بر سال بدست آمد. علت بالا بودن نقطه سر به سر در وجین کن موتوری مربوط به بیشتر بودن هزینه ثابت این وجین کن در مقایسه با وجین کنهای دیگر است. بطور کلی نتایج نشان داد که مقدار نقطه سر به سر در ماشین های وجین کن مورد آزمایش پایین بود که علت را می توان مربوط به بالا بودن هزینه وجین دستی (روش مرسوم) دانست.

نتیجه‌گیری کلی

۱. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و بازده (راندمان) وجین‌کنی ماشین وجین‌کن موتوری در مقایسه با سایر وجین‌کن‌های مکانیکی مورد آزمایش بیشترین مقدار بود.

۲. مدت زمان عملیات وجین در وجین‌کن مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، وجین‌کن دوار و موتوری در مقایسه با روش دستی به ترتیب ۵۷/۰۷، ۷۷/۵۷، ۶۲/۸۰ و ۹۰/۲۷٪ کاهش یافت.

۳. هزینه وجین در وجین‌کن مخروطی یک ردیفه، مخروطی دو ردیفه، وجین‌کن دوار و موتوری در مقایسه با روش دستی به ترتیب ۱۵/۷۰، ۳۸/۵۱، ۲۲/۳۲ و ۴۸/۷۰٪ کاهش یافت.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. بدین وسیله از مدیریت محترم موسسه و کلیه همکاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی که در انجام این تحقیق اینجانب را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می شود.

منابع

Alizadeh, M.R., Minaei, S., Tavakoli, T. & Khoshtaghaza, M.H. (2006). Effect of de-awning on physical properties of paddy. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(9),1726-1731.

Alizadeh M.R., Bagheri I. & Payman M.H. (2007). Evaluation of a rice reaper used for rapeseed harvesting. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 2(4), 388-394.

Biwas, H.S., Rajput, D.S. & Devani, R.S. (2000). Animal-drawn weeders for weed control in India. Publ. ATNESA, Wagenigen The Netherlands. PP: 134-140. Isbn: 92-9801-136-6. http://www.atnesa.org.

Gite, L.P. & Yadav, B.G. (1990). Optimum handle height for a push pull type manually operated dry land weeder. Ergonomics, 33 (12), 1487-1494.

Goel, A.K., Behera, D., Behera, B.K., Mohanty, S.K. & Nanda, S.K. (2008). Development and ergonomic evaluation of manually operated weeder for dry land crops. the CIGR Ejournal, Manuscript PM 08009, Vol. X.,1-11.

Haq, K.A. & Islam, M.D. (1985). Performance of indigenous hand weeders in Bangladesh, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 4, 47-50.

Hasanuzzaman, M., Ali, M.H., Alam, M.M., Akhtar, M. & Fakhrul Alam, K. (2009). Evaluation of preemergence herbicide and hand weeding on the weed control efficiency and performance of transplanted *Aus* rice. American-Eurasian Journal of Agronomy 2(3), 138-143.

Hunt, D. (1995). Farm power and machinery management (9th Edn.). Iowa State University Press. Ames, IA, USA.

Islam, M.D. & Haq, K.A. (1991). Development of a low-cost weeder for low land paddy. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 22(1), 45-48.

Kumar, V.J.F., Durairaj, C.D. & Salokhe, V.M. (200). Ergonomic evaluation of hand weeder operation using simulated actuary motion. International Agricultural Engineering Journal, 9(1), 29-39.

Manuwa, S.I., Odubanjo, O.O., Malumi, B.O. & Olofinkua, S.G. (2009). Development and performanve evaluation of a row-crop mechanical weeder. Journal of Engineering and Applied Sciences. 4(4), 236-239.

Parids, B.C. (2002). Development and evaluation of star-cum-cono weeder forrice. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 33(3), 21-22.

Remesan, R., Roopesh, M.S., Remya, N. & Preman, P.S. (2007). Wet land weeding- A comprehensive comparative study from south India. The CIGR Ejournal. Manuscript PM 07011, Vol. IX, 1-21.

Singh, G. & Sahay, K.M. (2001). Research, Development and technology dissemination. *A silver Jubilee Publication*, CIAE, Bhopal, India.

Singh, G. (1992). Ergonomic consideration in development and fabrication of manual hoe weeder. Indian Journal of Agricultural Engineering, 2(4), 234-243.

Subudhi, C.R. (2004). Evaluation of weeding devices for upland rice in the eastern Ghat of Orissa, India. International Rice Research Notes (IRRN) 29.1, 79-80.

Tajuddin, A. (2009). Development of a power weeder for low land rice. IE (I), 90, 15-17.

Tewari, V.K., Datta, R.K. & Murthy, A.S. (1993). Field performance of weeding blades of a manually operated push-pull weeder. Journal of Agricultural Engineering Research, 55(2).

Yadav, R. & Pund, S. (2007). Development and ergonomic of manual weeder. The CIGR Ejournal, Manuscript PM 07022, Vol IX, 1-9.

جدول ۱: مقایسه میانگین های اثر ساده روش وجین بر بازده وجین کنی و بوته های آسیب دیده

روش (تیمار)	بازده وجین کنی (٪)	بوته های آسیب دیده (٪)
مخروطی یک ردیفه	۷۳/۸۰ d	۳/۴۷ b
مخروطی دو ردیفه	۷۵/۶۵ c	۴/۱۴ a
دوار	۷۳/۷ d	۳/۸۹ ab
موتوری	۸۳/۴۵ b	۳/۸۶ ab
دستی	۹۷/۱۰ a	۰/۱۳ d

در هر ستون اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵٪ از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن معنی دار نسیتند.

جدول ۲: مقایسه میانگین های اثر متقابل روش وجین و رقم بر بازده وجین کنی و بوته های آسیب دیده

	رقم هاشمی		رقم هیبرید	
روش وجین	بازده وجین کنی	بوته های آسیب دیده	بازده وجین کنی	بوته های آسیب دیده
مخروطی یک ردیفه	۷۳/۲ d	۳/۸۲ abc	۷۴/۴ d	۳/۱۳ c
مخروطی دو ردیفه	۷۳/۸ d	۴/۴۵ a	۷۷/۵ c	۳/۸۴ abc
دوار	۷۲/۸ d	۴/۲۶ ab	۷۴/۶ d	۳/۵۳ bc
موتوری	۸۲/۶ b	۴/۰۳ ab	۸۴/۳ b	۳/۶۸ abc
دستی	۹۶/۷ a	۰/۲۷ d	۹۷/۵ a	۰ d

در هر ستون اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵٪ از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن معنی دار نسیتند.

جدول ۳ : اثر ساده روش وجین بر ظرفیت و بازده مزرعه ای وجین کنها و مقایسه آن‌ها با وجین‌دستی

روش	ظرفیت مزرعه تئوری(C_t) (hah^{-1})	ظرفیت مزرعه موثر(C_e) (hah^{-1})	ظرفیت کار(W_c) (hha^{-1})	بازده مزرعه(F_e) (٪)
مخروطی یک ردیفه	۰/۰۲۳ c	۰/۰۱۹ cd	۵۲/۰۱ b	۸۳/۰۰ a
مخروطی دو ردیفه	۰/۰۴۶ b	۰/۰۳۷ b	۲۷/۶۰ c	۷۹/۶۷ a
دوار	۰/۰۲۷ c	۰/۰۲۲ c	۴۵/۰۶ b	۸۲/۱۷ a
موتوری	۰/۱۰۱ a	۰/۰۸۴ a	۱۱/۷۸ c	۸۳/۵۰ a
دستی	NA	۰/۰۰۸۶ d	۱۲۱/۱۷ a	NA

NA برای وجین دستی این ویژگی قابل تعریف نیست. در هر ستون اعداد با حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵٪ از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی دار نیستند.

جدول ۵: مبنای محاسبات هزینه های روش‌های مختلف وجین

روش وجین	قیمت اولیه (ریال)	ارزش اسقاطی (ریال)	عمر مفید (سال)	کارکرد سالیانه[1] (ساعت)	ظرفیت مزرعه موثر (هکتار بر ساعت)	سطح کارکرد[2] (هکتار بر سال)
مخروطی یک ردیفه	۵۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۴	۱۶۰	۰/۰۱۹	۳/۰۴
مخروطی دو ردیفه	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۴	۱۶۰	۰/۰۳۷	۵/۹۲
دوار	۵۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۴	۱۶۰	۰/۰۲۲	۳/۵۲
موتوری	۱۵۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰	۵	۱۶۰	۰/۰۸۴	۱۳/۴۴
دستی	–	–	–	–	۰/۰۰۸۶	۱/۳۷

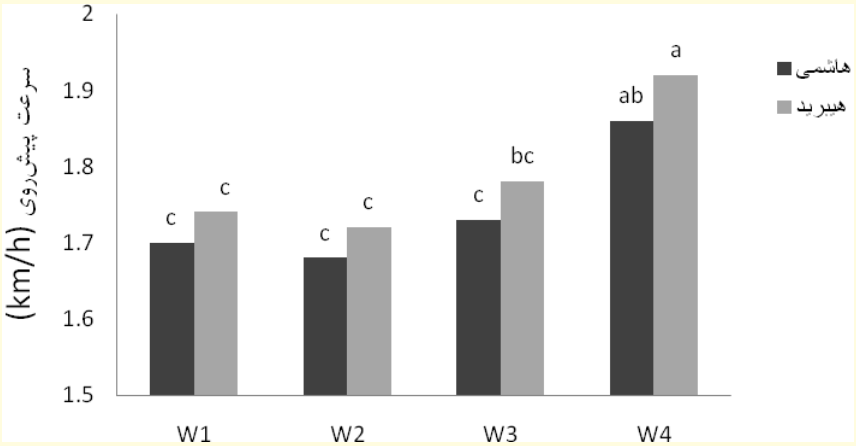
[1] ساعت کارکرد سالیانه بر مبنای ۲۰ روز کار مفید در مرحله داشت و روزانه ۸ ساعت کار مفید منظور شده است. [2] سطح کارکرد از حاصل ضرب ساعت کارکرد سالیانه و ظرفیت مزرعه ای موثر بدست آمد.

جدول۶ : مقایسه هزینه های وجین در تیمارهای مورد آزمایش

روش وجین	هزینه ثابت (ریال/ هکتار)	هزینه متغیر[1] (ریال/ هکتار)	هزینه عملیات ماشینی (ریال/ هکتار)	کارگر لازم[2] (نفرساعت/ هکتار)	دستمزد کارگر[2] (ریال/ هکتار)	هزینه کل[3] (ریال/ هکتار)	کاهش هزینه در مقایسه با روش دستی (٪)
مخروطی یک ردیفه	۴۷۸۶۲	۱۶۵۲۹۴۷	۱۷۰۰۸۰۹	۴۰	۱۲۵۰۰۰۰	۲۹۵۰۸۰۹	۱۵/۷۰
مخروطی دو ردیفه	۴۹۱۵۵	۸۵۳۰۲۷	۹۰۲۱۸۲	۴۰	۱۲۵۰۰۰۰	۲۱۵۲۱۸۲	۳۸/۵۱
دوار	۴۱۳۳۵	۱۴۲۷۵۴۵	۱۴۶۸۸۸۰	۴۰	۱۲۵۰۰۰۰	۲۷۱۸۸۸۰	۲۲/۳۲
موتوری	۲۷۴۵۵۳	۵۲۰۶۷۸	۷۹۵۲۳۱	۳۲	۱۰۰۰۰۰۰	۱۷۹۵۲۳۱	۴۸/۷۰
دستی	–	–	–	۱۱۲	–	۳۵۰۰۰۰۰	–

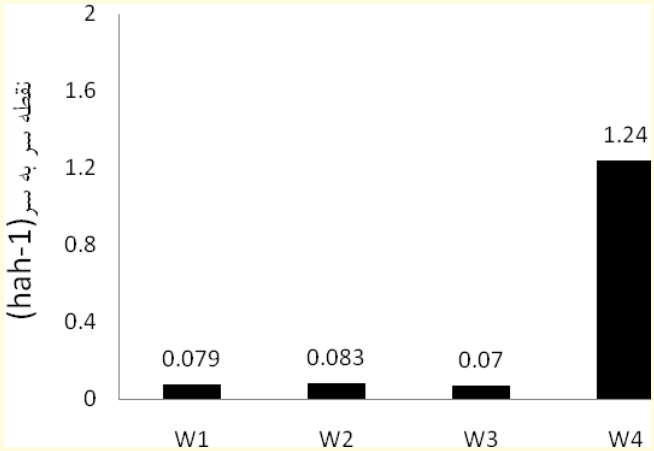
[1] هزینه سوخت و روغن تنها در وجین کن نوع موتوری قابل محاسبه است. [2]تعداد کارگر لازم برای وجین بین کپه ها روی ردیف ها در روش های مکانیکی و نیز برای وجین دستی در روش سنتی است. [3]هزینه کل در روش های مکانیکی مجموع هزینه های عملیات ماشینی و کارگر برای وجین بین کپه‌ها روی ردیف می باشد.

شکل۱: ماشین‌های وجین‌کن مورد استفاده در حین کار



شکل ۲: مقایسه سرعت پیش‌روی وجین‌کنها در حین کار

W_1: مخروطی یک ردیفه، W_2: مخروطی دو ردیفه، W_3: دوار و W_4: موتوری



شکل۳: نقطه سر به سر برای وجین‌کنهای مورد آزمایش

W_1: مخروطی یک ردیفه، W_2: مخروطی دو ردیفه، W_3: دوار و W_4: موتوری