نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

ارزیابی و مقایسه شاخص‌های عملکردی تراکتورهای جدید نیوهلند و والترا با تراکتورهای معمول فرگوسن چهار و شش سیلندر در دو بافت خاک متوسط و سنگین

نعیم لویمی[۱*]، سیدمحمدجواد افضلی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب عضو هیات علمی و کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (بخش فنی و مهندسی)

ایمیل مکاتبه‌کننده: n1584m@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به مدت دو سال (۹۱-۱۳۸۹) در استان خوزستان اجرا گردید. طرح در چهار آزمایش مجزا و هر کدام در سه تکرار در قالب بلوکهای کامل تصادفی انجام گرفت. هر چهار آزمایش با دو فاکتور به شکل کرتهای یکبار خرد شده بود. فاکتور اصلی همه آزمایشات، چهار نوع تراکتور فرگوسن۲۸۵، فرگوسن۳۹۹، والترا۸٤۰۰ و نیوهلندTM155، و فاکتور فرعی شامل ادوات و روش‌های معمول خاک‌ورزی، کاشت و داشت بود. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملکردی نشان داد ادوات در تمام آزمایشات و شاخص‌ها، و تراکتورها نیز در تمام آزمایشات و شاخص‌ها بجز در بازده زراعی ادوات کاشت، اختلاف معنی‌داری داشتند. در همه آزمایشات در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و زمان اتمام عملیات بطورکلی به ترتیب تراکتورهای نیوهلند، والترا، فرگوسن۳۹۹ و فرگوسن۲۸۵ مقادیر بهتری داشتند. اختلاف تراکتورها در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و زمان اتمام عملیات در ادوات خاک‌ورزی زیاد بود اما در ادوات کاشت و داشت این اختلاف ناچیز بود. مقادیر بازده زراعی ادوات به نفع تراکتورهای مرسوم و به ترتیب به فرگوسن۲۸۵، فرگوسن۳۹۹، نیوهلند و والترا تعلق داشت. برای ادوات خاک‌ورزی بافت متوسط این شاخص برای این تراکتورها به ترتیب ۸۳/۲، ۸۱/۱، ۷٦/۵ و ۷۳/۸ درصد بود. در ظرفیت عملی میانگین ادوات مورد ارزیابی به ترتیب برای تراکتورهای فرگوسن۲۸۵، فرگوسن۳۹۹، والترا و نیوهلند به میزان ۰/۹۲، ۱/۳۱، ۱/۹۳ و ۲/۰٤ برای ادوات خاک‌ورزی بافت متوسط، ۰/۷۷، ۱/۱۲، ۱/۷۱ و ۱/۷۹ برای ادوات خاک‌ورزی بافت سنگین، ۱/۷٤، ۱/۹٦، ۲/۲۵ و ۲/۲۹ برای ادوات کاشت، و ۳/۲۱، ۳/۱۹، ۳/۵٤ و ۳/٦۵ هکتار در ساعت برای ادوات داشت بود.

واژه‌های کلیدی: تراکتور نیوهلند، والترا، فرگوسن، ظرفیت مزرعه‌ای، بازده زراعی

مقدمه

بسیاری از تحقیقات مزرعه‌ای صورت گرفته در داخل کشور علاوه بر پرداختن به فاکتور اصلی مورد ارزیابی، شاخص‌های عملیاتی مزرعه‌ای ماشین را نیز اندازه می‌گیرند تا در نتیجه‌گیری نهایی، زمان و ظرفیت مربوط به ماشین‌های مورد ارزیابی نیز نشان داده شود؛ اما مطمئناً این اعداد علاوه بر محدود بودن در ادوات و شرایط خاص، قابل استناد برای مقایسه نمی‌باشند. سازندگان و مراکز گواهی ماشین‌ها نیز ظرفیت و فاکتورهای کارکردی هر ماشین را اعلام می‌دارند اما باز این در شرایط خاص و تعریف شده می‌باشد و کاربرد عملی کمتری دارد. یکی از کارهای مهم انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE)

تهیه جداولی از وضعیت شاخص‌های عملیاتی ماشین‌های کشاورزی از جمله سرعت پیشروی، ظرفیت مزرعه‌ای و بازده زراعی آنها است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). اعداد این جداول که غالباً بصورت دامنه (حداقل تا حداکثر) بیان می‌شود ضمن نشان دادن وضعیت کارکرد ماشین‌ها در شرایط مختلف، کاربرد مفهومی زیادی برای سازندگان، کشاورزان و مدیران خواهد داشت و به شکلی می‌توان گفت این مسأله از پایه‌های مکانیزاسیون هر منطقه می‌باشد که در کشور ما کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پس از اینکه چگونگی کار یک ماشین در مراحل مختلف عملیات توسط اجزای آن بررسی شد، لازم است که توانایی ماشین‌ها در انجام کارها در زمان مشخص نیز مورد توجه قرار گیرد؛ به عبارت دیگر بازده کاری هر ماشین و ظرفیت انجام عملیات مختلف آن باید قبل از شروع کار تعیین گردد تا مدیر بتواند برنامه‌ریزی دقیق‌تری با توجه به تقویم زراعی و زمان در اختیار انجام دهد (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). باید توجه داشت که راندمان مزرعه‌ای ماشین‌های کشاورزی به شدت تحت تأثیر شرایط منطقه و سطح آموزش کاربران و خدمات ارائه شده برای ماشین‌ها قرار می‌گیرد، هر چه این شرایط کمتر فراهم باشند راندمان کاهش خواهد داشت (RNAM, 1983). براساس تحقیق صورت گرفته در شهرستان کرمانشاه (طباطبائی‌فر و صفری، ۱۳۸۰) بازده زراعی برای انجام عملیات شخم بین ۷۵–۳٦ درصد و برای دیسک‌زنی این عدد بین ۷۵–۵۰ درصد متغیر بود. در این تحقیق اذعان شده است که این بازده‌ها نسبت به مقادیر ارائه شده در استانداردها پائین‌تر است. حداکثر سرعت پیشروی مجاز به عواملی چون عملیات زراعی، وضعیت مزرعه و میزان قدرت موجود بستگی دارد. همچنین در مورد ادوات برداشت عامل محدود کننده ممکن است حداکثر سرعتی باشد که در آن ماشین می‌تواند بطور مؤثر کار خود را انجام دهد (Kepner et al, 1978). مطالعات انجام یافته در کامبودیا (Saruth and Clough, 1998) نشان داد هر تراکتور در سال فقط ۳ تا ٤ ماه برای عملیات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در باقی ماه‌های سال این تراکتورها برای حمل و نقل استفاده می‌شوند. ظرفیت مزرعه‌ای برای عملیات شخم در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ هکتار در ساعت بود (با تراکتور با توان ٦۰ کیلو وات) و متوسط استفاده سالانه از هر تراکتور حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ هکتار و مصرف سوخت برای تراکتور با توان ۵۰ کیلو وات، ۱۵–۱۰ لیتر در ساعت بود.

هدف از این تحقیق مقایسه ظرفیت و بازده زراعی در کنار فاکتورهای مرتبط همچون سرعت پیشروی و زمان اتمام یک هکتار عملیات مختلف ادوات خاک‌ورزی، کاشت و داشت گندم توسط تراکتورهای مرسوم و جدید در دو بافت مختلف در استان خوزستان می‌باشد تا امکان برنامه‌ریزی و نیز زمان‌بندی انجام بموقع عملیات بسادگی ممکن گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت دو سال (۹۱–۱۳۸۹) در منطقه مرکزی استان خوزستان اجراء گردید. طرح در چهار آزمایش مجزا و هر کدام در سه تکرار برای ادوات زراعی در قالب بلوکهای کامل تصادفی انجام گرفت. هر چهار آزمایش با دو فاکتور به شکل کرتهای یکبار خرد شده بود. بعلت بالاترین سطح زیر کشت در استان، وجود دو بافت غالب خاک استان (بافت متوسط و سنگین) و متداول شدن تراکتورهای جدید، آزمایش‌ها در شهرستان اهواز و حومه صورت گرفت.

آزمایش اول و دوم هر دو بر روی اداوات خاک‌ورزی و به ترتیب در بافت خاک متوسط و سنگین و در رطوبت حدود گاورو بودن خاک انجام گردید. فاکتور اصلی این دو آزمایش شامل چهار نوع تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ (A1)، مسی

فرگوسن ۳۹۹ (A2)، والترا۸٤۰۰ (A3) و نیوهلند TM155 (A4)، و فاکتور فرعی آنها شامل ۷ روش خاک‌ورزی می‌باشد: (T1)شخم با گاوآهن برگردان‌دار روی زمین دست‌نخورده، (T2)دیسک اول بعد از شخم با گاوآهن برگردان‌دار، (T3)دیسک دوم بعد از شخم و دیسک اول، (T4)دیسک اول روی زمین دست‌نخورده، (T5)دیسک دوم روی زمین دیسک زده شده، (T6)گاوآهن چیزل پیلر روی زمین دست‌نخورده و (T7)دیسک روی زمین چیزل‌پیلر زده شده.

آزمایش سوم نیز به شکل کرتهای یکبار خرد شده بود اما بر روی ادوات کاشت گندم انجام گردید. فاکتور اصلی آن همانند آزمایش اول و دوم است اما فاکتور فرعی آن شامل ۵ روش کاشت می‌باشد: (D1)بذرپاش سانتریفوژ، (D2)دیسک سبک برای پوشاندن بذور، (D3)فاروئرزنی بعد از پخش بذور و دیسک‌زنی روی آنها، (D4)بذرکاری خطی با بذرکار تاکا و (D5)بذرکاری جو پشته‌ای با بذرکار همدانی.

آزمایش چهارم بر روی ادوات داشت و به شکل کرتهای یکبار خرد شده اجراء شد. در این آزمایش فاکتور اصلی تراکتورهای مذکور و فاکتور فرعی شامل ۲ روش داشت می‌باشد: (P1)پخش کود با کودپاش سانتریفوژ و (P2)سمپاشی با سمپاش تراکتوری برای علف‌های هرز گندم.

لازم به ذکر است که ادوات و عملیات انتخاب شده براساس عملیات متداول و نیز عملیات توصیه شده، انتخاب شده است؛ برای مثال در خاک‌ورزی، عملیات ۱ تا ۵، روشهای مرسوم، و ٦ و ۷ روشهای توصیه‌شده می‌باشند. در کاشت نیز عملیات ٤ و ۵، توصیه‌شده، و ۱، ۲ و ۳ مرسوم هستند. بهمین شکل تراکتورها هم بر اساس تراکتورهای مرسوم و جدید که بیشترین پوشش کاری را در منطقه دارند، انتخاب گردیده است. تراکتورهای مرسوم (دو نوع اول) با قیمت نسبتاً پایین و توان متوسط (۱۱۰–۷۵ اسب‌بخار) و تراکتورهای جدید (دو نوع دوم) با قیمت نسبتا بالا و نیز توان‌های بالا(۱۵۰–۱٤۰ اسب‌بخار) می‌باشند (جدول۱). همچنین انتخاب دو بافت خاک متوسط و سنگین نیز براساس خصوصیات خاک منطقه و غالب بودن این دو نوع بافت در آن بوده است.

جدول۱– مشخصات فنی تراکتورهای مورد ارزیابی

نوع تراکتور	توان (hp)	دور مشخصه (r.p.m)	سرعت محور خروجی (r.p.m)	وزن کل (kg)	ظرفیت بالابری توسط اتصال سه‌نقطه
مسی‌فرگوسن۲۸۵	۷۵	۲۰۰۰	٥٤۰	۳۱۱٤	۲۲۲۷
مسی‌فرگوسن۳۹۹	۱۱۰	۲۲۰۰	٥٤۰/۱۰۰۰	۳٥۸٦	۳٦۷۸
والترا۸٤۰۰	۱٥۰	۲۲۰۰	٥٤۰/۱۰۰۰	٤٥۰۰	٦۸۰۰
نیوهلند TM155	۱٥٥	۲۲۰۰	٥٤۰/۱۰۰۰	٥٦٤۲	٦٥٦۰

اندازه کرتها ۲۰×۲۰۰ متر (با توجه به مشابهت با شرایط زمین‌های منطقه) در نظر گرفته شده است. همچنین شاخص‌های اصلی مورد ارزیابی شامل سرعت پیشروی، ظرفیت مزرعه‌ای تئوری، ظرفیت مزرعه‌ای عملی، زمان اتمام عملیات و بازده زراعی می‌باشد که بعد از اندازه‌گیری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC، میانگین‌های آنها به روش آزمون دانکن مقایسه گردید.

شاخص‌های مورد ارزیابی

سرعت پیشروی:

سرعت پیشروی تراکتور در حین انجام عملیات برای هریک از ادوات طبق رابطه (۱) بدست می‌آید. بدین شکل که مسافت بین دو نقطه (۱۰۰ متر) در مزرعه با متر مشخص شده و سپس مدت زمان بین آنها برای طی این مسافت با کرنومتر (زمان‌سنج) اندازه‌گیری می‌شود (RNAM, 1983):

$$V = \frac{L}{t} \times 3/6 \qquad (۱)$$

V: سرعت پیشروی (Km/h)

L: مسافت مشخص بین دو نقطه (m)

t: مدت زمان برای طی مسافت مشخص (s)

ظرفیت مزرعه‌ای تئوری:

ظرفیت مزرعه‌ای تئوری (نظری) بیانگر میزان سطح پوشش داده شده توسط ماشین بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده می‌باشد و طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود (RNAM, 1983):

$$Cat = \frac{v.w}{10} \qquad (۲)$$

Cat: ظرفیت مزرعه‌ای تئوری (ha/h)

V: سرعت پیشروی (Km/h)

w: عرض کار ماشین (m)

ظرفیت مزرعه‌ای عملی(واقعی):

کار انجام شده توسط یک ماشین در زمینه خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت را در مدت یک ساعت، ظرفیت مزرعه‌ای عملی می‌گویند (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). برای این منظور با توجه به مساحت مشخص کرت، زمان انجام عملیات آن توسط کرنومتر اندازه‌گیری شد و از رابطه (۳) استفاده گردید.

$$Ca = \frac{A}{T_T} \qquad (۳)$$

Ca: ظرفیت مزرعه‌ای عملی (ha/h)

A: سطح کاری انجام شده (مساحت کرت بر حسب ha)

T_T: زمان کل برای انجام کار قطعه (h)

زمان کل(T_T) برابر با جمع زمان مفید و زمان غیرمفید می‌باشد که زمان مفید، زمان انجام عملیات بوده و زمان غیرمفید شامل زمان دور زدن‌های سر مزرعه و نیز پر کردن مخزن بذر یا محلول سم (برای بذرکارها و سمپاش) می‌باشد (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷).

زمان اتمام عملیات:

زمان انجام یک کار توسط ماشین در مزرعه با ظرفیت مزرعه‌ای رابطه عکس دارد به عبارتی زمان انجام کار یک هکتار توسط ماشین در مزرعه از تقسیم سطح کار بر ظرفیت مزرعه‌ای بدست می‌آید (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). رابطه (٤) چگونگی محاسبه آن را نشان می‌دهد:

$$T_{ha}=\frac{A}{Ca} \qquad (٤)$$

T_{ha}: زمان برای اتمام یک هکتار (h)

A: سطح کاری انجام شده (ha)

Ca: ظرفیت مزرعه‌ای اصلی (ha/h)

بازده زراعی:

بازده یا راندمان زراعی برابر با نسبت ظرفیت مزرعه‌ای عملی به تئوری است (RNAM, 1983). به عبارت دیگر این بازده به ما نشان می‌دهد که چقدر از ظرفیت نظری ماشین، عملی گردیده است. برای این منظور از رابطه (۵) برای محاسبه این شاخص استفاده گردید.

$$F_e=\frac{Ca}{Cat}\times 100 \qquad (۵)$$

F_e: بازده زراعی (٪)

Ca: ظرفیت مزرعه‌ای عملی (ha/h)

Cat: ظرفیت مزرعه‌ای تئوری (ha/h)

عرض کار ادوات

با توجه به بازار و تولیدات شرکت‌های سازنده، برای عملیات خاک‌ورزی تنوع مناسبی از ادوات با عرض‌های مختلف وجود دارد. اما در مورد ادوات کاشت و داشت بعلت محدودیت تقاضا، ادوات با عرض‌های مشخصی تولید می‌شود. هر نوع تراکتور با توجه به میزان توان و مشخصه‌های دیگر آن برای داشتن بالاترین کارآیی در عملیات مورد نظر باید ادوات با عرض متناسبی در اختیار داشته باشد. در این تحقیق عرض کار ادوات مورد آزمایش براساس توصیه شرکت‌های سازنده و نیز آنچه در منطقه رایج می‌باشد، مد نظر قرار گرفت (جدول۲).

جدول۲– عرض کار ادوات مورد آزمایش برای هر نوع تراکتور

نوع تراکتور	نوع ماشین	عرض کار(cm)	توضیحات
مسی‌فرگوسن ۲۸۵	گاوآهن برگردان‌دار	۹۰	۳ خیش
	دیسک	۱۹۰	۱٦ پره
	چیزل‌پیلر	۱۵۰	۵ شاخه
	فاروئر	۲۰۰	٤ ردیفه
	سمپاش	۸۰۰	مخزن ٤۰۰ لیتری
مسی‌فرگوسن ۳۹۹	گاوآهن برگردان‌دار	۱۲۰	٤ خیش
	دیسک	۲۸۰	۲٤ پره
	چیزل‌پیلر	۲۱۰	۷ شاخه
	فاروئر	۳۰۰	٦ ردیفه
	سمپاش	۸۰۰	مخزن ٤۰۰ لیتری
والترا۸٤۰۰	گاوآهن برگردان‌دار	۲۰۰	۵ خیش
	دیسک	۳٦۰	۳۲ پره
	چیزل‌پیلر	۳۳۰	۱۱ شاخه
	فاروئر	٤۰۰	۸ ردیفه
	سمپاش	۱۲۰۰	مخزن ٦۰۰ لیتری
نیوهلند TM155	گاوآهن برگردان‌دار	۲۰۰	۵ خیش
	دیسک	۳٦۰	۳۲ پره
	چیزل‌پیلر	۳۳۰	۱۱ شاخه
	فاروئر	٤۰۰	۸ ردیفه
	سمپاش	۱۲۰۰	مخزن ٦۰۰ لیتری
مشترک برای تمام تراکتورها	بذرپاش(کودپاش) سانتریفوژ	۷۰۰	–
	خطی‌کار تاکا	۲۵۰	کشت خطی بدون جو پشته
	خطی‌کار همدانی	۲۸۰	کشت خطی روی پشته

نتایج و بحث

شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک متوسط

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک متوسط نشان داد که نوع تراکتور و نوع ادوات در تمام شاخص‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر متقابل تراکتور و ادوات نیز در تمام شاخص‌ها بجز بازده زراعی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول۳).

مقایسه میانگین مربوط به تراکتورهای مختلف نشان داد در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۷/۹۷ کیلومتر در ساعت، ۲/٦۹ و ۲/۰٤ هکتار در ساعت بالاترین، و در همین شاخص‌ها فرگوسن۲۸۵ به ترتیب با ٦/۳۳ کیلومتر در ساعت، ۱/۱۱ و ۰/۹۲ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشت (جدول٤). در زمان اتمام عملیات به

ترتیب نیوهلند با ۰/۵۳ و فرگوسن۲۸۵ با ۱/۳۲ هکتار در ساعت کمترین و بیشترین زمان را داشتند. همچنین در بازده زراعی فرگوسن۲۸۵، با ۸۳/۲ و والترا با ۷۳/۸ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد را به خود اختصاص داشتند (جدول٤).

مقایسه میانگین مربوط به ادوات مختلف نشان داد به ترتیب در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، دیسک بعد دیسک با ۹/۰۷ کیلومتر در ساعت، ۲/۷۵ و ۱/۹۷ هکتار در ساعت بالاترین و گاوآهن برگردان‌دار با ۵/۵۳ کیلومتر در ساعت، ۰/۸۸ و ۰/۷۱ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات به ترتیب دیسک بعد دیسک با ۰/۵۵ و گاوآهن برگردان‌دار با ۱/۷۳ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. همچنین بازده زراعی چیزل‌پیلر با ۸۳/۵ درصد و دیسک بعد دیسک با ۷۲/۹ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار بود (جدول٤).

جدول۳- خلاصه تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک متوسط که با میانگین مربعات (MS) نشان داده شده است

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	سرعت پیشروی	ظرفیت تئوری	ظرفیت عملی	زمان اتمام عملیات	بازده زراعی
تکرار	۲	۰/۱۸	۰/۰۰٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۱/۲٤
عامل اصلی(نوع تراکتور)	۳	٤۱/۸۹**	۱۲/٦٤**	۵/۹٤**	۲/۷۷**	۳۸٤/۰۱**
خطای (a)	٦	۰/۷۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰٤	۰/۰۰۱	۵/۳۱
عامل فرعی(نوع ادوات)	٦	۱۰۵/۹۱**	٤/۷۷**	۲/۲۹**	۲/۱۱**	۱۵۲/۹۹**
اثر متقابل دو عامل	۱۸	۸/۷۱**	۰/۰۹**	۰/۰۳۱**	۰/۲۱٤**	۰/۹۸
خطای (b)	٤۸	۷/۰٤	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳/۷۱
ضریب تغییرات(درصد)		۵/۳	۲/۱	۲/۸	٤/۲	۲/٤

*در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

در اثر متقابل تراکتور و ادوات خاک‌ورزی در بافت متوسط و در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، دیسک بعد دیسک با تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۹/۹۲ کیلومتر در ساعت، ۳/۵۷ و ۲/۵۲ هکتار در ساعت بالاترین و گاوآهن‌برگردان‌دار با فرگوسن۲۸۵ با ٤/۳٤ کیلومتر در ساعت، ۰/۳۹ و ۰/۳٤ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات دیسک بعد دیسک با تراکتور نیوهلند با ۰/٤ و گاوآهن برگردان‌دار با فرگوسن۲۸۵ با ۲/۹٦ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. در بازده زراعی بالاترین مقدار به چیزل‌پیلر با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ۸۸/۵ درصد و پایین‌ترین مقدار به عملیات دیسک بعد دیسک با تراکتور والترا با ٦۸/٤ درصد تعلق داشت (جدول۵).

جدول٤- مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک متوسط به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪

فاکتور	سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
نوع تراکتور					
A_1- فرگوسن 285	٦/٣٣ c	١/١١ d	٠/٩٢ d	١/٣٢ a	٨٣/٢ a
A_2- فرگوسن 399	٦/٥١ b	١/٦٤ c	١/٣١ c	٠/٨٨ b	٨١/١ b
A_3 - والترا 8400	٧/٧٩ a	٢/٦٤ b	١/٩٣ b	٠/٥٧ c	٧٣/٨ d
A_4 - نیوهلند TM155	٧/٩٧ a	٢/٦٩ a	٢/٠٤ a	٠/٥٣ d	٧٦/٥ c
نوع ادوات					
T_1- گاوآهن برگردان‌دار زمین دست‌نخورده	٥/٥٣ d	٠/٨٨ f	٠/٧١ f	١/٧٣ a	٨١/٧ a
T_2- دیسک بعد گاوآهن برگردان‌دار	٧/٠٢ c	٢/١٤ d	١/٦٦ d	٠/٦٦ c	٧٩/١ b
T_3- دیسک بعد گاوآهن برگردان‌دار و دیسک	٨/١٦ b	٢/٤٧ b	١/٨٥ b	٠/٥٩ d	٧٥/٧ c
T_4- دیسک زمین دست‌نخورده	٧/٣١ c	٢/٢١ c	١/٧٢ c	٠/٦٤ c	٧٨/٦ b
T_5- دیسک بعد دیسک	٩/٠٧ a	٢/٧٥ a	١/٩٧ a	٠/٥٥ e	٧٢/٩ d
T_6- چیزل‌پیلر زمین دست‌نخورده	٥/٧٣ d	١/٥١ e	١/٢٤ e	٠/٩٥ b	٨٣/٥ a
T_7- دیسک بعد چیزل‌پیلر	٧/٢٥ c	٢/٢١ c	١/٧٠ c	٠/٦٥ c	٧٨/٤ b

جدول۵- مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی اثر متقابل تراکتورها و ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک متوسط به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

سطوح		سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
تراکتورها	ادوات					
A1	T1	٤/٣٤ i	۰/۳۹ p	۰/۳٤ q	۲/۹٦ a	۸۷/٦ a
A2		٥/۳۸ h	۰/٦٤ o	۰/٥٤ p	۱/۸٥ b	۸٤/۱ bc
A3		٦/۱۳ g	۱/۲۳ lmn	۰/۹٤ n	۱/۰۷ d	۷٦/۳ hij
A4		٦/۲۸ g	۱/۲٦ lm	0/۹۸ mn	۱/۰۲ ef	۷۸/٦ def
A1	T2	٦/۳۲ g	۱/۲ mn	۱ mn	۱ e	۸۳/٥ bcd
A2		٦/۱٥ g	۱/۷۲ i	۱/٤۱ j	۰/۷۱ i	۸۱/٦ cde
A3		۷/۷۷ de	۲/۸ e	۲/۰۸ f	۰/٤۸ l	۷٤/۱ kl
A4		۷/۸٤ de	۲/۸۲ e	۲/۱۸ de	۰/٤٦ lmn	۷۷/۲ ghi
A1	T3	۷/٤٥ ef	۱/٤۲ k	۱/۱۳ l	۰/۸۸ g	۷۹/۹ def
A2		۷/٤۱ ef	۲/۰۸ g	۱/٦۲ h	۰/٦۲ k	۷۷/۹ fgh
A3		۸/۷۲ bc	۳/۱٤ c	۲/۲٥ cd	۰/٤٤ lmn	۷۱/٦ lmn
A4		۹/۰٥ b	۳/۲٦ b	۲/٤ b	۰/٤۲ lmo	۷۳/٦ klm
A1	T4	٦/۸۳ fg	۱/۲۹ l	۱/۰٦ lm	۰/۹٤ f	۸۲/۳ cd
A2		٦/٥۹ g	۱/۸٤ h	۱/٤۹ i	۰/٦۷ ij	۸۰/۷ cde
A3		۷/۸۳ de	۲/۸۲ e	۲/۰۹ f	۰/٤۸ l	۷٤/۳ jkl
A4		۷/۹۸ de	۲/۸۷ e	۲/۲۲ cd	۰/٤٥ lmn	۷۷/۲ ghi
A1	T5	۸/۳۳ cd	۱/٥۸ j	۱/۲۲ k	۰/۸۲ h	۷۷/۲ ghi
A2		۸/۱۸ cd	۲/۲۹ f	۱/۷۳ g	۰/٥۸ k	۷٥/٦ ijk
A3		۹/۸٦ a	۳/٥٥ a	۲/٤۳ b	۰/٤۱ no	٦۸/٤ n
A4		۹/۹۲ a	۳/٥۷ a	۲/٥۲ a	۰/٤ o	۷۰/٥ mn
A1	T6	٤/۷۸ hi	۰/۷۲ o	۰/٦۳ o	۱/٥۸ c	۸۸/٥ a
A2		5/٥٥ h	۱/۱٦ n	۱ mn	۱ e	۸٦/۲ ab
A3		٦/۲۱ g	۲/۰٥ g	۱/٦ h	۰/٦۲ jk	۷۸/۱ efg
A4		٦/۳۷ g	۲/۱ g	۱/۷۱ g	۰/٥۹ k	۸۱/٤ cde
A1	T7	٦/۳۸ g	۱/۲۱ mn	۱/۰۱ mn	۰/۹۹ ef	۸۳/۳ bcd
A2		٦/۲۷ g	۱/۷٥ i	۱/٤۲ ij	۰/۷۰ i	۸۱/۲ cde
A3		۷/۹۸ de	۲/۸۷ e	۲/۱۱ ef	۰/٤۷ lm	۷۳/٥ klm
A4		۸/۳٦ cd	۳/۰۱ d	۲/۲۸ c	۰/٤٤ lmn	۷٥/۷ ijk

شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک سنگین

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک سنگین همانند بافت متوسط نشان داد که نوع تراکتور و نوع ادوات در تمام شاخص‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر متقابل تراکتور و ادوات نیز در تمام شاخص‌ها بجز بازده زراعی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول٦).

مقایسه میانگین مربوط به تراکتورهای مختلف نشان داد در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، تراکتور نیوهلند به ترتیب با ٦/٧٢ کیلومتر در ساعت، ۲/۲۹ و ۱/۷۹ هکتار در ساعت بالاترین، و در همین شاخص‌ها فرگوسن۲۸۵ به ترتیب با ٥/١٦ کیلومتر در ساعت، ۰/۹۲ و ۰/۷۷ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشت (جدول۷). در زمان اتمام عملیات به ترتیب نیوهلند با ۰/٦٤ و فرگوسن۲۸۵ با ۱/٦۷ هکتار در ساعت کمترین و بیشترین زمان را داشتند. همچنین در بازده زراعی فرگوسن۲۸۵، با ۸٥/۷ و والترا با ۷٦/۸ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد را به خود اختصاص داشتند (جدول۷).

مقایسه میانگین مربوط به ادوات مختلف نشان داد به ترتیب در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، دیسک بعد دیسک با ۷/۹۸ کیلومتر در ساعت، ۲/٤۳ و ۱/۸ هکتار در ساعت بالاترین و گاوآهن برگردان‌دار با ۳/۹۳ کیلومتر در ساعت، ۰/٦۳ و ۰/٥۳ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات به ترتیب دیسک بعد دیسک با ۰/٦۲ و گاوآهن برگردان‌دار با ۲/۳۱ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. همچنین بازده زراعی چیزل‌پیلر با ۸٦/٥ درصد و دیسک بعد دیسک با ۷٥/۲ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار بود (جدول۷).

جدول٦– خلاصه تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک سنگین که با میانگین مربعات(MS) نشان داده شده است

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	سرعت پیشروی	ظرفیت تئوری	ظرفیت عملی	زمان اتمام عملیات	بازده زراعی
تکرار	۲	۰/۰۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۱۹۷
عامل اصلی(نوع تراکتور)	۳	۱٤/۷۳**	۹/۷۷**	٤/۹۸**	٤/۹۱**	۳٥٦/۰۱**
خطای (a)	٦	۰/۰٤٦	۰/۰۰٦	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/٥٤۲
عامل فرعی(نوع ادوات)	٦	۲٦/۷۱**	٤/۷۱**	۲/۳۷**	٤/٦۹**	۲۱۰/٥۱**
اثر متقابل دو عامل	۱۸	۰/۱۲۱*	۰/۱۱۱**	۰/۰۳۹**	۰/٤۹۹**	۰/٦٤۱
خطای (b)	٤۸	۰/۰٥۳	۰/۰۰٦	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲	۳/٤۱
ضریب تغییرات(درصد)		۳/۸	٤/٤	٤/٦	٤/۲	۲/۳

*در سطح ٥ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

در اثر متقابل تراکتور و ادوات خاک‌ورزی در بافت سنگین و در سرعت پیشروی و ظرفیت تئوری، عملیات دیسک بعد دیسک با تراکتور والترا به ترتیب با ۸/۸۵ کیلومتر در ساعت و ۳/۱۹ هکتار در ساعت و نیز در ظرفیت عملی همین عملیات با تراکتور نیوهلند با ۲/۳ هکتار در ساعت بالاترین و گاوآهن‌برگردان‌دار با فرگوسن۲۸۵ به ترتیب با ۳/۰٤ کیلومتر در ساعت، ۰/۲۷ و ۰/۲۵ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات دیسک بعد دیسک با تراکتور نیوهلند با ۰/٤۳ و گاوآهن‌برگردان‌دار با فرگوسن۲۸۵ با ۳/۹۹ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. در بازده زراعی بالاترین مقدار به عملیات چیزل‌پیلر با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ۹۱/٤ درصد و پایین‌ترین مقدار به عملیات دیسک بعد دیسک با تراکتور والترا با ۷۰/٦ درصد تعلق داشت (جدول۸).

جدول۷– مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک سنگین به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

فاکتور	سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
نوع تراکتور					
A_1– فرگوسن 285	۵/۱٦ b	۰/۹۲ c	۰/۷۷ d	۱/٦۷a	۸۵/۷ a
A_2– فرگوسن 399	۵/۲۸ b	۱/۳۵ b	۱/۱۲ c	۱/۱ b	۸۳/۹ b
A_3 - والترا 8400	٦/٦۲ a	۲/۲٦ a	۱/۷۱ b	۰/٦۷ c	۷٦/۸ d
A_4 - نیوهلند TM155	٦/۷۲ a	۲/۲۹ a	۱/۷۹ a	۰/٦٤ d	۷۹/۳ c
نوع ادوات					
T_1– گاوآهن برگردان‌دار زمین دست‌نخورده	۳/۹۳ f	۰/٦۳ g	۰/۵۳ e	۲/۳۱ a	۸٦/۱ a
T_2– دیسک بعد گاوآهن برگردان‌دار	۵/٦۸ d	۱/۷٤ e	۱/٤۱ c	۰/۸ c	۸۲/۲ b
T_3– دیسک بعد گاوآهن برگردان‌دار و دیسک	۷/۵۸ b	۲/۳ b	۱/۷۵ a	۰/٦۳ e	۷۷/۱ c
T_4– دیسک زمین دست‌نخورده	۵/۹۳ c	۱/۸ d	۱/٤٦ bc	۰/۷٦ cd	۸۱/۸ b
T_5– دیسک بعد دیسک	۷/۹۸ a	۲/٤۳ a	۱/۸ a	۰/٦۲ e	۷۵/۲ d
T_6– چیزل‌پیلر زمین دست‌نخورده	٤/٤۱ e	۱/۱۸ f	۱ d	۱/۲۲ b	۸٦/۵ a
T_7– دیسک بعد چیزل‌پیلر	٦/۱۲ c	۱/۸۷ c	۱/۵ b	۰/۷۵ d	۸۱/۱ b

جدول۸– مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی اثر متقابل تراکتورها و ادوات خاک‌ورزی در بافت خاک سنگین به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

سطوح		سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
تراکتورها	ادوات					
A1	T1	۳/۰٤ m	۰/۲۷ m	۰/۲۵ l	۳/۹۹ a	۹۰/۷ a
A2		۳/۷٤ kl	۰/٤٤ l	۰/۳۹ k	۲/۵٦ b	۸۸/۲ abc
A3		٤/٤۵ j	۰/۸۹ jk	۰/۷۲ j	۱/۳۹ d	۸۱/۲ efg
A4		٤/۵٦ ij	۰/۹۱ jk	۰/۷۷ ij	۱/۳۱ e	۸٤/۱ de
A1	T2	٤/۹۹ gh	۰/۹۵ jk	۰/۸۲ ij	۱/۲۳ f	۸٦/۲ bcd
A2		٤/۸۵ hi	۱/۳٦ hi	۱/۱۵ gh	۰/۸۷ hi	۸٤/۷ de
A3		٦/٤۵ ef	۲/۳۲ e	۱/۸ d	۰/۵۵ l	۷۷/٦ hij
A4		٦/٤۳ f	۲/۳۲ e	۱/۸٦ d	۰/۵٤ lm	۸۰/٤ fgh
A1	T3	٦/۸۵ cde	۱/۳ i	۱/۰٦ h	۰/۹۵ h	۸۱/٤ ef
A2		٦/۸۹ cd	۱/۹۳ f	۱/۵۳ e	۰/٦۵ k	۷۹/۳ fgh
A3		۸/۱۹ b	۲/۹۵ b	۲/۱٤ b	۰/٤۷ mn	۷۲/۷ kl
A4		۸/٤ b	۳/۰۲ b	۲/۲۷ a	۰/٤٤ n	۷۵/۱ jk
A1	T4	۵/۳۹ g	۱/۰۲ j	۰/۸۷ i	۱/۱۵ g	۸۵/۲ cd
A2		۵/۲۱ gh	۱/٤٦ h	۱/۲۳ g	۰/۸۲ i	۸٤/۲ de
A3		٦/۵ def	۲/۳٤ e	۱/۸۲ d	۰/۵۵ l	۷۷/۸ ghi
A4		٦/٦۲ def	۲/۳۸ de	۱/۹ cd	۰/۵۳ lm	۸۰/۱ fgh
A1	T5	۷/۱٦ c	۱/۳٦ hi	۱/۰۸ h	۰/۹۳ h	۷۹/۵ fgh
A2		۷/۱۱ c	۱/۹۹ f	۱/۵۵ e	۰/٦٤ k	۷۸/۲ fgh
A3		۸/۸۵ a	۳/۱۹ a	۲/۲۵ a	۰/٤۵ n	۷۰/٦ l
A4		۸/۸ a	۳/۱۷ a	۲/۳ a	۰/٤۳ n	۷۲/۷ kl
A1	T6	۳/٤۹ l	۰/۵۲ l	۰/٤۸ k	۲/۰۹ c	۹۱/٤ a
A2		۳/۹۹ k	۰/۸٤ k	۰/۷۵ j	۱/۳۳ de	۸۹/۳ ab
A3		۵/۰۲ gh	۱/٦٦ g	۱/۳۵ f	۰/۷٤ j	۸۱/٤ ef
A4		۵/۱۳ gh	۱/٦۹ g	۱/٤۲ f	۰/۷۰ jk	۸٤/۱ de
A1	T7	۵/۲۹ g	۱/۰۱ j	۰/۸٦ i	۱/۱٦ fg	۸۵/۸ cd
A2		۵/۲ gh	۱/٤۵ h	۱/۲۲ g	۰/۸۲ i	۸۳/۸ de
A3		٦/۸٦ cde	۲/٤۸ cd	۱/۹ d	۰/۵۳ lm	۷٦/۵ ij
A4		۷/۱۱ c	۲/۵٦ c	۲/۰۱ c	۰/۵ lmn	۷۸/۳ fgh

شاخص‌های عملیاتی ادوات کاشت

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات کاشت نشان داد که نوع تراکتور و نوع ادوات و اثر متقابل آنها از نظر سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و زمان اتمام عملیات اختلاف معنی‌داری داشتند اما در بازده زراعی بجز در نوع ادوات، در نوع تراکتور و اثر متقابل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۹).

مقایسه میانگین مربوط به تراکتورهای مختلف نشان داد در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۹/۱۱ کیلومتر در ساعت، ۳/۸ و ۲/۲۹ هکتار در ساعت بالاترین، و در همین شاخص‌ها فرگوسن۲۸۵ به ترتیب با ۸/٤ کیلومتر در ساعت، ۲/۹۳ و ۱/۷٤ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشت (جدول۱۰). همچنین در زمان اتمام عملیات تراکتور نیوهلند با ۰/۵۲ و فرگوسن۲۸۵ با ۰/۷۱ هکتار در ساعت کمترین و بیشترین زمان را داشتند. در بازده زراعی تراکتورهای فرگوسن۲۸۵ و ۳۹۹، هر دو، با ٦٦/۱ و والترا با ٦۳ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد را به خود اختصاص دادند (جدول۱۰).

مقایسه میانگین مربوط به ادوات کاشت نشان داد به ترتیب در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، بذرپاش سانتریفوژ با ۱۱/۰۳ کیلومتر در ساعت، ۷/۷۲ و ۳/۷۷ هکتار در ساعت بالاترین و فاروئر با ٦/۷۷ کیلومتر در ساعت، بذرکار تاکا با ۲/۰۹ و بذرکار همدانی با ۱/۳۱ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات به ترتیب بذرپاش سانتریفوژ با ۰/۲۷ و بذرکار همدانی با ۰/۷۷ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را بدست آوردند. همچنین بازده زراعی فاروئر با ۷۹/۲ درصد و بذرپاش سانتریفوژ با ٤۸/۸ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار بود (جدول۱۰).

در اثر متقابل تراکتور و ادوات کاشت و در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، بذرپاش سانتریفوژ با تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۱۱/۳۵ کیلومتر در ساعت، ۷/۹٤ و ۳/۸٤ هکتار در ساعت بالاترین و فاروئر با فرگوسن۲۸۵ با ٦/۳۸ کیلومتر در ساعت، ۱/۲۸ و ۱/۰۵ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات بذرپاش سانتریفوژ با تراکتور نیوهلند با ۰/۲٦۱ و فاروئر با فرگوسن۲۸۵ با ۰/۹۵۲ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. در بازده زراعی بالاترین مقدار به فاروئر با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ۸۲/٤ درصد و پایین‌ترین مقدار به عملیات بذرپاش سانتریفوژ با تراکتور والترا با ٤۷/٦ درصد تعلق داشت (جدول۱۱).

جدول۹– خلاصه تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات کاشت که با میانگین مربعات(MS) نشان داده شده است

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	سرعت پیشروی	ظرفیت تئوری	ظرفیت عملی	زمان اتمام عملیات	بازده زراعی
تکرار	۲	۰/۱۱۵	۰/۰۳٦	۰/۰۰٤	۰/۰۰۱	۰/۸۱۷
عامل اصلی(نوع تراکتور)	۳	۲/۱۸**	۲/۷۳**	۱/۰۱**	۰/۱۲۳**	۳٤/۷۲
خطای (a)	٦	۰/۱۲٦	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۰۳	۱٤/۳۲
عامل فرعی(نوع ادوات)	٤	۳۷/۲٤**	۷۰/۵۳**	۱۲/۳۲**	۰/۵۰۳**	۱۵۲۳/۷۱**
اثر متقابل دو عامل	۱۲	۰/۳۰۳**	۰/٦۳۳**	۰/۳۷۱**	۰/۰٤۵**	۵/۲۳
خطای (b)	۳۲	۰/۱۰۵	۰/۰۳۲	۰/۰۱٦	۰/۰۰۲	۱۰/۱۸
ضریب تغییرات(درصد)		۳/۷	۵/۲	٦/۱	۷/۱	٤/۹

*در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول۱۰– مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی ادوات کاشت به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

فاکتور	سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
نوع تراکتور					
A_1– فرگوسن 285	۸/٤ b	۲/۹۳ c	۱/۷٤ c	۰/۷۱ a	٦٦/۱ a
A_2– فرگوسن 399	۸/٤۹ b	۳/۲۵ b	۱/۹٦ b	۰/۵۹ b	٦٦/۱ a
A_3 - والترا 8400	۹/۱ a	۳/۷۹ a	۲/۲۵ a	۰/۵۳ c	٦۳ a
A_4 - نیوهلند TM155	۹/۱۱ a	۳/۸ a	۲/۲۹ a	۰/۵۲ c	٦۳/۹ a
نوع ادوات					
D1– بذرپاش سانتریفوژ	۱۱/۰۳ a	۷/۷۲ a	۳/۷۷ a	۰/۲۷ d	٤۸/۸ d
D2– دیسک سبک برای پوشاندن بذور	۱۰/۱۱ b	۳/۰۳ b	۲/۱۳ b	۰/۵۳ c	۷۰/۵ b
D3– فاروئرزنی بعد از پخش بذور و دیسک	٦/۷۷ e	۲/۲۲ c	۱/۷۵ c	۰/٦۳ b	۷۹/۲ a
D4– بذرکاری خطی با بذرکار تاکا	۸/۳۸ c	۲/۰۹ c	۱/۳۲ d	۰/۷٦ a	٦۳/۲ c
D5– بذرکاری جو پشته‌ای با بذرکار همدانی	۷/٦ d	۲/۱۳ c	۱/۳۱ d	۰/۷۷ a	٦۱/۹ c

جدول۱۱- مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی اثر متقابل تراکتورها و ادوات کاشت به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

سطوح		سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
تراکتورها	ادوات					
A1	D1	۱۰/٦۷ b	۷/٤۷ c	۳/۷۷ a	۰/۲٦۸ g	۵۰/۳ h
A2		۱۰/۸۵ ab	۷/۵۹ bc	۳/۷۱ a	۰/۲٦۹ g	٤۸/۹ h
A3		۱۱/۲۵ ab	۷/۸۸ ab	۳/۷۵ a	۰/۲٦۷ g	٤۷/٦ h
A4		۱۱/۳۵ a	۷/۹٤ a	۳/۸٤ a	۰/۲٦۱ g	٤۸/٤ h
A1	D2	۹/۳٦ c	۱/۷۸ h	۱/۲۳ fg	۰/۸۳۱ b	٦۸/۹ def
A2		۹/۲٦ c	۲/۵ f	۱/۸۵ d	۰/۵٤۲ d	۷۳/۹ cd
A3		۱۰/۹۲ ab	۳/۹۳ d	2/۷۲ b	۰/۳٦۹ f	٦۹/۱ def
A4		۱۰/۸۹ ab	۳/۹۲ d	۲/۷٤ b	۰/۳٦۵ f	٦۹/۹ de
A1	D3	٦/۳۸ i	۱/۲۸ i	۱/۰۵ g	۰/۹۵۲ a	۸۲/٤ a
A2		٦/٦۵ hi	۱/۹۹ gh	۱/٦ e	۰/٦۲۷ c	۸۰/۲ ab
A3		۷/۰٤ gh	۲/۸۲ e	۲/۱۵ c	۰/٤٦۸ e	۷٦/۱ bc
A4		۷/۰۲ gh	۲/۸۱ e	۲/۲ c	۰/٤۵۵ e	۷۸/۳ abc
A1	D4	۸/۲۵ de	۲/۰٦ gh	۱/۳۳ f	۰/۷۵۲ b	٦٤/۷ efg
A2		۸/۲٦ de	۲/۰٦ gh	۱/۳۲ f	۰/۷۵۵ b	64/۲ efg
A3		۸/٤۵ d	۲/۱۱ gh	۱/۳ f	۰/۷٦۹ b	٦۱/٦ g
A4		۸/۵۵ d	۲/۱٤ g	۱/۳۳ f	۰/۷۵۱ b	٦۲/۳ g
A1	D5	۷/۳۵ fg	۲/۰۵ gh	۱/۳۰ f	۰/۷٦۸ b	٦۳/۵ fg
A2		۷/٤۵ fg	۲/۰۸ gh	۱/۳۱ f	۰/۷٦٤ b	٦۲/۹ g
A3		۷/۸۵ ef	۲/۲ g	۱/۳۳ f	۰/۷۵۲ b	٦۰/۵ g
A4		۷/۷٤ ef	۲/۱۷ g	۱/۳۱ f	۰/۷٦۳ b	٦۰/٦ g

شاخص‌های عملیاتی ادوات داشت

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات داشت نشان داد که نوع تراکتور و نوع ادوات در تمام شاخص‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری داشتند و در اثر متقابل آنها نیز در تمام شاخص‌ها بجز در سرعت پیشروی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول۱۲). مقایسه میانگین مربوط به تراکتورهای مختلف نشان داد در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی، تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۸/۷۳ کیلومتر در ساعت، ۷/٦ و ۳/٦۵ هکتار در ساعت بالاترین، و در همین شاخص‌ها به ترتیب فرگوسن۲۸۵ با ۷/۹۷ کیلومتر در ساعت و ۵/۸٤ هکتار در ساعت و فرگوسن۳۹۹ با ۳/۱۹ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند (جدول۱۳). در زمان اتمام عملیات به ترتیب نیوهلند با ۰/۲۷ و فرگوسن۳۹۹ با ۰/۳۳ هکتار در ساعت کمترین و بیشترین زمان را داشتند. همچنین در بازده زراعی فرگوسن۲۸۵ با ۵٤/۸ و والترا با ٤۷/۱ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد را به خود اختصاص داشتند (جدول۱۳).

مقایسه میانگین مربوط به ادوات مختلف نشان داد به ترتیب در سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و بازده زراعی، کودپاش سانتریفوژ با ۱۱/۱۲ کیلومتر در ساعت، ۷/۷۸ و ٤/۱ هکتار در ساعت و ۵۲/۸ درصد بالاترین و سمپاش با

۵/٦ کیلومتر در ساعت، ۵/٦٦ ، ۲/٦۹ هکتار در ساعت و ٤۸/۷ درصد پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات به ترتیب کودپاش سانتریفوژ با ۰/۲٤ و سمپاش با ۰/۳۸ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند (جدول۱۳).

در اثر متقابل تراکتور و ادوات کاشت و در سرعت پیشروی و ظرفیت تئوری، کودپاش سانتریفوژ با تراکتور نیوهلند به ترتیب با ۱۱/٤۷ کیلومتر در ساعت و ۸/۰۳ هکتار در ساعت بالاترین و سمپاش با فرگوسن۲۸۵ با ۵/۲۲ کیلومتر در ساعت، ٤/۱۷ هکتار در ساعت پایین‌ترین مقدار را داشتند. در ظرفیت عملی به ترتیب کودپاش سانتریفوژ با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ٤/۱٦ و سمپاش با تراکتور فرگوسن۳۹۹ با ۲/۲۵ هکتار در ساعت بالاترین و پایین‌ترین مقدار را داشتند. در زمان اتمام عملیات کودپاش سانتریفوژ با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ۰/۲٤ و سمپاش با فرگوسن۳۹۹ با ۰/٤۵ ساعت در هکتار کمترین و بیشترین زمان را داشتند. در بازده زراعی بالاترین مقدار به کودپاش سانتریفوژ با تراکتور فرگوسن۲۸۵ با ۵۵/۵ درصد و پایین‌ترین مقدار به عملیات سمپاش با تراکتور والترا با ٤۳/٦ درصد تعلق داشت (جدول۱٤).

جدول۱۲– خلاصه تجزیه واریانس شاخص‌های عملیاتی ادوات داشت که با میانگین مربعات(MS) نشان داده شده است

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	سرعت پیشروی	ظرفیت تئوری	ظرفیت عملی	زمان اتمام عملیات	بازده زراعی
تکرار	۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۱	۳/۳۱
عامل اصلی(نوع تراکتور)	۳	۰/۸۱۱*	۵/٤۹**	۰/۳۲۵*	۰/۰۰۷**	۹۲/۵۲**
خطای (a)	٦	۰/۱۷۵	۰/۰۸۸	۰/۰۵۱	۰/۰۰۰۱	٦/۰۲
عامل **فرعی**(نوع ادوات)	۱	۱۸۲/۹۸**	۲۷/۰۵**	۱۱/۹٦**	۰/۱۱۵**	۹۸/٤۱**
اثر متقابل دو عامل	۳	۰/۰۰۲	۲/۹۸**	۰/٤۳۷**	۰/۰۰۸**	۱٦/۲۵**
خطای (b)	۸	۰/۲۰۱	۰/۱۱۷	۰/۰٤٦	۰/۰۰۰۱	۱/۵۱
ضریب تغییرات(درصد)		۵/۳	۵/۱	٦/۳	۵/۹	۲/٤

*در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول۱۳– مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی ادوات داشت به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

فاکتور	سرعت پیشروی (Km/h)	ظرفیت تئوری (ha/h)	ظرفیت عملی (ha/h)	زمان اتمام عملیات (h/ha)	بازده زراعی (٪)
نوع تراکتور					
A_1- فرگوسن 285	۷/۹۷ b	۵/۸٤ b	۳/۲۱ b	۰/۳۲ a	۵٤/۸ a
A_2- فرگوسن 399	۸/۱۳ ab	۵/۹۵ b	۳/۱۹ b	۰/۳۳ a	۵۳/۳ a
A_3 - والترا 8400	۸/٦۲ a	۷/٤۹ a	۳/۵٤ a	۰/۲۹ b	٤۷/۱ b
A_4 - نیوهلند TM155	۸/۷۳ a	۷/٦ a	۳/٦۵ a	۰/۲۷ b	٤۷/۷ b
نوع ادوات					
P1- پخش کود با کودپاش سانتریفوژ	۱۱/۱۲ a	۷/۷۸ a	٤/۱ a	۰/۲٤ b	۵۲/۸ a
P2- سمپاشی با سمپاش تراکتوری	۵/٦ b	۵/٦٦ b	۲/٦۹ b	۰/۳۸ a	٤۸/۷ b

جدول١٤– مقایسه میانگین شاخص‌های عملیاتی اثر متقابل تراکتورها و ادوات داشت به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪

سطوح		سرعت پیشروی	ظرفیت تئوری	ظرفیت عملی	زمان اتمام عملیات	بازده زراعی
تراکتورها	ادوات	(Km/h)	(ha/h)	(ha/h)	(h/ha)	(٪)
A1	P1	۱۰/۷۲ a	۷/٥ ab	٤/۱٦ a	۰/۲٤۱ f	٥٥/٥ a
A2		۱۰/۹۱ a	۷/٦۳ ab	٤/۱۲ a	۰/۲٤٤ e	٥۳/۹ ab
A3		۱۱/۳۸ a	۷/۹۷ a	٤/۰۲ a	۰/۲٤۹ d	٥۰/٥ c
A4		۱۱/٤۷ a	۸/۰۳ a	٤/۱۱ a	۰/۲٤٤ e	٥۱/۲ c
A1	P2	٥/۲۲ b	٤/۱۷ c	۲/۲٦ c	/٤٤۲ a	٥٤/۲ ab
A2		٥/۳٤ b	٤/۲۷ c	۲/۲٥ c	۰/٤٤٤ a	٥۲/۸ bc
A3		٥/۸٥ b	۷/۰۲ b	۳/۰۷ b	۰/۳۲۹ b	٤۳/٦ d
A4		٥/۹۸ b	۷/۱۷ b	۳/۱۸ b	۰/۳۱٥ c	٤٤/۳ d

براساس نتایج تجزیه واریانس، در تمام آزمایشات ادوات خاک‌ورزی، کاشت و داشت و همه شاخص‌های مورد ارزیابی، بجز بازده ادوات کاشت، بین تراکتورها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جداول ۳، ٦، ۹ و ۱۲). این مسأله با توجه به تفاوت توان تراکتورها و مشخصات فنی آنها بسیار منطقی است. تراکتور نیوهلند با ۱٥٥، والترا با ۱٥۰، فرگوسن۳۹۹ با ۱۱۰ و فرگوسن۲۸٥ با ۷٥ اسب بخار تفاوت زیادی از نظر توان دارند و این بر سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری و ظرفیت عملی تأثیر مستقیم داشته است. بطوریکه ترتیب مقادیر این شاخص‌ها با ترتیب میزان توان تراکتورها کاملاً مطابقت دارد (جداول ٤، ۷، ۱۰ و ۱۳). در مورد زمان اتمام عملیات این روند کاملاً معکوس است بطوریکه تراکتور با توان بیشتر، زمان کمتر برای انجام عملیات داشته است که این مسأله بسیار منطقی است. در مورد بازده زراعی در تمام آزمایشات ادوات خاک‌ورزی، کاشت و داشت ترتیب تراکتورها به شکل فرگوسن۲۸٥، فرگوسن۳۹۹، نیوهلند والترا بود (جداول ٤، ۷، ۱۰ و ۱۳). کسب رتبه برتری تراکتور فرگوسن ۲۸٥ در این شاخص را می‌توان به وزن کمتر آن نسبت به سایر تراکتورها و نیز طول کمتر آن و نیز نداشتن آج در چرخ‌های جلو نسبت داد که این مسأله، با وجود اینکه فقط این تراکتور بین تراکتورهای مورد ارزیابی فرمان نیمه‌هیدرولیک دارد و بقیه همگی فرمان تمام‌هیدرولیک، باعث شده که مانور این تراکتور و سرعت دور زدن آن بهتر از بقیه تراکتورها باشد و زمان غیرمفید دور زدن کمتر گردد. از طرف دیگر و احتمالاً مهمتر از این، سرعت کم این تراکتور در هنگام انجام عملیات نسبت به سایر تراکتورها باعث گردیده که زمان مفید لازم (زمان انجام عملیات داخل کرت به غیر از دور زدن و سایر تلفات زمانی) برای انجام عملیات توسط این تراکتور زیاد شده و در نتیجه نسبت زمان مفید به زمان کل مفید و غیرمفید یا همان بازده زراعی بالاتر رود. به همین شکل داشتن آج در چرخ‌های جلو و نیز سرعت بالاتر در انجام عملیات و خصوصاً وزن بیشتر در تراکتورهای فرگوسن۳۹۹، والترا و نیوهلند باعث شده بازده زراعی هرکدام به نسبت این فاکتورها کاهش یابد.

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد ادوات در تمام آزمایشات و شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند (جداول۳، ٦، ۹ و ۱۲). این مسأله با توجه به تفاوت عرض و وزن و ماهیت کار ادوات تحلیل می‌شود. در اثر متقابل تراکتور و ادوات نیز بجز در بازده زراعی آزمایش اول، دوم و سوم و نیز سرعت پیشروی آزمایش چهارم در بقیه شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده

گردید (جداول۳، ٦، ۹ و ۱۲). بدیهی است هر یک از ادوات در انجام عملیات توسط تراکتورهایی با توان‌های متفاوت، مقادیر شاخص‌های آنها تفاوت داشته و اثر متقابل معنی‌دار گردد. اما در مورد بازده زراعی آزمایش اول، دوم و سوم به نظر می‌آید که چون بازده همچون سایر شاخص‌ها ارتباط مستقیمی با توان تراکتورها ندارد و اختلاف مقادیر بدست آمده در مقابل خطا کم بوده، اثر متقابل آن معنی‌دار نشده است. البته در آزمایش چهارم بعلت محدودیت تعداد ادوات، دو نوع، به نظر می‌آید خطا کمتر گردیده و اختلاف معنی‌دار شده است. در سرعت پیشروی آزمایش چهارم به نظر می‌آید بعلت محدودیت سرعت هر دو نوع ادوات مورد ارزیابی، کودپاش بدلیل محدودیت تراکتورها در داشتن سرعت خیلی زیاد و بیش از مقادیر بدست آمده و برعکس سمپاش بعلت لزوم داشتن سرعت کم برای انجام دقیق سمپاشی و رسیدن محلول سم به تمام اجزا گیاه، اختلاف معنی‌دار نگردید.

یادآور می‌شود اعداد بدست آمده در تمام آزمایشات و شاخص‌ها، با جداول مربوط به انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE, 1995) مطابقت دارد اگر چه این جداول مقادیر شاخص‌ها را برای شرایط مختلف مناطق و خاک ذکر کرده و دامنه وسیعی را شامل می‌شود. همچنین در مقایسه با کار انجام شده در شهرستان کرمانشاه (طباطبائی‌فر و صفری، ۱۳۸۰)، با وجود همپوشانی نسبی نتایج، تحقیق صورت گرفته در مورد تراکتور یونیورسال٦٥۰ بوده و در شرایط متغیر ابعاد مزارع کشاورزان می‌باشد.

مقادیر شاخص‌های بدست آمده در عملیات خاک‌ورزی بافت خاک متوسط و سنگین (جداول ٤ و ۷) نشان می‌دهد با وجود اینکه نسبت متوسط توان تراکتورهای نیوهلند و والترا نسبت به فرگوسن۲۸۵ و فرگوسن۳۹۹ به ترتیب حدود ۲ و ۱/٤ می‌باشد ولی این نسبت در مقایسه با میانگین این ادوات توسط این تراکتورها در ظرفیت تئوری به ترتیب حدود ۲/٤ و ۱/٦ برای بافت خاک متوسط و ۲/٥ و ۱/۷ برای بافت خاک سنگین است. به نظر می‌رسد این مسأله به مشخصات فنی و خصوصاً بازده کششی بالاتر تراکتورهای نیوهلند و والترا نسبت به فرگوسن۲۸۵ و فرگوسن۳۹۹ مرتبط باشد.

نکته مهم در مقایسه شاخص‌های عملیاتی تراکتورها، نبود ادوات عریض‌تر و متناسب با توان تراکتورهای والترا و نیوهلند خصوصاً در عملیات کاشت و داشت است (جدول۲). سرعت عملیات با توجه به مسائل ایمنی، لرزش تراکتورها و ادوات، طول زمین و نیز کیفیت عملیات همیشه با محدودیت روبرو است. در نتیجه با عرض کمتر و توان بیشتر نمی‌توان سرعت را خیلی افزایش داد. این مسأله باعث شده که در آزمایشات مربوط به ادوات کاشت و داشت فاصله بین مقادیر شاخص‌های سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و زمان اتمام عملیات این تراکتورها ناچیز گردد (جداول ۱۰ و ۱۳) و امکان استفاده از توان بیشتر تراکتورهای والترا و نیوهلند کمتر شود.

نتیجه‌گیری

تراکتورهای جدید نیوهلند و والترا در ادوات مختلف و بافت‌های متفاوت خاک در شاخص‌های سرعت پیشروی، ظرفیت تئوری، ظرفیت عملی و زمان اتمام عملیات بجز بازده زراعی نسبت به تراکتورهای مرسوم مسی فرگوسن۲۸۵ و ۳۹۹ بهتر بودند. این مسأله خصوصاً در ادوات خاک‌ورزی و تا حدودی ادوات کاشت نمود بیشتری داشت اما در ادوات داشت بعلت نبود ادوات عریض متناسب با این تراکتورها، این اختلاف کمتر بود.

نسبت میزان این شاخص‌ها خصوصاً شاخص ظرفیت عملی، در تراکتورهای مورد مقایسه، می‌تواند ملاک مناسبی برای انتخاب نوع تراکتور برای انجام بموقع عملیات باشد. لذا با داشتن این نسبت‌ها با توجه به نتایج این تحقیق، و نیز براساس نسبت قیمت و هزینه‌های سالیانه این تراکتورها، می‌توان بطور دقیق‌تری نوع تراکتور مورد بهره‌برداری خود را انتخاب نمود. همچنین با داشتن این شاخص‌ها براحتی می‌توان برای هر منطقه و با توجه به میزان سطح زیر کشت، تعداد تراکتورهای مورد نیاز از هر نوع از این تراکتورها را برآورد کرده و برنامه توسعه مکانیزاسیون منطقه را مشخص نمود. توصیه می‌شود برای تراکتورهای با قدرت بیشتر والترا و نیوهلند از ادوات عریض‌تر و متناسب با توان آنها استفاده شود. این توصیه برای کاربران و خصوصاً سازندگان ادوات کاشت و داشت همچون بذرکارها و سمپاش‌ها است. در عملیات خاک‌ورزی نسبت ظرفیت تئوری و عملی تراکتورهای نیوهلند و والترا به تراکتورهای فرگوسن۲۸۵ و فرگوسن۳۹۹، با وجود بازده زراعی کمتر، بیش از نسبت توان آنها می‌باشد لذا تحقیق و مقایسه بازده کششی این تراکتورها ضروری به نظر می‌رسد.

منابع و مآخذ

۱. الماسی، م.، ش. کیانی. و ن. لویمی. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات جنگل.

۲. طباطبائی‌فر، ا. و م. صفری. ۱۳۸۰. تعیین بازده مزرعه‌ای و هزینه‌های عملیاتی گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در شهرستان کرمانشان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۲ شماره ٦.

3. American Society of Agricultural Engineers. 1995. ASAE Stanndards. 2nd Edition.

4. Kepner, R. Roy Bainer A. & Barger, E.L.1978. Principles of farm machinery.

5. Ragional Network of Agricultural Machinery. 1983. RNAM. Test codes and Procedures of farm machinery. Technical series No 12.

6. Saruth, C. & Gee-Clough, D. 1998. Agriculture mechanization in Cambodia: A case study in Takeo province. A.M.A. Vol. 29(2).

Evaluation and comparison of operational parameters of new tractors, New Holand and Valtra, and traditional tractors, Massey Ferguson285 and Massey Ferguson399, in medium and heavy soil textures

Abstract

The current study was done in two years (since 2011 to 2013) in Khouzestan area .The study was based on split plot with randomized complete block design in four separate experiments in three replications with two factors for tillage, planting and intercultural implements. First and second experiments were done for tillage implements in two soil textures; medium and heavy textures. Third experiment was done for planting and fourth experiment was done for intercultural. The main factor included four tractors; Massey Ferguson285, Massey Ferguson399, Valtra8400 and New Holand TM155 and sub-factor included implements of tillage, planting and intercultural. Parameters to assess included forward speed, theoretical field Capacity, effective field capacity, operation ending time and field efficiency. The analysis of variance was observed that implements in all of the experiments and parameters, also tractors in all of them except field efficiency at planting implements were significant. Interaction effect between tractor and implements other than field efficiency in first, second and third experiments and forward speed in fourth experiment, was significant. Comparison of means showed in all of the experiments in forward speed, effective capacity, theoretical Capacity and operation ending time for New Holand TM155, Valtra8400, Massey Ferguson399 and Massey Ferguson285 tractors were better respectively. Tractors different in forward speed, effective capacity, theoretical capacity and operation ending time for tillage implements was high but in planting and intercultural this different was low. Field efficiency values were better for Massey Ferguson285, Massey Ferguson399, New Holand TM155 and Valtra8400 Tractors respectively. For example in tillage implements in medium texture, this parameter was respectively 83.2, 81.1, 76.5 and 73.8 percent for them. The means effective capacity for Massey Ferguson285, Massey Ferguson399, New Holand TM155 and Valtra8400 Tractors were respectively 0.92, 1.31, 1.93 and 2.04 in tillage implements in medium texture, 0.77, 1.12, 1.71 and 1.79 in tillage implements in heavy texture, 1.74, 1.96, 2.25 and 2.29 in planting implements and 3.21, 3.19, 3.54 and 3.65 ha/h in intercultural implements.

Keywords: New Holand tractor, Valtra tractor, Massey Ferguson tractor, Field capacity, Field efficiency