

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۱ اثر محتوای رطوبتی بر برخی خواص فیزیکی زرشک
احسان ولایتی- باقر عمادی- مهدی خجسته پور- محمدحسین سعیدی راد
- ۱۰ بررسی و تعیین تلفات برداشت کمباینی ذرت دانه‌ای بمنظور ارائه راهکارهای لازم کاهش تلفات
محمدرضا مستوفی سرکاری
- ۱۷ استفاده از تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (FMEA) به منظور انجام شخم مطلوب با گاوآهن برگردان‌دار
مجید نامداری- شاهین رفیعی- علی جعفری
- ۲۵ ساخت و ارزیابی سامانه تهیه نقشه هدایت الکتریکی خاک مزرعه در حین حرکت
جلال برادران مطیع، محمد حسین آق خانی، محمد حسین عباسپور فرد، امیر لکزیان
- ۳۴ بررسی عوامل کاری تیغه‌های روتوتیلر در عملیات خاک ورزی باغات و شالیزارها
رضا طباطبائی کلور- غفار کیانی
- ۴۱ انتخاب تراکتور مناسب بر مبنای تصمیم‌گیری چند معیاری - مطالعه موردی: استان همدان
محمدباقر لک - علی محمد برقی
- یادداشت تحقیقاتی
- ۴۸ مطالعه شاخص‌های مکانیزاسیون در کشاورزی خرده مالک استان خراسان رضوی و ارائه راهکارهای مناسب
محمدحسین سعیدی راد- سیدعبدالله پرهیزگار

اثر محتوای رطوبتی بر برخی خواص فیزیکی زرشک

احسان ولایتی^{۱*} - باقر عمادی^۲ - مهدی خجسته پور^۳ - محمد حسین سعیدی راد^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۱۶

چکیده

به منظور ارتقای سطح مکانیزاسیون در عملیات برداشت و فرآوری میوه زرشک بی دانه بعنوان یکی از محصولات بومی و اساسی استان خراسان جنوبی، برخی خواص فیزیکی آن شامل ابعاد، قطر متوسط هندسی، ضریب کرویت، سطح رویه، جرم هزار دانه، چگالی واقعی، چگالی توده، تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیک و زوایای استقرار مورد تحقیق قرار گرفت. مطالعه این خواص تحت تاثیر تغییرات محتوای رطوبتی میوه بر آن‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. تحلیل داده‌ها نشان داد که تغییر محتوای رطوبت، در سطح احتمال ۵٪ موجب تغییر معنی دار تمامی پارامترها به جز ضریب اصطکاک بر سطح چوب و پلی اتیلن می‌شود. طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی، سطح رویه، ضریب کرویت، جرم هزار دانه و چگالی توده با کاهش محتوای رطوبتی، کاهش و چگالی واقعی میوه، تخلخل، زوایای استقرار و ضرایب اصطکاک بر سطوح مختلف به جز چوب و پلی اتیلن با کاهش رطوبت افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، زرشک، محتوای رطوبتی

مقدمه^۱

ریشه این گیاه با ارزش، در معالجه بسیاری از بیماری‌ها، از جمله بیماری پسروریازیس (نوعی بیماری پوستی)، اعتیاد، فیبروز، پلاک دندان و بسیاری از بیماری‌های دیگر، کاربرد دارد ۹۵ درصد زرشک کشور در خراسان جنوبی تولید می‌شود. تولید سالانه زرشک خشک بیش از ۸۴۰۰ تن بوده که از سطح ۶۴۴۲ هکتار اراضی باغی به دست می‌آید (Filabi and Khaghani, ۲۰۰۸).

از آنجایی که کشورمان تنها تولید کننده زرشک بی دانه در دنیا می‌باشد و با توجه به اهمیت اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و همچنین کاربردهای فراوان این محصول در زمینه‌های مختلف از مصارف و فرآورده‌های مختلف غذایی گرفته تا فواید دارویی توجه به گسترش صادرات و توسعه بازار این محصول می‌تواند علاوه بر اینکه درآمد ارزی فراوانی نصیب کشورمان نماید در ایجاد اشتغال پایدار و جلوگیری از مهاجرت روستائیان نقش بسزایی داشته باشد. به همین لحاظ بررسی روش‌های افزایش تولید، کاهش ضایعات، بهبود کیفیت و ارائه روش‌های نوین فرآوری و عملیات پس از برداشت از اهمیت خاصی برخوردار است. تعیین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی برای طراحی تجهیزات برداشت و پس از آن شامل دستگاه‌های انتقال، جداسازی، شستشو، فرآوری، بسته بندی و انبارداری امری ضروری می‌باشد که تاکنون توسط محققان متعددی برای انواع محصولات تحقیق و گزارش گردیده است. تنها نتایج منتشر شده در خصوص خواص فیزیکی زرشک، متعلق به میوه زرشک محصول منطقه کرج

زرشک بی دانه، از جمله درختچه‌های مقاومی است که قابلیت رشد و تولید در زمین‌های کم بهره با آب شور را دارا است. میوه زرشک تاکنون به عنوان یک محصول قابل فرآوری، یا برای مصرف تازه خوری، به دنیا معرفی نشده است. شناخت سایر کشورها از زرشک، فقط در حد یک گیاه دارویی و زینتی است. در ایران همه ساله و فقط در هنگام فصل برداشت در استان‌های خراسان و تا حدودی تهران، میوه زرشک به صورت تازه و به میزان بسیار کم عرضه می‌شود. در بقیه فصول سال به صورت خشک و به عنوان یک افزودنی، برای غذاهای سنتی، یا برای تزئین غذا و یا دسر مورد مصرف قرار می‌گیرد. اما تولید سایر فرآورده‌های آن، نظیر شربت یا مربای زرشک، در مناطق جنوبی خراسان و به ویژه، در بیرجند و قاین و حتی در نیشابور مرسوم است و به صورت سنتی انجام می‌گیرد (Kafi and Balandari, ۲۰۰۲).

زرشک بی دانه به دلیل رنگ و طعم مطلوب آن در انواع مختلف غذاهای ایرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عصاره حاصل از پوست و

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول: (Email :ehsanvelayat@yahoo.com)

۴- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

گرم نشد این کار ادامه پیدا کرد. در نهایت درصد محتوای رطوبتی (U) بر مبنای تر با استفاده از وزن نمونه اولیه ($G_w + G_{dm}$) و وزن نمونه خشک شده (G_{dm}) بر طبق معادله (۱) محاسبه شد (Aghbashlo *et al.*, ۲۰۰۸).

$$U = \frac{G_w}{(G_w + G_{dm})} \times 100 \quad (1)$$

که در آن G_w وزن آب موجود در نمونه می باشد. متوسط رطوبت میوه زرشک برای ۳ تکرار $75/8$ درصد تعیین شد و برای انجام آزمایش‌های خواص فیزیکی چهار گروه بر اساس محتوای رطوبتی از نمونه اولیه در دامنه رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ درصد، ۴۵ تا ۵۰ درصد، ۲۵ تا ۳۰ درصد و ۷ تا ۱۰ درصد آماده و آزمایش‌ها انجام شد.

تعیین خصوصیات فیزیکی

خواص ابعادی

ابعاد ۱۰۰ عدد نمونه توسط کولیس دیجیتال با دقت $\pm 0/01$ میلی‌متر در سه جهت طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) اندازه گیری شد. با توجه به شباهت شکل بیضوی میوه زرشک با مدل هندسی بیضی گون، حجم میوه با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸):

$$V = \frac{\pi}{6} LWT \quad (2)$$

قطر متوسط هندسی (D_g)، سطح رویه، ضریب کرویت به ترتیب با استفاده از روابط ۳ تا ۵ به شرح ذیل اندازه گیری شد (Razavi and Akbari, ۲۰۰۶):

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (3)$$

$$S_a = \pi D_g^2 \quad (4)$$

$$\phi = \frac{D_g}{L} \quad (5)$$

خواص ثقلی

با اندازه گیری جرم صد دانه توسط ترازوی دیجیتال (مدل AND ۶۰۰۰ ساخت چین) با دقت $\pm 0/01$ گرم و ضرب آن در عدد ۱۰ جرم هزار دانه محاسبه شد (Akinci *et al.*, ۲۰۰۴). چگالی توده (ρ_B) با تقسیم جرم معینی از محصول به حجم آن محاسبه شد، بدین ترتیب که محصول از ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متری در داخل ظرفی با حجم ۵۰۰ سانتی متر مکعب ریخته شد و پس از پر شدن ظرف سطح آن بدون کمترین اعمال فشاری صاف گردید و سپس جرم محصول داخل ظرف به طور خالص اندازه گیری شد که از تقسیم این مقدار بر

است که در پنج طیف محتوای رطوبتی میوه مورد بررسی قرار گرفته است (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸). آن‌ها با انجام آزمایش در رطوبت‌های $89/23$ ، $70/11$ ، $53/11$ ، $38/09$ و $12/64$ گزارش کرده اند که با افزایش رطوبت، سطح مقطع، ضریب کرویت، وزن، چگالی واقعی، چگالی توده، حجم و ضریب اصطکاک استاتیکی میوه زرشک افزایش و تخلخل آن کاهش می یابد. از آنجایی که تولید عمده زرشک ایران متعلق به استان خراسان جنوبی می باشد و ممکن است خصوصیات فیزیکی متفاوتی با زرشک بومی منطقه کرج داشته باشد، به همین لحاظ در این پژوهش کلیه خواص فیزیکی مورد نیاز زرشک بی دانه بومی خراسان مورد تحقیق قرار گرفت. خواص فیزیکی شامل ابعاد، قطر متوسط، ضریب کرویت، سطح رویه، جرم هزار دانه، چگالی دانه، چگالی توده، ضریب اصطکاک استاتیک و زوایای استقرار بوده که در دامنه متفاوت رطوبتی (۷ تا ۷۶ درصد بر پایه تر) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده سازی نمونه‌ها

میوه زرشک محصول منطقه بیرجند همراه با شاخه و برگ از بازار تهیه و به مدت یک هفته در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال آزمایشگاهی نگهداری شد. مقدار محصول لازم برای هر آزمایش به صورت دستی جدا و از وجود مواد خارجی پاکسازی شد. برای انجام هر سری از آزمایشات، نمونه‌ها به مدت یک ساعت زودتر از یخچال آزمایشگاهی خارج و در دمای اتاق ($25^{\circ}C$) نگهداری شد (ASAE, ۱۹۹۸). کلیه مراحل آزمایش خواص فیزیکی به جز تعیین محتوای رطوبتی محصول در آزمایشگاه گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت و تعیین محتوای رطوبتی میوه در آزمایشگاه بخش فنی مهندسی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی انجام گردید. کلیه آزمایشات در پاییز ۱۳۸۷ به انجام رسید.

تعیین محتوای رطوبتی محصول

برای تعیین محتوای رطوبت محصول از آون فن دار (مدل Memmert ۶۰۰، ساخت آلمان) استفاده گردید. در حدود ۲۰ گرم میوه زرشک در ظرف مخصوص که قبلاً وزن شده بود قرار گرفت و در آون با درجه حرارت $2^{\circ}C \pm 105$ قرار داده شد، پس از ۴ ساعت نمونه‌ها به همراه ظرف از آون خارج و در دیسیکاتور سرد شد و پس از توزین مجدد با ترازوی دیجیتال (مدل GEC AVERY ساخت انگلیس) با دقت $0/001$ گرم، در آون با همان دما قرار گرفت و تا زمانی که اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از خشک شدن، کمتر از $0/5$

یکدیگر به حالت طبیعی فراهم شود. زاویه استقرار پس از اندازه گیری ارتفاع دو نقطه شیب دار کپه و فاصله افقی بین این دو نقطه (شکل ۲ الف) و سپس جایگذاری در رابطه (۷) به دست آمد (Aviara *et al.*, ۲۰۰۲; Ogunjimi *et al.*, ۲۰۰۵):



شکل ۱- سطح شیب دار بکار رفته برای اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

Fig. ۱- The applied inclined plane to measure static coefficient of friction

$$\theta_e = \tan^{-1} \left[\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} \right] \quad (7)$$

زاویه استقرار استاتیک (θ_s) نیز با استفاده از یک جعبه ثابت شده بر روی بازوی قابل چرخش حول محور افقی (شکل ۲ ب) و تعیین زاویه شروع به ریزش دانه ها به عنوان زاویه استقرار استاتیکی تعیین گردید (Olajide and Ade-Omowaye, ۱۹۹۹; Ghasemi *et al.*, ۲۰۰۸):

حجم ظرف، چگالی توده محصول محاسبه گردید (Deshpande *et al.*, ۱۹۹۳).

چگالی واقعی میوه (ρ_s) با استفاده از روش جابجایی تولوئن در مورد نمونه مشخصی از ماده با جرم معین انجام پذیرفت و به همین روش حجم تعداد معینی از محصول با توجه به اینکه جابجایی تولوئن حداقل ده برابر کوچکترین واحد اندازه گیری باشد (Razavi and Akbari, ۲۰۰۶) محاسبه شد.

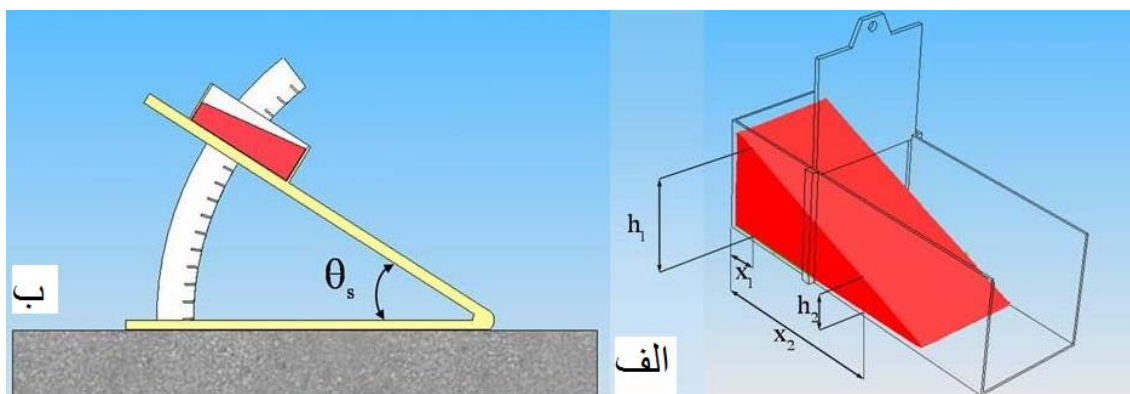
تخلخل (ε) که نشان دهنده درصد فضای خالی بین دانه های محصول است و دانستن آن در طراحی مواردی همچون انبار و خشک کن به منظور مطالعه جریان هوا و گرما ضروری می باشد (Mohsenin, ۱۹۸۶) با استفاده از رابطه ۶ بدست آمد:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_B}{\rho_s} \quad (6)$$

خواص اصطکاکی

ضریب اصطکاک استاتیکی (μ) نمونه ها با استفاده از سطح شیب دار مجهز به پیچ قابل تنظیمی که با استفاده از آن می توان به تدریج شیب صفحه را افزایش داد (شکل ۱) اندازه گیری شد. آزمایشات بر روی سطوح آهن معمولی، آهن گالوانیزه نرم، آهن گالوانیزه زبر، آلومینیوم، چوب، لاستیک، کارت پلاست، شیشه، پلی اتیلن، یونولیت و کاغذ مقوای جعبه انجام شد. بدین منظور سطح شیب دار با ورق هایی از جنس های فوق پوشانده شده و قبل از تکرار هر آزمایش، سطح مزبور کاملاً تمیز می شد.

زاویه استقرار دینامیک (تخلیه) (θ_e) نیز با استفاده از جعبه ویژه ای که در جلو مجهز به یک درب کشویی است اندازه گیری شد. بدین ترتیب که ابتدا جعبه از محصول پر شده و سپس درب کشویی جلو به سرعت بالا کشیده شد تا امکان لغزیدن دانه های زرشک بر روی



شکل ۲- الف: جعبه مخصوص با درب کشویی جهت اندازه گیری زاویه استقرار دینامیکی، ب: روش اندازه گیری زاویه استقرار استاتیکی
Fig. ۲- A: Applied box with front sliding panel to measure the dynamic repose angle, B: the way of measurement of static repose angle

تحلیل آماری داده ها

خواص فیزیکی میوه زرشک شامل چگالی واقعی، چگالی توده و جرم هزار دانه در سه تکرار، ضریب اصطکاک استاتیک در تکرارهای نامساوی بیش از ۵ بار، زوایای استقرار دینامیک و استاتیک هر کدام در ۵ تکرار و ابعاد میوه و پارامترهای مربوط به آن نیز در نمونه های ۱۰۰ تایی و در ۴ دامنه متفاوت رطوبتی در قالب طرح بلوک تصادفی مورد آزمون قرار گرفت و نتایج بدست آمده توسط نرم افزار ۱۲ SPSS مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. بر این اساس میانگین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

خواص ابعادی

نتایج بدست آمده تجزیه واریانس خواص ابعادی شامل قطر بزرگ، قطر متوسط، قطر کوچک، قطر متوسط هندسی، سطح رویه و ضریب کرویت در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این جدول مشاهده می شود که در تمام موارد، خواص دارای اختلاف معنی دار در دامنه های رطوبتی مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ هستند. همچنین با توجه به داده های جداول ۲ و ۳ می توان به خوبی

مشاهده کرد که با کاهش محتوای رطوبتی در میوه زرشک مقادیر بدست آمده برای تمامی این خواص کاهش می یابد. میانگین طول و عرض میوه زرشک با کاهش محتوای رطوبتی کاهش می یابد این مقدار برای طول از ۱۰/۳۱ میلی متر به ۸/۹۴ میلی متر و برای عرض میوه از ۶/۴۹ میلی متر به ۵/۴۱ میلی متر کاهش می یابد. این کاهش مقادیر را برای زرشک محلی کرج به ترتیب برای طول، عرض و ضخامت ۱۲/۰۱ تا ۸/۱۱، ۵/۸۱ تا ۱/۸۱ و ۵/۷۵ تا ۱/۷۹ میلی متر گزارش شده است (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸). در بین ابعاد، ضخامت، نزول یکنواختی را با کاهش رطوبت از خود نشان داد به طوری که این مقدار از میانگین ۶/۱۲ میلی متر به ۳/۱۷ میلی متر تقلیل می یابد و به همین صورت میزان ضخامت در هر رطوبت با میزان ضخامت در رطوبت قبلی اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۱ دارد و با توجه به عدم وجود اختلاف معنی دار در مورد طول در رطوبت سوم و چهارم و همچنین در مورد عرض در رطوبت های دوم و سوم می توان نتیجه گرفت که کاهش رطوبت اثر بیشتری بر ضخامت میوه نسبت به دو بعد دیگر دارد که این رفتار دانه زرشک بایستی در طراحی و کاربرد ماشین های جداسازی و اندازه بندی دانه های زرشک مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱ - تجزیه واریانس خواص ابعادی میوه زرشک

Table 1. The variance analysis of dimensional properties of berberis

میانگین مربعات		منابع تغییرات		
قطر کوچک	قطر متوسط	قطر بزرگ	درجه آزادی	درجه آزادی
۱۵۴/۶۶**	۲۰/۳۹**	۳۸/۶۲۷**	۳	بین گروه ها
۰/۴۰۳	۰/۴۵۶	۰/۳۱۹	۳۹۶	داخل گروه ها
	سطح رویه	قطر متوسط هندسی	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۲۶۰**	۱۲۸۰۶۴/۴۴۵**	۷۹/۹۵۵**	۳	بین گروه ها
۰/۰۰۲	۴۴/۳۷۷	۰/۲۰۸	۳۹۶	داخل گروه ها

***- معنی داری در سطح احتمال ۱٪ را نشان می دهد

جدول ۲ - نتایج مقایسه میانگین طول، عرض و ضخامت میوه زرشک در رطوبت های مختلف

Table 2. Mean comparison of length, width and thickness of berberis in various levels of moisture contents

محتوای رطوبتی بر حسب درصد ماده تر				پارامتر آماری	مشخصه آماری
۷-۱۰	۲۵-۳۰	۴۵-۵۰	۷۰-۷۶		
۸/۹۴ ^a	۹/۶۷ ^a	۱۰/۱۸ ^b	۱۰/۳۱ ^c	میانگین	طول (میلی متر)
۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۵۰	۰/۴۹	انحراف معیار	
۵/۴۱ ^a	۵/۹۰ ^b	۶/۰۶ ^b	۶/۴۹ ^c	میانگین	عرض (میلی متر)
۰/۷۷	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۸	انحراف معیار	
۳/۱۷ ^a	۴/۶۶ ^b	۵/۲۸ ^c	۶/۱۲ ^d	میانگین	ضخامت (میلی متر)
۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۵۹	۰/۶۳	انحراف معیار	

حروف لاتین مشابه در ردیف ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ است

جدول ۳ - نتایج مقایسه میانگین قطر متوسط هندسی، سطح رویه و ضریب کرویت زرشک در رطوبت‌های مختلف

Table ۳. Mean comparison of geometrical diameter, surface area and sphericity of berberis in various levels of moisture contents

محتوای رطوبتی بر حسب درصد ماده تر				پارامتر آماری	مشخصه آماری
۷-۱۰	۲۵-۳۰	۴۵-۵۰	۷۰-۷۶		
۵/۳۱ ^a	۶/۴۰ ^b	۶/۸۷ ^c	۷/۴۲ ^d	میانگین	قطر متوسط هندسی (میلی متر)
۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۵۹	انحراف معیار	
۸۹/۱۷ ^a	۱۲۹/۳۵ ^b	۱۴۸/۷۸ ^c	۱۷۳/۹۹ ^d	میانگین	سطح رویه (میلی متر مربع)
۱۳/۴۲	۱۵/۶۳	۱۸/۴۳	۲۷/۳۰	انحراف معیار	
۰/۶۰ ^a	۰/۶۶ ^b	۰/۶۷ ^b	۰/۷۲ ^c	میانگین	ضریب کرویت
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	انحراف معیار	

حروف لاتین مشابه در ردیف‌ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ است

دانه برای زرشک منطقه خراسان از ۰/۱۶ به ۰/۰۵ گرم می باشد. چگالی واقعی میوه که به عنوان یکی از پارامتر مهم در طراحی ماشین‌های جداسازی ترسیبی و گریز از مرکز به کار می رود (Razavi and Akbari, ۲۰۰۶) برخلاف موارد مذکور قبلی با کاهش رطوبت (۷۶) از به ۷ درصد بر پایه تر، افزایش نشان داد و از ۰/۷۳ به ۰/۹۳ گرم بر سانتیمتر مکعب رسید. میزان تغییرات چگالی واقعی و چگالی توده در مورد زرشک بومی کرج به ترتیب ۱/۹۵ تا ۱/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و ۱/۲۴ تا ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب در ازای کاهش رطوبت از ۸۹/۲۳ درصد به ۱۲/۶۴ درصد (بر پایه تر) گزارش شده است (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸). همانطور که در جدول ۵ قابل مشاهده است با کاهش رطوبت، چگالی توده با کاهش غیر خطی از ۰/۴۴ تا ۰/۳۶ گرم بر سانتی متر مکعب رسیده که بیشترین مقدار آن در دامنه رطوبتی ۴۵ تا ۵۰ درصد بر حسب پایه تر و به میزان ۰/۴۷ گرم بر سانتی متر مکعب گزارش شده است. محاسبات نشان داد که درصد تخلخل از ۳۸/۱۵ در دامنه رطوبتی ۷۰ تا ۷۶ به ۶۰/۹۶ در دامنه رطوبتی ۷ تا ۱۰ درصد (بر پایه تر) افزایش می یابد که برای زرشک بومی کرج نیز همزمان با کاهش محتوی رطوبتی، تغییرات افزایشی از ۳۷/۳۴ به ۴۸/۳۱ گزارش شده است (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸).

قطرهای متوسط حسابی، هندسی و سطح رویه به عنوان پارامترهای وابسته به سه بعد اصلی میوه زرشک نیز با کاهش رطوبت کاهش نشان دادند و این مقادیر به ترتیب، برای قطر حسابی از ۷/۶۴ میلی متر به ۵/۸۴ میلی متر، برای قطر هندسی از ۷/۴۲ میلی متر به ۵/۳۱ میلی متر و برای سطح رویه نیز از ۱۷۳/۹۹ به ۸۹/۱۷ میلی متر مربع تقلیل یافته اند. میزان کرویت زرشک نیز با کاهش رطوبت روندی نزولی نشان داد و میزان آن از ۷۲ به ۶۰ درصد تقلیل یافت. در تحقیقی که در همین موارد برای زرشک محصول منطقه کرج انجام شد کاهش قطر هندسی از ۷/۳۶ به ۲/۹۶ میلی متر، و همچنین تغییرات کاهشی سطح رویه و ضریب کرویت نیز به ترتیب از ۱۷۰/۱۳ به ۲۷/۶۹ و ۶۱/۴۶ به ۳۶/۶۱ گزارش شده است (Fathollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸).

خواص ثقلی

نتایج تجزیه واریانس خواص ثقلی میوه زرشک شامل جرم هزار دانه، چگالی واقعی میوه و توده در جدول ۴ نشان داده شده است. جرم هزار دانه با کاهش رطوبت از ۱۵۵/۹۳ گرم به ۵۰/۶۳ گرم تقلیل یافت. فتح الله زاده و همکاران نیز تغییرات مقدار وزن متوسط دانه را برای زرشک بومی کرج از ۰/۴۱ تا ۰/۱۲ گرم همراه با کاهش رطوبت گزارش کرده اند، که این مقدار با تبدیل جرم هزار دانه به جرم متوسط

جدول ۴ - نتایج تجزیه واریانس خواص ثقلی میوه زرشک

Table ۴. The variance analysis of gravity properties of berberis

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
چگالی واقعی	چگالی توده	جرم هزار دانه	میانگین مربعات		
۰/۰۰۶ ^{**}	۰/۰۲۲ ^{**}	۶۱۹۸/۹۳۷ ^{**}	۳	بین گروه‌ها	
.	.	۷۴/۱۱۹	۸	داخل گروه‌ها	

** - معنی داری در سطح ۰/۰۱ را نشان می دهد

Table ۵. Mean comparison of gravity properties of berberis in various levels of moisture contents

محتوای رطوبتی بر حسب درصد ماده تر				پارامتر آماری	مشخصه آماری
۷-۱۰	۲۵-۳۰	۴۵-۵۰	۷۰-۷۶		
۵۰/۶۳ ^a	۹۵/۹۷ ^b	۱۲۹/۵۸ ^c	۱۵۵/۹۳ ^d	میانگین	جرم هزار دانه (گرم)
۰/۸۰	۱/۱۷	۱۶/۸۰	۳/۵۱	انحراف معیار	
۰/۹۳ ^d	۰/۸۸ ^c	۰/۸۲ ^b	۰/۷۳ ^a	میانگین	چگالی متوسط واقعی دانه (گرم بر سانتی متر مکعب)
۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	انحراف معیار	
۰/۳۶ ^a	۰/۴۲ ^b	۰/۴۷ ^c	۰/۴۴ ^{bc}	میانگین	چگالی توده (گرم بر سانتی متر مکعب)
۰/۰۰	۰/۰۳۲	۰/۰۰	۰/۰۰	انحراف معیار	
۶۰/۹۶	۵۲/۶۶	۴۲/۵۷	۳۸/۱۵	میانگین	تخلخل (در صد)

حروف لاتین مشابه در ردیف‌ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱٪ است

خواص اصطکاکی

مخصوص کره)، Φ_r زاویه استقرار، M درصد رطوبت، D_{av} قطر متوسط، S جرم مخصوص و a, b, c و d مقادیر ثابت معادله هستند که برای هر محصول جداگانه محاسبه می‌شوند (Razavi and Akbari, ۲۰۰۶). در خصوص میوه زرشک به نظر می‌رسد چروکیده شدن میوه در رطوبت‌های پایین نسبت n را با شدت بیشتری افزایش داده است از طرف دیگر جرم مخصوص (S) افزایش و قطر متوسط (D_{av}) کاهش می‌یابد که در نهایت تاثیر عوامل افزایشنده بسیار بیشتر از عامل کاهش رطوبت (M) می‌گردد.

$$\tan\Phi_r = an^2 + b\frac{M}{D_{av}} + cs + d \quad (۸)$$

به هر حال بررسی این رفتار نیازمند اطلاعات بیشتری می‌باشد که می‌توان با انجام آزمایشات مشابه بر روی محصول زرشک مناطق دیگر به آن دست یافت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده برای زوایای استقرار استاتیکی و دینامیکی در جدول ۶ نشان داده شده است. وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ در مورد هر کدام از زوایا به خوبی مشهود است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون چند دامنه-ای دانکن در جدول ۷ گزارش شده است. در اکثر تحقیقات انتشار یافته، زاویه استقرار با کاهش محتوی رطوبتی کاهش می‌یابد به عنوان مثال در مورد عدس این زاویه از $۲۸/۷۸$ به $۲۴/۸۰$ درجه (Amin et al., ۲۰۰۴) و نخود سبز از ۳۱ به $۲۶/۶$ درجه (Nimkar and Chattopadhyay, ۲۰۰۱) کاهش می‌یابد. اما در مورد میوه زرشک این روند تغییرات معکوس بود به طوری که از $۲۸/۰۲$ به $۴۱/۳۰$ افزایش یافت. برای توضیح این رفتار می‌توان به معادله تجربی ۸ مراجعه نمود که پاره‌ای از محققین برای محاسبه زاویه استقرار به عنوان تابعی از عوامل مختلف ارائه داده‌اند. در این رابطه n فاکتور شکل (نسبت سطح مخصوص ماده جامد به سطح

جدول ۶ - نتایج تجزیه واریانس زوایای استقرار میوه زرشک

Table ۶. The variance analysis of repose angles of berberis

میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	استقرار استاتیک	استقرار دینامیک
بین گروه‌ها	۳	۲۱۹/۴۹۶ ^{**}	۳۶۷/۱۱۳ ^{**}
داخل گروه‌ها	۱۶	۲۹/۹۵۰	۲۱/۲۱۳

** - معنی داری در سطح احتمال ۱٪ را نشان می‌دهد

جدول ۷ - زوایای استقرار

Table ۷. Repose angles of berberis

رطوبت	۷۰-۷۶	۴۵-۵۰	۲۵-۳۰	۷-۱۰
زاویه استقرار دینامیک (درجه)	$۲۸/۰۲ \pm ۳/۴۳^a$	$۳۶/۵۶ \pm ۷/۸۱^b$	$۴۴/۳۲ \pm ۳/۸۶^c$	$۴۱/۳۰ \pm ۲/۸۸^{bc}$
زاویه استقرار استاتیک (درجه)	$۴۷/۱۶ \pm ۱/۸۷^a$	$۵۵/۴۱ \pm ۸/۴۲^b$	$۶۱/۷۶ \pm ۳/۹۳^c$	$۶۱/۳۲ \pm ۳/۴۷^c$

حروف لاتین مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است

ضریب اصطکاک استاتیک میوه بر روی سطوح و در رطوبت‌های مختلف نیز بررسی گردید. نتایج در جداول ۸، ۹ و ۱۰ آورده شده است. رفتار اصطکاک محصل بر روی سطوح متفاوت روند یکسانی را نشان داد. در مورد چوب و پلی اتیلن هیچ اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ مشاهده نشد. ضریب اصطکاک استاتیک محصل بر روی چوب و پلی اتیلن به ترتیب با میانگین ۰/۷۴ و ۰/۴۳ بدست آمد. دلایل متعددی در خصوص این رفتار قابل طرح است. از جمله این که، آن چه ماهیت اصطکاک میوه را بر روی چوب تحت شعاع قرار می دهد داشتن ناهمواری‌های بزرگتر در چوب نسبت به ناهمواری‌های سطح میوه است که می توان فرض کرد که این ناهمواری‌های بزرگ مانع اثر ناهمواری‌های کوچک سطح میوه در بروز رفتار اصطکاک می شود، در واقع تغییرات ضریب اصطکاک نسبت به واریانس داده ها بسیار ناچیز است و از نظر آماری بدون تفاوت معنی دار می باشد. در مورد پلی اتیلن نیز قابل ذکر است که خواص الکترواستاتیک آن تا حدی در نتایج آزمایش اثر گذاشته و مانع از بروز تغییر رفتار اصطکاک میوه شده اند. با توجه به داده های جدول ۱۰ مشاهده می شود که بعضی دیگر از مواد مورد استفاده در آزمون نیز تمایل چندانی برای تغییر ضریب اصطکاک استاتیکی نسبت به بقیه از خود نشان نداده و شامل تغییرات جزئی ولی در عین حال معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بوده اند. با مقایسه میانگین هر کدام از این مواد می توان میانگین‌های آن ماده در رطوبت‌های مختلف را در دو کلاس اصطکاک رده بندی کرد، از جمله این مواد می توان به آهن معمولی، آهن گالوانیزه نرم، آهن ضد زنگ (استیل) و کارتن پلاست نام برد که ضرایب اصطکاک آن‌ها با کاهش محتوای رطوبتی به ترتیب از ۰/۵۲ به ۰/۶۵، ۰/۳۲ به ۰/۵۲، ۰/۶۲ به ۰/۷۸ و ۰/۴۹ به

۰/۵۹ افزایش می یابد. در دسته سوم که شامل آلومینیوم، لاستیک، شیشه، یونولیت، آهن گالوانیزه زبر و مقوای جعبه می شود می توان طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ (جدول ۱۰) میانگین ضرایب اصطکاک در رطوبت‌های مختلف را برای هر سطح آزمایشی در ۳ دسته، طبقه بندی کرد که این به معنی وجود تعداد میانگین‌های متفاوت بیشتر در بازه تغییرات رطوبتی زرشک است و بنابر همین مطلب، می توان شدت تغییرات ضریب اصطکاک به ازای تغییرات رطوبت را در این مواد نسبت به دسته های قبلی بیشتر دانست. محتوای رطوبت در این مواد به ترتیب از ۰/۵۶ به ۰/۷۷، ۰/۵۷ به ۰/۹۱، ۰/۴۱ به ۰/۵۷، ۰/۷۶ به ۱/۰۵، ۰/۴۳ به ۰/۵۶ و ۰/۶۴ به ۰/۶۷ افزایش یافت. مطلب دیگر آنکه دو ماده اخیر یعنی آهن گالوانیزه زبر و مقوای جعبه روندی کاملاً غیر خطی از خود نشان می دهند به طوری که بیشترین مقدار را در رطوبت دوم از خود بروز می دهند که به ترتیب برابر ۰/۷۰ و ۱/۰۷ است.

نتیجه گیری

تغییرات محتوای رطوبتی یکی از عوامل موثر در تغییر خواص فیزیکی میوه زرشک است به طوری که خواصی چون ابعاد میوه شامل قطر بزرگ، قطر متوسط، قطر کوچک، قطر متوسط هندسی، سطح رویه، ضریب کرویت، جرم هزار دانه و چگالی توده با کاهش محتوای رطوبتی کاهش و چگالی دانه، زوایای استقرار و ضرایب اصطکاک بر سطوح مختلف به جز چوب و پلی اتیلن با کاهش رطوبت افزایش یافت.

جدول ۸ - تجزیه واریانس ضرایب اصطکاک میوه زرشک بر سطوح چوب، آهن معمولی، آهن گالوانیزه نرم، آهن گالوانیزه زبر، آهن ضد زنگ و آلومینیوم

Table 8. The variance analysis of friction coefficient of berberis on planes of wood, iron, soft galvanized iron, rough galvanized iron, stainless steel and aluminum

سطح آزمایش	چوب	آهن معمولی	آهن گالوانیزه نرم	منبع تغییرات	سطح آزمایش	آهن گالوانیزه زبر	آهن ضد زنگ	آلومینیوم
درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی
۳	۰/۰۰۷ ^{ns}	۳	۰/۰۳۲ ^{**}	۳	۰/۰۹۵ ^{**}	۳	۰/۰۳۲ ^{**}	۳
۳۳	۰/۰۰۶	۳۸	۰/۰۰۴	۳۷	۰/۰۰۴	۳۳	۰/۰۰۳	۳۸
درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی
۳	۰/۰۹۵ ^{**}	۳	۰/۰۹۱ ^{**}	۳	۰/۰۹۹ ^{**}	۳	۰/۰۹۹ ^{**}	۳
۳۳	۰/۰۰۹	۳۴	۰/۰۰۳	۳۸	۰/۰۰۴	۳۳	۰/۰۰۴	۳۸

** - معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ و ns عدم معنی داری را نشان می دهد

جدول ۹ - تجزیه واریانس ضرایب اصطکاک میوه زرشک بر سطوح لاستیک، کارتین پلاست، پلی اتیلن، شیشه، مقوای جعبه

Table 9. The variance analysis of friction coefficient of berberis on the planes of rubber, plastic, polyethylene, glass, unolit and box paper

سطح آزمایش		لاستیک		کارتین پلاست		پلی اتیلن	
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات
بین گروه‌ها	۳	۰/۲۰۵**	۳	۰/۰۳۱**	۳	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱
درون گروه‌ها	۲۹	۰/۰۰۳	۳۸	۰/۰۰۲	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
سطح آزمایش	شیشه	یونولیت	مقوای جعبه				
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات
بین گروه‌ها	۳	۰/۰۳۹**	۳	۰/۱۴۷**	۳	۰/۳۵۴**	۰/۰۱۰
درون گروه‌ها	۳۵	۰/۰۰۳	۲۹	۰/۰۰۸	۳۶	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰

** - معنی داری در سطح ۱٪ و ns عدم معنی داری را نشان می دهد

جدول ۱۰ - ضرایب اصطکاک استاتیک زرشک بر روی سطوح مختلف

Table 10. Static coefficient of friction of berberis on various surfaces

جنس سطح	محتوای رطوبتی			
	۷-۱۰	۲۵-۳۰	۴۵-۵۰	۷۰-۷۶
چوب	۰/۷۸ ± ۰/۰۶ ^a	۰/۷۵ ± ۰/۰۸ ^a	۰/۷۴ ± ۰/۱۰ ^a	۰/۷۸ ± ۰/۰۶ ^a
آهن معمولی	۰/۵۲ ± ۰/۰۹ ^a	۰/۶۲ ± ۰/۰۵ ^b	۰/۵۷ ± ۰/۰۶ ^{ab}	۰/۵۲ ± ۰/۰۹ ^a
آهن گالوانیزه نرم	۰/۳۳ ± ۰/۰۶ ^a	۰/۴۹ ± ۰/۰۸ ^b	۰/۳۳ ± ۰/۰۱ ^a	۰/۳۳ ± ۰/۰۶ ^a
آهن گالوانیزه زبر	۰/۴۳ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۵۵ ± ۰/۰۸ ^b	۰/۷۰ ± ۰/۱۴ ^c	۰/۴۳ ± ۰/۰۴ ^a
آهن ضد زنگ (استیل)	۰/۶۲ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۷۹ ± ۰/۰۷ ^b	۰/۶۲ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۶۲ ± ۰/۰۴ ^a
آلومینیوم	۰/۵۶ ± ۰/۰۸ ^a	۰/۶۳ ± ۰/۰۳ ^b	۰/۵۵ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۵۶ ± ۰/۰۸ ^a
لاستیک	۰/۵۷ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۷۱ ± ۰/۰۵ ^b	۰/۵۹ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۵۷ ± ۰/۰۷ ^a
کارتین پلاست	۰/۴۹ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۵۸ ± ۰/۰۴ ^b	۰/۴۹ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۴۹ ± ۰/۰۴ ^a
پلی اتیلن	۰/۴۳ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۴۳ ± ۰/۰۳ ^a	۰/۴۳ ± ۰/۰۲ ^a	۰/۴۳ ± ۰/۰۴ ^a
شیشه	۰/۴۱ ± ۰/۰۳ ^a	۰/۵۱ ± ۰/۰۶ ^b	۰/۴۷ ± ۰/۰۲ ^b	۰/۴۱ ± ۰/۰۳ ^a
یونولیت	۰/۷۶ ± ۰/۰۶ ^a	۱/۰۲ ± ۰/۱۰ ^c	۰/۸۹ ± ۰/۰۴ ^b	۰/۷۶ ± ۰/۰۶ ^a
مقوای جعبه	۰/۶۴ ± ۰/۰۸ ^a	۰/۸۱ ± ۰/۰۶ ^b	۱/۰۷ ± ۰/۱۶ ^c	۰/۶۴ ± ۰/۰۸ ^a

حروف لاتین مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است

رفتار متناقض زوایای استقرار نسبت به تحقیقات صورت گرفته بر روی سایر محصولات، ناشی از تغییرات عمده شکل و سطح میوه و افزایش ضریب اصطکاک آن می باشد. سطح یونولیت بیشترین ضریب اصطکاک (۱/۰۵) و سطح آهن گالوانیزه نرم کمترین ضریب

اصطکاک (۰/۳۲) را با محصول زرشک نشان داد. آهن گالوانیزه زبر و مقوای جعبه روندی کاملاً غیر خطی از خود نشان می دهند به طوری که بیشترین مقدار خود را در رطوبت دوم (۳۰-۲۵ درصد) از خود بروز می دهند.

منابع

- 1- Aghbashlo M., Kianmehr M.H., and Hassan-Beygi S.R. ۲۰۰۸. Specific heat and thermal conductivity of berberis fruit (*Berberis vulgaris*). American Journal of Agricultural and Biological Sciences ۳ (۱): ۳۳۰-۳۳۶.
- 2- Amin M.N., Hossain M.A., and Roy K.C. ۲۰۰۴. Effects of moisture content on some physical properties

- of lentil seeds. *Journal of Food Engineering* ۶۵: ۸۳-۸۷.
- ۳- ASAE Standards. ۱۹۹۸. Compression test of food material of convex shape. *American Society of Agricultural Engineering*, S۳۶۸.۳. P:۵۵۴-۵۵۹.
- ۴- Aviara N.A., Mamman E., and Umar B. ۲۰۰۵. Some physical properties of Balanites Aegyptiaca nuts. *Journal of Biosystems Engineering* ۹۲ (۳): ۳۲۵-۳۳۴.
- ۵- Deshpande S.D., Bal S., and Ojha T.P. ۱۹۹۳. Physical properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*. ۵۶: ۸۹-۹۸.
- ۶- Fathollahzadeh H., Mobli H., Jafari A., Rajabipour A., Ahmadi H., and Mohammad Borghei A. ۲۰۰۸. Effect of moisture content on some physical properties of barberry. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, ۳ (۵): ۷۸۹-۷۹۴.
- ۷- Filabi A., and Khaghani S. ۲۰۰۸. Possibility, opportunities and challenges of Berberis product by the novel technique. *Internal Agricultural Engineering Conference, Red Gold Conference*. South Khorasan. Iran.
- ۸- Ghasemi Varnamkhasti M., Mobli H., Jafari A., Keyhani A.R., Heidari soltanabadi M., Rafee S., and Kheiralipour K. ۲۰۰۸. Some physical properties of rough rice (*Oryza Sativa L.*) grain. *Journal of Cereal Science* ۴۷: ۴۹۶-۵۰۱.
- ۹- Kafi M., and Balandari A. ۲۰۰۲. *Berberis Production and Processing*. Ferdowsi University of Mashhad Publication. Iran.
- ۱۰- Mohsenin N.N. ۱۹۸۶. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- ۱۱- Nimkar P.M., and Chattopadhyay P.K. ۲۰۰۱. Airflow resistance of green Gram. *Biosystems Engineering* ۸۲ (۴): ۴۰۷-۴۱۴.
- ۱۲- Ogunjimi L.O.A., Aviara N.A., and Aregbesola O.A. ۲۰۰۲, Some engineering properties of locust bean seed. *Journal of Food Engineering* ۵۵: ۹۵-۹۹.
- ۱۳- Olajide J.O., and Ade-Omowaye B.I.O. ۱۹۹۹. Some physical properties of locust bean seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*. ۷۴: ۲۱۳-۲۱۵.
- ۱۴- Razavi M.A., and Akbari R. ۲۰۰۶. *Biophysical Properties of Agricultural & Food Materials*. Ferdowsi University of Mashhad Publication. Iran.

بررسی و تعیین تلفات برداشت کمباینی ذرت دانه‌ای به منظور ارائه راهکارهای لازم کاهش تلفات

محمد رضا مستوفی سرکاری^۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۵

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۲

چکیده

برداشت ذرت با کمباین دارای تلفاتی است. این تلفات منجر به کاهش سود می‌گردد. اگرچه نمی‌توان تلفات را به صفر رساند ولی می‌توان آن را در حد قابل قبولی کنترل نمود. در این تحقیق با استفاده از یک روش استاندارد (ASAE S396.2) مقدار افت در قسمت‌های مختلف کمباین اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس راهکارهایی به منظور کاهش افت‌ها و تلفات ارائه می‌گردد. تلفات برداشت به دو دسته قبل از برداشت (طبیعی) و حین برداشت که شامل افت خوشه در دماغه، افت دانه در دماغه، افت قسمت کوبش و نهایتاً افت قسمت جداکننده می‌باشند، تقسیم می‌شود. این تحقیق در منطقه قزوین در زمین زارع که غالب کشت ذرت دانه‌ای می‌باشد به انجام رسید. بررسی‌های زراعی مربوط به صفات عملکرد و اجزاء آن مانند ارتفاع بوته، بلال، تعداد برگ، قطر بلال، قطر چوب بلال و تعداد بلال بصورت تصادفی در چند نقطه مزرعه در سطح مشخص برداشت انجام گرفت. کلیه تلفات در قالب سه تیمار اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارها عبارتند از: میزان رطوبت محصول قبل از برداشت ۱۹ درصد، ۲۳ درصد و ۲۷ درصد، سرعت پیشروی کمباین ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ متر بر ثانیه و سرعت سیلندر کوبنده ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ دور بر دقیقه. تیمارها با طرح آزمایشی کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های سال اول و دوم نشان داد که مناسب‌ترین سطح رطوبت دانه هنگام برداشت ۲۳ درصد، سرعت کوبنده ۴۰۰ دور بر دقیقه و سرعت پیشروی کمباین ۱/۲ متر بر ثانیه بودند که پائین‌ترین افت کلی دانه به ترتیب ۱/۵۵، ۲/۶۵ و ۲/۳۴ درصد حاصل گردید. دلایل دیگری از قبیل عدم مهارت کافی راننده در تنظیم و کاربرد صحیح کمباین برای برداشت، انجام نشدن بموقع عملیات کاشت و برداشت محصول در رطوبت ناصحیح و یکنواخت نبودن رطوبت دانه در قسمت‌های مختلف مزرعه باعث افت‌های زیادی می‌شود که با راهکارهای ارائه شده قابل کنترل می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: افت کمباینی، اندازه‌گیری، تلفات، ذرت دانه‌ای

مقدمه

وجود داشته و مبلغی بالغ بر ۵۲۹ میلیون ریال به ضرر کشور می‌باشد. لذا با هدف ارزیابی روش معرفی شده تعیین تلفات در قسمت‌های مختلف کمباین برداشت ذرت، تعیین اثر عوامل تیمارهای اصلی بر میزان تلفات و ارائه راهکارهای لازم برای انجام تنظیمات به منظور کاهش تلفات کمباین برداشت ذرت این تحقیق به انجام رسید. میزان افت در مقایسه با مقادیر استاندارد موجود در منابع (۵ - ۳ درصد) بررسی شده (Modarres Razavi, ۱۹۹۶) و در صورت قابل قبول بودن می‌توان برداشت کمباینی را ادامه داد در غیر این صورت بایستی در پی علت بود و راهکار مناسب در جهت کاهش افت‌ها در قسمت‌های مختلف کمباین و در نتیجه کاهش اتلاف کل ارائه نمود که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شده و اهمیت اجرای آن توجیه پذیر است. وضعیت میزان افت در برداشت محصول در مناطق دیگر دنیا را می‌توان بر اساس مطالعات زیر بررسی نمود:

در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ سطح زیر کشت ذرت در کشور ۲۳۹۶۶۳ هکتار بوده است که بالغ بر ۱۷۶۳۵۳۹ تن محصول (دانه) داشته است (Agricultural statistics, ۲۰۰۷). بر اساس طرح جامع افزایش عملکرد ذرت که اخیراً تدوین شده است سطح زیر کشت در سال ۱۳۹۰ به حدود ۳۶۰۰۰۰ هکتار خواهد رسید که امید است بالغ بر ۲۸۸۰۰۰۰ تن ذرت تولید گردد. بنابراین توجه به کاهش افت در کمباین‌های برداشت و ارائه راهکارهای اساسی در رابطه با کاهش افت بسیار مهم است. طبق گزارشات ارائه شده توسط دفتر طرح ذرت میزان افت کمباین‌های موجود کشور حداقل ۱۰ درصد بوده که با عنایت به میزان تولید ذرت دانه‌ای در کشور سالانه حداقل ۱۷۶۳۵۴ تن افت

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

* - نویسنده مسئول: (Email: mostofi.08@gmail.com)

در تحقیقی که در دانشگاه میسوری انجام شد محدوده ای برای افت در قسمت‌های مختلف کمباین و نهایتاً بصورت درصدی از افت کل توصیه گردید. ماشین‌های با افت بیش از این محدوده مناسب برداشت تشخیص داده نشد. این محدوده‌ها عبارتند از:

افت قبل از برداشت و طبیعی	کمتر از ۱ درصد
افت خوشه در دماغه	۱ درصد
افت دانه در دماغه	حدود ۰/۴ درصد
افت سیلندر کوبنده	کمتر از ۰/۳ درصد
افت قسمت جداکننده	۰/۱ درصد

افت کلی قابل قبول برای برداشت کمباینی ذرت ۵-۳ درصد اعلام شده که بیش از آن نیاز به بررسی در جهت کاهش اتلاف دارد (Shay et al., ۱۹۹۹).

هانا و همکاران در تحقیقی اعلام کردند افت کلی کمباینی با دماغه برداشت ذرت با فاصله ردیف‌های ۷۶ و ۳۸ سانتی متری مشابه بودند. در صورتیکه یکسال افت کلی کمباینی در فاصله ردیف ۷۶ سانتی متری از نظر آماری کمتر بوده است. افت خوشه از کمباین در محدوده ۰/۹ تا ۱/۳ تن در هکتار بوده و بیشترین افت در سرعت ۴/۸ کیلومتر بر ساعت اتفاق افتاد. افت دماغه بعلافت خوشه در برداشت با تاخیر اتفاق افتاد و افت کوبنده در محدوده ۱٪ بوده است (Hanna et al., ۲۰۰۲).

اسپنگلر و همکاران در تحقیقی نشان دادند افت دانه با روند مطلوب برداشت، افت کلی دانه را در کشور کاهش داد و به حدود ۴ تا ۶٪ و تقریباً میانگین ۵ درصد رساند. از پایشگر تلفات دانه برای کنترل افت فرآوری (افت کوبنده و تمیز کننده) استفاده شد و به ضرورت واسنجی ابزار اندازه گیری تلفات در کمباین تاکید گردید (Spengler et al., ۲۰۰۳).

زنگ و همکاران در تحقیقی اثر فاصله ردیف‌های کاشت متفاوت را روی عملکرد ذرت و نتایج برداشت ماشینی در مزرعه مورد مطالعه قرار دادند. سه فاصله ردیف ۵۰، ۶۰ و ۷۰ سانتی متر بعنوان سطوح مختلف تیمار فاصله ردیف کاشت در نظر گرفته شد. عملکرد سه سطح به ترتیب ۹، ۹/۲۴ و ۹/۲۹ تن در هکتار بوده و افت کلی کمباینی برای سه سطح به ترتیب ۱۲/۲۳، ۷/۴۹ و ۷/۸۸ در صد بدست آمد. بنابراین توصیه شد فاصله ردیف بعنوان یک روش در هد کمباین اعمال گردد تا افت برداشت کمینه شود (Zhang Dongxing et al., ۲۰۰۹).

در حال حاضر بیشترین افت‌های موجود در قسمت دماغه (غلتک‌های جمع آوری کننده ذرت)، که با تنظیم نبودن صحیح باعث بیرون پریدن بلال‌ها حین برداشت می‌شوند، و قسمت کوبش می‌باشد که باعث ترک خوردگی، شکستگی، خرد شدگی و در تراکم‌های بالا و سرعت پیش روی نامناسب بیرون ریختن دانه‌ها از پشت کمباین بوجود می‌آید. مدارکی مبنی بر اندازه گیری تلفات در قسمت‌های مختلف کمباین برداشت ذرت در دسترس نمی‌باشد فقط تنظیماتی در صورت مشاهده افت بیش از حد قابل قبول توسط کاربران انجام

برداشت ذرت مورد آزمون قرار گرفت و عملکرد ذرت در رطوبت ۳۲ درصد برابر با ۱۱ تن در هکتار بود. سرعت پیشروی ۱/۶۷ متر بر ثانیه و دبی محصول ۱۳/۳ کیلوگرم بر ثانیه حاصل شد و میزان دانه‌های شکسته ۶/۲۷ درصد بوده و جمع کل تلفات برداشت ۲/۲۸ درصد برآورد گردید (Sek et al., ۱۹۹۴).

در تحقیقی که در دانشگاه آیووا انجام شد اعلام کردند بیشترین افت در قسمت جلو کمباین اتفاق می‌افتد که شامل خوشه‌های افتاده توسط ماشین برداشت و افت دانه‌ها توسط غلتک‌های کشنده در قسمت دماغه کمباین می‌باشند اتلاف برداشت وقتی که رطوبت دانه بین ۱۹ تا ۲۳ درصد بوده کمترین مقدار گزارش شد. اتلاف زمانی که میزان خم شدگی ساقه‌ها زیاد است و مزرعه دارای علف هرز بیشتری بوده افزایش می‌یابد. مقادیر اتلاف در قسمت‌های مختلف برای ۸۴ کمباین که بطور تصادفی در برداشت ذرت انتخاب شده اند به ترتیب زیر می‌باشند:

افت خوشه در دماغه	۱۲۹/۷۵ kg.ha-۱
افت دانه در غلتک کشنده	۷۷/۸۵ kg.ha-۱
افت سیلندر کوبنده	۵۱/۹۰ kg.ha-۱
افت قسمت جدا کننده	۶۰/۵۵ kg.ha-۱
جمع افت در حین برداشت	۳۲۰/۰۵ kg.ha-۱
اتلاف خوشه‌های افتاده قبل از برداشت	۱۸۱/۶۵ kg.ha-۱
جمع کل افت	۵۰۱/۷۰ kg.ha-۱

در این تحقیق ۱۰ درصد از کمباین‌های مورد مطالعه دارای افت کلی ۱۲۹/۷۵ کیلوگرم بر هکتار بودند (Hanna et al., ۱۹۹۵).

در تحقیقی دیگر اعلام شد برای برداشت ذرت دانه ای در رطوبت ۳۵٪ سرعت سیلندر کوبنده می‌بایستی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه باشد. فاصله بین سیلندر کوبنده و ضد کوبنده ۱۹ میلی متر، بین شبکه‌های غربال بالائی ۱۲ میلی متر و بین شبکه‌های غربال پائینی ۸ میلی متر است. وقتی که کمباین با سرعت ۲/۸ کیلومتر بر ساعت کار می‌کرد، جمع کل افت دانه ذرت از حد مجاز تجاوز نمود. اگر کمباین در رطوبت بالاتری برای برداشت محصول استفاده شود میزان اتلاف دو برابر حد مجاز خواهد بود (Spokas, ۱۹۹۶).

در گزارش تحقیقاتی اعلام نمود رسیدن فیزیولوژیکی ذرت زمانی می‌باشد که رطوبت دانه به حدود ۳۰ درصد برسد. از رطوبت ۲۰ درصد دانه ذرت می‌توان برداشت را شروع نمود که نیاز به خشک کن‌های مزرعه ای خواهد بود. رطوبت انبارداری ایمن بین ۱۳ تا ۱۴ درصد می‌باشد (Price, ۱۹۹۷).

در انجام تحقیقی با عنوان بررسی اثر مرحله رسیدگی روی عملکرد و کیفیت ذرت دانه ای و کاه ذرت در سه سطح رطوبت ۲۸-۳۰، ۲۳-۲۰ و ۱۲-۱۰ درصد نتیجه گرفتند در میزان رطوبت ۱۲-۱۰ درصد عملکرد دانه روند افزایشی را نشان داده در حالی که چوب بلال، کاه ذرت، کل بقایای گیاهی و کل ماده خشک عملکرد روند کاهشی با بالا رفتن مراحل رسیدگی محصول نشان می‌دهد (Tolera et al., ۱۹۹۸).

می‌گیرد.

نهایتاً با مرور منابع می‌توان دریافت که تیمارهای رطوبت محصول در زمان برداشت، سرعت پیشروی کمباین و سرعت سیلندر کوبنده پارامترهای اساسی در اندازه‌گیری افت‌ها می‌باشند که می‌بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند. بنابراین این قسمت بر اساس موارد ذکر شده و اهمیت آنها در کاهش افت برداشت با کمباین طراحی و اجرا می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از کمباین‌های معمول منطقه (جان دیر و کلاس) استفاده گردید. رطوبت دانه توسط دستگاه رطوبت سنج و سرعت کوبنده توسط دورسنج اندازه‌گیری شد. بعد از پلات بندی و انجام تنظیمات لازم روی کمباین تیمارهای طرح اعمال شد. در این تحقیق ابتدا نحوه اندازه‌گیری و بررسی تلفات برداشت کمباین ذرت دانه ای تشریح می‌شود. طرح آزمایشی مورد استفاده توضیح داده شده و پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر پلات بیان خواهد شد. نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس و آزمون میانگین‌ها نیز شرح داده شده و در خصوص نتایج اخذ شده بحث می‌شود. در خاتمه پس از جمع بندی نتایج سال اول و دوم اجرای طرح، پیشنهادات و راهکارهای لازم ارائه خواهد شد.

نحوه بررسی و تعیین تلفات برداشت کمباینی ذرت دانه ای

بررسی و تعیین تلفات توسط اجرای طرح آزمایشی کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. این نوع طرح آزمایشی که برای ارزیابی عملکرد برداشت ذرت دانه ای با کمباین در مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمون دقیق و کاربردی بوده و دارای نتایج محکم علمی و فنی مهمی است.

طرح آزمایشی بررسی و تعیین تلفات کمباین ذرت دانه ای

طرح آزمایشی ارزیابی ماشین، کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بوده است. اندازه پلات‌ها متناسب با عرض کمباین (۳ متر) در طول ۱۶/۷۷ متر برابر با ۵۰ متر مربع (۱/۲۰ هکتار) بوده است. فاصله بین پلات‌ها دو متر و آزمایش در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- رطوبت محصول (MC) در زمان برداشت در سه سطح ۱۹٪، ۲۳٪ و ۲۷٪؛ ۲- سرعت کوبنده (CS) کمباین در سه سطح ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ دور در دقیقه.

۳- سرعت پیشروی (GS) کمباین در سه سطح ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ متر بر ثانیه.

رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس) بوده که رقم معمول مناطق مختلف در ایران می‌باشد. مبنای انتخاب سطوح تیمارهای فوق بر گرفته از منابع مورد مطالعه بوده و در خصوص رطوبت دانه، سطوح رطوبتی انتخاب شده اند که ایستگاه‌های ذرت خشک کنی حاضر به دریافت ذرت‌ها در این رطوبت‌ها بوده و به کشاورز مبلغ لازم را

پرداخت می‌نمایند.

نحوه اعمال تیمارها در سطوح مختلف در مراحل متفاوت

بررسی و تعیین تلفات

مزرعه مورد آزمون انتخاب گردید و رطوبت دانه توسط رطوبت‌سنج دیجیتالی و مکانیکی اندازه‌گیری شد. در صورت قرارگیری رطوبت اندازه‌گیری شده در محدوده سطوح انتخابی عملیات برداشت صورت می‌گرفت. دور کوبنده توسط تاکومتر (دور سنج) اندازه‌گیری گردید و ثابت نگه داشته شد. سرعت پیشروی بر اساس اندازه‌گیری دور موتور در زمان ثابت و مسافت معین سطوح سرعت پیشروی در یک راستا اعمال گردید.

پارامترهای مورد ارزیابی و اندازه‌گیری در هر پلات

آزمایشی بشرح زیر می‌باشند

اندازه‌گیری رطوبت محصول قبل از برداشت:

این اندازه‌گیری توسط دستگاه رطوبت سنج انجام شد. مقدار مشخصی از دانه در داخل دستگاه ریخته شد و با فشار دادن دکمه مربوطه رطوبت دانه اندازه‌گیری گردید. در مکان‌های مختلف این اندازه‌گیری تکرار و متوسط رطوبت مزرعه بدست آمد. اگر در رطوبت اندازه‌گیری شده محدوده تعریف شده در طرح بود فاکتورهای آزمایشی به مورد اجرا درآمد.

اندازه‌گیری دور کوبنده:

دور کوبنده توسط دستگاه تاکومتر یا دور سنج بطور مستقیم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری سرعت پیشروی:

توسط کورنومتر زمان پیشروی کمباین در مسافت مشخص ثبت شده و سرعت پیشروی محاسبه گردید و دور موتور و دنده انتخابی برای این سرعت یادداشت شد.

اندازه‌گیری افت در قسمت‌های مختلف کمباین:

افت بلال قبل از برداشت

شامل بلال‌های کامل و شکسته (افت کلی بلال)، خم شده و افتاده در داخل جوی‌ها (افت بلال قبل از برداشت) که امکان بلند کردن و برداشت آن‌ها توسط هد کمباین وجود ندارد در سطح ۵۰ متر مربع جمع‌آوری و شمارش شد.

افت بلال در دماغه

افت بلال قبل از برداشت را از افت کلی بلال کم می‌کنیم تعداد بلال‌های افتاده در داخل دماغه که به طرف کوبنده هدایت نشده اند محاسبه می‌شوند.

درصد دانه‌های تلف شده توسط بلال‌ها در فاکتورهای مختلف تیمارها محاسبه شده است که بترتیب زیر ارائه می‌گردد:

افت کلی دانه (افت دماغه و سیستم جداکننده)

دانه‌های افتاده در روی زمین و آن‌هایی که هنوز به چوب بلال

افت دانه در قسمت جدا کننده

افت کلی دانه (افت دماغه و سیستم جدا کننده) منهای افت دانه در دماغه، افت در قسمت جدا کننده حاصل می‌شود.

جمع کل افت دانه

مجموع افت دماغه و جدا کننده بعلاوه افت کوبنده، جمع کل افت دانه ها حاصل می‌شود.

نتایج و بحث

داده‌های حاصل از اجرای طرح آزمایشی بوسیله نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با وارد نمودن دو ستون داده‌های مربوط به افت دانه در قسمت کوبنده و جمع کل افت دانه و اثر متقابل تیمارها آنالیز داده ها انجام شد. تیمارهای آزمایشی، سطوح تیمارها و تعداد تکرارها به ترتیب عبارتند از: تیمار رطوبت محصول در سه سطح به ترتیب بیانگر ۱۹، ۲۳ و ۲۷ درصد، سطوح تیمار سرعت کوبنده به ترتیب برابر با ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ دور در دقیقه و تیمار سرعت پیشروی کمباینی ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ متر بر ثانیه می‌باشند. تجزیه مرکب داده های دو سال در جدول آنالیز واریانس نشان داده شده است (جدول ۱).

خرد شده چسبیده اند را در مساحت ۱ متر مربع برای هر ردیف پشت کمباین می‌شماریم تا افت کلی دانه بدست آید. بمنظور بدست آوردن افت در مساحت ۱ متر مربع، از یک قاب چوبی به همین مساحت استفاده شد. مساحت در نظر گرفته شده عرضی برابر با عرض ردیف‌های کاشته شده دارد. قاب روی هر ردیف پشت سر ماشین قرار داده شد. تعداد دانه‌های افتاده در روی زمین و داخل قاب شمارش گردید. این عدد افت کلی دانه‌های تلف شده را بیان می‌نماید و دانه‌های ریخته شده در کادر ۱ متر مربعی که زیر کمباین قرار گرفته در سه تکرار جمع آوری شده و میانگین آنها محاسبه گردیده است.

افت دانه در قسمت کوبنده

تعداد دانه‌های چسبیده به چوب بلال قبل از جابجا نمودن قاب به ردیف بعدی در پشت سر ماشین، شمارش گردید. دانه‌های کوچک در ابتدا و انتهای چوب بلال را در نظر گرفته نشد. این عدد بیان کننده افت قسمت کوبش می‌باشد.

افت دانه در دماغه

قاب روی هر ردیف برداشت شده در جلوی ماشین جایی که جدا کننده هنوز عبور نکرده است، قرار داده شد. تعداد دانه‌های ریخته شده در داخل قاب شمارش شده و بعد از گرفتن میانگین سه تکرار در جدول مربوطه ثبت گردید. این عدد افت دانه را در دماغه بیان می‌کند.

جدول ۱ - جدول آنالیز واریانس (ANOVA) (تجزیه مرکب دو سال)

Table 1- ANOVA table (combination analysis of two years)

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۲۶۴/۱	۹۵۸۲۱/۳	۹۵۸۲۱/۳	۱	سال
۱/۲	۴۳۶/۵	۸۷۳	۲	خطای سال (a)
۱۱۶/۷**	۴۲۳۵۲/۹	۸۴۷۰۵/۸	۲	رطوبت محصول
۱/۵	۵۵۰/۷	۱۱۰۱/۴	۲	سال × رطوبت محصول
۱/۸	۶۴۹/۳	۲۵۹۷/۱	۴	خطای سال × رطوبت محصول (b)
۲۶/۳**	۹۵۲۸/۹	۱۹۰۵۷/۸	۲	سرعت کوبنده
۱۱۰*	۳۹۹۰۹/۸	۱۵۹۶۳۹/۱	۴	رطوبت محصول × سرعت کوبنده
۶/۳	۲۲۹۰/۷	۴۵۸۱/۳	۲	سال × سرعت کوبنده
۱۰۷/۴	۳۸۹۶۳	۱۵۵۸۵۲/۱	۴	سال × رطوبت محصول × سرعت کوبنده
۰/۹	۳۳۰/۶	۳۹۶۷/۳	۱۲	خطای سال × رطوبت محصول × سرعت کوبنده (c)
۲۶/۳**	۹۵۳۹/۱	۱۹۰۷۸/۱	۲	سرعت پیشروی
۳۱/۸*	۱۱۵۳۷/۷	۴۶۱۵۰/۶	۴	رطوبت محصول × سرعت پیشروی
۳۲/۳*	۱۱۷۳۳/۸	۴۶۹۳۵/۳	۴	سرعت کوبنده × سرعت پیشروی
۴۷/۲*	۱۷۱۱۰/۶	۱۳۶۸۸۴/۶	۸	رطوبت محصول × سرعت کوبنده × سرعت پیشروی
۶۸/۶	۲۴۸۹۹/۹	۴۹۷۹۹/۸	۲	سال × سرعت پیشروی
۳۱/۸	۱۱۵۴۶	۴۶۱۸۴/۲	۴	سال × رطوبت محصول × سرعت پیشروی
۵۶/۴	۲۰۴۵۶/۲	۲۴۵۴۷۴/۶	۱۲	سال × رطوبت محصول × سرعت کوبنده × سرعت پیشروی
	۳۶۲/۸	۳۱۹۲۶/۷	۸۸	خطای آزمایش (d)
		۱۱۵۲۵۰۴	۱۶۱	جمع کل

*- وجود اختلاف با احتمال ۹۵٪، **- وجود اختلاف با احتمال ۹۹٪

جدول ۳- اثر متقابل رطوبت محصول و سرعت کوبنده بر افت کلی دانه

Table ۳- Interaction of moisture content and cylinder speed on total grain loss

سرعت کوبنده (دور بر دقیقه)			رطوبت محصول (درصد)
۸۰۰	۶۰۰	۴۰۰	
۳۳/۷ ^{abc}	۱۳۱/۷	۳۱/۸ ^{ab}	۱۹
۱۲/۴ ^a	۱۶/۶ ^a	۷۶/۱ ^{bcd}	۲۳
۱۱۳	۸۷/۸	۷۲ ^{bcd}	۲۷

در هر سطر و ستون، میانگین هائی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی دار دارند.

اثر متقابل تیمارهای رطوبت و سرعت پیشروی کمباین نشان داد که به غیر از ترکیب فاکتور ۱ MC۲GS با ۱۳۲/۲ گرم در مترمربع (۲۷/۲۴ کیلوگرم بر هکتار) بقیه ترکیبها در یک کلاس معنی داری بوده و در گروه a قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴- اثر متقابل رطوبت محصول و سرعت پیشروی بر افت کلی دانه

Table ۴- Interaction of moisture content and ground speed on total grain loss

سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)			رطوبت محصول (درصد)
۱/۶	۱/۲	۰/۸	
۸۰/۸ ^a	۵۷/۹ ^a	۵۸/۶ ^a	۱۹
۳۷/۷ ^a	۲۶/۲ ^a	۴۱/۱ ^a	۲۳
۶۱/۹ ^a	۷۴/۷ ^a	۱۳۶/۲ ^b	۲۷

در هر سطر و ستون، میانگین هائی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی دار دارند.

اثر متقابل تیمارهای سرعت کوبنده و پیشروی کمباین نشان دادند که تنها ترکیب فاکتورهای ۳ CS۳GS با ۶/۰۲ کیلوگرم بر هکتار) و ۲ CS۳GS (۵/۴۸ کیلوگرم بر هکتار) در گروه a قرار گرفته و بقیه ترکیبها در گروه های دیگر می باشند (جدول ۵).

جدول ۵- اثر متقابل سرعت کوبنده و سرعت پیشروی بر افت کلی دانه

Table ۵- Interaction of cylinder and ground speed on total grain loss

سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)			سرعت کوبنده (دور بر دقیقه)
۱/۶	۱/۲	۰/۸	
۶۶ ^{ab}	۵۷/۸ ^{ab}	۵۶ ^{ab}	۴۰۰
۸۴/۳ ^{ab}	۷۳/۶ ^{ab}	۷۸/۳ ^{ab}	۶۰۰
۳۰/۱ ^a	۲۷/۴ ^a	۱۰۱/۷ ^b	۸۰۰

در هر سطر و ستون، میانگین هائی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی دار دارند.

با استفاده از آزمون F در سطح ۵٪ و مقدار F محاسبه شده، نتیجه گرفته شده است که اختلاف معنی داری بین تیمارها و اثرات متقابل آنها وجود دارد. میانگین تیمارها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- میانگین تیمار رطوبت دانه

Table ۲- Average of moisture content, cylinder and ground speed treatments

تیمار	رطوبت محصول (درصد)		میانگین %		
	۱۹	۲۳	۲۷	۳۵ ^a	۶۵/۸ ^b
دور کوبنده (دور در دقیقه)	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۵۹/۹ ^a	۷۸/۷ ^b
سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)	۰/۸	۱/۲	۱/۶	۵۲/۹ ^a	۷۸/۷ ^b
			۹۰/۹ ^c	۳۵ ^a	۶۵/۸ ^b

در هر سطر و ستون، میانگین هائی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی دار دارند.

کمترین میزان افت کلی دانه با ۳۵ گرم (۷ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار رطوبت ۲۳ درصد محصول رخ داده است و افتهای مربوط به رطوبت های محصول در سطوح بالا و پایین در کلاس های بعدی قرار می گیرند. بالا ترین میزان افت کلی دانه با ۹۰/۹ گرم (۱۸/۱۸ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار رطوبت ۲۷ درصد محصول حادث شده است.

کمترین افت در تیمار سرعت کوبنده مربوط به فاکتور ۴۰۰ و ۸۰۰ دور در دقیقه بترتیب با ۵۹/۹ و ۵۳ گرم (۱۱/۹۸ و ۱۰/۶ کیلوگرم بر هکتار) بوده و اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند در حالی که فاکتور بعدی ۶۰۰ دور در دقیقه در گروه b قرار می گیرد و با دو فاکتور قبلی اختلاف معنی داری را نشان می دهد که نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. بنابراین بایستی از سرعت ۴۰۰ بجای ۸۰۰ دور در دقیقه استفاده شود.

در تیمار سرعت پیشروی کمباین فاکتورهای سرعت ۱/۶ و ۱/۲ متر بر ثانیه بترتیب با ۵۲/۹ و ۶۰/۱ گرم (۱۰/۵۸ و ۱۲/۰۲ کیلوگرم بر هکتار) کمترین افت را نشان دادند در حالی که فاکتور سرعت سطح اول در گروه b قرار گرفت که در جدول ۲ نتایج اخذ شده مشاهده می شود.

کمترین مقدار افت کلی دانه در اثر متقابل تیمارهای رطوبت و سرعت کوبنده در ترکیب های ۳ MC۲CS با ۱۲/۴ گرم (۲/۴۸ کیلوگرم بر هکتار) و ۲ MC۲CS با ۱۶/۶ گرم (۳/۳۲ کیلوگرم بر هکتار) بودند و ترکیب های دیگر در گروه های بعدی قرار می گیرند که به علت اختلاف معنی داری زیاد از نوشتن حروف صرف نظر شده است (جدول ۳).

مناسب‌ترین سطح سرعت پیشروی کمباین توصیه می‌گردد.

نتیجه گیری

مناسب‌ترین سطح رطوبت دانه ۲۳ درصد با ۷ کیلوگرم بر هکتار افت کلی دانه بدست آمد که با بقیه سطوح تیمار اختلاف معنی داری داشت.

سطح های CS₁ و CS₃ (۴۰۰ و ۸۰۰ دور در دقیقه) از تیمار سرعت کوبنده با ۱۱/۳ کیلوگرم بر هکتار افت کلی دانه در یک گروه قرار گرفتند که با در نظر گرفتن متوسط عملکرد استان قزوین در سال زراعی ۸۳-۸۲، ۷۷۳۷ کیلوگرم در هکتار، افت قابل قبولی حاصل شده است.

مناسب‌ترین سرعت پیشروی کمباین ۱/۲ متر بر ثانیه با ۱۰/۵۸ کیلوگرم بر هکتار افت کلی دانه حاصل شد که با فاکتور ۱/۶ متر بر ثانیه در یک گروه قرار گرفتند. همچنین برای رطوبت دانه بالای ۲۷ در صد سرعت پیشروی ۱/۲ متر بر ثانیه توصیه می‌شود.

باعنایت به اینکه تاخیر در برداشت باعث افزایش افت بلال قبل از برداشت می‌شود لذا برداشت می‌بایستی در زمان مناسبی انجام شود تا این افت کمینه گردد و در حقیقت توجه با انجام شدن بموقع عملیات برداشت ضروری است بطوری که در نتایج Hanna و همکاران نیز به آن اشاره شد.

در مواقعی که کشاورز مجبور به برداشت در رطوبت‌های بالای ۲۷ درصد باشد می‌بایستی سرعت کوبنده سطح CS₃ (۸۰۰ دور در دقیقه) و سرعت پیشروی سطح GS₂ (۱/۲ متر بر ثانیه) استفاده گردد تا میزان افت بلال در دماغه کمینه شده و کوبش محصول بطور کامل انجام شود.

بیشترین مقدار افت زمانی حادث می‌شود که تاخیر در زمان کاشت صورت می‌گیرد. لذا کشاورز به منظور برداشت هر چه سریعتر محصول خود و کاشت محصول بعدی به برداشت با رطوبت بالای ۲۷ درصد اقدام می‌نماید. کاشت و برداشت به موقع به منظور ضرورت به موقع انجام شدن عملیات برداشت در رطوبت ذکر شده توصیه می‌گردد.

آموزش رانندگان کمباین برای انجام برداشت صحیح و تنظیمات مورد نیاز با توجه به رطوبت محصول ضروری می‌باشد. با اندازه گیری دقیق رطوبت محصول در زمان برداشت و انجام تنظیمات مربوطه روی کمباین از افت‌های بوجود آمده کاسته خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری های بی شائبه ریاست محترم بخش و زحمات جناب آقای مهندس ابراهیم نجفی کارشناس محترم بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه

اثر متقابل سه تیمار رطوبت دانه، سرعت کوبنده و سرعت پیشروی کمباین نشان دادند که ترکیب فاکتورهای MC₁CS₁GS₃، MC₂CS₂GS₂، MC₂CS₃GS₁₋₃ و MC₂CS₂GS₃ در گروه a با کمترین افت کلی دانه (۲/۶ کیلوگرم بر هکتار) قرار می‌گیرند و بقیه ترکیبات در گروه‌های بعدی قرار دارند.

آزمون میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ انجام گرفت که نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است. فاکتورهای MC₂، CS₁، CS₃، GS₃ و GS₂ به ترتیب از تیمارهای رطوبت دانه، سرعت کوبنده و سرعت پیشروی کمباین دارای کمترین افت کلی دانه می‌باشند.

جدول ۶- نتایج آزمون میانگین تیمارها با آزمون دانکن
Table ۶- Results of treatments average test using Donkan test

تیمار	رطوبت محصول (درصد)			میانگین (درصد)		
	۲۳	۱۹	۲۷	۳۵ ^a	۶۵/۸ ^b	۹۰/۹ ^c
دور کوبنده (دور در دقیقه)	۸۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۵۳ ^a	۵۹/۹ ^a	۷۸/۷ ^b
سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)	۱/۲	۱/۶	۰/۸	۵۲/۹ ^a	۶۰/۱ ^a	۷۸/۷ ^b

در هر سطر و ستون، میانگین هائی که دارای حروف غیر مشترک هستند، اختلاف معنی دار دارند.

بطور کلی، در تیمار رطوبت دانه سطوح MC₁ (۱۹ درصد) و MC₃ (۲۷ درصد) در گروه‌های b و c قرار گرفته و با سطح MC₂ (۲۳ درصد) اختلاف معنی داری دارند که با نتایج تحقیقات Hanna و همکاران نیز مطابقت دارد. در تیمار سرعت کوبنده با در نظر گرفتن افت کلی دانه سطوح CS₁ (۴۰۰ دور در دقیقه) و CS₃ (۸۰۰ دور در دقیقه) در یک گروه (a) قرار گرفته و سطح CS₂ (۶۰۰ دور در دقیقه) در گروه دیگر جای دارد و این موضوع به این دلیل می‌باشد که برای رطوبت‌های حدود ۱۹ تا ۲۳ در صد مناسب‌ترین سرعت کوبنده ۴۰۰ دور در دقیقه بوده و افزایش سرعت کوبنده باعث افزایش افت آن خواهد بود که در نتایج این روند مشاهده می‌شود. ولی در سطح ۸۰۰ دور در دقیقه در محدوده رطوبت ۱۹ تا ۲۳ درصد افت کوبنده کم شده و با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه در یک کلاس معنی داری قرار می‌گیرند لذا می‌توان از رطوبت بالای ۲۷ در صد محصول، سرعت ۸۰۰ دور در دقیقه را پیشنهاد نمود که در این صورت دانه ای به چوب بلال نچسبیده و کوبش بطور کامل انجام خواهد شد. در نهایت سطح GS₂ (۱/۲ متر بر ثانیه) در تیمار سرعت پیشروی کمباین، که Sek و همکاران نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده اند، با سطوح GS₃ (۱/۶ متر بر ثانیه) در یک گروه قرار گرفته و با GS₁ (۰/۸ متر بر ثانیه) اختلاف معنی داری را نشان می‌دهد و

منابع

- ۱- Agricultural statistics. ۲۰۰۶-۲۰۰۷. Agricultural Ministry. Planning & economical deputy. Statistics and information technology office. Farming database. Available on site: <http://www.agri-jahad.ir>.
- ۲- Hanna H.M., and Fossen L.V. ۱۹۹۵. Profitable Corn Harvesting, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University.
- ۳- Hanna H.M., Kohl K.D., and Haden D.A. ۲۰۰۲. Machine losses from conventional versus narrow row corn harvest. Applied engineering in agriculture_ Vol. ۱۸(۴):۴۰۵-۴۰۹. ASABE.
- ۴- Karpenko V.D. ۱۹۹۷. New method of harvesting maize, Tekhnika-V-Sel'skom-Khozyaistive.
- ۵- Modarres Razavi M. ۱۹۹۶. Grain Harvesting Equipment-Binders, Threshers, Combine Harvesters. Emam reza university. Astan ghods razavi publication.
- ۶- Mostofi Sarkari M.R. ۲۰۰۵. Investigation & Determination of Corn Combine Harvester Losses to Introduce an Appropriate Methods to Reduce Losses. Research project report. Agricultural Engineering Research Institute. Published No. ۸۴/۱۴۰۶.
- ۷- Price T. ۱۹۹۷. Growing dryland maize, Agricultural Extention Office, Northern Territory, Australia.
- ۸- Sek T., Przybyl J., and Kowalik I. ۱۹۹۴. Energy inputs and operational efficiency of Claas Commandor ۲۲۸ CG combine when harvesting maize, Zeszyty-Problemy-Postepow-Nauk-Rolniczych.
- ۹- Shay C., Ellis L.V., and Hires W. ۱۹۹۹. Measuring and Reducing Corn Harvesting Losses, Departement of Agricultural Engineering, University of Missouri-Columbia.
- ۱۰- Singh V., Yang P., Moreau R.A., Hicks K.B., and Eckhoff S.R. ۲۰۰۱. Effect of Harvest Moisture Contant and Ambient Air Drying on Maize Fiber Oil Yield and its Phytosterol Composition, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Fed. Rep. of Germany.
- ۱۱- Spengler A., Mehne S., Feiffer A., and S.B. ۲۰۰۳. Combine harvesting at large scale enterprises in Europe. Electronic proceedings of the international conference on crop harvesting and processing, ۹-۱۱ Feb. ۲۰۰۳. ASAE Pub. # ۷۰۱P۱۱۰۳e.
- ۱۲- Spokas L. ۱۹۹۶. Analysis of harvesting very wet wheat. Zemes-Ukio-Inzinerija, -Mokslo-Darbai.
- ۱۳- Tolera A., Sundstool F., and AN. Said. ۱۹۹۸. The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover, animal-Feed-Science-and Technology.
- ۱۴- Zang Dongxing J. Liu, Tao Cui and Yan Long Li. ۲۰۰۹. Effects of different row space on corn yield and machinery harvesting losses. ASABE paper No: ۰۹۶۱۷۸.

استفاده از روش تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (FMEA) به منظور انجام شخم مطلوب با گاواهن برگردان‌دار

مجید نامداری^{۱*} - شاهین رفیعی^۲ - علی جعفری^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۳

چکیده

مدیریت مزرعه بدون بهره‌گیری از روش‌های نوین مدیریتی موفقیت‌های لازم را به‌دست نخواهد آورد. یکی از روش‌های نوین مدیریتی روش تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (FMEA) می‌باشد. روشی جدید برای تحلیل قابلیت اطمینان در طراحی، تولید یا به‌کارگیری فرایندهای مختلف می‌باشد. این روش با شناسایی علل ایجاد خطا قبل از وقوع و ارائه راه‌حل‌های مناسب و همچنین اولویت بندی آن‌ها از طریق معیاری با نام نمره اولویت ریسک (RPN) که خود ترکیبی از شدت، وقوع و تشخیص مشکلات می‌باشد، در رفع مشکل کمک می‌کند. در این مطالعه تلاش شد تا دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان بقایا در عملیات شخم با گاواهن برگردان‌دار با استفاده از این روش بهبود یابند. نتایج مطالعه نشان داد که برای بزرگ بودن قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها مهمترین عوامل مدیریتی تأثیرگذار، رطوبت کم، سرعت پیش‌روی کم و عمق شخم زیاد به‌ترتیب با نمره اولویت ریسک ۹۰۰، ۶۳۰ و ۵۶۰ و برای میزان برگردان خاک نیز سرعت پیش‌روی کم، عدم استفاده از پیش‌بر، رطوبت خاک کم و عمق شخم زیاد به‌ترتیب با نمره اولویت ریسک ۷۲۰، ۶۴۸، ۴۹۰ و ۴۲۰ می‌باشند. اجرای یک آزمایش اسپلیت-اسپلیت فاکتوریل با ۱۶ تیمار و سه تکرار نیز نتایج این روش را تصدیق کرد. با اصلاح موارد شناسایی شده برای هر دو شاخص و اجرای مجدد آزمایش مشخص شد اندازه کلوخه‌های حاصل از عملیات شخم حدوداً ۲۰ درصد کاهش یافته و میزان برگردان خاک نیز تقریباً ۲ درصد افزایش می‌یابد. این مطالعه توجه خاص به روش‌های نوین مدیریتی در کشاورزی را روشن‌تر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن، خاک‌ورزی، قطر متوسط وزنی کلوخه، میزان برگردان خاک

مقدمه^۱

خاکی نسبت داده می‌شود که در اطراف بذر نرم‌تر و تثبیت شده‌تر باشد (Kepner et al., ۱۹۸۲). اصولاً ساختمان دانه‌دانه خاک که موجب نفوذ سریع آب و حفظ و نگهداری صحیح آن، افزایش گنجایش هوا و تسهیل تهویه خاک و تقلیل مقاومت آن در مقابل ریشه‌دوانی شود، مورد نظر است (Mansouri-Rad, ۲۰۰۷). تحت بعضی شرایط، ممکن است برگردان خاک یک عمل مطلوب محسوب شود. ممکن است لازم شود خاک حاصل‌خیز را به سطح آورده و روی لایه فوقانی که ساختمان خود را از دست داده و از نظر مواد غذایی ضعیف است پوشانده شود. ممکن است لایه سطحی خاک را با لایه‌های عمیق‌تر مخلوط کرد و موجب بهتر شدن خواص فیزیکی خاک سطحی گردید. با برگرداندن خاک، بذر علف‌های هرز دفن شده و در عمقی که مانع سبز شدن آن‌ها می‌گردد، قرار می‌گیرد. چنانچه بقایای محصول، آلوده به حشرات (در مراحل مختلف رشد) یا اسپرهای بیماری‌زا باشد، برگرداندن خاک می‌تواند با دفن کامل آن‌ها، در سالم سازی خاک کمک نماید (Mansouri-Rad, ۲۰۰۷).

حالت فیزیکی خاک نقش مهمی در سبز شدن بذر، رشد و توسعه ریشه گیاه و تولید محصول دارد (Aluko and Koolen; ۲۰۰۰). انجام عملیات صحیح خاک‌ورزی، استفاده از ادوات مناسب و دقت در شرایط اجرای عملیات، باعث می‌گردد تا از تخریب خاک اراضی جلوگیری شده و به حفظ و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن کمک گردد (Azadeghn et al., ۱۹۹۹). هدف از عملیات خاک‌ورزی ایجاد محیطی مناسب برای جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، کنترل علف‌های هرز، نرم کردن و تثبیت خاک، به زیر خاک بردن بقایای گیاهی و برهم زدن لوله‌های مویین خاک برای کاهش تبخیر می‌باشد (Shafiee, ۲۰۰۶). یک بستر بذر خوب عموماً به

۱-۳ و ۲۰- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران
* - نویسنده مسئول: (Email: majidnamdari@gmail.com)

تولیدی، در بخش‌های مختلفی چون بانکداری، منابع انسانی، بهداشت و درمان، و بخش خدمات به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اجرای FMEA جستجوی تمام موارد شکست در فرایند قبل از اجرای آن است (Dabiri et al., ۲۰۰۹). نتایج FMEA به طراح یا مدیر کمک می‌کند تا خرابی‌های بالقوه، اثرات و راه‌حل‌های آن‌ها را قبل از انجام فرایند یا طراحی شناسایی کند (Ebrahimipour et al., ۲۰۱۰).

در بخش‌های تولیدی و خدماتی، کارهای متعددی با استفاده از این روش، انجام گرفته است (Hu et al., ۲۰۱۰; Ebrahimipour et al., ۲۰۰۹; Korayem and Irvani, ۲۰۰۸; Scipioni et al., ۲۰۰۸ and Thivel et al., ۲۰۰۲). ولی در بخش کشاورزی برخلاف این بخش‌ها، به دلیل جدید بودن این روش، مطالعات بسیار اندکی انجام گرفته است. در این زمینه تنها مطالعه‌ی مشاهده شده که تا حدودی به بخش کشاورزی نزدیک است مطالعات اسکپیونی و همکاران (Scipioni et al., ۲۰۰۲) در یک کارخانه مواد غذایی می‌باشد. آن‌ها از این روش در یک کارخانه تولید بیسکویت استفاده کردند. آن‌ها با اجرای این روش و بهره‌گیری از ابزارهای آن، علل ریشه‌ای نرسیدن به کیفیت مطلوب در فرایند تولید محصول را شناسایی کرده، و براساس اقدامات اصلاحی ارائه شده، به اصلاح مشکل پرداختند. آن‌ها اشاره کردند پس از اجرای این روش کیفیت محصول تولیدی افزایش یافته و قدرت کنترل کارخانه نیز بهبود یافت. پیش‌بینی می‌شود با توجه به رشد سریع این روش در علوم مختلف، همچنین به دلیل ویژگی‌های بارزی نظیر نتیجه‌گرایی و ساختار منسجم آن، به‌زودی این رویکرد مشابه علوم دیگر، در تمام ابعاد مهندسی کشاورزی و به‌خصوص مکانیزاسیون کشاورزی نیز نفوذ کرده و روش‌های حل مسئله در کشاورزی را تحت تأثیر خود قرار دهد.

هدف از این مطالعه بررسی و بهبود اندازه قطر متوسط وزنی کلوخه (MWD) و میزان برگردان خاک در عملیات شخم به عنوان دو شاخص مهم در زمینه کیفیت شخم با استفاده از روش مدیریتی FMEA می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مطالعات در مزرعه دانشگاه تهران و همچنین گروه ماشین‌های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج انجام شد. مراحل اجرای FMEA به‌طور مختصر شامل شرحی از فرایند، تعریف وظایف، شناسایی حالات بالقوه شکست، بررسی علل شکست، بررسی اثرات شکست، شناسایی کنترل‌های جاری، برآورد ریسک، تلاش

برگردان کردن خاک موجب مدفون شدن و پوسیدن بقایای سطحی می‌شود. از طرف دیگر، بعضی اوقات مدفون شدن کامل اضافات سطحی، برای کنترل حشراتی که در فصل زمستان لابلای این مواد زیست می‌کنند و یا برای پیشگیری از مزاحمت این مواد در انجام عملیات دقیقی چون کاشت و داشت گیاهان ضروری است (Kepner et al., ۱۹۸۲).

عملکرد گاواهن و انجام عملیات شخم به میزان زیادی به شرایط محیطی و شرایط انجام کار بستگی دارد (Lal, ۱۹۸۹). انجام یک شخم خوب گرچه ممکن است مشکل باشد اما ارزش آن را دارد که برای رسیدن به آن تلاش شود. با شخم خوب هزینه‌های تولید پایین می‌آید، زیرا عملیات خاک‌ورزی کمتری برای آماده سازی بستر بذر مورد نیاز است. همچنین عملکرد محصولات مختلف افزایش می‌یابد (Mansouri-Rad, ۲۰۰۷).

به‌تازگی ابزارهای متنوعی چون مدیریت کیفیت جامع^۱، مهندسی ارزش^۲، تولید ناب^۳، شش سیگما^۴ و تحلیل حالات شکست و اثرات آن^۵ (FMEA)، به‌منظور کاهش اتلاف، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت در فرایندهای مختلف تولیدی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Saghaei and Habibi, ۲۰۰۸). «تحلیل حالات شکست و اثرات» آن که به اختصار با FMEA نشان می‌دهند ابزاری است که امروزه به‌طور گسترده، در صنایع اتومبیل‌سازی، هوافضا، الکترونیک، شیمیایی و بخش‌های دیگر صنایع تولیدی، به‌منظور شناسایی، اولویت‌دهی و رفع خرابی‌ها، شکست‌ها، ضایعات و مشکلات بالقوه در فرایندهای تولیدی قبل از اجرای فرایند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rhee & Ishii, ۲۰۰۳). منظور از شکست می‌تواند خرابی، اتلاف و هر مورد دیگری باشد (Stagliano, ۲۰۰۴). روش FMEA برای اولین بار در سال ۱۹۴۹ در ارتش ایالت متحده شکل گرفت (Scipioni et al., ۲۰۰۲). در دهه ۱۹۵۰ اهمیت مسئله ایمنی و پیشگیری از حوادث قابل پیش‌بینی در صنعت هوا فضا، موجب توسعه FMEA شد. چندی بعد، این روش به عنوان ابزاری کلیدی برای افزایش ایمنی در فرایندهای صنایع شیمیایی مطرح شد (Dabiri et al., ۲۰۰۹). به تدریج صنایع هوایی و صنایع خودرو سازی این روش را در دستور کار خود قرار دادند (Scipioni et al., ۲۰۰۲). با توجه به کنشی بودن این روش و در نتیجه افزایش سودآوری در بخش‌هایی که این روش را به کار گرفته بودند، این فناوری جدید به سرعت در تمام شاخه‌های علوم رشد کرده و امروزه علاوه بر صنایع مختلف

۱- Quality Management

۲- Value Engineering

۳- Lean Production

۴- Six Sigma

۵- Failure Mode and Effect Analysis

۶- Mean Weight Diameter

به ظاهر آشفته و شلوغ آن‌ها ساختار منظمی می‌بخشد (Ehrlich, ۲۰۰۲). این نمودار از طریق طوفان ذهنی^۴ و توسط تمام اعضا، تکمیل می‌شود. طوفان ذهنی یک تکنیک ساده و مؤثر برای بروز عقاید مختلف یک گروه در یک بازه زمانی کوتاه برای حل یک مسئله است (Stagliano, ۲۰۰۴). ساختار کلی نمودار استخوان ماهی مورد استفاده در این مطالعه در مورد قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. مشابه این نمودار برای میزان برگردان خاک نیز استفاده شد. بعد از این که تمام عوامل توسط این نمودار شناسایی شدند بایستی ضمن شناسایی مهمترین عوامل از طریق نمره اولویت ریسک، کنترل‌های جاری شناسایی و اقدامات آتی توسط اعضای تیم ارائه گردد. RPN ابزاری برای اولویت بندی حالات خرابی است و رقمی بین ۱ تا ۱۰۰۰ می‌باشد. نمره اولویت ریسک طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Stagliano, ۲۰۰۴):

$$RPN = D \times O \times S \quad (1)$$

در این رابطه: RPN = نمره اولویت ریسک، D = تشخیص خرابی^۵، O = وقوع خرابی^۶ و S = شدت خرابی^۷ می‌باشد. تشخیص (D)، تخمینی از قابلیت فرایند کنترل است که برای تشخیص علل ضعف طراحی یا قابلیت تشخیص حالات خرابی به کار می‌رود. مقدار تشخیص بین ۱-۱۰ متغیر می‌باشد. وقوع (O)، احتمال وقوع هر علت خرابی که تعیین شده بود را نشان می‌دهد. شدت خرابی (S)، تخمینی از میزان جدی بودن تأثیر حالات خرابی بر فرایند است. مقادیر وقوع و شدت خرابی نیز مشابه تشخیص خرابی، عددی بین ۱-۱۰ می‌باشد (Stagliano, ۲۰۰۴). برای نمره‌دهی به هر یک از این فاکتورها از جداول مخصوصی که در منابع مختلف ارائه شده استفاده می‌شود (Dabiri et al., ۲۰۰۹). رتبه‌بندی توسط اعضای گروه و با استفاده از روش طوفان ذهنی صورت می‌گیرد (Dabiri et al., ۲۰۰۴ & Stagliano, ۲۰۰۹). برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نمره اولویت ریسک عموماً از پرسشنامه‌ای استفاده می‌شود که این پرسشنامه طوری طراحی شده که اقدامات و راهکارهای حل مشکل را ارائه می‌دهد (Ehrlich, ۲۰۰۲; Dabiri et al., ۲۰۰۹; Korayem and Irvani, ۲۰۰۸). نمونه‌ای از این پرسشنامه برای شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. مشابه این پرسشنامه برای شاخص برگردان خاک نیز استفاده شد.

بعد از شناسایی مهمترین عوامل باید از طریق اجرای یک طرح آزمایشی به اثبات تأثیر عواملی که بیشترین RPN را داشته‌اند بر

برای رفع مشکل، ارزیابی مجدد فرایند و بررسی نتایج می‌باشد (Ebrahimipour et al., ۲۰۱۰; Scipioni et al., ۲۰۰۲). از آنجایی که FMEA یک کار گروهی است، در این مطالعه نیز همانند کارهای صورت گرفته توسط سایر محققین، تیمی متشکل از تعدادی از دانشجویان و اساتید آشنا به امور خاک‌ورزی تشکیل شد.

اجرای پروژه‌های FMEA به این صورت است که بعد از تشکیل تیم و تعریف اهداف و حدود پروژه، به منظور برآورد میزان مشکل، شروع به داده‌برداری می‌شود. بعد از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از ابزارهایی نظیر نمودار علت و معلول^۱ تمام عوامل شکست، شناسایی شده و بعد از آن این عوامل با استفاده از شاخصی تحت عنوان نمره اولویت ریسک^۲ (RPN) رتبه‌بندی می‌شود. بعد از شناسایی و رتبه بندی علل شکست، در مرحله بعد این علل اصلاح شده و برای برآورد میزان موفقیت و بررسی رفع علل شکست، دوباره اندازه‌گیری‌هایی انجام می‌شود. در ادامه شرح بیشتری از نحوه انجام این مطالعه در مزرعه موردنظر ارائه می‌شود. هدف در این پروژه بهبود دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه و میزان برگردان خاک تعریف شد. آزمایش‌ها هم‌زمان با شروع عملیات خاک‌ورزی در مزرعه مورد نظر شروع شد. بنابراین برای برآورد مشکل یعنی اندازه کلوخه‌هایی که در عملیات شخم ایجاد می‌شود و همچنین میزان برگردان خاک یک قطعه ۱۰۰۰ متر مربعی (قطعه شماره ۱) با ابعاد ۲۰×۵۰ متر در کنار زمین‌هایی که تحت عملیات شخم برای سال زراعی بعدی بودند انتخاب گردید. این زمین بعد از شخم، دوبار عمود برهم دیسک‌زنی شد. به‌منظور اندازه‌گیری، این قطعه زمین به ۲۰ کرت کوچک‌تر با ابعاد ۵×۱۰ متر تقسیم شده و از هر کدام دو نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. برای نمونه‌گیری از یک چهار چوب ۱۵×۱۵ سانتی‌متر استفاده شد (RNAM, ۱۹۹۵). شرایط خاک و نحوه انجام شخم از قبیل رطوبت، بافت خاک، میزان بقایای محصول قبلی، عمق شخم، سرعت شخم، مشخصات تراکتور، مشخصات گاوآهن، شرایط محیطی و موارد دیگر ثبت گردید. برای اندازه‌گیری دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه و میزان برگردان خاک از روش ارائه شده در استانداردها استفاده شد (RNAM, ۱۹۹۵). نوع بافت خاک زمین‌های مورد آزمایش، از نوع لومی با ۲۶ درصد رس، ۳۵ درصد سیلت و ۳۹ درصد شن بود. بعد از برآورد میزان مشکل، نوبت بررسی علل شکست است. بدین منظور یکی از مفیدترین و پرکاربردترین ابزارها نمودار علت و معلول می‌باشد که به‌نام نمودار استخوان‌ماهی^۳ نیز می‌شناسند. نمودار علت و معلول به‌سازماندهی علل و عواملی (Xهای بحرانی) که موجب پیدایش اشکالات (Yهای بحرانی) می‌شوند کمک می‌کند و

۴- Brain Storming

۵- Detection

۶- Occurrence

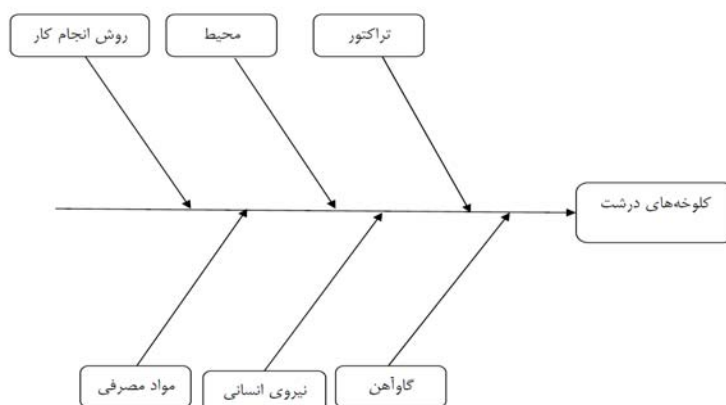
۷- Severity

۱- Cause and Effect Diagram

۲- Risk Priority Number

۳- Fishbone Diagram

میزان شاخص‌های مورد مطالعه پرداخت.



شکل ۱- نمودار استخوان ماهی مورد استفاده برای قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها

Fig. ۱- Fish bone diagram used for clod MWD

آنالیز حالات شکست و آثار آن (FMEA)											
تاریخ:						شاخص: قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (اندازه کلوخه‌ها)					
						مشخصات فرد:					
نتایج											
گام فرایند	حالات بالقوه شکست	آثار بالقوه شکست	شدت اثر (S)	علل بالقوه شکست	وقوع (O)	کنترل‌های جاری	شدت (D)	RPN	اقدامات پیشنهادی	اقدامات آتی	ردیف
RP	D	S	O	RPN	D	RPN					

شکل ۲- فرم FMEA برای قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها

Fig. ۲- FMEA form for clod MWD

سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی نیز دارای دو سطح ۳ و ۵/۵ کیلومتر بر ساعت بودند. قطعه زمینی که این آزمایش‌ها در آن صورت گرفت (زمین شماره ۲) دقیقاً در کنار زمین شماره ۱ بود. سطوح مختلف عوامل بر اساس شرایط شخم در حالت عادی و حالت پیشنهادی گروه انتخاب شده بودند. وسیله خاک‌ورزی مورد استفاده یک دستگاه گاواهن سه‌خیش ساخت ایران با عرض کار هر خیش ۳۵ سانتی‌متر بود. در تمام آزمایشات از یک تراکتور جاندر مدل ۳۱۴۰ با توان ۱۰۰ اسب بخار استفاده شد. آزمایش‌ها در ۴۸ کرت و با ابعاد ۳/۷۵ متر در

بنابراین در این مطالعه نیز باتوجه به نتایج حاصل از نمره اولویت ریسک، یک آزمایش اسپلیت-اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار که در آن رطوبت خاک و تجهیز گاواهن یا عدم تجهیز آن به پیش‌بر به‌صورت خرد شده و سطوح مختلف عمق شخم و سرعت پیش‌روی به‌صورت فاکتوریل بود، استفاده شد. در این مطالعه رطوبت خاک دارای دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک، گاواهن دارای دو سطح مجهز به پیش‌بر و بدون پیش‌بر، عمق شخم دارای دو سطح ۲۰-۱۵ و ۳۰-۲۵

اسپلیت-اسپلیت فاکتوریل نشان می‌دهد. در این جدول تنها اثرات عوامل اصلی نشان داده شده است. همان‌گونه که جدول (۲) نشان می‌دهد تأثیر رطوبت خاک بر هر دو عامل مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. این بدین معنی است که با افزایش رطوبت خاک از ۱۰ درصد به ۱۵ درصد، اندازه کلوخه‌ها کوچکتر شده و میزان برگردان خاک بیشتر می‌شود. جدول (۲) نشان می‌دهد عمق شخم نیز بر هر دو عامل تأثیر معنی‌داری دارد. بنابراین با کاهش عمق از ۳۰-۲۵ سانتی‌متر به ۲۰-۱۵ سانتی‌متر، اندازه کلوخه‌ها کاهش و میزان برگردان خاک افزایش یافته است. نتایج جدول (۲) همچنین نشان دهنده آن است که سرعت پیش‌روی در سطح ۵ درصد بر اندازه کلوخه‌ها تأثیر معنی‌داری داشته است و استفاده از پیش‌بر نیز باعث شده است تا میزان برگردان خاک بیشتر شود. بنابراین با افزایش سرعت پیش‌روی از ۳ کیلومتر بر ساعت به ۵/۵ کیلومتر بر ساعت، کلوخه‌های کوچک‌تری تشکیل شده است. اگرچه از لحاظ آماری تأثیر سرعت پیش‌روی بر میزان برگردان خاک معنی‌دار نشده است ولی داده‌ها نشان می‌داد که با افزایش سرعت، میزان برگردان خاک تمایل به افزایش دارد. با توجه به این نتایج، نظرات اعضای تیم مورد تأیید قرار می‌گیرد. به دلیل این که اهداف مورد نظر از همین جدول (جدول ۲) تأمین می‌گردد از تفسیر بیشتر تجزیه واریانس صرف نظر گردید. در زمینه‌ی طرح آماری مورد اجرا، نتایج مشابهی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. احمدی و ملازاده (Ahmadi and Mollazade, ۲۰۰۹) که بررسی تأثیر دو عمق شخم ۲۰-۱۵ و ۳-۲۵ سانتی‌متر و چهار سطح رطوبت ۱۰-۱۳، ۱۵-۱۳، ۱۸-۱۵ و ۲۰-۱۸ درصد بر مینای وزن خشک بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در عملیات شخم با گاواهن برگردان‌دار پرداخته بودند گزارش کردند که در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و رطوبت ۲۰-۱۸ درصد کوچک‌ترین کلوخه‌ها ایجاد می‌شود. کبیری و زارعیان (Kabiri and Zarean, ۲۰۰۲) به بررسی تأثیر عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور بر اندازه کلوخه‌های ایجاد شده و میزان مدفون شدن پوشش گیاهی در عملیات شخم با گاواهن برگردان‌دار پرداخته و گزارش کردند که با افزایش سرعت، کیفیت پشته‌های شیار یکنواخت‌تر شده و میزان خرد شدن توده خاک برش خورده بهبود یافته و مدفون شدن پوشش گیاهی سطح خاک زیادتر می‌شود.

در مرحله آخر نیز شخم در شرایط اصلاح شده انجام گرفته و نتایج با شرایط قبلی مورد مقایسه قرار گرفت. شکل (۳) مقایسه‌ی مقادیر MWD، و شکل (۴) مقایسه‌ی میزان برگردان خاک در دو حالت قبل و بعد از اجرای FMEA را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل (۳) برمی‌آید با اجرای روش FMEA به‌جز چند مورد مقدار MWD در نمونه‌های مورد بررسی کاهش یافته این بدان معنی است که اجرای این روش باعث بهبود شرایط شخم شده است. در مورد میزان برگردان خاک نیز شکل (۴) نشان می‌دهد که در اکثر نمونه‌ها درصد برگردان خاک بعد از اجرای FMEA بیشتر بوده است. آزمون t همبسته نیز اختلاف معنی‌داری بین دو حالت قبل و بعد از اجرای

۳۳ متر اجرا شد. بعد از شناسایی و اثبات عوامل مشکل‌ساز و انتخاب بهترین راه‌حل‌ها، بایستی به رفع مشکل یا اصلاح، اقدام شود. در این مطالعه نیز فاکتورهای مورد بررسی در شرایط اصلاح شده مجدد در یک قطعه زمین ۱۰۰۰ متر مربعی (زمین شماره ۳) و دقیقاً در مجاورت زمین شماره (۱) مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته و از طریق آزمون t با شرایط قبل از اجرای FMEA مورد مقایسه قرار گرفت. در این حالت نیز مشابه حالت اول دو نمونه از هر کدام از کرت‌ها (۲۰ کرت جدید) انتخاب شد. تلاش شد که بین دو حالت به‌جز مواردی که به‌صورت کنترل شده اعمال شده بود، شرایط دقیقاً یکنواخت باشد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی شرایط اجرای شخم قبل از اجرای FMEA و در قطعه زمین شماره (۱) نشان داد که شرایط انجام عملیات شخم در رطوبت ۱۰ درصد، عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی ۳ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که میانگین اندازه کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک در این قطعه زمین به‌ترتیب ۴/۴۰ میلی‌متر و ۹۳/۵۱ درصد می‌باشند. استفاده از نمودار علت و معلول و تکمیل آن از طریق طوفان ذهنی باعث شد تا تمام عوامل مؤثر بر دو شاخص مورد مطالعه یعنی اندازه کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک شناسایی شوند. اولویت‌دهی این عوامل مشخص کرد که در مورد اندازه کلوخه‌ها سه عامل رطوبت خاک، سرعت پیش‌روی و عمق شخم به‌ترتیب با نمره اولویت ریسک ۹۰۰، ۶۳۰ و ۵۶۰ مهمترین عوامل مؤثر بر نامطلوب بودن اندازه کلوخه‌ها می‌باشند. در مورد میزان برگردان خاک نیز سرعت پیش‌روی کم، عدم استفاده از پیش‌بر، رطوبت کم خاک و عمق زیاد شخم به‌ترتیب با نمره اولویت ریسک ۷۲۰، ۶۴۸، ۴۹۰ و ۴۲۰ به عنوان مهمترین عوامل شناسایی شدند. براساس نظر اعضای تیم، عدم استفاده از پیش‌بر باعث می‌شود که بقایای گیاهی موجود در زمین به‌خوبی بریده نشده و باعث اختلال در روند عادی برگردان شدن خاک گردد. جدول (۱) این عوامل به‌همراه نمره اولویت ریسک و راه‌حل‌های پیشنهادی که از طریق طوفان ذهنی به‌دست آمده است را نشان می‌دهد.

براساس نظرات اعضای تیم، رطوبت مطلوب خاک، ۱۵ درصد بر مینای وزن خشک، سرعت پیش‌روی و عمق شخم مطلوب نیز به ترتیب، ۵/۵ کیلومتر بر ساعت و ۲۰-۱۵ سانتی‌متر تشخیص داده شدند. این شرایط براساس توان و شرایط مزرعه انتخاب شدند. همچنین تصمیم گرفته شد برای بهبود میزان برگردان خاک از پیش‌بر نیز استفاده شود.

جدول (۲) بخشی از نتایج تجزیه واریانس را برای آزمایش

حالت قبل و بعد در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. FMEA هم برای MWD و هم برای میزان برگردان خاک نشان داد. بر اساس نتایج آزمون t برای شاخص MWD بین دو حالت قبل و بعد در سطح ۱ درصد و برای شاخص میزان برگردان خاک بین دو

جدول ۱- مهمترین عوامل مؤثر بر اندازه کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک به همراه نمره اولویت ریسک و راه‌حل‌های پیشنهادی

Table ۱- The most important factors affecting the clod MWD and soil inversion with RPN and recommended actions

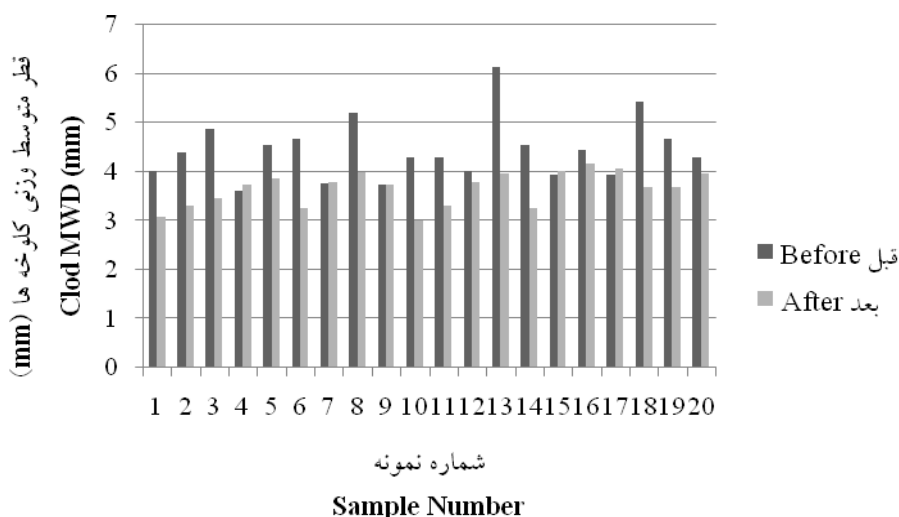
راه‌حل‌های پیشنهادی	RPN	علل بالقوه شکست
اندازه کلوخه‌های خاک		
انجام عملیات شخم در رطوبت مناسب، تلاش برای جلوگیری از به تعویق افتادن عملیات، هیرم کردن زمین به صورت مرحله‌ای	۹۰۰	رطوبت خاک کم است
افزایش سرعت پیش‌روی، استفاده از دنده‌های سبک‌تر، تناسب بین گاواهن و تراکتور	۶۳۰	سرعت پیش‌روی کم است
کاهش عمق شخم در حدی که مشکلی از لحاظ تهیه بستر مناسب بذر ایجاد نشود	۵۶۰	عمق شخم بیش از حد زیاد است
میزان برگردان خاک		
افزایش سرعت پیش‌روی، استفاده از دنده‌های سبک‌تر، تناسب بین گاواهن و تراکتور	۷۲۰	سرعت پیش‌روی کم
مجهز نمودن گاواهن به پیش‌بر، تنظیم صحیح پیش‌بر	۶۴۸	عدم استفاده از پیش‌بر
انجام عملیات شخم در رطوبت مناسب، تلاش برای جلوگیری از به تعویق افتادن عملیات، هیرم کردن زمین به صورت مرحله‌ای	۴۹۰	رطوبت کم خاک
کاهش عمق شخم در حدی که مشکلی از لحاظ تهیه بستر مناسب بذر ایجاد نشود	۴۲۰	عمق زیاد شخم

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به اثرات اصلی فاکتورهای مورد مطالعه بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک

Table ۲- Variance analysis of clod MWD and soil inversion (only main effects)

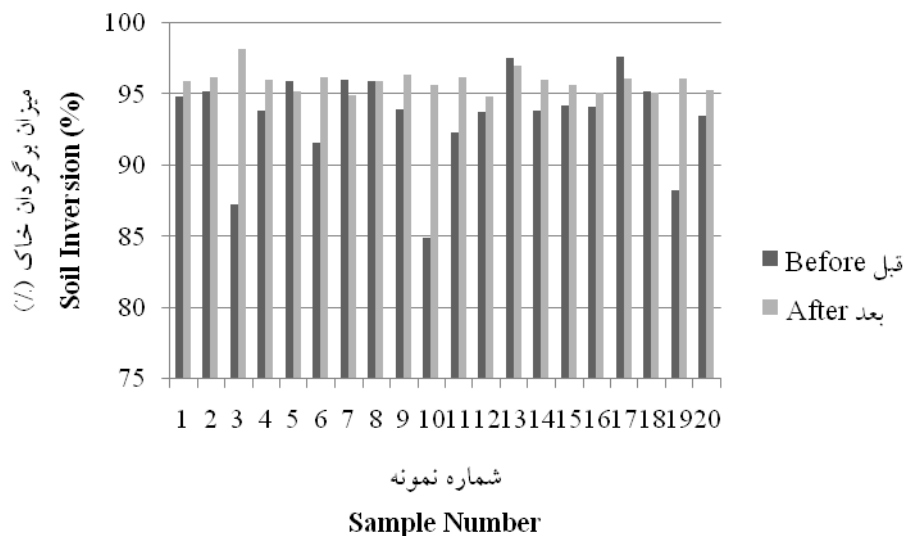
میانگین مربعات	درجات آزادی	منابع تغییرات
میزان برگردان خاک	MWD	
۲۹۴/۷۱ ^{**}	۱۵۸۴/۱۶ ^{**}	۱ رطوبت
۳۶۰/۷۰ ^{**}	۵۴۰/۰۸ [*]	۱ عمق
۱/۸۷ ^{NS}	۶۴۲/۳۰ [*]	۱ سرعت
۲۰۳/۱۸ [*]	۱۸۳/۵۴ ^{NS}	۱ پیش‌بر

* و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان داده و NS بی‌معنی بودن را نشان می‌دهد



شکل ۳- مقایسه قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در دو حالت قبل و بعد از اجرای FMEA

Fig. ۳. Clod MWD before and after implementation of FMEA



شکل ۴- مقایسه درصد برگردان بقایا در دو حالت قبل و بعد از اجرای FMEA
 Fig. 4. Soil inversion before and after implementation of FMEA

نتیجه گیری کلی

شده کوچک‌تر و میزان برگردان بقایا نیز بیشتر است. از لحاظ شاخص‌های مورد مطالعه، سرعت پیشروی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت نیز نسبت به سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در اولویت می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که اجرای FMEA باعث شد تا اندازه کلوخه‌های حاصل از عملیات شخم حدوداً ۲۰ درصد کاهش یافته و میزان برگردان خاک تقریباً ۲ درصد افزایش یابد. نتیجه‌ی مهم‌تری که می‌توان از این مطالعه گرفت توجه به روش‌های نوین مدیریتی در کشاورزی می‌باشد. با استفاده از روش‌های نوین در کشاورزی و به خصوص در مدیریت مزارع بزرگ و کشت و صنعت‌ها می‌توان علاوه بر بهبود کیفیت کارها، مدیریت اقتصادی امور را نیز تقویت کرد.

سپاسگزاری

از مسئولین پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بخاطر همکاری صمیمانه و تأمین اعتبار این طرح همچنین تمام اعضای گروه حل مسئله، به‌خاطر هم‌فکری سپاسگزاری می‌گردد.

اجرای یک شخم مناسب با بهبود حالت فیزیکی خاک نقش مهمی در سبز شدن بذر، رشد و توسعه ریشه گیاه و تولید محصول دارد. براساس نتایج این مطالعه با بهره‌گیری از روش مدیریتی تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن می‌توان به اهداف یک شخم مطلوب رسید. در این مطالعه اجرای روش FMEA مشخص کرد که برای کاهش اندازه کلوخه‌ها و بهبود میزان برگردان خاک در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار بایستی عملیات در عمق، سرعت پیشروی و رطوبت مناسب انجام پذیرفته و گاوآهن را نیز به پیش‌بر مجهز نمود. بر اساس نتایج رطوبت ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک نسبت به رطوبت ۱۰ درصد کلوخه‌های کوچک‌تری ایجاد کرده و باعث افزایش برگردان خاک نیز می‌شود. افزایش رطوبت از ۱۰ درصد به ۱۵ درصد باعث کاهش ۳۹ درصد در اندازه‌ی کلوخه‌ها شده و حدوداً ۵ درصد نیز میزان برگردان خاک افزایش می‌یابد. در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متر نسبت به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر، اندازه کلوخه‌های ایجاد

منابع

- 1- Ahmadi H., and Mollazade K. ۲۰۰۹. Effect of plowing depth and soil moisture content on reduced secondary tillage. *Agricultural Engineering International: The CIGR E Journal* ۱۱: ۱-۹.
- 2- Aluko O.B., and Koolen A.J. ۲۰۰۰. The essential mechanics of capillary crumbling of structured soil. *Soil & Tillage Research* ۵۵: ۱۱۷-۱۲۶.
- 3- Azadeghn B., Rafahi H., Shahooei S., and Magd F. ۱۹۹۹. Estimating soil erosion due to moldboard

- plowing in sloping agricultural land using Cs^{۱۳۷} as tracer. Iranian Journal of Agricultural Sciences ۳۰(۴): ۷۵۱-۷۵۸. (In Farsi)
- ۴- Dabiri Gh., Ghadiri Sani M., and Vadaye Kheiri H. ۲۰۰۹. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Industrial Research & Training Center of Iran, Tehran (In Farsi)
- ۵- Ebrahimipour V., Rezaie K., Shokravi S. ۲۰۱۰. An ontology approach to support FMEA studies. Expert Systems with Applications ۳۷:۶۷۱-۶۷۷.
- ۶- Ehrlich B.H. ۲۰۰۲. Transactional Six Sigma and Lean servicing: Leveraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class Service. St. Lucie Press, Florida.
- ۷- Hu A.H., Hsu Ch., Kuo T., and Wu W. ۲۰۰۹. Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. Expert Systems with Applications ۳۶:۷۱۴۲-۷۱۴۷.
- ۸- Kabiri K., and Zarean S. ۲۰۰۲. Evaluation of draft requirement and soil inversion of moldboard plow at different levels of speed and plowing depth. Journal of Agricultural Science and Natural Recourses. ۹(۲): ۱۲۹-۱۳۸. (In Farsi)
- ۹- Kepner R.A., Bainer R., and Barger E.L. ۱۹۸۲. Principles of Farm Machinery. The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut.
- ۱۰- Korayem M.H., and Iravani A. ۲۰۰۸. Improvement of ۳P and ۶R mechanical robots reliability and quality applying FMEA and QFD approaches. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing ۲۴: ۴۲۷-۴۸۷.
- ۱۱- Lal R. ۱۹۸۹. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environment. Advances in agronomy ۴۲:۸۵-۱۹۷.
- ۱۲- Mansouri-Rad D. ۲۰۰۷. Farm Machinery and Tractors. Bu-Ali Sina University Press, Hamadan. (In Farsi)
- ۱۳- RNAM. ۱۹۹۵. RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery. Technical Series No. ۱۳. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery.
- ۱۴- Rhee S.J., and Ishii K. ۲۰۰۳. Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. Advanced Engineering Informatics ۱۷: ۱۷۹-۱۸۸.
- ۱۵- Saghaei A., and Habibi A. ۲۰۰۸. Influence of six sigma in Iran. Journal of Iran Management Sciences, ۳(۹): ۱۵۱-۱۷۱. (In Farsi)
- ۱۶- Scipioni A., Saccarola G., Centazzo A., and Arena F. ۲۰۰۲. FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. Food Control ۱۳: ۴۹۵-۵۰۱.
- ۱۷- Shafiee A. ۲۰۰۶. Tillage Machinery. University Centre of Publication, Tehran. (In Farsi)
- ۱۸- Stagliano A.A. ۲۰۰۴. Six Sigma Advanced Tools Pocket Guide. McGraw-Hill, New York
- ۱۹- Thivel P., Bultel Y., and Delpech F. ۲۰۰۸. Risk analysis of a biomass combustion process using MOSAR and FMEA methods. Journal of Hazardous Materials ۱۵۱: ۲۲۱-۲۳۱.

ساخت و ارزیابی سامانه تهیه نقشه هدایت الکتریکی خاک مزرعه در حین حرکت

جلال برادران مطیع^{*۱} - محمدحسین آق‌خانی^۲ - محمدحسین عباسپور فرد^۳ - امیر لکزیان^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۶

چکیده

موضوع شوری خاک یکی از معضلات افزایش بهره‌وری کشاورزی می‌باشد که بایستی با تدبیر و مدیریت صحیح علمی مهار گردد. یکی از راه‌های شناسایی مناطق شور، تهیه نقشه هدایت الکتریکی مزارع می‌باشد. در این تحقیق یک نمونه دستگاه اندازه‌گیری در حین حرکت هدایت الکتریکی ظاهری خاک طراحی، ساخته و سپس نقشه هدایت الکتریکی مزرعه ای توسط آن تهیه شد. این دستگاه از روش تماس مستقیم الکتروود با خاک بهره می‌برد. ورودی‌های دستگاه شامل ولتاژ تغذیه، سیگنال موقعیت جغرافیایی از GPS و سیگنال ولتاژ بین الکتروودها می‌باشد. خروجی دستگاه که به صورت فایل TEXT می‌باشد شامل مقدار هدایت الکتریکی نقاط و مختصات جغرافیایی بوده که از طریق درگاه RS-232 به رایانه انتقال می‌یابد. داده‌های هدایت الکتریکی با استفاده از بسته نرم افزاری ESAP کالیبره و به صورت نقشه رنگی تهیه شد. به منظور ارزیابی دستگاه، نقشه هدایت الکتریکی قطعه زمینی با مساحت ۰/۸ هکتار به دو روش داده برداری با دستگاه و داده برداری دستی تهیه و مقایسه شد. ارزیابی دستگاه در مزرعه ای تحقیقاتی با خاک کم شور و بافت لومی رسی، بیانگر همبستگی نتایج با $R^2=0/61$ و مقدار میانگین خطای $S.C.M^{-1} (ME) ۶۵/۲۷$ بود. بررسی نقطه به نقطه محل‌های نمونه برداری نشان داد در ۶۷ درصد نقاط خطای اندازه‌گیری زیر ۱۰ درصد می‌باشد. این میزان خطا در محیط خاک مزرعه که دارای متغیرهای بسیاری می‌باشد با توجه به نتایج ارائه شده در سایر مقالات قابل قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: هدایت الکتریکی، نقشه، مدل رگرسیونی، شوری خاک

مقدمه

توده (EC_a) نامیدند. در اندازه‌گیری EC_a ، فقط هدایت الکتریکی محلول خاک دخیل نیست بلکه هدایت الکتریکی که میان ذرات جامد و یون‌های قابل تبادل که در بخش نیمه جامد مواد رسی و معدنی خاک وجود دارد، را نیز شامل می‌شود (Corwin and Lesch, 2003). هدایت الکتریکی در خاک‌هایی که به اندازه کافی رطوبت دارند ابتدا متأثر از نمک‌های محلول موجود در آب درون حفره‌ها و منافذ می‌باشد، در نتیجه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توده خاک رابطه نزدیکی با شوری خاک دارد (Rhoades et al., 1999). روش‌های مختلفی به منظور اندازه‌گیری سریع و کم هزینه هدایت الکتریکی خاک توسعه داده شده است که هر کدام مزایا و معایبی دارند.

یکی از روش‌های اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک روش تماس مستقیم ونر^۷ می‌باشد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به روش تماس مستقیم، برای فعالیت‌های کشاورزی دقیق بسیار مناسب می‌باشد. زیرا حجم زیاد خاک اندازه‌گیری شده موجب کاهش اثر

عملاً، هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع تعیین می‌شود. اندازه‌گیری سریع و آسان شوری خاک در محدوده رطوبت مزرعه بسیار مطلوب است اما با روش‌های علمی و عملی موجود نمی‌توان به این هدف دست یافت. تعیین هدایت الکتریکی (EC) خاک نیازمند تهیه نمونه‌های خاک از مزرعه، انتقال به آزمایشگاه، طی فرآیند تهیه عصاره و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع می‌باشد. این مراحل بسیار وقت گیر و پرهزینه می‌باشند. به دلیل زمان بر بودن عملیات آزمایشگاهی و هزینه‌های تهیه عصاره خاک، از دو دهه پیش تلاش‌ها به سمت تعیین هدایت الکتریکی درجا از توده خاک متمایل شده است، و آن را هدایت الکتریکی ظاهری^۵ یا هدایت الکتریکی

۱، ۲ و ۳ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* نویسنده مسئول : (Email: jalal_jbm@yahoo.com)

۴ دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

6- Bulk Soil Electrical conductivity
7- Wenner direct contact method

5 - Apparent Soil Electrical conductivity

الکتریکی ویژه را با تقریب خوبی می‌توان از رابطه ۲ بدست آورد (Ergon energy, 2008).

$$\rho = 2\pi Ra \quad (-m) \quad (2)$$

این روابط با فرض این که مقاومت الکتریکی در تمام حجم خاک یکنواخت است بنا شده اند، در حالیکه محیط خاک این گونه نیست. لذا مقاومت الکتریکی ویژه بدست آمده با مقادیر مختلف a ، با هم متفاوت می‌باشند. مقاومت الکتریکی ویژه بدست آمده را مقاومت ویژه ظاهری خاک می‌نامند.

طبق مطالعات انجام شده توسط ونر، عمق نفوذ موثر جریان الکتریکی برابر با فاصله بین الکترودها است (Lund et al., 1999). بدین دلیل مقدار مقاومت ویژه با فاصله بین الکترودی a را با تقریب خوبی، میانگین مقاومت الکتریکی ویژه خاک تا عمق a در نظر می‌گیرند. در نتیجه هدایت الکتریکی ظاهری خاک به طور میانگین تا عمق a از رابطه ۳ بدست می‌آید.

$$EC_a = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

هدف از این تحقیق بررسی عملکرد و کارایی روش ونر است که با طراحی و ساخت سامانه ای در داخل کشور محقق گردیده است. در این مقاله با استفاده از این دستگاه، تهیه نقشه هدایت الکتریکی خاکهای کشاورزی به صورت در حرکت، میسر و عوامل و مقادیر خطای دستگاه تعیین می‌گردد.

مواد و روش‌ها

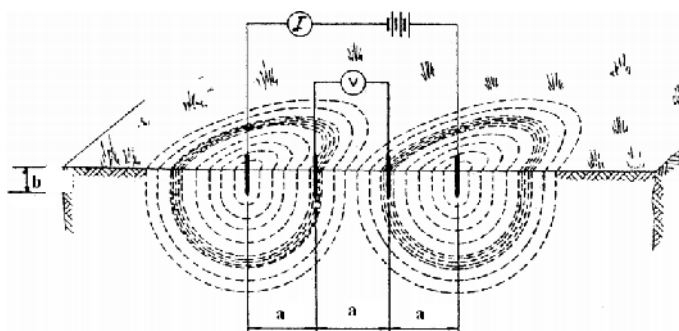
سامانه تهیه نقشه هدایت الکتریکی خاک مزرعه از دو بخش مکانیکی و الکتریکی تشکیل شده است. بخش مکانیکی شامل شاسی، اتصال سه نقطه و الکترودها می‌باشد. بخش الکترونیکی دستگاه شامل واحد کنترل و پردازش و کابل‌های رابط می‌شود.

رسیدن به مقیاس واقعی در اندازه گیری می‌شود. در روش نمونه برداری از خاک، حجم نمونه در مقایسه با حجم خاک محدوده رشد ریشه گیاه بسیار کوچک است و موجب عدم تعیین دقیق شرایط محیط رشد گیاه می‌شود. در اندازه گیری به روش تماس مستقیم، لازم است تماس کافی بین خاک و الکترودهای نفوذ کننده برقرار باشد، از این رو این روش سطح خاک را تخریب کرده و در خاک‌های خشک و سنگ دار از قابلیت اطمینان کمتری نسبت به سایر روش‌ها از جمله روش القای مغناطیسی برخوردار است (Hendrickx et al., 1992). از طرفی بر خلاف روش القای مغناطیسی، روش مقاومت الکتریکی، عمق نفوذ و حجم خاک تحت آزمون از روابط ساده ریاضی قابل محاسبه است (Sarec et al., 2002). روش مقاومت الکتریکی (روش ونر) به دلیل انعطاف پذیری که دارد برای کاربردهای مزرعه ای دارای مزیت است. به طوری که عمق اندازه گیری به راحتی با تغییر فاصله بین الکترودها قابل تنظیم است (Corwin et al., 2005 ; Corwin et al., 1999).

در روش ونر مطابق شکل ۱ چهار الکترود به فواصل مساوی a از یکدیگر بروی خط مستقیم به عمق b در خاک قرار داده می‌شوند. جریان الکتریکی I به دو الکترود بیرونی وارد می‌شود، سپس ولتاژ (V) بین جفت الکترود میانی اندازه گیری می‌گردد. نسبت V/I مقدار مقاومت الکتریکی متقابل را بر حسب اهم بدست می‌دهد. ونر برای محاسبه مقاومت الکتریکی ویژه در خاک‌های همگن با مقاومت الکتریکی R رابطه ۱ را از تحلیل میدان الکتریکی درون بلوک خاک گسترش داده است (Ergon energy, 2008).

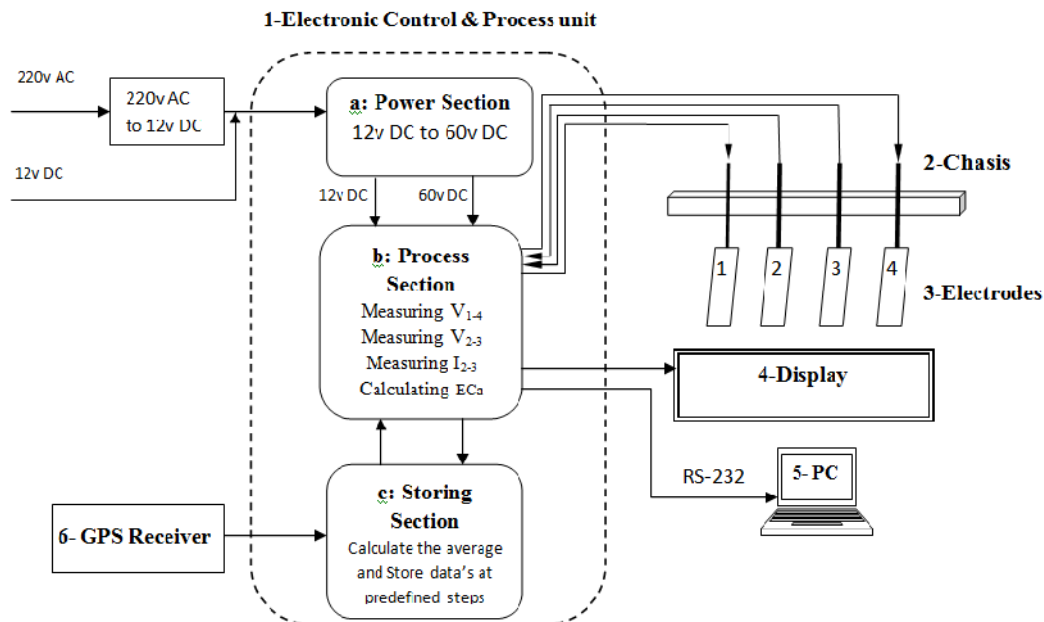
$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}} \quad (1)$$

رابطه ۱ در مورد چهار الکترود با نوک‌های کوچک که در عمق b قرار گرفته اند صادق است. هنگامی که عمق قرار گیری الکترودها درون خاک کمتر از یک بیستم فاصله بین آن‌ها باشد مقدار مقاومت



شکل ۱ آرایش الکترودها در اندازه گیری مقاومت الکتریکی ویژه به روش ونر. I: آمپر متر. V: ولت متر. a: فاصله بین الکترودها. b: عمق نفوذ الکترود در خاک (Ergon energy, 2008).

Fig. 1. Electrodes array in measuring soil resistivity with Wenner method. I: Current meter, V: Volt meter, a: Distance between electrodes, b: Depth of electrodes.



شکل ۲- دیاگرام کاری سامانه در حرکت تهیه نقشه هدایت الکتریکی، ساخته شده در این تحقیق. ۱: واحد کنترل و پردازش الکترونیکی، a: بخش قدرت، b: بخش پردازش، c: بخش ذخیره، ۲: شاسی، ۳: الکترودها، ۴: صفحه نمایش، ۵: رایانه، ۶: گیرنده GPS

Fig.2. Working diagram of this on the go soil EC mapper.

کاربرد دارند و به نام "پریشمان" شناخته می‌شوند.

واحد پردازش و کنترل الکترونیکی

این قسمت وظیفه تهیه ولتاژ مورد نیاز جهت اندازه گیری، پردازش ولتاژها و جریان‌های روی الکترودها و محاسبه و ذخیره داده‌های مربوط به هدایت الکتریکی ظاهری خاک در فواصل زمانی قابل تنظیم را دارد.

دستگاه دارای چهار الکتروده فولادی از نوع صفحه ای با ابعاد $6 \times 250 \times 140$ میلیمتر می‌باشد. لبه جلویی الکترودها که عمل برش خاک را انجام می‌دهد به منظور کاهش مقاومت کششی، کمتر به هم خوردن سطح خاک و ایجاد شیباری یکنواخت، به طول ۱۰ میلیمتر از لبه جلویی تیغه تیز شدند. تمامی الکترودها به واسطه ی ساقه‌های فولادی، به فواصل مساوی ۳۰ سانتیمتر از هم روی شاسی نصب شدند. در محل اتصال الکترودها به ساقه و پیچ‌ها از صفحات پلاستیکی عایق کننده استفاده شد (شکل ۳). این صفحات به ضخامت $0/5$ میلیمتر جهت عایق بندی سیم پیچ موتورهای الکتریکی



شکل ۳- سامانه تهیه نقشه هدایت الکتریکی خاک. ۱ گیرنده GPS، ۲ واحد پردازش و کنترل، ۳ الکترودها

Fig.3. Mobile four electrode direct contact EC mapper

ساعت بکار گرفته شد. به دلیل آن که حداکثر دقت GPS ۵ متر بود، زمان داده برداری و سرعت تراکتور طوری تنظیم شد (هر ۱۰ ثانیه) که در فواصل ۵ متری عمل داده برداری و ذخیره صورت پذیرد. اطلاعات ذخیره شده در دستگاه که شامل ولتاژ الکترودهای ۱ و ۴ بر حسب ولت، ولتاژ قرائت شده بین الکترودهای ۲ و ۳ بر حسب ولت، جریان الکتریکی بین الکترودهای ۳ و ۲ بر حسب آمپر، هدایت الکتریکی ظاهری محاسبه شده بر حسب میکرو زمینس بر سانتیمتر و زمان بر حسب ثانیه می‌باشد، توسط پورت RS232 به رایانه انتقال داده شد.

هدایت الکتریکی ظاهری خاک تحت تاثیر شوری، رطوبت و میزان رس خاک اندازه گیری می‌شود. در نتیجه به منظور دستیابی به هدایت الکتریکی آزمایشگاهی^۱ لازم بود تا داده‌ها کالیبره شوند. محل‌های مناسب جهت تهیه نمونه خاک از مزرعه، توسط نرم افزار ESAP-RSSD انتخاب شد. نرم افزار ESAP-RSSD به همراه دو نرم افزار ESAP-Calibrate و ESAP-Saltmapper زیر مجموعه ی بسته نرم افزاری ESAP-95 نسخه ۲/۰۱ می‌باشند. این بسته جهت تحلیل داده‌های هدایت الکتریکی ظاهری، کالیبراسیون و ترسیم نقشه تغییرات هدایت الکتریکی آزمایشگاهی خاک توسط اسکات لچ، جیمز رادس و دنیس کورون در سال ۲۰۰۶ توسعه یافته است (Lesch et al., 2000). نرم افزار ESAP-RSSD پس از تحلیل آماری داده‌ها تعداد ۲۰ نقطه از سطح زمین را، به منظور انجام کالیبراسیون، برای نمونه برداری انتخاب کرد. ۲۰ نمونه خاک از محل‌های تعیین شده تا عمق ۳۰ سانتیمتر تهیه، و هدایت الکتریکی آزمایشگاهی آن‌ها به روش عصاره یک به یک توسط دستگاه کندانومتر^۲ اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی آزمایشگاهی ۲۰ نمونه خاک به همراه فایل تحلیل شده در نرم افزار RSSD جهت کالیبراسیون به نرم افزار ESAP-Calibrate انتقال داده شدند. این نرم افزار پس از تحلیل اولیه داده‌ها مدل رگرسیونی تخمین هدایت الکتریکی آزمایشگاهی از روی هدایت الکتریکی ظاهری خاک را تعیین کرد.

به منظور مقایسه نتایج بدست آمده با مقادیر هدایت الکتریکی آزمایشگاهی، در هر یک از ۱۱ مسیر داده برداری، تعداد ۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر توسط نمونه گیر استوانه ای تهیه شد. هدایت الکتریکی این ۵۵ نمونه به روش عصاره یک به یک توسط کندانومتر آزمایشگاهی تعیین شد

این واحد از چندین بخش تشکیل شده است که هر کدام وظیفه مخصوص به خود را داشته و از طریق مدارات الکترونیکی با یکدیگر در ارتباط هستند. این بخش‌ها عبارتند از بخش قدرت، بخش پردازش و بخش ذخیره داده‌ها. تمامی اطلاعات از جمله منوهای دستگاه روی یک صفحه نمایشگر کارکنری ۱۶×۲ نشان داده می‌شود. همچنین یک صفحه کلید ۴×۴ عمل ورود اطلاعات و کنترل منوها را بر عهده دارد. تغذیه دستگاه در دو حالت استفاده از برق ۱۲ ولت مستقیم تراکتور یا ۲۲۰ ولت متناوب امکان پذیر است. در حین کار در مزرعه از ولتاژ ۱۲ ولت باتری تراکتور استفاده می‌شود و در حالت ارتباط دستگاه با رایانه از ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر استفاده می‌شود.

در پشت دستگاه پورت‌های اتصال وجود دارد. در این قسمت کابل برق ۲۲۰ ولت متناوب، ورودی منبع تغذیه خارجی ۶۰ ولت مستقیم و ورودی برق ۱۲ ولت مستقیم از باتری تراکتور قرار دارد. برای این ورودی‌ها جهت حفظ ایمنی دستگاه و اپراتور از فیوزهای ۳ آمپر استفاده شده است. همچنین یک درگاه RS-232 جهت ارتباط دستگاه با رایانه و انتقال اطلاعات ذخیره شده در نظر گرفته شده است.

جهت آزمون و ارزیابی دستگاه، قطعه زمینی در محل پردیس دانشگاه فردوسی با طول ۱۱۰m و عرض ۷۵m در شمال و عرض ۴۱m در ضلع جنوبی، (شکل ۴) در نظر گرفته شد. بافت خاک لومی رسی با ۲۸ درصد رس و از درجه شوری پایینی برخوردار بود. میانگین رطوبت خاک بر پایه خشک ۶/۵ درصد اندازه گیری شد. به دلیل آن که خاک مزرعه تحت آزمون از درجه شوری پایینی برخوردار بود، انجام آزمون در رطوبت‌های پایین موجب به حداقل رسیدن اثر رطوبت بر نتایج می‌شد (Corwin & Lesch, 2003).

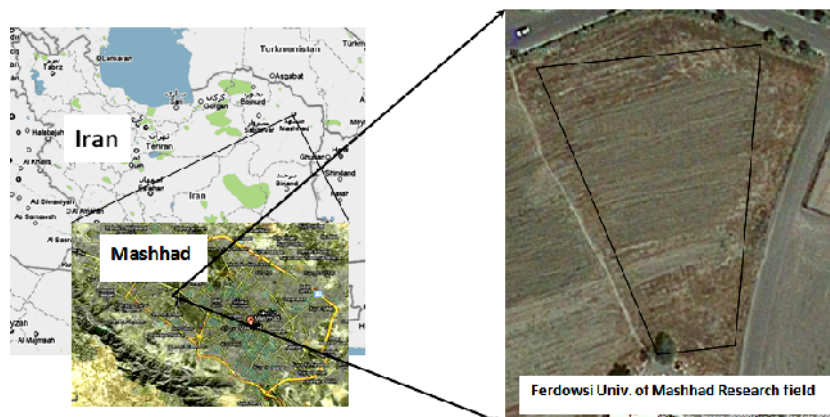
موقعیت جغرافیایی نقاط با استفاده از یک دستگاه GPS دستی مدل eTrex vista ساخت شرکت Garmin ثبت شد. حداکثر دقت مکان یابی این دستگاه ۵ متر است. این دقت با اتصال GPS به ۵ ماهواره میسر میشود. دقت ۵ متر در مقایسه با روش مرسوم تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی (بین ۲۰ تا ۵۰ متر) مناسب ارزیابی می‌شود.

الگوی داده برداری توسط این دستگاه به صورت ردیفی^۱ است. پس از اتصال دستگاه به تراکتور و حرکت در مزرعه، الکترودها درون خاک نفوذ کرده و در یک مسیر مستقیم ردیفی در طول یا عرض مزرعه هدایت الکتریکی را اندازه گیری می‌کند. در اجرای آزمون دستگاه عرض زمین به ۱۱ قسمت مساوی تقسیم شد. این عرض در ضلع شمالی و جنوبی زمین به ترتیب ۷۴ و ۴۱ متر می‌باشد. در این آزمون تراکتور MF399 جفت دیفرانسیل با سرعت ۱/۸ کیلومتر در

2- ECe

3- Conductometer Jenway model: 4310

1- Transect



شکل ۴ - عکس هوایی از مزرعه تحقیقاتی واقع در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد و محدوده انجام آزمون دستگاه
Fig.4. Top view of the test field in Ferdowsi University of Mashhad campus.

جدول ۱ خصوصیات آماری داده‌های هدایت الکتریکی اندازه گیری شده با دستگاه EC پشت تراکتوری

Table 1. Statistical properties of EC data's, measured by mobile EC mapper

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	میان	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات
هدایت الکتریکی ظاهری ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	۱۲۸۲/۵۱	۲۶۱/۸۱	۳۳۲۹/۱۵	۱۲۸۵/۸۳	۴۹۲/۵۷	۲۴۲۶۴۲/۲	۰/۳۸۴
هدایت الکتریکی کالیبره شده ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	۶۴۶/۱۳	۵۱۳/۳۱	۸۵۵/۷۴	۶۴۵/۶۹	۵۴/۴۲	۲۹۶۱/۶۷	۰/۰۸۴
هدایت الکتریکی نمونه‌های دستی ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	۶۲۲/۹۶	۴۵۹	۷۷۲	۶۳۲/۵	۸۲/۵۹	۶۹۸۷/۸۴	۰/۱۳۴

نتایج و بحث

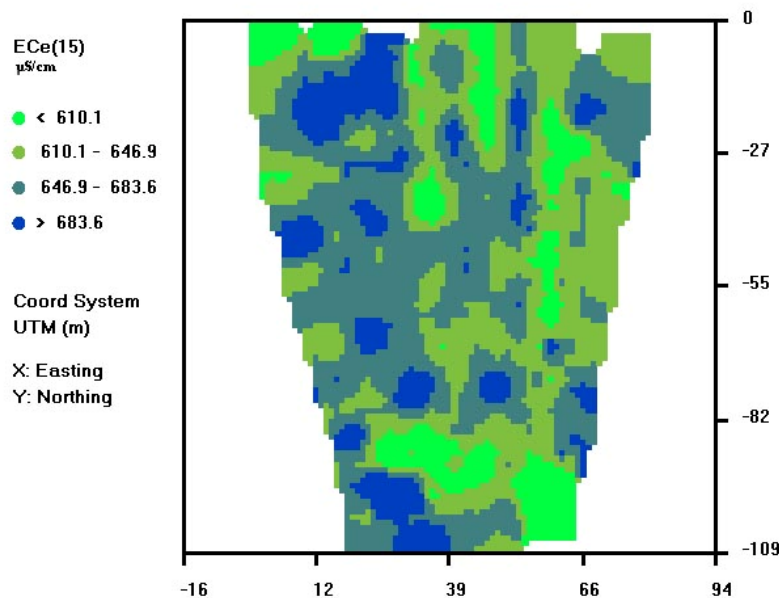
خلاصه آماره‌های توصیفی در جدول ۱ آمده است (Tajgordan *et al.*, 2009). همانطور که مشاهده می‌شود مقدار EC ظاهری از ۲۶۱/۸۱ تا ۳۳۲۹/۱۵ میکرو زیمنس بر سانتیمتر متغیر بوده و ضریب تغییرات آن ۰/۳۸۴ است. این مقدار ضریب تغییرات طبق طبقه بندی وایلدینگ (Wilding, 1985) برای خاک‌ها، بالاتر از ۰/۳۵ بوده و با تغییر پذیری زیاد بحساب می‌آید.

فایل داده‌های کالیبره شده توسط نرم افزار ESAP-Calibrate، جهت ترسیم نقشه تغییرات هدایت الکتریکی به نرم افزار ESAP-Saltmapper ارسال شد. شکل ۵ نقشه هدایت الکتریکی خاک مزرعه مورد آزمون را نشان می‌دهد. در این شکل نقاط با EC بالای $683/6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ به رنگ آبی و نقاط با EC کمتر از $610/1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ به رنگ سبز مشخص شده اند. این بیانگر حساسیت دستگاه در تشخیص تغییرات هدایت الکتریکی مناطق مختلف مزرعه حتی در بازه تغییرات زیر $73 \mu\text{S.cm}^{-1}$ می‌باشد.

شکل ۶ نمودار تغییرات هدایت الکتریکی کالیبره شده و هدایت

الکتریکی اندازه گیری شده در آزمایشگاه را در نقاط مختلف مسیر حرکت دستگاه نشان می‌دهد. در این نمودار به منظور مقایسه بهتر، ۵۵ داده هدایت الکتریکی کالیبره شده متناظر با ۵۵ محل نمونه برداری، از بین ۲۰۰ داده موجود انتخاب گردید. مقایسه دو منحنی نزدیکی نتایج پیش بینی شده را با هدایت الکتریکی آزمایشگاهی زمین نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود دو نمودار در اکثر نقاط بسیار به هم نزدیک می‌باشند در حالی که در نقاطی مانند ۳۸، ۴۰ و ۵۷ فاصله دو منحنی از یکدیگر زیاد شده است. فاصله بین منحنی‌ها در این نقاط به دلیل خطاهای ایجاد شده در طی فرایند اندازه گیری و کالیبراسیون می‌باشد.

نمودار شکل ۷ پراکنش مقادیر واقعی و تخمین زده شده هدایت الکتریکی خاک را نشان می‌دهد. میزان همبستگی آنها در حالت خطی برابر ۰/۶۱ محاسبه شده است. این مقدار همبستگی در مقایسه با روش عکسبرداری ماهواره ای با $r^2 = 0/52$ با توجه به ضریب تغییرات و مقدار RMSE ۵۶/۲۴، مناسب ارزیابی می‌شود.



شکل ۵- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی خاک مزرعه پردیس دانشگاه فردوسی بعد از کالیبراسیون با بسته نرم افزاری ESAP-95
Fig.5. Soil EC map of the research field measured by the on the go EC mapper and calibrated by ESAP-95 software package.

جدول ۴ خصوصیات آماری مدل رگرسیونی کالیبراسیون داده ها

Table 2. Statistical properties of calibration regression model

نام متغیر	ME	RMSE	R ²	سطح معنی داری مدل
هدایت الکتریکی کالیبره شده (μS.cm ⁻¹)	۶۵/۲۷	۵۶/۲۴	۰/۶۱	P<۰/۰۲۳۴

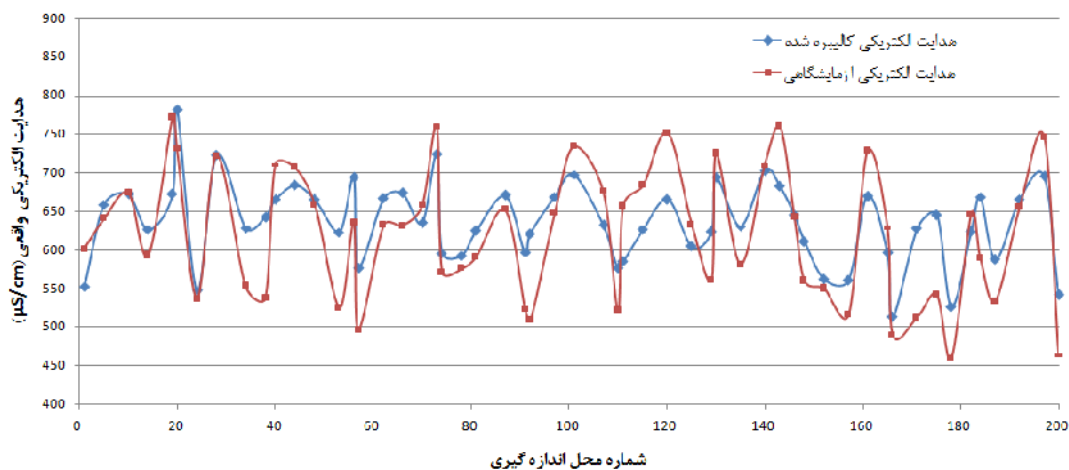
روش تماس مستقیم با حاصلخیزی برنج در مالزی ۰/۵۲ بدست آمده است (Amin *et al.*, 2004). بررسی مقالات مرتبط با پیش بینی خصوصیات خاک حاکی از بالا بودن میزان خطا و همبستگی کم نتایج با متغیر مورد نظر می باشد. این ها به دلیل غیر قابل پیش بینی بودن محیط خاک می باشد.

بررسی عوامل بروز خطا

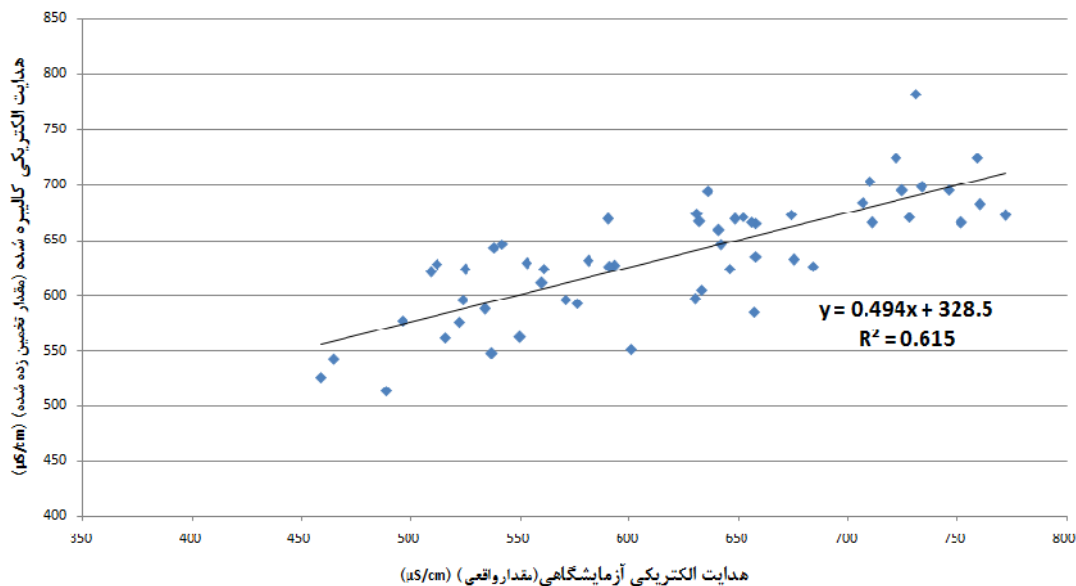
در شرایط آزمایشگاهی همبستگی نتایج هدایت الکتریکی اندازه گیری شده به روش ونر با هدایت الکتریکی اندازه گیری شده به روش عصاره یک به یک، به طور میانگین (R-square) ۰/۹۷ بدست آمده است (Baradaran *et al.*, 2010). این میزان همبستگی بیانگر دقت بالای روش تماس مستقیم، تحت شرایط کنترل رطوبت، فشردگی و بافت خاک، در تخمین هدایت الکتریکی آزمایشگاهی می باشد. به طور کل محتوی رطوبتی، درصد رس و فشردگی خاک پارامترهای تاثیر گذار در اندازه گیری هدایت الکتریکی به روش تماس مستقیم (روش ونر) می باشند. بر پایه این سه پارامتر می توان عوامل بروز خطا در مزرعه با محیط خاک ناهمگن و در حین حرکت دستگاه، را نام برد:

نمودار شکل ۸ بیانگر فراوانی تغییرات خطا در بین داده های هدایت الکتریکی خاک مزرعه پردیس دانشگاه فردوسی می باشد. حداکثر خطای مثبت ۱۲/۹۴ درصد و حداکثر خطای منفی ۴۲/۶۴ درصد می باشد، در حالیکه میانگین خطا (ME) و انحراف معیار خطای مدل (RMSE) به ترتیب برابر ۶۵/۲۷ و ۵۶/۲۴ محاسبه شد (Tajgordan *et al.*, 2009). همچنین اختلاف نتایج کالیبره شده با نتایج آزمایشگاهی در بازه ۰/۹۹ و ۱۵/۹ میکرو زیمنس بر سانتیمتر قرار دارد. به طوریکه میانگین اختلاف برابر ۴۷/۵ μS.cm⁻¹ محاسبه شد.

در تحقیقی میزان همبستگی تغییرات هدایت الکتریکی با تغییرات رس خاک ۰/۳۴ گزارش شده است (Shevnin *et al.*, 2004). عبدی نام و همکاران در دشت قزوین نقشه شوری خاک را با استفاده از تصاویر ماهواره ای پیش بینی کردند. همبستگی بین EC و درجات روشنایی باند ۷ برابر، ۰/۲۵ بدست آمد (Abdinam *et al.*, 2004). همچنین تحقیق مشابهی در استان گلستان انجام شد که در آن همبستگی EC واقعی و تخمین زده شده ۰/۵۳ محاسبه شده است (Tajgordan *et al.*, 2009). همبستگی EC اندازه گیری شده به

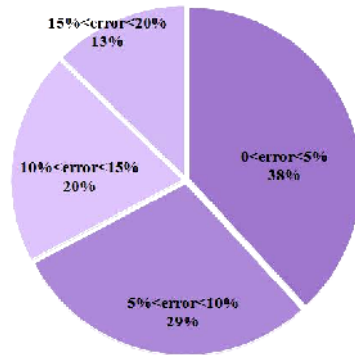


شکل ۶ - مقایسه بین تغییرات هدایت الکتریکی کالیبره شده و هدایت الکتریکی آزمایشگاهی نقاط مختلف مزرعه^۱
 Fig. 6. Comparing variability of calibrated EC and laboratory EC in different points of the research field



شکل ۷ - نمودار پراکنش مقادیر آزمایشگاهی و تخمین زده شده هدایت الکتریکی
 Fig. 7. Scatter diagram of estimated and laboratory EC

۴ هدایت الکتریکی واقعی: هدایت الکتریکی که از عصاره ۱:۱ توسط دستگاه کندانکتو متر آزمایشگاهی اندازه گیری می شود. هدایت الکتریکی آزمایشگاهی: هدایت الکتریکی نقاطی از مزرعه که جهت مقایسه انتخاب شد. هدایت الکتریکی آنها در آزمایشگاه تعیین گردید. هدایت الکتریکی کالیبره شده: هدایت الکتریکی که توسط دستگاه پشت تراکتوری اندازه گیری شد و سپس در نرم افزار نسبت به هدایت الکتریکی آزمایشگاهی کالیبره گردید. به نوعی می توان آن را هدایت الکتریکی تخمین زده شده نیز نامید.



شکل ۸- خطای اندازه‌گیری نسبت به مقدار واقعی در بازه‌های مختلف بر حسب درصد

Fig. 8. Estimated errors in different divisions

مقایسه نتایج تاثیر گذار بود.

۵ خطای ناشی از تغییر حجم خاک: دستگاه ساخته شده، هدایت الکتریکی ظاهری متوسط حجم توده ای از خاک به شکل نیم کره (منبع) و به شعاع ۳۰ سانتیمتر را اندازه‌گیری می‌کند. در صورتی که در مقایسه نتایج با هدایت الکتریکی آزمایشگاهی، نمونه‌های خاک الزاماً حجم کمی دارند. در نتیجه مقایسه دو مقدار همراه با خطا خواهد بود.

۶ خطای دستگاه اندازه‌گیری: دستگاه ساخته شده همانند هر دستگاه اندازه‌گیری دیگر دارای خطا می‌باشد. مقدار این خطا با استفاده از مدارات الکترونیکی ایزوله شده و رعایت اصول اندازه‌گیری به حداقل رسیده است. به طوری که نتایج اندازه‌گیری دستگاه در شرایط کنترل شده در آزمایشگاه با ضریب ۰/۹۸ با هدایت الکتریکی عصاره ۱:۱ همبستگی دارد.

با توجه به توضیحات فوق در مقایسه با نتایج سایر تحقیقات انجام شده، میزان همبستگی بدست آمده در این مقاله ($r^2=0.61$) برای پیش بینی هدایت الکتریکی آزمایشگاهی قابل قبول می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله داده‌های هدایت الکتریکی ظاهری خاک با استفاده از نمونه برداری از نقاط مختلف زمین به هدایت الکتریکی آزمایشگاهی کالیبره شد. با استفاده از داده‌های کالیبره شده نقشه هدایت الکتریکی خاک مزرعه توسط بسته نرم افزاری ESAP-95 ترسیم گردید. همچنین به منظور ارزیابی نتایج دستگاه، به روش نمونه برداری نقطه ای از مزرعه، هدایت الکتریکی (ECe) نقاط مختلف زمین در فواصل مشخص در آزمایشگاه تعیین شد. مقایسه نتایج در روش تعیین هدایت الکتریکی نشان داد. حداکثر خطای مثبت ۱۲/۹۴ درصد و حداکثر خطای منفی ۴۲/۶۴ درصد می‌باشد، در حالی که میانگین خطا (ME) و انحراف معیار خطای مدل (RMSE) به

۴ خطای ناشی از حرکت^۱: سطح خاک مزرعه معمولاً دارای پستی بلندی، کلوخه، سنگ، ریشه و سایر ناخالصی‌ها می‌باشد. حرکت دادن الکترودها در خاک موجب برخورد با ناخالصی‌ها و تغییر سطح تماس موثر آنها با خاک می‌شود. تغییر سطح تماس موجب بروز تغییر در مقدار جریان الکتریکی گذر داده شده می‌شود، که خود مقدار هدایت الکتریکی محاسبه شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۴ خطای ناشی از تغییرات رطوبت^۲: تغییر در محتوی رطوبتی در نقاط مختلف خاک مزرعه موجب تغییر در خاصیت گذر دهی الکتریکی خاک می‌شود. این امر موجب تغییر هدایت الکتریکی ظاهری می‌شود. در خاکهایی که شور نیستند، هدایت الکتریکی ظاهری بیشتر تحت تاثیر تغییرات رطوبت است (Corwin & Lesch, 2003).

۳ تغییرات فشردگی^۳: تغییر در فشردگی خاک از دو منظر در نتیجه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی تاثیر گذار است. اولاً فشردگی بیشتر خاک موجب تماس بهینه الکترودها با ذرات خاک شده و ثانیاً فشردگی بیشتر موجب کاهش فاصله‌های هوایی بین ذرات خاک و در نتیجه تسهیل در عبور جریان الکتریکی می‌گردد (Baradaran et al., 2010).

۴ خطای مکان یابی^۴: دستگاه‌های تعیین موقعیت جغرافیایی (GPS) همواره دارای مقداری خطا در تعیین محل می‌باشند که این خطا با توجه به شرایط آب و هوایی، موقعیت ماهواره‌ها و ... تغییر می‌کند. در این تحقیق GPS مورد استفاده دقت ۵ متر را با ۵ ماهواره برای ما تامین کرد. خطای مکان یابی، در تعیین محل دقیق نمونه برداری خاک به منظور تست آزمایشگاهی و

- 1- Mobility errors
- 2- Moisture Variability
- 3- Soil Compaction effect
- 4- GPS errors

۱۰ درصد قرار گرفته اند. بدین ترتیب باتوجه به ارزیابی در زمین با شوری کم و میزان خطای معقول برای دستگاهی که درون خاک با محیطی غیر قابل پیش بینی کار می کند، می توان آن را جهت تهیه نقشه های هدایت الکتریکی به منظور اجرای برنامه کشاورزی دقیق پیشنهاد نمود.

ترتیب برابر ۲۷/۴۵ و ۲۴/۵۶ محاسبه شد. همچنین اختلاف نتایج کالیبره شده با نتایج آزمایشگاهی در بازه ی ۹/۹۹ و ۹/۱۵ برابر میکروزیمنس بر سانتیمتر قرار دارد. به طوری که میانگین اختلاف برابر $47/5 \mu S.cm^{-1}$ محاسبه شد. این نتایج در شرایطی است که خاک مزرعه شور نبوده و ۶۷ درصد نتایج در محدوده خطای صفر تا

منابع

- 1- Abdinam A. 2004. An investigation on preparing of the soil salinity map using correlation method between imagery and soil salinity data in Qazvin plain, journal of Pajouhesh & Sazandegi No:64 pp: 33-38, Autumn 2004. (in Persian)
- 2- Amin M.S.M., Aimrun W., Eltaib S.M., Chan C.S. 2004. Spatial soil variability mapping using electrical conductivity sensor for precision farming of rice, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 1, No. 1, 2004, pp. 47 – 57.
- 3- Baradaran Motie J., Aghkhani M.H., Abaspour-Fard M.H., Lakzian A. 2010. Determining soil EC based on Wenner method with plate type probes as a component of precision farming, First international conference of soil and root relationship (LANDCON1005), 24-26 May 2010, Ardabil , Iran.
- 4- Corwin K., Loague, and Ellsworth T.R. 1999. Assessment of non-point source pollution in the vadose zone. Geophysical Monogr. 108. AGU, Washington, DC.
- 5- Corwin D.L., Lesch S.M. 2003. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles, and Guidelines. Agronomy Journal. Vol. 98. No. 3. May-June 2003.
- 6- Corwin D.L., Lesch S.M. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture, Computers and Electronics in Agriculture 46 (2005) 11–43.
- 7- Ergon energy, Distribution System Earthing Guidelines, p8-13, Available at: http://www.ergon.com.au/_data/assets/pdf_file/0018/6615/Distribution-System-Earthing-Guidelines.pdf , Accessed 12 November 2009.
- 8- Hendrickx J.M.H., Baerends B., Raza Z.I., Sadig M., and Akram Chaudhry M. 1992. Soil salinity assessment by electromagnetic induction of irrigated land. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1933–1941.
- 9- Lesch S.M., Rhoades J.D., and Corwin D.L. 2000. ESAP-95 Version 2.01R User Manual and Tutorial Guide, United States Department of Agriculture Agricultural Research Service George E. Brown, Jr., Salinity Laboratory Riverside, California.
- 10- Lund E.D., Christy C.D., Drummond P.E. 1999. Practical applications of soil electrical conductivity mapping, 2nd European Conference on Precision Agriculture July 1999.
- 11- Rhoades J.D., Corwin D.L., and Lesch S.M. 1999. Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. p. 197–215. In D.L.
- 12- Sarec O., Sarec P., Prosek V. Measuring of soil electrical conductivity for mapping of spacial variability of soil properties within a field. RES. AGR. ENG., 48, 2002 (4): 131–136.
- 13- Shevnin V., Delgado O., Mousatov A., Ryjov A. 2004. Soil resistivity measurements for clay content estimation and its application for petroleum contamination study, SAGEEP–2004, Colorado Springs. p. 396–408.
- 14- Tajgordan T., Ayoubi Sh., Shataii Sh., Khormali F. 2009. Mapping soil surface salinity using remote sensing data of ETM⁺ (Case study: North of Agh Ghala, Golestan Province), Journal of Water and Soil Conservation, Vol. 16(2). (in persian)
- 15- Wilding L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil survey. In: Nielsen, D.R., and J. Bouma, (eds.), Soil Spatial Variability, Pudoc, Wageningen, the Netherlands. 166-194.
- 16- Sharifi A., Azizi M. 2009. Recognition and presentation of soil EC measuring technique in precision agriculture, Gol Azin No.4 November 2009.

بررسی عوامل کاری تیغه‌های روتوتیلر در عملیات خاک ورزی باغات و شالیزارها

رضا طباطبائی کلور^{۱*} - غفار کیانی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۳

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از روتوتیلرها در باغات و مزارع کوچک بویژه در مناطق شمالی کشور گسترش پیدا کرده است. در این طرح، عملکرد یک دستگاه روتوتیلر چند منظوره مورد تحلیل و ارزیابی مزرعه‌ای قرار گرفت. پارامترهای اصلی اجرای کاری مانند سرعت پیشروی ماشین و سرعت دورانی تیغه‌ها و تاثیر آن‌ها بر کیفیت عملیات خاک ورزی مورد تحلیل نظری و عملی قرار گرفت. نتایج این تحلیل‌ها نشان داد که سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها بر ضخامت لایه بریده شده خاک و در نتیجه میزان خرد شدن آن تاثیر دارد. آزمون مزرعه‌ای در شرایط باغ و شالیزار به منظور تعیین درصد خرد شدن خاک و ضخامت لایه بریده شده خاک و تاثیر عواملی مانند سرعت دوران تیغه‌ها و سرعت پیشروی ماشین بر آن‌ها انجام شد. بعلاوه برخی خواص فیزیکی خاک از جمله بافت خاک، میانگین ارتفاع علف‌های هرز، رطوبت خاک و جرم مخصوص خاک در باغ و شالیزار در عمق ۱۵۰ MM بدست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل ۳×۳ و در سه تکرار انجام گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های آزمون دانکن مشاهده شد که بهترین ترکیب از فاکتورهای سرعت پیشروی ماشین و سرعت دورانی تیغه‌ها برای ضخامت لایه برش خاک، به ترتیب عبارت بودند از 0.4 MS^{-1} و 50 RPM که اختلاف معنی داری با بقیه ترکیب‌های این دو فاکتور دارد. بعلاوه، بهترین ترکیب فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها برای درصد خرد شدن خاک کمتر از ۴۰ MM، به ترتیب 0.2 MS^{-1} و 110 RPM ؛ بین ۴۰MM الی ۸۰MM، 0.3 MS^{-1} و 50 RPM و بزرگتر از ۸۰MM، 0.4 MS^{-1} و 50 RPM بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: خاک ورزی، روتوتیلر، سرعت دورانی تیغه، سرعت پیشروی ماشین

مقدمه ۲۱

در کشورهای توسعه یافته در کنار مدیریت علف‌های هرز، با بکارگیری سیستم‌های خاک ورزی حفاظتی، مدیریت بقایای گیاهی را نیز به روش باقی گذاردن در سطح خاک و یا اختلاط آن با خاک توسط روتوتیلرها، به نحو شایسته‌ای انجام می‌دهند. بدین منظور این بقایا در خاک حفظ می‌شوند و لذا خاک ورزی در این مناطق نیازمند ادوات و ابزارهای ویژه‌ای است (Koustic et al., 2001; Cannel and Hawes, 1994). تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در دنیا در زمینه ساخت انواع روتوتیلرهای تراکتورسوار و خودگردان با مکانیزم خاک همزن دوار صورت گرفته است. برخی از محققان عوامل موثر مانند تعداد تیغه‌ها، سرعت دورانی تیغه، زاویه نصب و شکل آن‌ها بر میزان خرد کردن خاک مطالعه کرده اند (Hendrick and Gill, 1971a, 1971b; Olsen and Boreesen, 1997; Koustic et al., 2001; Lee et al., 2003; Hongeli et al., 2007). در عملیاتی مانند سبزی و صیفی کاری آماده سازی خاک شرایط متفاوتی نسبت به دیگر محصولات زراعی می‌طلبد و عمق آماده سازی بستر بذر و دانه بندی آن متفاوت است. در این شرایط می‌توان خاک را با روتوتیلرها آماده کرد (Tabatabae koloor and Kiani, 2006).

در سال‌های اخیر با توجه به تحقیقات گسترده در زمینه عملیات خاک ورزی و ارائه روش‌های مختلف متناسب با شرایط زمین و محصول، ماشین‌ها و ادوات خاک ورزی متنوعی ابداع شده است. در این میان، روتوتیلرها بدلیل ویژگی‌های خاص و کاربردهای گسترده خود از جمله کار در باغات و زیر درختان و گلخانه‌ها و فضای سبز مورد توجه قرار گرفتند. روتوتیلرها عمدتاً بصورت تیلرسوار یا موتوردار و بدون چرخ ساخته می‌شوند که درگیری تیغه‌ها و خاک ضمن بهم‌زدن خاک موجب پیشروی ماشین نیز می‌گردد. بعلاوه، به عنوان یک سیستم خاک ورزی حفاظتی به مدیریت بقایای گیاهی نیز کمک می‌کند (Tabatabae koloor and Kiani, 2006).

۱- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
* نویسنده مسئول: (Email: r.tabatabaei@sanru.ac.ir)
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

می باشد لذا در یک مرحله توسط تسمه و پولی به میزان نصف و مجدداً در مرحله دیگر توسط چرخ دنده و زنجیر به نصف کاهش یافت و به ۴۵۰ rpm رسید. سپس توسط جعبه دنده سرعت های دورانی مورد نظر با توجه به نسبت دنده ها در دنده یک ۵۰ rpm، دنده دو ۷۰ rpm و دنده سه ۱۱۰ rpm بدست آمد.

۳ تیغه های انحنادار (شکل ۳) به تعداد ۲۰ عدد با همپوشانی کامل به شکل مارپیچی و بصورت چهارتایی روی محور لوله ای به قطر خارجی ۵۰ mm، ضخامت ۵ mm و به طول ۸۰۰ mm نصب گردید. قطر کامل نوک به نوک تیغه ها ۴۵۰ mm می باشد. جنس تیغه ها مطابق استاندارد تیغه های ادوات خاکورزی CK45 انتخاب شد (Valinejad, 1993).

۴ دو عدد بشقاب لبه تیز به قطر ۲۵۰ mm در دو طرف محور دوار نصب شد تا با نفوذ داخل خاک و تحمل تنش های جانبی، لرزش های جانبی دستگاه را کاهش دهد.

۵ برای کنترل سرعت پیشروی و کمک به بهتر خرد شدن خاک توسط تیغه های دوار از یک تیغه چیزل مانند قابل تنظیم در پشت محور روتوتیلر استفاده گردید تا حین کار با تنظیم عمق نفوذ این تیغه داخل خاک، کنترل بهتری روی شدت بهم زدن خاک صورت پذیرد.

۶ طول کل دستگاه ۱۲۰۰ mm و عرض کل آن ۸۰۰ mm می باشد. شاسی دستگاه از نبشی فولادی ۳۰ mm × ۳۰ mm به طول ۶۰۰ mm عرض ۳۰۰ mm و ارتفاع ۴۵۰ mm تشکیل شده است. عرض و طول کل دستگاه با احتساب منضعات به ترتیب ۸۰۰ mm و ۱۲۰۰ mm و وزن کل آن ۵۰ kg می باشد (شکل ۱).

در طراحی روتوتیلر از جمله عواملی که در میزان خرد شدن خاک موثر می باشد سرعت دورانی محور تیغه ها و سرعت پیشروی ماشین می باشد. تحلیل نظری این عوامل همراه با نتایج آزمایش مزرعه ای در طراحی روتوتیلر نقش با اهمیتی دارد.

تحلیل حرکت تیغه ها

تیغه های روتوتیلر به صورت شعاعی بر روی دیسک هایی به شعاع R نصب می شوند که این دیسک ها بر روی محور دوار نصب می شوند. تیغه ها دارای حرکت ترکیبی می باشند؛ حرکت دورانی نوک تیغه حول محور تحت عنوان سرعت محیطی (V_p) و حرکت انتقالی متناسب با سرعت پیشروی ماشین (V_f) نامیده می شود. سرعت محیطی، $V_p = \omega r$ ، تابعی از ω سرعت زاویه ای تیغه (رادیان بر ثانیه) و r شعاع دوران نوک تیغه می باشد. بنابراین سرعت کل بصورت مجموع برداری این سرعت ها، $V = \vec{V}_p + \vec{V}_f$ می باشد. مطابق شکل ۲ مختصات هر نقطه از نوک تیغه (M) را می توان توسط رابطه زیر بیان کرد:

از آنجا که سطح زیر کشت سبزی و صیفی در کشور بویژه در استان های شمالی کوچک است، لذا استفاده از روتوتیلر های متداول خاک ورزی با کشت تراکتوری مناسب نمی باشد. بسیاری از عملیات غیر زراعی دیگری نیز وجود دارد که توسط روتوتیلر های معمولی قابل اجرا نیست. از جمله می توان به آماده سازی، نرم کردن و بهم زدن خاک فضای بین و زیر درختان باغات، آماده سازی خاک برای چمن کاری، گلکاری، فضای سبز، باغچه ها و غیره اشاره کرد. در این طرح تلاش بر این است که با بررسی و تحلیل اجزای کاری از جمله سرعت دورانی تیغه ها و سرعت پیشروی دستگاه و عوامل کیفی خاک مانند درصد خرد شدن و ضخامت لایه بریده شده خاک با آزمون و ارزیابی یک نمونه ساخته شده در جهت بهینه سازی کیفیت کار روتوتیلر های تولید داخل گام برداشت. روتوتیلرها با توجه به وسعت کارائی آن ها، در دو سه سال اخیر با استقبال فراوانی از سوی کاربران مواجه شده است که با توجه به عدم تولید در داخل، این دستگاه ها از کشورهای مختلف با قیمت های گزاف و تا حدی کیفیت پائین وارد می شود. از سوی دیگر، بدلیل عدم ارائه خدمات پس از فروش و افزایش تقاضا بایستی شرایط لازم برای تولید داخلی این ماشین را فراهم نمود که این تحقیق در همین راستا صورت گرفته است. بنابراین، اهداف تحقیق حاضر عبارت بودند از:

- الف بررسی تاثیر سرعت دورانی محور تیغه ها و سرعت پیشروی روتوتیلر بر درصد خرد شدن خاک و ضخامت لایه بریده شده خاک.
- ب تعیین کارائی دستگاه با آزمون و ارزیابی در شالیزار و باغ.

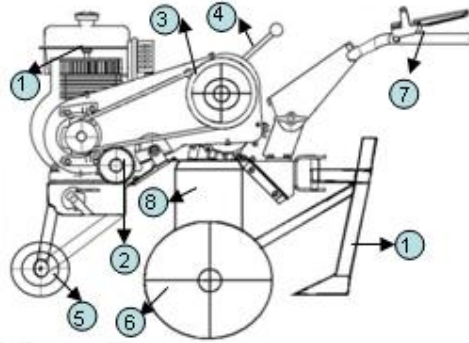
مواد و روش ها

مشخصات دستگاه

مشخصات قسمت های اصلی دستگاه روتوتیلر به طور خلاصه در ذیل آورده شده است:

۴ برای طراحی روتوتیلر ابتدا باید قدرت مورد نیاز به ازای واحد عرض کار را مشخص کرد تا بر مبنای عرض کار مورد نظر موتور مناسب را انتخاب نمود. بر اساس استاندارد (RNAM, 1983) به ازای هر ۴۰ cm عرض کار روتوتیلر با در نظر گرفتن ۴ تیغه روی هر فلنج ۲/۲ kw توان مورد نیاز است. این مسئله توسط (Hendrick and Gill, 1971b) به میزان ۰/۷ hp به ازای هر ۱۰ cm عرض کار بیان شده است. بر این اساس، برای روتوتیلری به عرض ۸۰ cm قدرت مورد نیاز موتور حدود ۴/۴ kw بدست آمد. با توجه به موتور های موجود در بازار، از یک موتور هوندا با قدرت ۴/۵ kw و دور موتور ۳۰۰۰ rpm و دور محور خروجی ۱۸۰۰ rpm استفاده شد.

۴ سرعت دورانی مناسب برای محور روتوتیلر در محدوده ۵۰ الی ۱۲۰ دور در دقیقه توصیه شده است (Yatsuk et al., 1981). با توجه به این که دور خروجی محور تواندهی موتور ۱۸۰۰ rpm



(ب)



(الف)

شکل ۴ (الف) روتوتیلر ساخته شده و (ب) شماتیک دستگاه و اجزای آن؛ (۱) موتور، (۲) جعبه دنده، (۳) تسمه و پولی، (۴) دسته دنده، (۵) چرخ حامل جلو، (۶) بشقاب کناری، (۷) دسته هدایت و کنترل

Fig. 1. (a) Developed rototiller, (b) schematic and its components; (1) engine, (2) gearbox, (3) belt and pulley, (4) gear handle, (5) front carrying wheel, (6) side disc and (7) guidance and control handle

$$V = \sqrt{\omega^2 r^2 + V_f^2 - 2V_f \omega r \sin \omega t} \quad (5)$$

رابطه (۵) نشان می‌دهد که سرعت برش خاک تابعی از زمان بوده و تحت تاثیر عوامل سرعت پیشروی ماشین، سرعت دورانی محور تیغه‌ها و شعاع تیغه‌ها قرار می‌گیرد.

رابطه زیر برای ضخامت لایه بریده شده خاک بوسیله تیغه‌های روتوتاتور ارائه شده است که در آن ضخامت لایه خاک بریده شده F ، ارتباط مستقیم با سرعت پیشروی V_f و نسبت معکوس با تعداد تیغه‌های روی دیسک محور، n و سرعت چرخشی محور N بر حسب دور در دقیقه دارد (Hongeli et al., 2007).

$$x = V_f t + r \cos \omega t \quad (1)$$

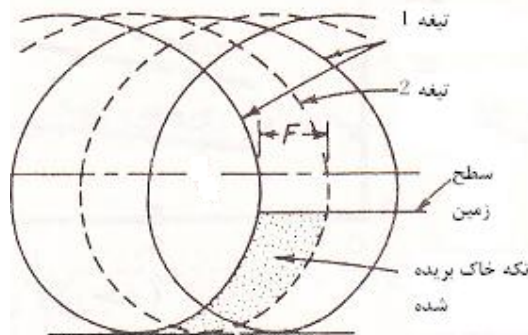
$$y = r \sin \omega t \quad (2)$$

با مشتق‌گیری از رابطه‌های بالا می‌توان سرعت در جهت‌های x و y را بدست آورد؛

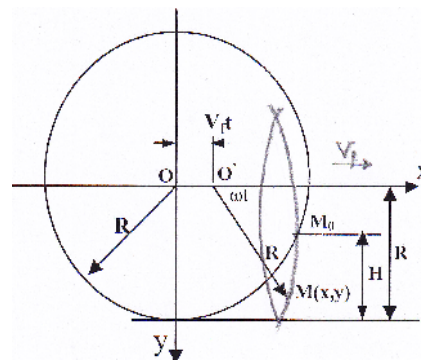
$$\frac{d_x}{d_t} = V_x = V_f - r \omega \sin \omega t \quad (3)$$

$$\frac{d_y}{d_t} = V_y = r \omega \cos \omega t \quad (4)$$

بنابراین سرعت برشی تیغه از رابطه $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ بدست می‌آید. با جایگذاری روابط (۳) و (۴) در این رابطه داریم؛



(ب)



(الف)

شکل ۴ (الف) نمودار مسیر حرکت نوک تیغه. V_f : سرعت پیشروی ماشین، ω : سرعت دورانی نوک تیغه، H : عمق بهم زنی خاک، M_0 : نقطه برخورد نوک تیغه با خاک و شروع برش، $M(x, y)$: مختصات نوک تیغه در لحظه t . (ب) ضخامت لایه بریده شده خاک، F

Fig.2. (A) the trajectory of blade tip. V_f : machine travel speed, ω : rotary speed of blade speed, H : rototilling depth, M_0 : ground point where blade tip starts cutting soil, $M(x, y)$: point of blade tip at time t . (B) Thickness of soil layer, F

و درصد خرد شدن خاک با استفاده از رابطه زیر بدست آمد (Lee et al., 2003):

$$R_{sb}(\%) = \frac{(W_{ts} - W_{os})}{W_{ts}} \times 100 \quad (7)$$

که در این رابطه R_{sb} درصد خرد شدن خاک، W_{ts} وزن کل خاک در واحد سطح بر حسب گرم و W_{os} وزن دانه‌های خاک با قطر بیش از ۳۰mm می‌باشد.

ضخامت لایه خاک بریده شده از نظر تئوری برابر است با مقدار جابجائی دو تیغه مجاور در جهت حرکت ماشین که تاثیر مستقیمی بر روی درصد خرد شدن خاک و یکنواختی کف شیار دارد و توسط رابطه (۶) بدست می‌آید. برای اندازه گیری ضخامت لایه خاک بریده شده، با کنار زدن خاک بهم خورده، پروفیل کف شیار مطابق شکل ۲ (ب) دیده می‌شود. فاصله F که نشان دهنده ضخامت لایه بریده شده خاک توسط یک تیغه است توسط کولیس اندازه گیری می‌شود (Hongeli et al., 2007).

ظرفیت مزرعه‌ای تئوری دستگاه با استفاده از فرمول $C_t = w \times v / 10$ محاسبه می‌شود، که در آن w ، عرض کار دستگاه، ۰/۸ m می‌باشد و سرعت پیشروی از 0.2 ms^{-1} تا 0.4 ms^{-1} متغیر است. بنابراین ظرفیت تئوری دستگاه حدود ۰/۰۶ الی ۰/۱۲ هکتار در ساعت بدست آمد. بازده مزرعه‌ای از روش ثبت زمان‌های تلف شده به ازای ۱۰ بار رفت و آمد دستگاه در طول ۲۵ متر که حدود ۳ دقیقه بود محاسبه شد و مقدار آن ۷۸ درصد بدست آمد. سپس ظرفیت مزرعه‌ای واقعی حدود ۰/۰۵ الی ۰/۱۱ هکتار در ساعت بدست آمد.

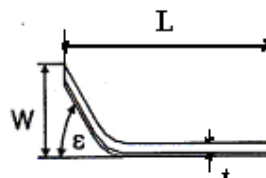
تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل 3×3 در سه تکرار انجام گرفت. سه سطح سرعت پیشروی در دنده‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ (بر حسب ms^{-1}) و سه سطح سرعت دورانی تیغه‌ها در همین دنده‌ها به ترتیب ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ (بر حسب rpm) به عنوان نه تیمار و پارامترهای مورد اندازه گیری در چهار سطح شامل ضخامت لایه بریده شده، درصد خرد شدن خاک به میزان کمتر از ۴۰ mm، بین ۴۰mm الی ۸۰ mm و بزرگتر از ۸۰mm در نظر گرفته شد. اثر هر یک از تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها توسط نرم افزار spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

مطابق جدول (۲)، تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر سرعت پیشروی و سرعت دورانی محور تیغه‌های روتوتیلر بر ضخامت لایه بریده شده خاک و درصد خرد شدن ذرات خاک معنی دار است. اثر متقابل این دو فاکتور بر ضخامت لایه بریده شده خاک و درصد

$$F = \frac{V_f}{N.n} \quad (6)$$

با توجه به رابطه (۶) برای کاهش ضخامت لایه خاک بریده شده می‌توان سرعت پیشروی را کاهش و سرعت دورانی محور تیغه و تعداد تیغه‌ها را افزایش داد و برای افزایش ضخامت لایه برش خاک برعکس آن عمل کرد.



شکل ۳ مشخصات ابعادی تیغه مورد استفاده در روتوتیلر؛ طول تیغه $L=200 \text{ mm}$ ، عرض تیغه $W=80 \text{ mm}$ ، زاویه خم شدگی تیغه $\epsilon=45^\circ$ و ضخامت تیغه $t=3 \text{ mm}$

Fig. 3. Dimensions of rototiller blade; length=200mm, width=80mm, curvature angle=45° and blade thickness= 3 mm

آزمون مزرعه‌ای و ارزیابی

پیش از آزمایش دستگاه در مزرعه و برای اطمینان از کارکرد آن، ابتدا در کارگاه دستگاه به مدت نیم ساعت در شرایط بدون بار راه اندازی گردید و کارکرد اجزای آن از لحاظ مکانیکی مورد بررسی قرار گرفت و عیب‌های احتمالی بر طرف گردید. بعلاوه تنظیمات لازم انجام گرفته و دستگاه آماده کار در شرایط مزرعه‌ای گردید. ابتدا در چندین مرحله دستگاه برای آزمایش اولیه به مزرعه منتقل گردید تا علاوه بر بررسی کارکرد دستگاه مهارت کافی در کار با دستگاه بدست آید.

شرایط آزمایش

آزمون مزرعه‌ای دستگاه در باغ پژوهشی زیتون و مرکبات و مزرعه پژوهشی بروج واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در شه‌ریور ماه صورت گرفت. آزمون در کرت‌های $25 \times 10 \text{ (m}^2\text{)}$ و نمونه برداری در سه تکرار مطابق استاندارد RNAM, 1983 صورت گرفت. مطابق جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی خاک از جمله بافت خاک، میانگین ارتفاع علف‌های هرز، رطوبت خاک و جرم مخصوص خاک در باغ و شالیزار در عمق ۱۵۰ mm بدست آمد.

برای انجام آزمایش ابتدا کرت‌های اصلی به سه کرت کوچکتر به ابعاد $3 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ تقسیم شد و در سه دنده مختلف عمل بهم زدن خاک انجام گرفت. در هر مرتبه از عملیات روتوتاتور زنی نمونه گیری از سطح $300 \times 300 \text{ (mm}^2\text{)}$ و عمق ۷۰ mm در سه تکرار انجام شد

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) مشاهده می‌شود که بهترین ترکیب از فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی محور تیغه‌ها برای ضخامت لایه برش خاک سرعت پیشروی 0.4 ms^{-1} و سرعت دورانی 50 rpm می‌باشد که اختلاف معنی داری با بقیه ترکیب‌های این دو فاکتور دارد. بعلاوه، بهترین ترکیب این دو فاکتور برای درصد خرد شدن خاک کمتر از 40 mm ، سرعت پیشروی 0.4 ms^{-1} و سرعت محور تیغه 110 rpm ؛ بین 40 mm الی 80 mm ، سرعت پیشروی 0.3 ms^{-1} و سرعت محور تیغه 50 rpm و بزرگتر از 80 mm سرعت پیشروی 0.4 ms^{-1} و سرعت محور تیغه 50 rpm بدست آمد.

اثر هر یک از فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها بر درصد خرد شدن خاک در شکل ۴ مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۵٪ نشان داد که درصد خرد شدن خاک بین سطوح سرعت‌های پیشروی و سرعت دورانی محور اختلاف معنی داری وجود دارد و بهترین سرعت پیشروی ماشین و سرعت دورانی محور تیغه‌ها به ترتیب 0.2 ms^{-1} و 110 rpm بدست آمد.

خرد شدن خاک بویژه برای ذرات کمتر از 40 mm معنی دار نیست. ارزیابی‌ها با توجه به درصد خرد شدن خاک نشان داد که برای بدست آوردن دانه بندی ریز خاک (مناسب برای کشت بذرهای ریز مثل سبزیجات و چمن) می‌توان به دو روش عمل کرد، روش اول افزایش سرعت دورانی تیغه‌ها و روش دوم کاهش سرعت پیشروی. البته می‌توان با انجام چند بار عبور در هر ردیف نیز درصد ذرات خرد شده را افزایش داد. برای بدست آوردن دانه بندی درشت (متداول در باغ‌ها و زیر درختان) تعداد عبور را کمتر کرده و سرعت پیشروی را افزایش و یا سرعت دورانی تیغه‌ها را کاهش می‌دهیم. به منظور بدست آوردن بهترین ترکیب از فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها مقایسه میانگین‌های اثر متقابل این دو فاکتور با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است. نتایج حاصل از تحلیل تئوری ضخامت لایه برش خاک مطابق فرمول (۷) و نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری بین میانگین‌های بدست آمده وجود ندارد و برای بدست آوردن نتیجه مطلوب در برش خاک می‌توان از تحلیل تئوری استفاده کرد.

جدول ۱. برخی خواص فیزیکی خاک در عمق 150 mm
Table 1. Some of the soil physical properties at 150 mm depth

بافت خاک (%)	جرم مخصوص خاک (kg.cm^{-3})	رطوبت خاک بر مبنای وزن تر (%)	میانگین ارتفاع علف یا کلش (mm)	فاکتور	
				نوع	زمین
رس سیلت شن					
۳۷٪ / ۲۷٪ / ۳۶٪	۱۷/۲	۱۹	۱۵۰	باغ	
۴۲٪ / ۲۴٪ / ۳۴٪	۸/۷	۳۱/۶	۲۵۰	شالیزار	

هر یک از داده‌ها میانگین سه تکرار می‌باشد

جدول ۲. تجزیه واریانس مربوط به فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها
Table 2. ANOVA related to the forward speed and blade rotational speed

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییرات
ضخامت لایه بریده شده خاک (cm)				
درصد خرد شدن خاک				
۸۰ mm	(۴۰-۸۰) mm	۴۰ mm		
۲/۵۶**	۰/۴ ^{ns}	۱۰۵/۰۶**	۳۷/۲۱**	سرعت پیشروی (ms^{-1})
۹۶/۳۳**	۸۶/۳**	۵۶۷/۷**	۶۱/۰۵**	سرعت دورانی محور تیغه (rpm)
۱/۱۷**	۲/۴۲**	۴/۸۶ ^{ns}	۱/۴۶ ^{ns}	سرعت پیشروی × سرعت دورانی
۰/۱۶۹	۰/۳۱۶	۱/۶۷	۰/۴۶۳	خطا
۳/۸۶	۴/۱۴	۱/۸۶	۱۰/۲۳	ضریب تغییرات (%)

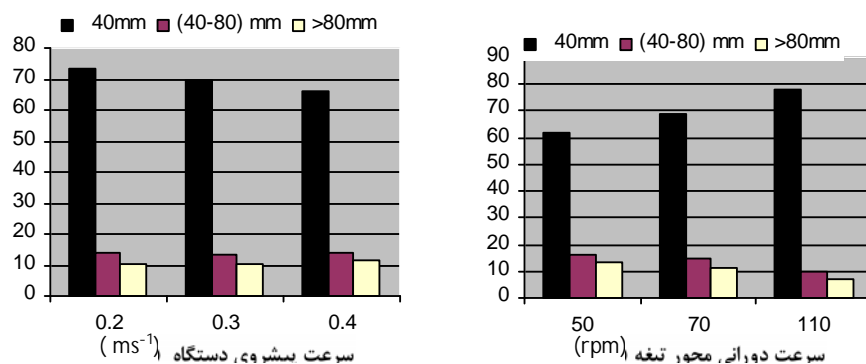
** معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ^{ns} غیر معنی دار

جدول ۳ مقایسه میانگین های اثر متقابل سرعت پیشروی و سرعت دورانی محور تیغه های روتوتیلر بر روی ضخامت لایه برش و درصد خرد شدن خاک

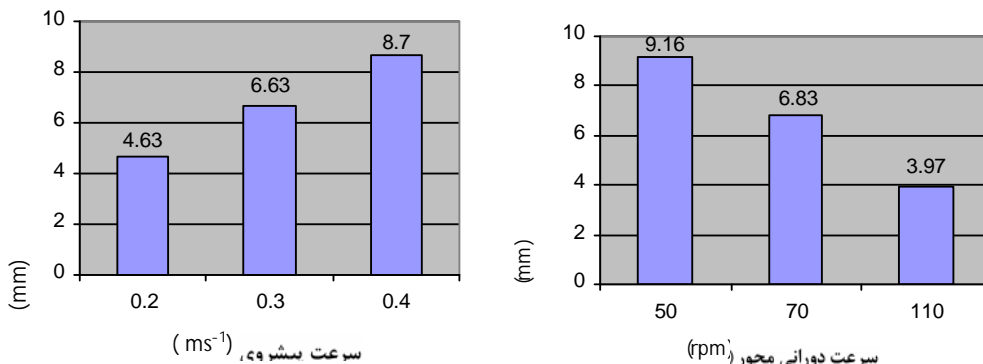
Table 3. Mean comparisons for interaction effect of forward speed and blade rotational speed on the cut layer thickness and soil crushing rate

درصد خرد شدن خاک		ضخامت لایه برش خاک (cm)			سرعت پیشروی (ms^{-1})	سرعت دورانی محور تیغه ها (rpm)
۸۰ mm	(۴۰ ۸۰) mm	۴۰ mm	آزمایشی	تئوری		
۱۳/۳ ^b	۱۵/۶ ^{bc}	۶۵/۳ ^c	۶/۸ ^c	۶	۵۰	
۱۰/۸ ^d	۱۴/۳ ^{de}	۷۱/۷ ^{cd}	۴/۶ ^{de}	۴/۳	۷۰	۰/۲
۶/۵ ^f	۱۱/۳ ^f	۸۲/۳ ^a	۲/۵ ^f	۲/۷	۱۱۰	
۱۲/۵ ^{bc}	۱۶/۷ ^a	۶۱/۱ ^f	۸/۹ ^b	۹	۵۰	
۱۱/۸ ^c	۱۴/۱ ^e	۶۹/۶ ^d	۶/۷ ^c	۶/۴	۷۰	۰/۳
۷/۳ ^e	۹/۲ ^g	۷۸/۳ ^b	۴/۳ ^e	۴	۱۱۰	
۱۴/۵ ^a	۱۶/۱ ^{ab}	۵۹/۵ ^f	۱۱/۸ ^a	۱۲	۵۰	
۱۱/۸ ^c	۱۵/۱ ^{cd}	۶۶/۳ ^e	۹/۲ ^b	۸/۵	۷۰	۰/۴
۷/۳ ^e	۹/۹ ^g	۷۲/۹ ^c	۵/۱ ^d	۵/۴	۱۱۰	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم معنی دار بودن تفاوت بین داده های آن ستون است
مقادیری که زیر آن ها خط کشیده شده است بهترین ترکیب فاکتورها می باشد



شکل ۴ تاثیر سرعت پیشروی ماشین و سرعت دورانی محور تیغه ها بر درصد خرد شدن خاک
Fig. 4. Effects of machine forward speed and blade rotational speed on the soil crushing rate



شکل ۵ تاثیر سرعت پیشروی ماشین و سرعت دورانی محور تیغه ها بر ضخامت لایه بریده شده خاک
Fig. 5. Effects of machine forward speed and blade rotational speed on the soil cut layer thickness

داری با بقیه ترکیب‌های این دو فاکتور دارد. بعلاوه، بهترین ترکیب این دو فاکتور برای درصد خرد شدن خاک کمتر از ۴۰ mm، سرعت پیشروی 0.2 ms^{-1} و سرعت محور تیغه ۱۱۰ rpm؛ بین ۴۰ mm الی ۸۰ mm، سرعت پیشروی 0.3 ms^{-1} و سرعت محور تیغه rpm ۵۰ و بزرگتر از ۸۰ mm، سرعت پیشروی 0.4 ms^{-1} و سرعت محور تیغه ۵۰ rpm بدست آمد.

پیشنهاد می‌شود تاثیر عوامل دیگر از جمله شکل تیغه، طول تیغه، انحنای نوک تیغه، تعداد تیغه روی محور در هر ردیف و عرض دستگاه نیز در آزمون‌های مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گیرد و با داده‌های طراحی مقایسه شود. بعلاوه، آزمون در شرایط مختلف بافت و رطوبت خاک تکرار شود.

سپاسگزاری

از ریاست محترم پژوهشکده برنج و مرکبات به دلیل حمایت کامل مالی این طرح و همچنین از آقایان مهندس علی اصغر باباناسب و حمیدرضا محمودی بخاطر زحمات بی دریغ آن‌ها در ساخت و آزمایش دستگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

بعلاوه، تاثیر فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها بر ضخامت لایه بریده شده خاک در شکل (۵) نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود افزایش سرعت پیشروی منجر به افزایش ضخامت لایه برش خاک و افزایش سرعت دورانی تیغه‌ها موجب کاهش ضخامت لایه برش خاک می‌شود. بعلاوه، بین سطوح این عوامل نیز اختلاف معنی داری وجود دارد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق پارامترهای اصلی اجزای کاری روتوتیلر مانند سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها و تاثیر آن‌ها بر کیفیت عملیات خاک ورزی مورد تحلیل تئوری و عملی قرار گرفت. نتایج این تحلیل‌ها نشان داد که سرعت پیشروی و سرعت دورانی تیغه‌ها بر ضخامت لایه بریده شده خاک و در نتیجه میزان خرد شدن آن تاثیر دارد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های آزمون دانکن مشاهده شد که بهترین ترکیب از فاکتورهای سرعت پیشروی و سرعت دورانی محور تیغه‌ها برای ضخامت لایه برش خاک سرعت پیشروی 0.4 ms^{-1} و سرعت دورانی rpm ۵۰ می‌باشد که اختلاف معنی

منابع

- 1- Cannel R.Q., and Hawes J.D. 1994: Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil and Tillage Research*, 30, 245-282.
- 2- Hendrick J.G., and Gill W.R. 1971a. Rotary-tiller design parameters. Part I: Transactions of the ASAE, 14, 669-674.
- 3- Hendrick J.G., and Gill W.R. 1971b. Rotary-tiller design parameters. Part II: Transactions of the ASAE, 14, 675-678.
- 4- Honglei J., Chenglin M., and Tong J. 2007. Study on universal blade rotor for rototilling and stubble-breaking machine. *Soil and Tillage Research*, 30, 245-282.
- 5- Koustic S., Filipovic D., and Gospodaric Z. 2001. Rotary cultivator energy requirement influenced by different constructional characteristics, velocity and depth of tillage. *Tillage Research*, 61(3): 232-239.
- 6- Lee K.S., Park S.H., Park W.Y., and Lee C.S. 2003. Strip tillage characteristics of rotary tiller blades for use in dryland direct rice seeder. *Soil and Tillage Research journal* 71: 25-32.
- 7- Olsen P.A., and Boreisen T. 1997. Measuring differences in soil properties with different cultivation practices. *Soil and Tillage Research*, 44, 1-12.
- 8- Regional Network for Agricultural Machinery. 1983. RNAM test codes and procedures for farm machinery. Los Banos, Philippines. 297p.
- 9- Tabatabaee Kolor R., and Kiani Gh. 2006. Tillage for sustainable cropping (Translation). Faraghi Publications, Gorgan, Iran.
- 10- Valinejad A. 1993. Tabellenbuch metal (Translation). Tarrah Publication, Tehran, Iran
- 11- Yatsouk E.P., Panov I.m., Efimov D.N., and Marchenkoc O.S. 1981. Rotary soil working machines. Amerined publishing company. PVT Ltd., New Delhi, India.

انتخاب تراکتور مناسب بر مبنای تصمیم‌گیری چند معیاری

(مطالعه موردی: استان همدان)

محمدباقر لک^{۱*} - علی محمد برقمی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۴

چکیده

هدف از مکانیزاسیون کشاورزی بیشینه کردن بهره‌وری است. با هدف‌مند کردن یارانه‌ها از یک سو و پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی از سوی دیگر، انتخاب فناوری مناسب اهمیت بیشتری خواهد داشت. رشد کشاورزی منوط به مکانیزاسیون صحیح است و انتخاب تراکتور مناسب یکی از ارکان پیاده‌سازی مکانیزاسیون می‌باشد. در این مقاله معیارهای انتخاب یک تراکتور مناسب با توجه به شرایط استان همدان مدنظر قرار گرفت و بهترین گزینه با استفاده از نه معیار ارزیابی با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند معیاری^۳ تاپسیس^۴ از بین یازده مدل تراکتور انتخاب شد. معیارهای ارزیابی تراکتور مناسب عبارتند از: توان مال‌بندی، توان هیدرولیک، توان محور توان‌دهی، نوع محور توان‌دهی، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت حرکت، دور مشخصه موتور، جعبه‌دنده، و کارخانه سازنده. در بین گزینه‌های موجود، تراکتور U453 نسبت به دیگر مدل‌های تراکتور ترجیح داده شد و به‌عنوان تراکتور مناسب توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: آزمون تراکتور، مکانیزاسیون کشاورزی، وزن‌دهی، تاپسیس

مقدمه ۳۲۱

Modarres Razavi (۲۰۰۸) به منظور تعیین تعداد و اندازه ماشین‌های مورد نیاز پیشنهاد می‌کند ابتدا سطح کشت هر محصول و زمان اجرای عملیات مشخص شود و ظرفیت انجام هر کار محاسبه گردد. با در نظر گرفتن عرض کار و وسایل مختلف کشاورزی قابل استفاده در منطقه و برآورد سرعت معین شده و بازده هر دستگاه، ظرفیت حقیقی هر دستگاه تعیین شده و از تقسیم ظرفیت انجام کار مزرعه بر ظرفیت حقیقی دستگاه تعداد آنها برآورد شود. از دیدگاه Almasi و همکاران (2005) موارد و نکات کلی را که می‌تواند در یک انتخاب موفق نقش داشته باشند عبارتند از: در نظر گرفتن مارک تجاری ماشینها، توجه به نام تجاری، در نظر داشتن مدل‌های مختلف از یک مارک یا نام تجاری، توجه به مسئله تعمیرات و خدمات پس از فروش، طرح ماشین، راحتی کار و استفاده از ماشین، آسانی انجام تنظیمات، ایمنی کار، مسائل ارگونومیک. عملیات مختلف کشاورزی نیازمند انواع تراکتور مناسب است تا بتوان عملیات را به‌موقع و اقتصادی به انجام رساند. از طرف دیگر، کشاورزان اغلب نمی‌توانند مدل‌های مختلف را خریداری کنند و بنابراین لزوم انتخاب مناسب‌ترین تراکتور که عموم کار کشاورزان را انجام دهد یک ضرورت است. برای انتخاب یک تراکتور مناسب می‌توان چند معیار فنی

نیاز به استفاده از ماشین بجای نیروی کارگری هنگامی بوجود می‌آید که درآمد حاصل از کار کارگری کمتر از درآمد بدست آمده از جایگزین نمودن ماشین و موتور باشد که خود به عوامل متعددی از جمله موارد زیر بستگی دارد (Mansouri Rad, 2003):

- ۱- دستمزد کارگر بالا باشد.
- ۲- مشکلات کارگری موجب وقفه در کار در زمان معین شود.
- ۳- زیان‌های حاصل از طولانی بودن کار کارگری بیش از هزینه‌های استفاده از ماشین و موتور شود.
- ۴- کیفیت کار ماشین آن قدر بالا باشد که هزینه‌های آن را مستهلک نماید.

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران
* نویسنده مسئول: (Email: mbagher_lak@yahoo.com)
۲- استاد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

3 - Multiple Criteria Decision Making
4 -Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

داده می‌شوند.

جدول ۱) را با وزن‌های متفاوت در نظر گرفت و با شیوه‌های تصمیم‌گیری چند معیاری مانند تاپسیس بهترین مدل را انتخاب کرد. ادامه معیارهای فنی مورد نظر در این پژوهش معرفی شده و روش تصمیم‌گیری تشریح می‌شود:

جعبه‌دنده

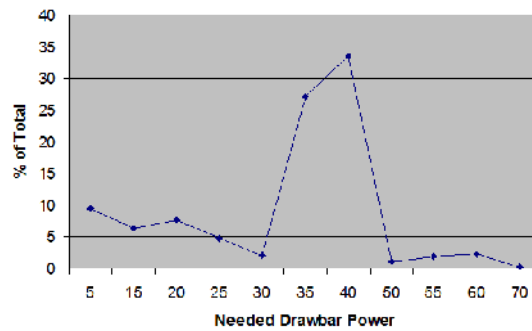
مدیریت مناسب ماشین‌های کشاورزی نیازمند به کار انداختن ماشین‌ها با سرعت‌های کاری و نیروهای گشتاوری مناسب است در ضمن اینکه سرعت پیشروی به وسیله نسبت‌های دنده تغییر می‌یابد و سرعت دورانی موتور نسبتاً ثابت می‌ماند. بنابراین، دامنه تغییر سرعت و نوع جعبه‌دنده می‌تواند از عوامل مؤثر در ارزیابی مطلوبیت تراکتور باشد و تعداد دنده بیشتر مطلوب‌تر خواهد بود.

سازنده

شهرت سازنده و سابقه آن می‌تواند در ارجحیت انتخاب یک گزینه مؤثر باشد.

توان

انجام کارهای مبتنی بر توان مالبندی هدف اصلی تراکتورهای کشاورزی، به‌ویژه در انواع متوسط و سنگین می‌باشد (Zoz and Lak and Bolouki, Grisso, 2003) مکانیزاسیون کشاورزی را در همدان بررسی کردند و تراکتورهای با حدود توان متوسط را پیشنهاد کردند. طبق مطالعه ایشان توان کششی حدود ۴۰ کیلو وات بیشترین کاربرد را دارد (شکل ۱). به‌طوری که در شکل ۱ نیز نشان داده می‌شود، بیش از ۶۰ درصد از کل مصرف‌کنندگان کشش، توانی بین ۳۰ تا ۵۰ کیلووات را نیاز دارند. بنابراین، تراکتورهایی با تولید توان کششی در این محدوده توانی برای استان همدان ترجیح



شکل ۱ توزیع توان کششی مورد نیاز استان همدان (Hamedan Div. of Agri., 2007; Lak and Bolouki, 2008)

Fig.1. Hamedan province needed traction power distribution (Hamedan Div. of Agri., 2007; Lak and Bolouki, 2008)

جدول ۱ تراکتورها و معیارها*

Table1. Tractors and criteria

مدل تراکتور	نوع شفت PTO (rpm) (c ₁)	جعبه‌دنده (c ₂)	کشور سازنده (c ₃)	مصرف سوخت ویژه (kg kw ⁻¹ h ⁻¹) (c ₄)	دامنه سرعت (km h ⁻¹) (c ₅)	توان هیدرولیک (kw) (c ₆)	توان PTO (kw) (c ₇)	توان مالبندی (kw) (c ₈)	دور مشخصه موتور (rpm) (c ₉)
GLH 820/2 (t ₁)	۵۴۰	۱۰-F ^۲ , ۲R ^۲	ایران	-/۳۲	۳/۰۱ ۴۱/۰۲	۱۰/۱۳	۴۶/۲۵	۳۴/۸۶	۲۰۰۰
ITM 240/2 (t ₂)	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۳	۲/۶۸ ۴۹/۰۷	۴/۸۷	۳۱/۴۸	۲۷/۸۱	۲۲۵۰
ITM 285/4 (t ₃)	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۲	۲/۰۲ ۴۴	۵/۶۰	۴۵/۵۱	۴۰/۶۹	۲۰۰۰
ITM 399/4 (t ₄)	۱۰۰۰ و ۵۴۰	۱۲F, ۴R	ایران	-/۳۵	۲/۱۳ ۴۰/۶۲	۹/۴	۶۲/۶۶	۵۷/۹۰	۲۲۰۰
U 453 (t ₅)	۵۴۰	۸F, ۲R	ایران	-/۳۸	۲/۵۴ ۴۵/۷۶	۷/۹۹	۳۰/۲۱	۲۱/۶۸	۲۴۰۰
U 860/2 (t ₆)	۵۴۰	۱۰-F, ۲R	ایران	-/۳۴	۲/۸۰ ۴۹	۹/۵۷	۵۸/۵۶	۴۵/۸۹	۱۹۰۰
DTM 204/4 (t ₇)	۵۴۰	۱۲F, ۴R	چین	-/۳۱	-/۲۳ ۴۵/۲۴	۲/۱۰	۱۷/۳۰	۱۱/۱۳	۲۳۰۰
MF 440/4 (t ₈)	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۳۳	۲/۲ ۴۹/۹	۱۲/۰۵	۵۰/۲۰	۴۳/۳۰	۲۲۰۰
MF460/4 (t ₉)	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۱	۲/۰۶ ۴۰/۳۱	۱۱/۶۰	۶۵/۰۰	۵۹/۶۰	۲۳۰۰
MF 465/4 (t ₁₀)	۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۷	۲/۱۶ ۴۱/۸۹	۸/۰۴	۶۵/۲۰	۶۳/۰۰	۲۲۰۰
MF475/4 (t ₁₁)	۱۰۰۰ و ۵۴۰	۱۲F, ۴R	برزیل	-/۲۸	۲/۰۶ ۴۰/۳۱	۱۱/۷۰	۷۴/۹۰	۷۱/۲۰	۲۳۰۰

‡ دنده جلو † دنده عقب (R)

* مشخصات از نتایج آزمون استخراج شده است.

از قابلیت نسبتاً بالایی برخوردار است (Grei, 2006).

کاربردهای این شیوه را در صنعت (Wang and Elhag, 2007; Wang and Chang, 2006; و کشاورزی (Momeni and Eghbali, 2004; Parthanadee and Buddhakulsomsiri, 2010) می‌توان مشاهده کرد.

به‌طوری که Momeni و Eghbali (2004) از تاپسیس فازی برای انتخاب یک سیستم حمل‌نیشکر از بین دو گزینه استفاده کردند. Parthanadee و Buddhakulsomsiri (2010) برای زمان‌بندی سیستم میوه کنسروی، و Hipel و Ghanbarpour (2010) برای مدیریت زمین در حوضه آبریز منطقه کن از این شیوه استفاده کردند.

مراحل اجرای این روش عبارتند از (Germain et al, 2005):

- تشکیل یک ماتریس تصمیم (R)
 - بی‌بعد کردن (N_D)
 - برقرار کردن راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی (A_+, A_-)
 - تعیین فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی (d_{i+}, d_{i-})
 - مرتب‌سازی نهایی گزینه‌ها از بهترین به بدترین (cl_{i+})
- معیارهای مورد نظر در این مقاله عبارتند از: سرعت محور توان‌دهی، تعداد سرعت‌های جعبه‌دنده، سازنده، مصرف سوخت ویژه، دامنه سرعت، توان هیدرولیک، توان PTO، توان کششی، و دور مشخصه موتور و گزینه‌ها مدل‌های تراکتور هستند.

وزن‌دهی

در اکثر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره باید اهمیت نسبی معیارها مشخص گردد بنابراین، معیارها به شیوه‌های مختلف وزن‌دهی می‌شوند. شیوه انتروپی از روش‌های وزن‌دهی به معیارهاست که در این پژوهش از آن استفاده خواهد شد. انتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی، و تئوری اطلاعات می‌باشد. به‌طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است (Asgharpour, 2006).

هدف از انجام این پژوهش، انتخاب مناسب‌ترین مدل از بین ۱۱ مدل تراکتور با استفاده از ۹ معیار فنی می‌باشد. تراکتورها با توجه به نزدیکی‌شان به نقطه ایده‌آل مورد نیاز در زراعت استان همدان از مناسب‌ترین تا نامناسب‌ترین مرتب خواهند شد. مناسب‌ترین تراکتور با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاری تاپسیس انتخاب خواهد شد.

اطلاعات فنی در گزارش‌های آزمون تراکتورها موجود هستند و اغلب ثابت می‌باشند. بنابراین، اطلاعات فنی گزارش شده در نتایج آزمون مبنای انتخاب خواهند بود. البته ثابت بودن اطلاعات فنی

این معیار نشان‌دهنده طرح، کیفیت، قابلیت اعتماد، بازارپسندی، خدمات پس از فروش، خدمات و فراهم بودن لوازم یدکی، و راحتی کار با تراکتور را تحت‌الشعاع قرار دهد. تراکتورهای مورد بررسی در این مطالعه ساخت کشورهای ایران، برزیل، و چین هستند که با توجه به کیفیت مورد انتظار اولویت‌بندی شدند.

مصرف سوخت ویژه

مصرف سوخت ویژه شاخصی است که میزان مصرف سوخت را در هر ساعت به ازای تولید هر واحد توان نشان می‌دهد. با توجه به دور بودن اغلب مزارع از دسترسی به محل‌های توزیع سوخت، مشکلات نگهداری سوخت در مزرعه، آلاینده‌گی و هزینه اضافی ناشی از مصرف سوخت زیاد این شاخص یکی از شاخص‌های مهم بوده که افزایش آن کاهش مطلوبیت را به‌دنبال دارد. نماد " C_4 " در نشان‌دهنده اینست که مصرف سوخت ویژه کمتر مطلوب‌تر است.

دامنه سرعت

هر عملیاتی سرعت انجام مطلوب ویژه‌ای دارد. دامنه سرعت عاملی است که انجام بعضی از عملیات زراعی را محدود می‌کند. بنابراین با توجه به جدول ۱، بازه‌های سرعت از ۱ تا ۹ ارزیابی می‌شوند و ۹ نشان‌دهنده مطلوب‌ترین بازه سرعت مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی در همدان است.

سرعت مشخصه موتور

سرعت مشخصه موتور (سرعت کاری موتور برای تأمین دور استاندارد محور توان‌دهی (PTO)) که برحسب دور بر دقیقه (rpm) بیان می‌شود؛ یک ویژگی نامطلوب موتور است؛ به‌طوری که هرچه قدر سرعت مشخصه کمتر باشد، مطلوب‌تر است. بنابراین از نماد " C_9 " برای نشان دادن نامطلوب بودن آن استفاده می‌شود. در این بررسی، عدد ۹ به تراکتوری تعلق دارد که کمترین سرعت مشخصه موتور (۱۹۰۰ rpm) را داراست و عدد ۱ به تراکتوری تعلق می‌گیرد که بیشترین دور مشخصه آن (۲۴۰۰ rpm) بیشترین است.

روش تاپسیس

این روش یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که نقطه‌ای را مطلوب می‌داند که کمترین فاصله را از نقطه ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از نقطه ایده‌آل منفی داشته باشد. تاپسیس یکی از کاراترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره است که به‌دلیل اینکه وابستگی بین شاخص‌ها را در ارزیابی گزینه‌ها در نظر می‌گیرد،

که:

$$i = 1, 2, \dots, m \quad (m=11)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad (n=9)$$

$$R = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 5 & 4 & 6 & 9 & 9 & 9 & 8 \\ 7 & 5 & 5 & 4 & 7 & 6 & 8 & 8 & 4 \\ 7 & 5 & 5 & 4 & 6 & 6 & 9 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 5 & 3 & 8 & 8 & 7 & 7 & 5 \\ 7 & 5 & 5 & 1 & 7 & 7 & 8 & 8 & 1 \\ 7 & 6 & 5 & 3 & 7 & 8 & 9 & 9 & 9 \\ 7 & 8 & 3 & 4 & 9 & 2 & 6 & 6 & 3 \\ 7 & 8 & 7 & 8 & 7 & 9 & 9 & 9 & 5 \\ 7 & 8 & 7 & 9 & 8 & 9 & 7 & 7 & 5 \\ 7 & 8 & 7 & 6 & 8 & 6 & 7 & 7 & 5 \\ 8 & 8 & 7 & 6 & 8 & 9 & 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

به منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری (به ازای شاخص‌های گوناگون) باید از "بی‌مقیاس کردن" استفاده کرد (Asgarpour, 2006). اعداد ماتریس R با استفاده از رابطه (۱) به ماتریس N_D تبدیل شد.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (1)$$

برای وزن‌دهی معیارها از روش انتروپی استفاده شد و وزن‌ها در ماتریس $W_{n \times n}$ نشان داده شدند. ماتریس $W_{n \times n}$ یک ماتریس قطری است که وزن‌های مفروض برای هر معیار در آرایه‌های آن قرار می‌گیرند.

بنابراین، ماتریس بی‌مقیاس وزین چنین خواهد بود:

$$V = N_D \cdot W_{n \times n} = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

تراکتور بدان معنا نیست که اولویت انتخاب تراکتورها بر مبنای این اطلاعات در همه مناطق یکسان است؛ زیرا ممکن است دامنه مطلوب برخی از مشخصات فنی در همه مناطق یکسان نباشد.

مواد و روش‌ها

اولویت گزینه‌ها در معیارها بین ۱ تا ۹ مشخص شدند. مبنای این اولویت‌بندی میزان مطلوبیت گزینه‌ها بود. به طوری که عدد ۹ نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر و عدد ۱ نشان‌دهنده مطلوبیت کمتر است (جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس تراکتور معیار (txc)

Table 2. Tractor-Criteria (t×c) Matrix

مدل تراکتور	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇	c ₈	c ₉
t ₁	7	6	5	4	6	9	9	9	8
t ₂	7	5	5	4	7	6	8	8	4
t ₃	7	5	5	4	6	6	9	9	8
t ₄	9	8	5	3	8	8	7	7	5
t ₅	7	5	5	1	7	7	8	8	1
t ₆	7	6	5	3	7	8	9	9	9
t ₇	7	8	3	4	9	2	6	6	3
t ₈	7	8	7	8	7	9	9	9	5
t ₉	7	8	7	9	8	9	7	7	5
t ₁₀	7	8	7	6	8	6	7	7	5
t ₁₁	8	8	7	6	8	9	5	5	5

ماتریس R از داده‌های جدول ۲ تشکیل شد. در این ماتریس، هر تراکتور (t) به عنوان یک گزینه مشخصات مثبت و منفی (c) دارد؛ در نتیجه ماتریس R از m ردیف و n ستون تشکیل می‌شود که r_{ij} مؤلفه‌های ماتریس هستند (جدول ۲). بنابراین، ماتریس R با مؤلفه‌های r_{ij} عبارتست از ماتریسی با ۱۱ سطر و ۹ ستون؛ به طوری

$$N_D = \begin{pmatrix} -/2892 & -/2604 & -/2654 & -/2309 & -/2439 & -/2635 & -/2503 & -/2503 & -/2216 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/2309 & -/2846 & -/2423 & -/3114 & -/3114 & -/2108 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/2309 & -/2439 & -/2423 & -/2503 & -/2503 & -/2216 \\ -/3718 & -/3472 & -/2654 & -/1732 & -/2252 & -/2231 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2892 & -/2170 & -/2654 & -/0577 & -/2846 & -/2817 & -/3114 & -/3114 & -/0527 \\ -/2892 & -/2604 & -/2654 & -/1732 & -/2846 & -/2231 & -/2503 & -/2503 & -/2722 \\ -/2892 & -/3472 & -/1592 & -/2309 & -/2659 & -/0808 & -/2235 & -/2235 & -/1581 \\ -/2892 & -/3472 & -/2715 & -/4619 & -/2846 & -/2635 & -/2503 & -/2503 & -/2625 \\ -/2892 & -/3472 & -/2715 & -/05196 & -/2252 & -/2635 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2892 & -/3472 & -/2715 & -/2664 & -/2252 & -/2423 & -/2725 & -/2725 & -/2625 \\ -/2305 & -/2472 & -/2715 & -/2664 & -/2252 & -/2635 & -/1946 & -/1946 & -/2625 \end{pmatrix}$$

$$W_{n \times n} = \begin{pmatrix} -/0.134 & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & -/0.066 & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & -/0.451 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & -/0.4223 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & -/0.220 & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & -/0.1824 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & -/0.594 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & -/0.660 & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & -/0.1288 \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} c_1^+ & c_2^+ & c_3^+ & c_4^- & c_5^+ & c_6^+ & c_7^+ & c_8^+ & c_9^- \\ -/0.039 & -/0.158 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.054 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.543 \\ -/0.039 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.063 & -/0.442 & -/0.185 & -/0.206 & -/0.272 \\ -/0.039 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.975 & -/0.054 & -/0.442 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.543 \\ -/0.050 & -/0.210 & -/0.120 & -/0.731 & -/0.072 & -/0.589 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.039 & -/0.131 & -/0.120 & -/0.244 & -/0.063 & -/0.516 & -/0.185 & -/0.206 & -/0.068 \\ -/0.039 & -/0.158 & -/0.120 & -/0.731 & -/0.063 & -/0.589 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.611 \\ -/0.039 & -/0.210 & -/0.072 & -/0.975 & -/0.080 & -/0.147 & -/0.139 & -/0.154 & -/0.204 \\ -/0.039 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.951 & -/0.063 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.339 \\ -/0.039 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.194 & -/0.072 & -/0.663 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.039 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.463 & -/0.072 & -/0.442 & -/0.162 & -/0.180 & -/0.339 \\ -/0.044 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.463 & -/0.072 & -/0.663 & -/0.116 & -/0.128 & -/0.339 \end{pmatrix}$$

سپس گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی (A^+ و A^-) مشخص شدند (روابط ۳ و ۴) تا فواصل (d_{i+} و d_{i-}) بین گزینه‌های (۹ مدل تراکتور) موجود و نقاط A^+ و A^- اندازه‌گیری شوند (روابط ۵ و ۶).

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') / i=1, 2, \dots, m\} \quad (3)$$

$$A^+ = \{\max V_{i1}, \max V_{i2}, \max V_{i3}, \min V_{i4}, \max V_{i5}, \max V_{i6}, \max V_{i7}, \max V_{i8}, \min V_{i9}\}$$

$$A^+ = \begin{bmatrix} -/0.050 & -/0.210 & -/0.168 & -/0.244 & -/0.080 & -/0.663 & -/0.208 & -/0.231 & -/0.068 \end{bmatrix}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') / i=1, 2, \dots, m\} \quad (4)$$

$$A^- = \{\min V_{i1}, \min V_{i2}, \min V_{i3}, \max V_{i4}, \min V_{i5}, \min V_{i6}, \min V_{i7}, \min V_{i8}, \max V_{i9}\}$$

$$A^- = \begin{bmatrix} -/0.039 & -/0.131 & -/0.072 & -/0.194 & -/0.054 & -/0.147 & -/0.116 & -/0.128 & -/0.611 \end{bmatrix}$$

محاسبه شد (ماتریس V) و نقاط ایده‌آل مثبت و منفی مشخص شدند. به طوری که:

برای تعیین مطلوبیت گزینه‌ها، فواصل بین هر کدام با گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی اندازه‌گیری (روابط ۵ و ۶) و با استفاده از رابطه ۷ نزدیکی نسبی گزینه‌ها به گزینه ایده‌آل محاسبه شد (جدول ۳).

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n \mid \text{معیارهای مثبت}\}$$

$$J' = \{j = 1, 2, \dots, n \mid \text{معیارهای منفی}\}$$

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^+)^2} \quad (5)$$

$$d_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^-)^2} \quad (6)$$

فاصله بین گزینه نام و گزینه ایده‌آل مثبت $= d_{i+}$

فاصله بین گزینه نام و گزینه ایده‌آل منفی $= d_{i-}$

نتایج و بحث

با استفاده از شیوه انتروپی معیارهای انتخاب تراکتور وزن‌دهی شدند. برای اولویت‌بندی گزینه‌ها ماتریسی (R) تشکیل شد که اولویت گزینه‌ها را در معیارهای ارزیابی نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. با بهره‌گیری از شیوه تاپسیس ارزش هر گزینه در هر معیار

d_{1+} =	-/0.875	d_{1-} =	-/0.134
d_{2+} =	-/0.797	d_{2-} =	-/0.134
d_{3+} =	-/0.905	d_{3-} =	-/0.264
d_{4+} =	-/0.569	d_{4-} =	-/0.556
d_{5+} =	-/0.178	d_{5-} =	-/0.261
d_{6+} =	-/0.737	d_{6-} =	-/0.535
d_{7+} =	-/0.916	d_{7-} =	-/0.1288
d_{8+} =	-/0.128	d_{8-} =	-/0.659
d_{9+} =	-/0.197	d_{9-} =	-/0.600
d_{10+} =	-/0.270	d_{10-} =	-/0.846
d_{11+} =	-/0.256	d_{11-} =	-/0.944

جدول ۳ اولویت‌بندی تراکتورها

Table 3. Tractors preference arrangement

cl_{i+}	گزینه	اولویت
$cl_{1+} = ۰/۶۰۳۷$	GLH 820/2	U 453
$cl_{2+} = ۰/۶۲۰۷$	ITM 240/2	ITM 399/4
$cl_{3+} = ۰/۵۸۲۹$	ITM 285/4	U 860/2
$cl_{4+} = ۰/۷۳۳۳$	ITM 399/4	ITM 240/2
$cl_{5+} = ۰/۹۲۰۴$	U 453	GLH 820/2
$cl_{6+} = ۰/۶۷۵۶$	U 860/2	DTM 204/4
$cl_{7+} = ۰/۵۸۴۴$	DTM 204/4	ITM 285/4
$cl_{8+} = ۰/۲۷۶۰$	MF 440/4	MF475/4
$cl_{9+} = ۰/۲۳۳۶$	MF460/4	MF 465/4
$cl_{10+} = ۰/۳۹۹۸$	MF 465/4	MF 440/4
$cl_{11+} = ۰/۴۲۸۹$	MF475/4	MF460/4

Arrangement →

معیارهای اجتماعی، مدیریتی، اقتصادی و محیطی را منظور کردند. معیارهای مورد نظر ایشان را می‌توان در تحلیل سیستم‌های مکانیزه در کشاورزی نیز مد نظر قرار داد. بنابراین، برای ادامه مطالعات این چینی پیشنهاد می‌شود که علاوه بر عوامل فنی، که در این پژوهش بدان پرداخته شد، عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی فرهنگی نیز لحاظ شوند.

نتیجه‌گیری کلی

انتخاب مناسب‌ترین تراکتور مستلزم در نظر داشتن معیارهای متعددی است که توان یکی از آن‌هاست. در این پژوهش بالا بودن توان کششی تراکتور بعنوان نقطه مثبت تلقی نشد بلکه درخور بودن آن با نیاز منطقه بعنوان مطلوبیت آن منظور شد. لذا، در این پژوهش از شیوه تاپسیس استفاده شد تا نزدیک‌ترین گزینه به نقطه ایده‌آل انتخاب شود.

برای هریک از معیارها با استفاده از شیوه انتروپی وزن‌های متفاوتی تعیین شد. با تشکیل ماتریس تراکتور معیار، بی‌مقیاس کردن، تشکیل ماتریس بی‌مقیاس وزین، تعیین گزینه‌های ایده‌آل و ایده‌آل منفی و فواصل گزینه‌ها از آن‌ها، و محاسبه میزان نزدیکی گزینه‌ها به نقطه ایده‌آل؛ مشخص شد که در بین ۱۱ تراکتور پیشنهادی، تراکتور مدل U453 بیشترین تناسب را با نیاز منطقه داشت.

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}} ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1 ; i=1,2,\dots,m \quad (7)$$

cl_{i+} = نزدیکی نسبی گزینه‌ها به گزینه ایده‌آل

با توجه به ویژگی‌های گزارش شده در نتایج آزمون تراکتورها، با استفاده از روش تاپسیس گزینه‌های موجود به ترتیب سازگاری با شرایط استان همدان مرتب شدند. به گونه‌ای که نقطه ایده‌آل هر معیار با توجه به شرایط استان مد نظر قرار گرفت.

در این مقاله مشخص شد که با لحاظ کردن معیارهای موجود، در بین گزینه‌های مورد بررسی، تراکتور U453 نسبت به دیگر مدل‌ها مناسب‌تر است و تراکتور MF460/4 سازگاری کمتری دارد. بنابراین، توزیع تراکتورهای مدل U453 توصیه می‌شود.

روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در مطالعاتی این چینی می‌تواند کارآمد باشد و با تعریف نقاط مطلوب و نامطلوب بهترین گزینه را معرفی می‌کند. از این روش در مطالعات مکانیزاسیونی می‌توان استفاده فراوان کرد اما در پژوهش‌های موجود کمتر به آن پرداخته شده است.

از جمله پژوهش‌هایی که از شیوه تاپسیس برای انتخاب بهترین گزینه استفاده شده است، می‌توان به پژوهش Eghbal و Momeni (2004) اشاره کرد که به دنبال بهترین شیوه حمل نیشکر از بین دو گزینه موجود بودند؛ اما در پژوهش حاضر هدف تعیین بهترین تراکتور از بین ۱۱ گزینه بود.

Hipel و hanbarpour (2010) نیز برای مدیریت زمین در حوضه آبریز منطقه کن از تاپسیس استفاده کردند و برای این منظور

- 1- Almasi M., Kiani Sh., and Loveimi N. 2005. Principles of agricultural mechanization. Hazrat Masoumeh Publication Institution, Qom, Iran.
- 2- Asgharpour M.J. 2006. Multiple criteria decision making. University of Tehran press, Iran.
- 3- Farm machinery test center. 2000. Test report: tractor model DTM 204, Iran.
- 4- Farm machinery test center. 2007. Test report: tractor model GLH 820, Iran.
- 5- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 240, Iran.
- 6- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 285, Iran.
- 7- Farm machinery test center. 2001. Test report: tractor model ITM 399, Iran.
- 8- Farm machinery test center. 1999. Test report: tractor model U 453, Iran.
- 9- Farm machinery test center. 2003. Test report: tractor model U 860, Iran.
- 10- Germain B.S., Charania A., and Olds J. 2005. A stochastic process for prioritizing lunar exploration technology. American Institute of aeronautics and Astronautics, 30 august-1 September. Long Beach, California, USA.
- 11- Ghanbarpour M.R., and Hipel K.W. 2010. Multi-criteria planning approach for ranking of land management alternatives at different spatial scales. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 3(2), 167-176.
- 12- Grei A. 2006. Representation of Uniform Model for Project-based Organizations Projects Basket Management. 3rd International Conference on Project Management.
- 13- Hamedan Division of Agriculture. 2007. Statistical Information, Hamedan, Iran.
- 14- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 440 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 15- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 460 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 16- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 465 four-wheel drive. Report No. 04; Argentina.
- 17- Instituto de ingenieria rural centro agroindustria instiuto nacional de tecnologia agropecuaria. 2005. Report on main power take off performance and drawbar power test (unballasted tractor) in accordance with OECD standard code II for the official testing of agricultural and forestry tractor, Massey Ferguson 475 four-wheel drive. Report No. 04. Argentina.
- 18- Lak M.B., and Boluki M.S. 2008. Estimation of timeliness as an important parameter for mechanized cultivation operations in Hamedan, Western Iran. 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, October 14-17, Antalya, Turkey.
- 19- Mansouri Rad D. 2003. Farm Machinery and Tractor (Vol. I). 2nd Ed. Bu Ali Sina University Press.
- 20- Modarres Razavi M. 2008. Farm Machinery Management. Ferdawsi University of Mashhad Publication.
- 21- Momeni M., and Eghbal Sh. 2004. Sugar cane handling system selection using fuzzy TOPSIS. Economical Surveys Seasonal, 1 (2).
- 22- Parthanadee P., and Buddhakulsomsiri J. 2010. Simulation modeling and analysis for production scheduling using real-time dispatching rules: A case study in canned fruit industry. Computers and Electronics in Agriculture, 70, 245-255.
- 23- Wang T.C., and Chang T.H. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert Systems with Applications, 33, 870-880.
- 24- Wang Y.M., and Elhag T.M. 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bride risk assessment. Expert Systems with Applications, 31, 309-319.
- 25- Zoz F.M., and Grisso R.D. 2003. Traction and Tractor Performance. ASAE Publication Number 913C0403, Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February, Kentucky, USA.

یادداشت تحقیقاتی

مطالعه شاخص‌های مکانیزاسیون در کشاورزی خرده مالک استان خراسان رضوی و ارائه راهکارهای مناسب

محمد حسین سعیدی راد^{۱*} - سید عبدالله پرهیزگار^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۷

چکیده

بخش عمده ای از کشاورزی ایران و به ویژه استان خراسان بصورت خرده مالک بوده و این کشاورزان اغلب دارای قطعاتی کمتر از یک هکتار می‌باشند. به منظور بررسی وضعیت مکانیزاسیون اراضی کوچک (دو هکتار و کمتر) استان خراسان رضوی در سال زراعی ۹۳۸۸-۱۳۸۷ سه منطقه استان که دارای کشاورزی خرده مالک هستند شناسایی شدند. برای جمع آوری اطلاعات مبنای میدانی در تعیین ضرایب مکانیزاسیون، پرسشنامه ای تهیه گردید و در مناطق مورد مطالعه به تعداد کل بهره برداران (۳۳۵ بهره بردار)، پرسشنامه‌ها تکمیل گردید. نتایج نشان داد میانگین سطح مکانیزاسیون ۳/۳۶ اسب بخار بر هکتار و میانگین درجه مکانیزاسیون کل ۳۷/۷ درصد بدست آمد. همچنین میانگین درجه مکانیزاسیون عملیات خاک ورزی ۹۸/۳ درصد محاسبه شد. میانگین ضریب توان اجرایی و میانگین هکتار بر تراکتور به ترتیب ۴/۳۷ و ۲۷/۶۲ بدست آمد. مشخص گردید کشاورزان از توان موتور موجود تنها برای خاک ورزی استفاده می‌نمایند و به دلایلی از قبیل کوچک بودن اراضی و عدم تناسب نوع ماشین با اندازه مزرعه، کمبود دانش فنی و همچنین ادوات و دنباله بند ها، توانایی و یا امکان استفاده از تراکتور در سایر موارد وجود ندارد. بنابراین با جلوگیری از توزیع تراکتورها و ادوات کشاورزی به صورت فردی، گسترش تعاونی‌های خدمات مکانیزاسیون، رعایت تناسب نوع و توان ماشین با اندازه قطعات و آموزش بهره برداران و تولیدکنندگان ادوات کشاورزی می‌توان باعث بالا رفتن شاخص‌های مکانیزاسیون کشور و همچنین کاهش هزینه‌های تولید گردد.

واژه‌های کلیدی: مکانیزاسیون کشاورزی، مزارع کوچک

مقدمه^۱

استان که در مناطق روستایی انجام می‌شود بدلیل کوچک بودن مزارع، کمبود دانش فنی و توانایی مالی کشاورزان، بصورت نیمه مکانیزه و یا کاملاً سنتی و با استفاده از نیروی انسان و حیوان انجام می‌گیرد. این امر از یک طرف موجب بالا رفتن هزینه‌های تولید، کاهش کیفیت و عملکرد محصول شده و از طرف دیگر به خاطر طاقت فرسا بودن کار کشاورزی، جوانان روستایی رغبت چندانی به ادامه فعالیت نداشته و به سمت شغل‌های کاذب در شهرهای بزرگ روی می‌آورند.

بر اساس تعریف بانک جهانی مزارع دارای مساحت کمتر از دو هکتار، مزارع کوچک هستند (World Bank, 2003). در حدود ۵۲۵ میلیون مزرعه در سطح جهان وجود دارد که از این میان تنها اطلاعات مربوط به ۴۷۰ میلیون آن‌ها در دسترس می‌باشد. ۸۵ درصد کل مزارع جهان دارای مساحتی کمتر از دو هکتار داشته که جزء مزارع کوچک به شمار می‌آیند. بیشترین تعداد مزارع کوچک در آسیا و به ویژه در کشور چین (۱۹۳ میلیون مزرعه کوچک) و کمترین

استفاده از وسایل، تجهیزات و ماشین آلات برای کشاورزی امری ضروری می‌باشد. به جرأت می‌توان گفت که این امکانات از مهمترین نهاده‌های بخش کشاورزی می‌باشند. در مقایسه با سایر نهاده‌های کشاورزی، مکانیزاسیون پرهزینه تر بوده و استفاده از آن نیازمند دانش فنی و فراگرفتن مهارت‌ها می‌باشد (Brian and Kienzle, 2006).

امروزه با افزایش دانش فنی و همچنین تامین نهاده‌های مکانیزاسیون، کشاورزی در مزارع بزرگ و مجتمع‌های کشاورزی، صنعتی بصورت کاملاً مکانیزه و با استفاده از ماشین‌های سنگین انجام می‌گیرد ولی با این وجود بخش اعظمی از کشاورزی کشور و

۱ استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
* نویسنده مسئول: (Email: Saedirad@yahoo.com)

۴ کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی

۴ شهرستان مشهد بخش احمد آباد (روستاهای: دهرسرخ و گنبد دراز) مشخصات جامعه آماری مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

برای جمع آوری اطلاعات مینا و میدانی در تعیین ضرایب مکانیزاسیون مناطق فوق الذکر، این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ به اجرا درآمد. بدین منظور پرسشنامه ای تهیه گردید و به تعداد کل بهره برداران در ۷ روستای ذکر شده در بالا (مناطق مورد مطالعه) پرسشنامه‌ها تکمیل گردید.

از اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه‌ها برای هر منطقه به تفکیک نوع محصول درجه مکانیزاسیون و همچنین سطح مکانیزاسیون هر منطقه به شرح ذیل محاسبه گردید.

- **درجه مکانیزاسیون:** مقدار عملیات مکانیزه انجام شده به کل عملیات مورد نیاز و یا به عبارت دیگر نسبت سطحی که در آن عملیات مورد نیاز انجام شده به کل سطح ضرب در ۱۰۰.

- **سطح مکانیزاسیون:** نسبت مجموع کل توان کششی موجود در منطقه به مجموع کل سطح زمین‌های زراعی منطقه. ضریب تبدیل ۷۵ درصد در نظر گرفته شد. این ضریب نشان دهنده نسبت واقعی توان به توان اسمی می‌باشد.

- **توان اجرایی منطقه:** برابر است با حاصل ضرب تعداد تراکتور فعال منطقه در ساعات در اختیار برای انجام عملیات خاک‌ورزی تقسیم بر ساعات انجام کار برای یک هکتار عملیات خاک‌ورزی. در عمل این ضریب بیانگر این مطلب است که آیا تراکتورهای موجود جوابگوی مشکلات مکانیزاسیون منطقه می‌باشد و با توجه به سطح زیر کشت با چه تعداد تراکتور دیگر می‌توان کمبود را جبران نمود.

- **بازده مزرعه ای:** برابر است با درصد نسبت ظرفیت مزرعه‌ای به ظرفیت نظری. با توجه به سرعت پیشروی و عرض کار هر یک از دستگاه‌ها ظرفیت نظری بر حسب هکتار در ساعت محاسبه گردید. همچنین ظرفیت موثر مزرعه ای با توجه به ساعات انجام یک هکتار عملیات بر حسب هکتار در ساعت محاسبه شد (Almasi et al., 1999).

نتایج و بحث

میانگین مساحت اراضی

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین مساحت اراضی کشاورزی تنها در روستاهای پالکانو علیا و سفلی و آرتیان واقع در شهرستان درگز بیش از یک هکتار است. در حالی که در سایر روستاهای مورد مطالعه در شهرستان بردسکن و بخش احمد آباد مشهد کمتر از این میزان می‌باشد. بطور کلی میانگین مساحت اراضی

درصد آن‌ها در آمریکا می‌باشد (Brian and Kienzle, 2006). در تحقیقی سطح مکانیزاسیون کشاورزی و دانش فنی کشاورزان آفتابگردان کار استان قم تعیین شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که میانگین سطح مکانیزاسیون مزارع آفتابگردان ۰/۶۶ اسب بخار بر هکتار می‌باشد. همچنین مشخص شد که سطح مکانیزاسیون تنها با سطح اراضی کشاورزی رابطه آماری معنی دار منفی داشته و این متغیر توانسته است به تنهایی ۷۱ درصد از تغییرات ضریب مکانیزاسیون کشاورزی را تبیین نماید (Rasooli, 2006).

اندازه گیری ضرائب و شاخص‌های مکانیزاسیون در عملیات خاک‌ورزی در ده منطقه کشور نشان داد که صرف نظر از نوع تراکتور و منطقه، میانگین توان مورد نیاز عملیات شخم در مناطق مورد تحقیق ۲۰/۳۶ اسب بخار است. میانگین درجه مکانیزاسیون خاک‌ورزی و کل به ترتیب ۹۸/۶ و ۷۱/۵ درصد، سطح مکانیزاسیون خاک‌ورزی و کل به ترتیب ۰/۹۶ و ۱/۰۱ اسب بخار در هکتار، ظرفیت مکانیزاسیون ۵۵ کیلو وات ساعت در هکتار و ضریب هکتار بر تراکتور ۵۰/۴۵ محاسبه گردید (Safari et al., 2005). در تحقیق دیگری سطح مکانیزاسیون در منطقه دشت عباس ایلام ۰/۶ اسب بخار در هکتار بدست آمد (Rezaee, 2000).

نتایج تحقیقی تحت عنوان تعیین بازده مزرعه ای و هزینه در هکتار برای عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه، نشان داد که بازده مزرعه ای برای عملیات خاک‌ورزی در شهرستان کرمانشاه بین ۴۲-۳۷ درصد می‌باشد (Safari et al., 2000).

با توجه به این که بخش عمده ای از کشاورزی کشور ما و بویژه استان خراسان بصورت خرده مالک بوده و این کشاورزان اغلب دارای قطعاتی کمتر از یک هکتار می‌باشند لذا می‌بایست متناسب با مساحت مزرعه، نسبت به مکانیزه کردن این قطعات کوچک برنامه ریزی کرد. از طرف دیگر این نوع خرده مالک‌ها بر خلاف مالکین بزرگ از توانایی مالی و فنی کمتری برخوردار می‌باشند لذا مکانیزاسیون ارائه شده برای آن‌ها می‌بایست ارزانتر و کوچک تر بوده و در عین حال زیاد پیشرفته نباشد. در این طرح هدف بر آن است تا وضعیت موجود مکانیزاسیون این گونه اراضی در چند نقطه استان بررسی شده و نیازهای آن‌ها برای ارتقاء سطح مکانیزاسیون و پایین آوردن هزینه‌های تولید شناسایی گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت مکانیزاسیون اراضی کوچک سه منطقه استان خراسان رضوی (به شرح ذیل) که دارای کشاورزی خرده مالک و اراضی دارای مساحت کمتر از دو هکتار بودند شناسایی شدند.

۴ شهرستان بردسکن (روستاهای: آهوبم، خوشاب و شمس آباد)
۴ شهرستان درگز (روستاهای: آرتیان، پالکانو علیا و پالکانو سفلی)

افزایش زمان مورد نیاز برای عملیات‌های مزرعه ای می‌گردد. در حین عملیات شخم در اراضی کوچک بیشترین وقت تراکتور صرف دور زدن در انتهای مزرعه می‌شود.

سطح مکانیزاسیون

مقایسه سطح مکانیزاسیون در روستاهای مورد مطالعه نشان می‌دهد تراکتور که مهمترین منبع تامین توان است در روستاهای استان به صورت یکنواخت توزیع نشده است. نمودار (۱) نشان می‌دهد که متوسط سطح مکانیزاسیون در دو روستای بخش احمد آباد مشهد، ۵ برابر متوسط آن در سایر روستاهای مورد مطالعه می‌باشد. میانگین سطح مکانیزاسیون در ۷ روستای مورد مطالعه ۳/۳۶ اسب بخار بر هکتار می‌باشد. این در حالی است که صفری و همکاران (2005) متوسط سطح مکانیزاسیون در ده استان کشور را ۱/۰۱ اسب بخار بر هکتار گزارش کردند. سه برابر بودن سطح مکانیزاسیون مناطق مورد مطالعه نسبت به متوسط کشوری نشان از توزیع غیر علمی تراکتور و بدون در نظر گرفتن سطح زیر کشت در مناطق روستایی دارد.

کشاورزی در ۷ روستای مورد مطالعه ۰/۷۳ هکتار با انحراف معیار ۰/۲۶ است. با توجه به این که مزارع دارای مساحت کمتر از دو هکتار به عنوان مزارع کوچک شناخته می‌شوند میانگین کمتر از ۱ هکتار در روستاهای مورد مطالعه نشان دهنده شرایط خرده مالکی شدید می‌باشد.

زمان مورد نیاز برای شخم

در جدول ۲ تعداد روزهای کاری برای عملیات آماده سازی زمین در مناطق مورد مطالعه آورده شده است. این تعداد روزها با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه از ۴۴ تا ۵۰ روز متغیر می‌باشد. سرعت تراکتور برای عملیات شخم نیز با توجه به نوع خاک منطقه و رطوبت خاک در زمان آماده سازی ۳/۵ تا ۴ کیلومتر در ساعت می‌باشد. میانگین زمان مورد نیاز برای شخم یک هکتار با گاوآهن برگردان دار و همچنین احتساب سرعت پیشروی تراکتور و ابعاد مزرعه در هر یک از مناطق ۴/۱۸ ساعت محاسبه گردیده است. این در حالی است که صفری و همکاران (2005) متوسط زمان مورد نیاز برای عملیات شخم در مناطق مختلف کشور را ۳/۳۸ ساعت گزارش کردند. کوچک بودن ابعاد مزرعه در اراضی خرده مالک عامل اصلی اتلاف وقت و

جدول ۱ مشخصات آماری مناطق مورد مطالعه

Table 1. Statistical information of studied zones

شهرستان	نام روستا	تعداد بهره بردار	مساحت اراضی (هکتار)
بردسکن	آهو بم	۴۳	۴۷/۵۷
	خوشاب	۲۷	۱۰۱/۸۹
	شمس آباد	۶۳	۶۸/۸۸
درگز	آرتیان	۶۵	۲۲۶/۲۱
	پالکانلو علیا و سفلی	۱۰۲	۴۵۶/۴
	دهسرخ	۲۴	۳۵/۹۱
مشهد (بخش احمد آباد)	گنبد دراز	۲۹	۶۱/۳۵
جمع		۳۵۳	۹۹۸/۲۱

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار استانداردها بر اساس مناطق مورد مطالعه

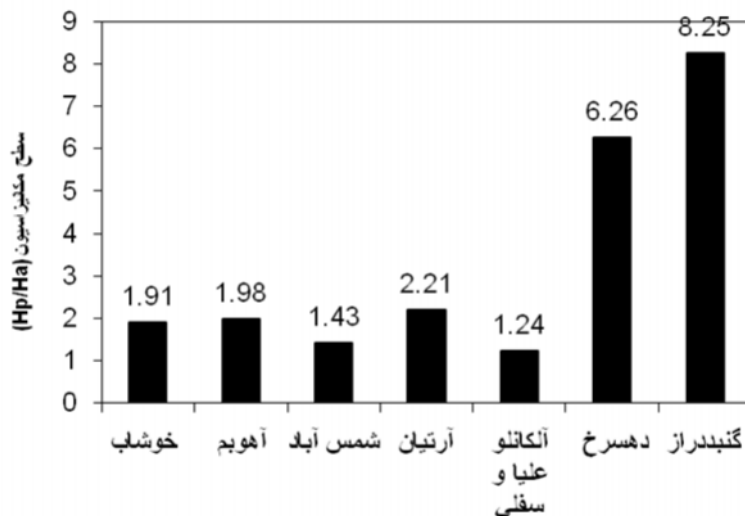
Table 2. Means and standard deviations of studied zone data

		روستاهای مورد مطالعه						
		خوشاب	آهو بم	شمس آباد	آرتیان	پالکانلو ع. و س.	دهسرخ	گنبد دراز
مساحت (ha)	M	۰/۸۶	۰/۳۶	۰/۳۲	۱/۵۹	۱/۰۳	۰/۶۱	۰/۳۴
	SD	۰/۰۹	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۶۱	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۲۷
سرعت (km.hr ⁻¹)	M	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۴	۴	۲/۵	۲/۵
	SD	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱	۰/۱
زمان شخم یک هکتار (hr)	M	۴/۱۲	۴/۵۲	۴/۴۵	۳/۷	۳/۸	۴/۲	۴/۵
	SD	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۲
روزهای کاری	M	۴۸	۴۸/۵	۵۰	۴۴	۴۴	۴۸	۴۸
	SD	۰/۵۵	۰/۹۱	۱/۹۷	۲/۲۷	۲/۲۷	۰/۵۵	۰/۵۵

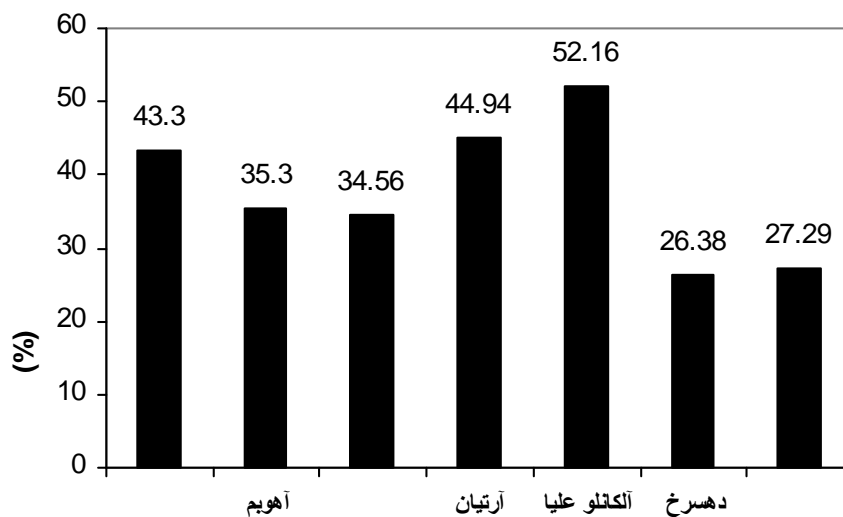
درجه مکانیزاسیون

نمودار شکل (۲) درجه مکانیزاسیون کل برای روستاهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این شاخص با توجه به ادوات مورد استفاده در عملیات‌های آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت محاسبه شده است. میانگین درجه مکانیزاسیون در هفت روستا برابر ۳۷/۷ درصد می‌باشد. در حالی که در سال زراعی ۸۴-۸۳ میانگین کشوری آن ۷۱/۵ درصد گزارش شده است (Safari et al., 2005).

تمایل کشاورزان خرده مالک به داشتن تراکتور شخصی و همچنین پرداخت یارانه‌های دولتی و عدم نظارت مسئولین باعث گردیده است که توان تراکتوری بیش از اندازه نیاز منطقه در داخل روستاها بدون استفاده مانده و تنها در مدت زمان کمی از آن استفاده گردد و در بعضی از شرایط از تراکتورها استفاده‌های غیر مرتبط از قبیل حمل و نقل و جابجایی گردد.



شکل ۱- مقایسه سطح مکانیزاسیون در روستاهای مورد مطالعه
Fig. 1. Comparison of mechanization levels in studied zones



شکل ۲- درجه مکانیزاسیون کل در هفت روستای مورد مطالعه
Fig. 2. Total mechanization degree in seven studied zones

زیر کشت با چه تعداد تراکتور دیگر می‌توان کمبود را جبران نمود. همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود مقدار این ضریب برای کلیه مناطق بالای ۱ می‌باشد و میانگین کل آن ۴/۳۷ است. در حالیکه (Safari et al., 2005) متوسط ضریب مکانیزاسیون در ده استان کشور را ۱/۴ گزارش کردند. بالا بودن ضریب توان اجرایی در این مناطق و به ویژه روستاهای بخش احمد آباد مشهد نشان دهنده عدم تناسب بین تعداد تراکتورها با سطح زیر کشت منطقه می‌باشد. توان موجود در منطقه چندین برابر (۴/۳۷ برابر) سطح زیر کشت و میزان نیاز منطقه برای انجام عملیات خاک ورزی است.

نتیجه گیری

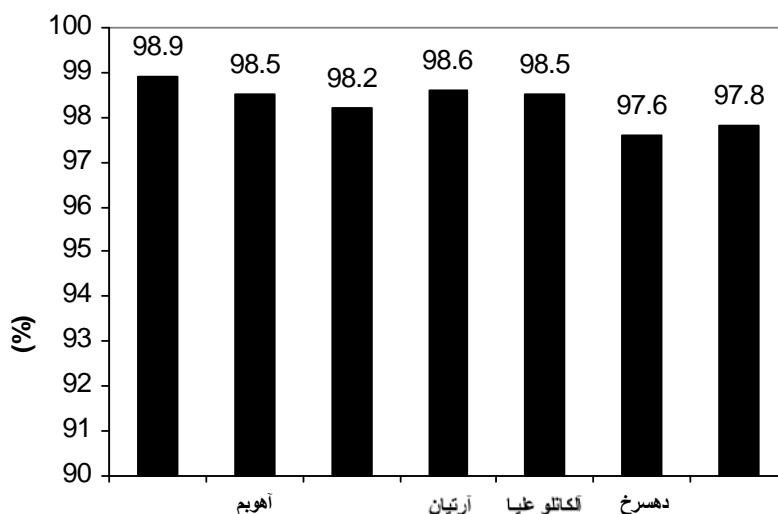
سطح مکانیزاسیون در مزارع کوچک مناطق مورد مطالعه ۳/۳۶ اسب بخار بر هکتار محاسبه گردید. این در حالی است که متوسط سطح مکانیزاسیون کشور ۱/۰۱ اسب بخار بر هکتار می‌باشد. انتظار این است که افزایش سطح مکانیزاسیون، موجب افزایش درجه مکانیزاسیون گردد ولی با این وجود در مزارع کوچک مناطق مورد مطالعه درجه مکانیزاسیون ۳۷/۷ درصد بدست آمد که تقریباً نصف متوسط کشوری (۷۱/۵ درصد) می‌باشد. میانگین ضریب توان اجرایی در مناطق مورد مطالعه ۴/۳۷ و همچنین میانگین هکتار بر تراکتور در این مناطق ۲۷/۶۲ بدست آمد این در حالی است که متوسط کشوری بر ای ضریب توان اجرایی و هکتار بر تراکتور به ترتیب برابر با ۱/۴ و ۵۰/۴۵ گزارش شده است (صفری و همکاران، ۱۳۸۴).

در روستاهای مورد مطالعه بالاترین درجه مکانیزاسیون کل مربوط به روستاهای پالکانو علیا و سفلی بوده و پایین ترین آن مربوط به روستاهای دهسرخ و گنبد دراز (شهرستان مشهد) می‌باشد. در صورتی که سطح مکانیزاسیون در این دو روستا ۵ برابر روستاهای پالکانو علیا و سفلی برآورد گردید. کوچک بودن قطعات مزارع و عدم امکان استفاده از تراکتور، موجب پایین آمدن درجه مکانیزاسیون در این روستاها گردیده است بنابراین افزایش بیش از حد توان تراکتوری نمی‌تواند منجر به افزایش درجه مکانیزاسیون گردد.

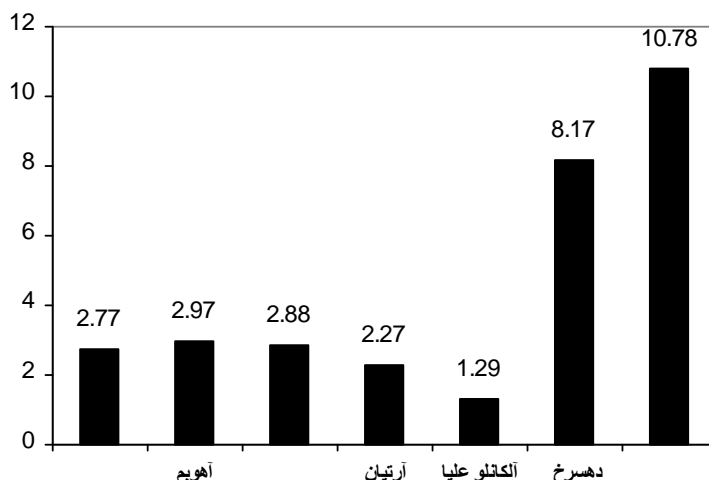
شکل ۳ درجه مکانیزاسیون آماده سازی زمین در کشت گندم در روستاهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. درجه مکانیزاسیون عملیات خاک ورزی در تمامی نقاط بالا است که یکی از دلایل آن انرژی بر و طاقت فرسا بودن این عملیات است. میانگین درجه مکانیزاسیون عملیات خاک ورزی در ۷ روستا ۹۸/۳ درصد بوده که نزدیک به مقدار متوسط کشوری (۹۸/۶ درصد) می‌باشد. با مقایسه درجه مکانیزاسیون کل (شکل ۲) می‌توان نتیجه گرفت که توان تراکتوری موجود اغلب برای عملیات خاک ورزی استفاده شده و در موارد اندکی برای عملیات‌های کاشت و برداشت بهره گرفته می‌شود.

ضریب توان اجرایی عملیات خاک ورزی

این ضریب با توجه به تعداد تراکتور و ساعات در اختیار و ساعات انجام برای یک هکتار برای روستاهای مورد مطالعه محاسبه گردیده است. این ضریب بیانگر این مطلب است که آیا تراکتورهای موجود جوابگوی مشکلات مکانیزاسیون منطقه می‌باشد و با توجه به سطح



شکل ۳- درجه مکانیزاسیون آماده سازی زمین در کشت گندم در روستاهای مورد مطالعه
Fig. 3. Mechanization degree for wheat cultivation tillage in studied zones



شکل ۴- مقایسه ضریب توان اجرایی در روستاهای مورد مطالعه
 Fig. 4. Comparison of mean power coefficient in studied zones

قبیل کاشت، داشت و برداشت را مشکل می‌سازد و کشاورزان تنها برای عملیات خاک ورزی از تراکتور استفاده می‌نمایند. تمایل کشاورزان خرده مالک به داشتن تراکتور شخصی و همچنین پرداخت یارانه‌های دولتی و عدم نظارت مسئولین باعث گردیده است که توان تراکتوری بیش از اندازه نیاز منطقه در داخل روستاها بلااستفاده مانده و تنها در مدت زمان کمی از سال از آن استفاده گردد و در بعضی از شرایط از تراکتورها استفاده‌های غیر مرتبط از قبیل حمل و نقل و جابجایی گردد.

انتظار این است که این میزان افزایش ضریب توان اجرایی و کاهش هکتار بر تراکتور نسبت به متوسط کشوری می‌بایست موجب افزایش درجه مکانیزاسیون در این گونه مزارع گردد ولی بر عکس درجه مکانیزاسیون کاهش یافته است.

تراکتورهای موجود در این مناطق از نظر توان اغلب در گروه ۲ (۴۵-۶۰ اسب بخار) قرار می‌گیرند. کوچک بودن اندازه قطعات (۰/۷۳ هکتار) قدرت مانور دهی این دسته از تراکتورها را کاهش داده و امکان استفاده از این گونه تراکتورها در سایر عملیات‌های زراعی از

منابع

- 1- Almasi M., Lovaimi N., and Kiani Sh. 1999. Principles of agricultural mechanization. Hazrate Masoomeh Pub. (In Farsi).
- 2- Brian G.S., and Kienzle J. 2006. Farm power and mechanization for sub-Saharan Africa. Agricultural and Food Engineering Technical Report. <http://www.fao.org>.
- 3- FAO. 2004. FAO Statistics Division. World census of agriculture, 1980, 1990, 2000 rounds. <http://www.fao.org/es/ess/census/wcares.asp>.
- 4- Rasooli S., Seddighi H., and Minaei S. 2006. Investigation of agricultural mechanization level and technical knowledge of farmers (sunflower planter) in Qom province, Iran. 4th nationality congress of agricultural machinery engineering and mechanization, Tabriz, Iran. (In Farsi).
- 5- Rezaee M. 2000. Investigation mechanization status of farms in Abadeh zone and suggesting possible improvement. Master of Science thesis, Islamic Azad University, Tehran. (In Farsi).
- 6- Safari M., Khosravani A., Zarifneshat S., Asadi A., Shamabadi R., Lovaimi N., Adelzadeh R., Saati M., Azadshahraki Sh., and Hedayatipoor A. 2005. Determination of mechanization index in tillage by tractor and moldboard plow in 10 provinces of Iran. Final report of research project, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. (In Farsi).
- 7- Safari M., Nemati A., and Tabatabaeefar A. 2000. Determination of filed output and cost per hectare for primary and secondary tillage in Kermanshah province. Journal of agricultural engineering research, Vol. 2, No. 6. (In Farsi).
- 8- World Bank. 2003. Researching the rural poor. A renewed strategy for rural development. Washington, D.C.

The Effect of Moisture Content on Physical Properties of Berberis

E. Velayati^{1*} - B. Emadi² - M. Khojastehpour³ - M.H. Saidirad⁴

Received: 15-5-2010

Accepted: 5-4-2011

Abstract

In order to enhance the mechanization level of harvest and post-harvest operations of Berberis fruit, as one of the major and local crops of south Khorasan province, some of its physical properties were investigated. Different dimensions, geometrical mean diameter, sphericity, surface area, mass of thousand fruit, true density, bulk density, porosity, static coefficient of friction and the repose angles were determined. The properties and the effect of moisture content on them were studied by the completely randomized designs statistical method. Analysis of data indicated that the change of moisture content caused significant difference ($P < 0.01$) for the total studied parameters except static coefficient of friction on polyethylene and wood materials. Length, width, thickness, geometrical mean diameter, surface area, sphericity, mass of thousand fruit and bulk density decreased with the decrease in moisture content and true density, porosity, repose angles and static coefficient of friction on all studied materials except wood and polyethylene increased with decrease in moisture content.

Keywords: Physical properties, Berberis, Moisture content

1,2,3- MSc Student and Assistant Professors, Department of Agriculture Machinery, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(* - Corresponding Author Email: ehsanvelayat@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad.

Investigation and Determination of Corn Combine Harvester Losses to Introduce Appropriate Methods to Reduce Losses

M.R. Mostofi Sarkari¹

Received: 26-5-2010

Accepted: 13-3-2011

Abstract

Corn harvesting involves some losses. These losses result in decreased benefits. It is almost impossible to lower losses to zero percent but it can be controlled in an acceptable level. As a result of this research, appropriate methods are introduced to decrease losses and reduce waste. In this project, losses in different part of combine were measured and evaluated according to the available standard method (ASAE S396.2 & S343.3). Harvesting losses include preharvest and during harvest losses comprising ear loss and kernal loss in the header, cylinder and cleaning losses. This project was conducted on farmers' lands in Gazvin province. Some assessments related to yield factors were evaluated in different parts of farm with specified area, e.g. Plant height, ear number, stem diameter, ear diameter, cob diameter, row/ear and seed/row. All losses evaluated in three treatments which they were: seed moisture content (w.b.) in three levels of 19%, 23% and 27%, ground speed in three levels of 0.8, 1.2 and 1.6 ms⁻¹ and cylinder speed of 400, 600 and 800 rpm. The split plot experimental design based on the randomised complete block design (RCBD) was used to evaluate treatments. Measured losses compared with standard values to introduce the proper methods to decrease losses and proper adjustments. The results show that appropriate seed moisture content, cylinder and ground speed were 23%, 400 rpm and 1.2 ms⁻¹, respectively. They had minimum total loss which WAS 1.55%, 2.65% and 2.34%, respectively. The results also show that there was an ear loss in preharvest loss (because of bad weather condition) that was 0.95-5.42%, also kernal loss on the header and cylinder loss which all related to improper adjustment of combine but total loss was in an acceptable level and standard. It was variable from 1.55% to 4.02%. Other parameters such as using inexperienced driver, improper combine adjustment, and also nonuniformity of field and ear moisture content in different parts of field prevent using the outputs and recommendations of this research.

Keywords: Combine losses, Corn, Harvesting, Measurement

1 - Assistant Professor Member of scientific board (PhD) Agricultural Engineering Research Institute (AERI) Karaj
(Email: mostofi08@ gmail.com)

Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Performing Good Ploughing with Mouldboard

M. Namdari^{1*} - Sh. Rafiee² - A. Jafari³

Received: 8-6-2010

Accepted: 22-2-2011

Abstract

Farm management needs creative methods to success. FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) is a new method to analyze potential reliability problems in the development cycle of the project, making it easier to take actions to overcome such issues, thus enhancing the reliability through design or process. Anticipating these failure modes, being the central step in the analysis, needs to be carried on extensively, in order to prepare a list of maximum potential failure modes. Risk is measured in terms of Risk Priority Number (RPN) that is a product of occurrence, severity, and detection difficulty. This study attempted to improve clod mean weight diameter and soil inversion as indicators of tillage quality by FMEA methodology. The results showed that low soil moisture, slow speed of ploughing and great depth of ploughing is the most important factors that increase clod MWD with 900, 630 and 560 RPN, respectively. Also for soil inversion the slow speed of ploughing, not using coulter, low soil moisture and great depth of ploughing are important factors with 720, 648, 490 and 420 RPN. Using a split - split factorial experiment with 16 treatments and three replications also acknowledged the results of this method. After reforming the conditions and re-testing the experiment, results showed that clod MWD was reduced 20% and soil inversion increased 2% approximately. This study proposes the use of this technique in agricultural management.

Keywords: Clod mean weight diameter, Failure modes and effects analysis, Soil inversion, Tillage

1,2,3- MSc Student and Associate Professors, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Respectively
(*-Corresponding Author Email:majidnamdari@gmail.com)

Construction and Assessment of an on the Go Soil Electrical Conductivity Mapper

J. Baradaran Motie^{1*} - M.H. Aghkhani² - M.H Abbaspour Fard³ - A. Lakzian⁴

Received: 14-8- 2010

Accepted: 26-1-2011

Abstract

The issue of soil salinity is one of the snags for increasing agricultural productivity, which must be inhibited by appropriate devise and scientific management. One way to identify salty areas of farm lands is to prepare salinity maps. In this study, a prototype soil apparent electrical conductivity measuring and mapping device, was designed and built. This device employs direct contact method of electrodes with soil (Also called Wenner method). The system inputs include power supply voltage, location signal from a GPS receiver and signal of voltage between the electrodes. The outputs include the apparent electrical conductivity with respect to geographical coordinate that created in a TEXT file, and then transmitted through a RS-232 serial port to a PC. Electrical conductivity data calibrated and mapped using ESAP-95 software package. To evaluate the device, electrical conductivity map of a land with area of 0.8 Ha surveyed in two ways: using the on the go EC mapper and capturing soil samples manually. The results of these two methods were then compared. Assessment of the device in a clay-loamy soil with low salt level, showed a good correlation with the laboratory EC, having mean error (ME) of $-15.27\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Point to point comparison between surveyed data and laboratory EC's shown that in 67 percent of measurements the errors were under 10 percent. These errors are acceptable mainly due to unknown soil variables and in comparison with other research findings.

Keywords: Electrical conductivity, EC map, Regression model, Soil salinity

1,2,3- MSc Student, and Associate Professors Department of Agricultural Machinery Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(*-Corresponding Author Email: jalal_jbm@yahoo.com)

4- Associate Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

Investigation the Rototiller Blade Operational Factors on the Soil Tillage of Orchard and Paddy Fields

R. Tabatabae Kolor^{1*} - Gh. Kiani²

Received: 17-8-2010

Accepted: 14-3-2011

Abstract

In recent years using rototillers in orchards and small fields especially in northern areas of Iran has been increased. In this study, a multi-function rototiller was developed and its performance was analyzed and evaluated in the field conditions. The specifications of this machine were determined according to the standard and operational situation. The calculations were performed for determining the rotor speed at different gears and then power transmission system was designed. Theoretical analysis was conducted to investigate the machine forward speed and blade rotational speed on the quality of rototilling operation. Results indicated that the forward speed and blade rotational speed affected the thickness of soil cut layer and soil crushing rate. Field tests were performed to determine the thickness of soil cut layer and soil crushing rate for orchard and paddy field conditions. In addition, some physical properties of soil such as composition, moisture content, weeding height, and DENSITY at 15 cm depth were measured. Data analysis was performed by Completely Randomized Design (CRD) with factorial test 3×3 at three replications. Duncan test presented the best combinations of forward speed and blade rotational speed for thickness of soil cut layer were 0.4 ms⁻¹ and 50 rpm, respectively. Also, the best combinations of these two factors for soil crushing rate lower than 40 mm were 0.2 ms⁻¹ and 110 rpm, between 40-80 mm; 0.3 ms⁻¹ and 50 rpm and higher than 80 mm; 0.4 ms⁻¹ and 50 rpm, respectively.

Keywords: Rototiller, Soil tillage, Soil crushing rate

1- Assistant Professor, Department of Farm Machinery, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(* -Corresponding Author Email: r.tabatabaei@sanru.ac.ir)

2 - Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Multi-Criteria Decision Making Based in Choosing an Appropriate Tractor (A Case Study for Hamedan Province)

M.B. Lak^{1*} - A.M. Borghae²

Received: 23-8-2010

Accepted: 13-4-2011

Abstract

Agricultural mechanization goal is to maximize the utility. Establishment of subsidies systemization and Iran incorporation with World Target Organization (WTO), choosing an appropriate technology will be more important. Agricultural development is due to correct mechanization and choosing an appropriate tractor is one of mechanization implementation bases. In the paper, criteria involved in choosing an appropriate tractor were considered according to Hamedan province conditions and the best choice between 11 tractor models was selected regarding to 9 criteria which were analyzed by Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). The criteria are: drawbar power, hydraulic power, power take off (PTO) power, PTO shaft, specific fuel consumption (SFC), speed range, engine standard round per minute, gearbox, and manufacturer. Between the choices, U453 was preferred and recommended as appropriate tractor.

Keywords: Tractor test, Agricultural mechanization, Weighting, TOPSIS

1- Member Young Researchers Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

(*-Corresponding Author Email: mbagher_lak@yahoo.com)

2- Professor, Department of Agricultural Machinery, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Brief Report

Study on Agricultural Mechanization Indexes of Small Farms in Khorasan Razavi Province and Suggesting Possible Improvement

M. H. Saiedirad^{1*} - S.A. Parhizgar²

Received: 15-7-2010

Accepted: 16-4-2011

Abstract

The major part of agriculture in Iran and especially in Khorasan province is yeoman farmers, and often the parts are less than one hectare. To evaluate the status of small farm mechanization (less than two hectares) in Khorasan Razavi province, three agricultural sub-regions that running small farms were identified. This research was carried out in 2009. The questionnaire was prepared for gathering basis and field information to determine the mechanization coefficients. The questionnaires were completed for total number of farmers in the areas studied. Results showed that mean of mechanization level and total mechanization degree were 3.36 hp per hectare and 37.7 percent respectively. The mean of mechanization degree in tillage was calculated 98.3 percent. The mean power coefficient and the average hectare per tractor were 4.37 and 27.62 respectively. The farmers only use power available for the tillage in these regions. They were not able to use of tractors in other operations, because of being small farm, lack of technical knowledge and lack of implements. Development of mechanization cooperatives, training of farmers and conformity of machine and farm area can increase mechanization indexes and to decrease production costs.

Keywords: Agricultural Mechanization, Small Farms

1 - Assistant Professor Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center
(*-Corresponding Author Email: Saiedirad@yahoo.com)

2- Agricultural Mechanization expert Khorasan JAHAD – E- AGRICULTURE Organization

Contents

The Effect of Moisture Content on Physical Properties of Berberis E. Velayati- B. Emadi- M. Khojastehpour- M.H. Saidirad	1
Investigation & Determination of Corn Combine Harvester Losses to Introduce Appropriate Methods to Reduce Losses M.R. Mostofi Sarkari	2
Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Performing Good Ploughing with Mouldboard M. Namdari- Sh. Rafiee- A. Jafari	3
Construction and Assessment of an on the Go Soil Electrical Conductivity Mapper J. Baradaran Motie- M.H. Aghkhani- M.H Abbaspour Fard- A. Lakzian	4
Investigation the Rototiller Blade Operational Factors on the Soil Tillage of Orchard and Paddy Fields R. Tabatabaekoloor- Gh. Kiani	5
Multi-Criteria Decision Making Based in Choosing an Appropriate Tractor (A Case Study for Hamedan Province) M.B. Lak- A.M. Borghaee	6
Brief Report	
Study on Agricultural Mechanization Indexes of Small Farms in Khorasan Razavi Province and Suggesting Possible Improvement M. Hosaien Saiedirad- S.A. Parhizgar	7