

تعیین میزان مواجهه شغلی رانندگان و اطرافیان دروگر چهار چرخ با آلودگی صوتی

رضاحسین پور^۱، کاظم جعفری نعیمی^۲، محمدرضا قطبی راوندی^۳

چکیده

مقدمه: یکی از پرکاربردترین ادوات کشاورزی که برای دروی علفه و غلات به کار می‌رود، دروگرهای چهارچرخ می‌باشند. هدف از این پژوهش تعیین میزان مواجهه شغلی رانندگان و اطرافیان دروگر چهارچرخ (مدل BCS 622) با آلودگی صوتی انتشار یافته از آن در دنده‌ها و دوره‌های مختلف موتور بود.

روش‌ها: جهت بررسی میزان مواجهه راننده و اطرافیان دروگر با آلودگی صوتی از استانداردهای ISO 5131 و ISO 6814 استفاده گردید. آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل (دو حالت با حرکت و بدون حرکت تیغه برش، سه دور مختلف موتور و چهار حالت نسبت دنده) و در سه بار تکرار انجام شد. فاکتور مورد اندازه‌گیری، تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده و اطرافیان بود. در حالت‌هایی که تراز معادل مواجهه بالاتر از حد مجاز بود، آنالیز صوتی در محدوده اکتاوباند انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزارهای Excel و SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت.

نتایج: در دور موتور ۳۰۰۰ دور در دقیقه، رانندگان آلودگی صوتی بالاتر از حد مجاز (طبق استاندارد ACGIH) دریافت می‌کردند. افزایش دور موتور، تغییر نسبت دنده و نیز حرکت تیغه برش در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری در افزایش مواجهه راننده و اطرافیان دروگر با آلودگی صوتی داشتند.

بحث و نتیجه‌گیری: استفاده مرسوم از دستگاه دروگر موجب اثرات نامطلوب روی شنوایی راننده می‌شود، این امر لزوم توجه به کاهش آلودگی صوتی انتشار یافته از این وسیله را با روش‌های مختلف از جمله کنترل‌های فنی و مهندسی و مدیریتی گوشزد می‌نماید.

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، دروگر BCS، تراز فشار صوت، دور موتور، نسبت دنده

مقدمه

تقریباً در هر صنعتی وجود دارد. بدون تردید صدا از معضلات اساسی دنیای صنعتی بوده و شمار زیادی از افراد در محیط کار، از آزار ناشی از آن در مخاطره‌اند. امروزه در صنایع مختلف، توجه زیادی به کاهش صدا در محیط کار می‌شود. چون مشخص شده که بین خستگی، بی‌علاقه‌گی به کار، خشم، عصبانیت و سانحه در کار، پریشانی روانی کارگر و میزان صدا در محیط کار، رابطه‌ای مستقیم

ورود تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی به مزرعه، مشکلات بسیاری را در ارتباط با ایمنی و سلامت شغلی حاصل از کار این دستگاه‌ها برای کاربران آنها و نیز کارگران مشغول به کار در مزرعه به وجود آورده است، از آن جمله می‌توان به صدای حاصل از کار این ادوات اشاره نمود (۱). در بین تمام آلاینده‌های شغلی، صدا بیشترین میزان انتشار را داشته و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استادیار، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

نویسنده‌ی مسئول: دکتر محمدرضا قطبی راوندی
Email: ghotbi@kmu.ac.ir

تلفن: ۰۳۴-۳۱۳۲۵۱۱۴ فاکس: ۰۳۴-۳۱۳۲۵۱۱۲

آدرس: گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان

وجود دارد (۲). در چند سال اخیر یک الگوی واحد برای مواجهه مجاز با صدا مورد پذیرش قرار گرفته است. اصولاً در بیان حد مجاز صدا یک تراز معین برای ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار هفتگی اعلام شده است، که حد سقفی آن برابر ۸۵ دسی‌بل تعیین گردیده است، در صورتی که کارگر بیش از تراز مجاز مواجهه داشته باشد، زمان مجاز مواجهه وی باید کاهش یابد. به طور قراردادی به ازای ۳ یا ۵ دسی‌بل تراز فشار صوت، مدت زمان مواجهه نصف می‌گردد. بر این اساس سازمان‌ها و کشورهای مختلف از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کنند (۳).

کارگران کشاورزی یکی از شدیدترین زیان‌های شنوایی را تجربه می‌کنند و این صداها گوش خراش در مزرعه به وسیله منابع بی‌شماری مانند تراکتورها، کمباین‌ها، چاپرها، خشک‌کن‌های دانه و دیگر ادوات ایجاد می‌گردد. تحقیقات زیادی برای تعیین بیشترین سطوح صدایی که یک راننده می‌تواند برای یک روز کاری ۸ ساعته بدون خطر مواجهه با افت شنوایی در معرض آن قرار گیرد، انجام شده است. یافتن بیشترین صدای تولید شده در دستگاه‌ها در صورتی که اندازه‌گیری‌های انجام شده در محل کار به طور صحیح و دقیق باشد، ضروری است (۴).

در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده که، تراز فشار صدا در موقعیت گوش راننده تراکتورهای بدون اتاقک یا با اتاقک با پنجره‌های باز، بسیار بیشتر از حد استاندارد بوده و در مواردی تراز صدا بالاتر از ۹۵ دسی‌بل بوده است (۵، ۶). در پژوهش دیگری گزارش شد که اکثر تراکتورهای امروزی، تراز صدای بالاتر از ۹۰ دسی‌بل تولید می‌کنند، در حالی که سایر

ماشین‌های مزرعه مانند کمباین‌های خود محرک، ماشین ذرت چین، آسیاب چکشی و خشک‌کن‌ها ترازهای صدای بالاتر از ۱۰۰ دسی‌بل تولید می‌کنند (۷). در تحقیقات انجام شده مشخص شد، ۲۰ درصد از رانندگان تراکتور مشکل افت شنوایی دارند و از بین ۲۲۰۴ راننده تراکتوری که در نمایشگاه کشاورزی معاینه شدند، ۳۳ درصد دارای اختلال در سیستم شنوایی بوده‌اند (۸).

در تحقیقی که پیرامون مسایل ارگونومیکی حاصل از استفاده تراکتورهای دوچرخ با توان ۸ اسب بخار در بین ۲۰۰ کشاورز و ۱۰۰ آموزش دهنده ماشین‌های کشاورزی انجام گرفت، مشخص شد که ارتعاش و صدا، سهم عمده‌ای در ایجاد صدمات در افراد تحت بررسی داشته‌اند (۹). در پژوهش دیگری بیان شده که تراز بالای صدای ایجاد شده توسط تراکتورهای دو چرخ سبب شده که محققان به تحقیق پیرامون استفاده از موتورهای الکتریکی به جای موتورهای احتراق داخلی در این گونه تراکتورها بپردازند (۱۰).

با توجه به مواردی که بیان شد مشخص می‌شود، تولید صدا از مشکلات اساسی ماشین‌های کشاورزی است و این مسئله به ویژه در مورد ماشین‌های دارای موتورهای کوچک که وزن، فضا و محدودیت‌های دیگر، اجازه نصب تجهیزات کافی جاذب صدا بر روی آن‌ها را نمی‌دهد، بیشتر صدق می‌کند. بنابراین هرگونه تلاشی در جهت کاهش تراز صدای آن باید در جهت کاهش صدای منابع تولید صدا باشد. به همین دلیل، نخست باید منابع تولید صدای دستگاه مشخص شود (۱۱).

از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص میزان مواجهه شغلی رانندگان و اطرفیان دروگر چهارچرخ

مواد و روش‌ها

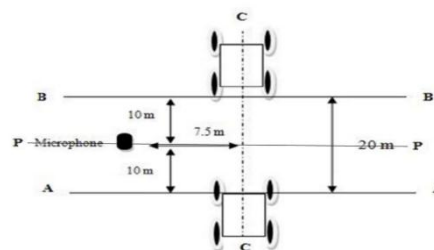
در این مطالعه مقطعی که در سال ۱۳۹۲ انجام شد، از دروگر چهارچرخ مدل BCS 622 سالم ساخت کشور ایتالیا موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است به منظور اندازه‌گیری تراز سروصدای دروگر در وضعیتی که کارخانه سازنده برای شرایط کاری با دستگاه تعریف کرده، استفاده گردید.

مدل BCS 622 با آلودگی صوتی انتشار یافته از آن صورت نگرفته است و این دروگر یکی از پرکاربردترین دروگرها برای دروی علوفه و غلات در کشور است؛ لذا این پژوهش به منظور تعیین و بررسی میزان مواجهه شغلی رانندگان و اطرافیان دروگر چهارچرخ BCS 622 با آلودگی صوتی انتشار یافته از آن در دنده‌ها و دورهای مختلف موتور صورت گرفت.

جدول ۱: مشخصات دروگر مورد استفاده در این مطالعه

موتور	دیزل-لمباردینی-استارتی مدل 3LD450
توان	۷/۵ کیلووات (۱۰ اسب بخار)
عرض برش	۱۴۰ سانتی متر
گیربکس	۵ حالت با ۴ دنده جلو و ۱ دنده عقب
کلاچ	خشک با کنترل دستی
ترمز	جداگانه در هر چرخ
مزایا	مجهز به بالا بر هیدرولیکی شانه برش ظرفیت کاری ۰/۵ هکتار در ساعت

ویژگی‌های مکان آزمون دروگر براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی استانداردها و استانداردهای ملی ایران همانند شکل ۱ در دانشگاه شهید باهنر کرمان انتخاب گردید (۱۳، ۱۲).



شکل ۱: ترسیم از بیست آزمون

آن به عنوان خطوط شروع و پایان حرکت، علامت‌گذاری شدند (شکل ۱). میکروفون‌ها مطابق شکل باید روی خط PP و به فاصله ۷/۵ متر در هر طرف خط مرکزی CC قرار گرفتند. ارتفاع

در محوطه آزمون، خط مرکزی مسیر آزمون (CC)، محل عبور دروگر، خط عمود بر مسیر حرکت که از مرکز سطح آزمون می‌گذرد (PP) و همچنین دو خط AA و BB موازی با خط PP و به فاصله ۱۰ متر از

برگردد. متغیرهای انتخاب شده برای این تحقیق عبارت بودند از: نوع نسبت دنده در جعبه دنده، سرعت دورانی موتور، موقعیت قرارگیری میکروفن (در موقعیت گوش راننده و در موقعیت گوش اطرافیان) و همچنین حالت‌های کاری شانه برش دروگر (با رفت و برگشت یا بدون رفت و برگشت تیغه برش). پس از تعیین محدوده تغییرات متغیرها، جدول آزمون استخراج گردید (جدول ۲). جدول آزمون‌ها براساس آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک تصادفی انتخاب شد که در آن شرایط مختلف کاری کار با دروگر در مزرعه از جمله سه حالت دور موتور در دورهای ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور در دقیقه، چهار حالت نسبت دنده در دنده‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ و نیز اثر شانه برش در دو حالت کار با حرکت رفت و برگشت تیغه برش و بدون حرکت رفت و برگشت تیغه برش، یک دفعه برای راننده و یک دفعه برای اطرافیان دروگر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزارهای Excel و SPSS نسخه ۱۶ روابطی منطقی بین فاکتورهای مؤثر بر صدای ساطع شده، به دست آمد.

قرارگیری میکروفن‌ها در گوش اطرافیان ۱/۲ متر بالاتر از سطح زمین و جهت میکروفن عمود بر خط مرکزی مسیر حرکت بود. محل قرارگیری میکروفن در موقعیت گوش راننده که در حالت نشسته قرار داشت، در فاصله 20 ± 250 میلی‌متری صفحه مرکزی صندلی و در طرفی که با تراز صدای بالاتر مواجه بود، قرار گرفت. محور میکروفن افقی و دیافراگم آن به طرف جلو بود. مرکز میکروفن در 20 ± 700 میلی‌متری بالای نقطه شاخص صندلی (Seat Index Point) قرار داشت (۱۲، ۱۳).

طبق استاندارد (۱۲، ۱۳) سطوح منعکس کننده بزرگ، مانند ساختمان‌ها، ماشین‌های دیگر، تابلوهای تبلیغاتی و درختان در فاصله‌ای با شعاع حداقل ۵۰ متر از دروگر مورد آزمون قرار داشتند و سرعت باد در هنگام اندازه‌گیری‌ها کمتر از ۱۹ متر بر ثانیه بود. علاوه بر این ممنوعیت اندازه‌گیری در هنگام باریدن برف، باران یا رعد و برق و این که تراز صدای محیط باید حداقل ۱۰ دسی‌بل کمتر از تراز صدای مورد اندازه‌گیری باشد، رعایت شدند.

نوع و محدوده تغییرات متغیرها طوری در نظر گرفته شد که بیشترین حالت‌های کار عادی دروگر را در

جدول ۲: آزمون‌ها و حالات مختلف اندازه‌گیری تراز فشارصوت

سطوح متغیرها				متغیرها
۴	۳	۲	۱	
-	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	دور موتور (RPM)
۴	۳	۲	۱	نسبت دنده
-	-	بدون حرکت	با حرکت	حرکت شانه برش
-	-	اطرافیان	راننده	موقعیت قرارگیری میکروفن

آزمایشات کالیبره گردید. برای اندازه‌گیری تراز صدا از شبکه A و سرعت پاسخگویی کند (slow) دستگاه ترازسنج استفاده شد. میزان سرعت باد و دما در محیط

به منظور اندازه‌گیری تراز صدا از دستگاه تراز سنج صوت مدل Casella CEL-450 استفاده شد که به وسیله کالیبراتور Casella CEL-110/2 قبل از انجام

مدت زمان مجاز مواجهه روزانه بر حسب ساعت (t) و تراز فشار صوت (spl) بر حسب دسی بل بود (۳).

معادله (۱)

$$t = \frac{8}{2^{\frac{spl-85}{3}}}$$

نتایج

در هنگام انجام آزمایشات ابتدا شرایط محیط پیست آزمون، از جمله تراز صدای زمینه، سرعت باد و دمای هوای محیط اندازه گیری شد. نتایج محیطی اندازه گیری شده در طول انجام آزمایشات در محدوده ای که استاندارد تعیین کرده بود، قرار داشت. این نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

در زمان اندازه گیری صدا توسط دستگاه دیجیتالی سنجش سرعت جریان هوا و درجه حرارت محیط آنومتر حرارتی مدل Kimo LV110 اندازه گیری شد. قبل از اندازه گیری های اصلی، تراز صدای محیط (صدای زمینه) نیز مورد اندازه گیری قرار گرفت.

برای آگاهی از مشخصات صدای تولیدی در موقعیت گوش رانندگان دروگر، آنالیز فرکانس در طیف یک اکتاو باند انجام شد و فرکانس هایی که اندازه آنها بالاتر از حد مجاز بود، شناسایی شدند و مورد تحلیل قرار گرفتند.

برای محاسبه حد مجاز مدت مواجهه کاربران با صدا در طی یک شیفت کاری هشت ساعته و با در نظر گرفتن استاندارد تراز فشار صوت ۸۵ دسی بل با قاعده ۳ دسی بل از معادله ۱ استفاده شد که در آن

جدول ۳: نتایج محیط پیست آزمون در زمان بررسی آلودگی صوتی دروگر

تراز صدای زمینه dB	درجه حرارت محیط °C	سرعت جریان هوا m/s
۴۶±۱	۱۵±۲	۱/۸±۱

اطرافیان قرار داده شد، نیز صادق بود و اثرات اصلی فاکتورها و اثرات متقابل آنها در سطح یک درصد همگی معنی دار شد. این خود نشان دهنده تغییر تراز فشار صوت در موقعیت اطرافیان دروگر بر اثر تغییرات در فاکتورهای ذکر شده است. آزمون چند دامنه ای دانکن (Duncan's multiple range test)، برای مقایسه میانگین ها برای دور موتور و نسبت دنده در موقعیت قرارگیری میکروفون در گوش راننده و در موقعیت اطرافیان، صورت گرفت

نتایج تجزیه واریانس مقادیر تراز صدای کلی برای راننده دروگر در جدول ۴ آمده است. همان طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود، اثر اصلی فاکتورهای حرکت تیغه برش، سرعت موتور و نسبت دنده بر مقادیر تراز صدای کلی دروگر و نیز اثر متقابل این فاکتورها در سطح ۰/۰۱ معنی دار شدند. به طوری که با افزایش دور موتور و همچنین تعویض نسبت دنده، تراز فشار صوت افزایش یافت. این نتایج برای حالتی که میکروفون در موقعیت گوش

و مشخص شد که هرکدام از دور موتورهای ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ در سطح احتمال یک درصد با هم اختلاف معنی داری دارند. برای نسبت دنده‌ها نیز مشخص شد، بین میانگین تراز صوت هر نسبت دنده

در سطح یک درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. نتایج آزمون دانکن، تراز فشار صوت در دورهای مختلف موتور و نسبت دنده‌های مختلف برای راننده و اطرافیان در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است.

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس تراز فشار صوت برای رانندگان دروگر

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۵/۰۸ ^{NS}	۰/۷۰	۲	تکرار
۱۷۷۱/۶۹*	۸۲/۳۴	۱	حرکت تیغه
۲۴۷۹۵/۰۹*	۱۱۵۲/۴۶	۲	دور موتور
۵۸/۷۱*	۲/۷۳	۳	نسبت دنده
۸۷/۶۴*	۴/۰۷	۲	حرکت تیغه* دور موتور
۲۷/۸۵*	۱/۲۹	۳	حرکت تیغه* نسبت دنده
۳۹/۸۷*	۱/۸۵	۶	دور موتور* نسبت دنده
۲۰/۴۰*	۰/۹۴۸	۶	حرکت تیغه* دور موتور* نسبت دنده
-	۰/۰۴	۴۶	خطا

* معنی دار در سطحی یک درصد، NS معنی دار نیست

جدول ۵: تأثیر دور موتور و نسبت دنده (با حرکت تیغه) بر تراز فشار صوت (دسی بل) برای راننده

دور موتور (rpm)				نسبت دنده
۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰		
۹۷/۸ ^a	۹۱/۹ ^b	۸۲/۳ ^c		۱
۹۸/۷ ^d	۹۰/۸ ^e	۸۳/۷ ^f		۲
۹۹/۵ ^g	۹۱/۴ ^h	۸۴/۹ ⁱ		۳
۹۶/۶ ^j	۹۰/۷ ^k	۸۴/۲ ^l		۴

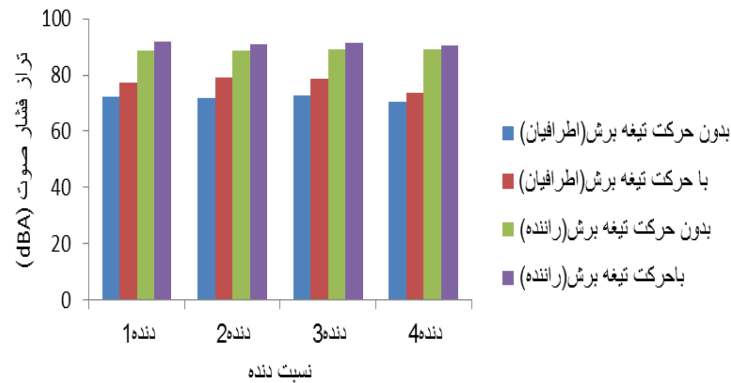
اعدادی که دارای حروف یکسان نیستند دارای اختلاف معنی دار سطح یک درصد هستند

جدول ۶: تأثیر دور موتور و نسبت دنده (با حرکت تیغه) بر تراز فشار صوت (دسی بل) برای اطرافیان

دور موتور (rpm)				نسبت دنده
۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰		
۸۴/۳ ^a	۷۷/۵ ^b	۶۷/۵ ^c		۱
۸۳ ^d	۷۹ ^e	۶۸/۸ ^f		۲
۸۱/۹ ^g	۷۸/۸ ^h	۶۷/۵ ⁱ		۳
۸۱/۸ ^j	۷۳/۷ ^k	۶۸/۹ ^l		۴

اعدادی که دارای حروف یکسان نیستند دارای اختلاف معنی دار سطح یک درصد هستند

شکل ۲ مقایسه‌ای بین اثر شانه برش در دنده‌های مختلف بر تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده و اطرافیان را نشان می‌دهد.



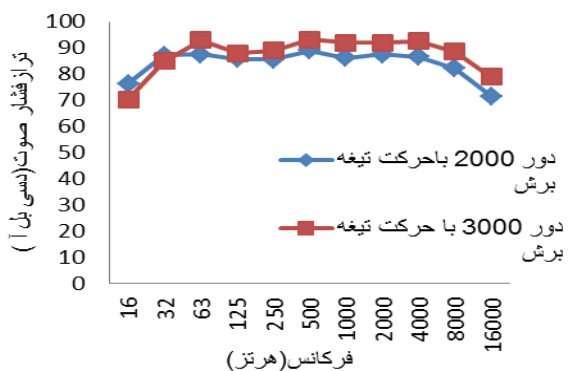
شکل ۲: تراز فشار صوت در حالت‌های مختلف دنده و شانه برش

برگشت است نسبت به حالتی که تیغه برش ثابت است تراز فشار صوت افزایش پیدا کرده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراز صوت در نسبت دنده ۲ و دور موتورهای مختلف در جدول ۷ آمده است. مشاهده شد در حالتی که تیغه برش در حالت رفت و

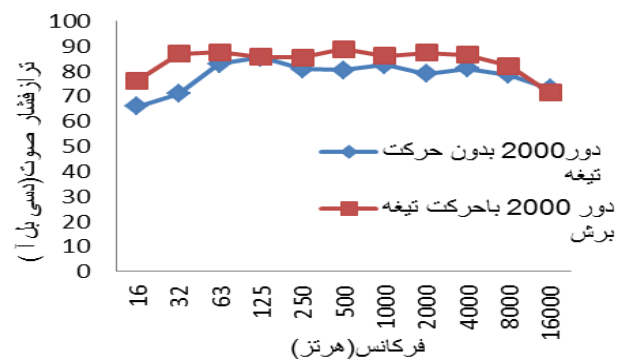
جدول ۷: تراز فشار صوت در حالت‌های مختلف دور موتور و حرکت تیغه برش در دنده ۲ برای اطرافیان دروگر

اختلاف	با حرکت تیغه برش	بدون حرکت تیغه برش	دور موتور
۳/۸	۶۸/۸	۶۵	۱۰۰۰
۷/۳	۷۹	۷۱/۷	۲۰۰۰
۲/۹	۸۳	۸۰/۱	۳۰۰۰

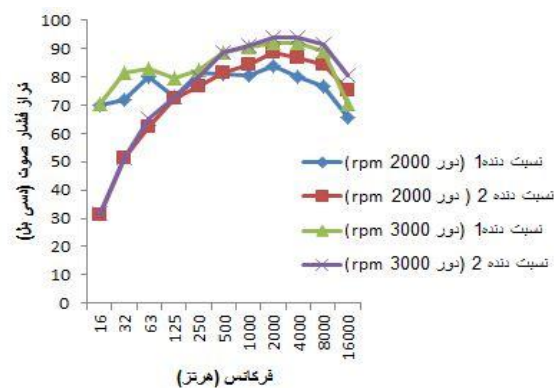


شکل ۳: نتایج آنالیز فرکانس برای راننده در حالت کاری شانه برش

برای پی بردن به ماهیت صدای انتشار یافته به وسیله دروگر، در مواردی که تراز کلی فشار صوت از حد استاندارد ۸۵ دسی‌بل تجاوز می‌نمود، آنالیز فرکانسی انجام می‌گرفت. نتایج آنالیز فرکانس صوت در طیف اکتاوباند، در موقعیت گوش راننده دروگر در دورهای ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه موتور و نسبت دنده ۲، در حالت کار تیغه برش در شکل ۳ و ۴ آمده است. همان‌طور که مشخص است برای تمام فرکانس‌ها با افزایش دور موتور تراز فشار صوت نیز افزایش یافته است.



شکل ۴: نتایج آنالیز فرکانس برای راننده در دور موتور ۲۰۰۰



شکل ۵: نتایج آنالیز فرکانس در نسبت دنده‌های ۱ و ۲

و نسبت دنده استفاده می‌کنند، حد مجاز استفاده از دستگاه بر حسب ساعت در هر حالت کاری با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید و نتایج در جدول‌های ۸ و ۹ آورده شده است.

شکل ۵ نتایج آنالیز فرکانس را در نسبت دنده ۱ و ۲ و دور موتورهای ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه نشان می‌دهد. با توجه به این که کاربران در طول کار با دستگاه دروگر از حالت‌های مختلف کاری دور موتور

جدول ۸: نتایج حد مجاز مواجهه راننده با صدا در طول کار با دوره‌های مختلف موتور بر حسب ساعت مواجهه

دور موتور (rpm)			
۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	
۰/۶۴	۳/۱۰	۱۳/۲	تیغه برش ثابت و بدون کار
۰/۲۸	۱/۶۲	۸/۱۸	تیغه برش در حال کار

جدول ۹: نتایج حد مجاز مواجهه راننده با صدا در طول کار با نسبت دنده‌های مختلف بر حسب ساعت مواجهه

نسبت دنده				
۴	۳	۲	۱	
۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۶۷	۰/۸۱	تیغه برش ثابت و بدون کار
۰/۵۴	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۴۱	تیغه برش در حال کار

بحث

هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان تراز صدای تولیدی از دروگر چهار چرخ BCS 622 در حالت‌های مختلف کاری بود و مشخص گردید که هر کدام از عامل‌های دور موتور و نسبت دنده بر روی تراز فشار صوت به دست آمده مؤثر بودند، به طوری که با افزایش دور موتور و همچنین تعویض نسبت دنده تراز فشار صوت افزایش یافته است. تغییر تراز فشار صوت در دور موتور و نسبت دنده‌های مختلف می‌تواند حاصل تغییر شتاب قطعات متحرک موتور و جعبه دنده و همچنین تغییر فشار خروجی دود اگزوز موتور در این دروگر باشد. نتایج تحقیقات Crocker و Ivanov (۶) و Meyer و همکاران (۱۴) در مورد ماشین‌های کشاورزی با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.

با توجه به نتایج آزمون دانکن برای اطرافیان دستگاه دروگر برای دور موتور ۳۰۰۰ دور در دقیقه بیشترین میزان تراز صوتی مشاهده گردید و میانگین آن برابر ۸۰/۸ دسی‌بل بوده است. برای دور موتور ۱۰۰۰ دور در دقیقه کمترین میزان تراز صوتی مشاهده شد و میانگین آن برابر ۶۶/۵ دسی‌بل بود. لذا می‌توان گفت که با افزایش دور موتور تراز فشار صوت افزایش می‌یابد، در صورتی که برای نسبت دنده‌های مختلف مشاهده گردید که دنده ۴ دارای کمترین تراز فشار

صوت با میانگین ۷۳/۰۶ دسی‌بل و دنده ۲ دارای بیشترین تراز فشار صوت با میانگین ۷۴/۶۳ دسی‌بل بوده است. با تعویض نسبت دنده بار وارده بر موتور دروگر تغییر می‌یابد، لذا موجب تغییر در سطح تراز فشار صوت در دروگر می‌شود، به همین دلیل است که در نسبت دنده سنگین‌تر (دنده ۲) تراز فشار صوت از نسبت دنده سبک‌تر (دنده ۴) بیشتر شده است. نتایج تحقیقات قبادیان و همکاران (۱۵) و حسن بیگی و همکاران (۱۶) در مورد تراز فشار صوت در تراکتورهای مختلف، کمباین و تراکتور دو چرخ نیز نشان دهنده تأثیر دور موتور و نسبت دنده بر روی تراز فشار صوت می‌باشد که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.

برای رانندگان دروگر مشخص شد، دور موتور ۳۰۰۰ دور در دقیقه بیشترین میزان تراز صوتی را داراست و میانگین آن برابر ۹۶/۸۳ دسی‌بل بود. برای دور موتور ۱۰۰۰ دور در دقیقه کمترین میزان تراز صوتی مشاهده شد و میانگین آن برابر ۸۲/۹۷ دسی‌بل بود، که دلیل آن افزایش شتاب حرکت قطعات موتور در دورهای بالاتر است. برای نسبت دنده‌های مختلف نیز مشاهده گردید، دنده ۱ دارای کمترین تراز فشار صوت با میانگین ۸۹/۴۶ دسی‌بل و دنده ۳ دارای بیشترین تراز فشار صوت با میانگین ۹۰/۴ دسی‌بل بوده است. در مطالعه Durgut و Celen (۱۷) نیز

بود. برای دو حالت حرکت تیغه نیز در حالتی که تیغه در حال کار بود، تقریباً برای تمام فرکانس‌ها نسبت به حالتی که تیغه بدون حرکت بود، تراز فشار صوت بیشتر بود.

طیف تغییرات فشار صوت در دور موتورهای ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه با هم مشابه است و یک الگو را طی می‌کنند، این روند با تحقیقات حسن بیگی و همکاران (۱۶) و Solecki (۱) مشابهت دارد.

تغییرات طیف یک اکتاو تراز فشار صدای دستگاه در نسبت دنده‌های یک و دو و در دور موتورهای ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه در شکل ۵ نشان داده شده بود. در قسمت‌های مختلف این نمودار مشاهده می‌گردد، طیف تغییرات تراز فشار صوت در دنده‌های مختلف تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند، به جزء در فرکانس‌های کمتر از ۲۵۰ هرتز، که این پدیده می‌تواند در اثر آگروز موتور دروگر باشد و با یافته‌های تحقیقات حسن بیگی و همکاران (۱۶) و Solecki (۱) همخوانی دارد. فرکانس غالب در تمام نسبت دنده‌ها همانند قبل، در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز می‌باشد و میزان تراز فشار صوت در فرکانس‌های بالا، بیشتر از فرکانس‌های پایین است. با توجه به این که ریسک ابتلا به افت شنوایی به ویژه در فرکانس‌های مکالمه ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز، در مواجهه با صدای با فرکانس پایین، بسیار بالاتر است، رانندگان دروگر در معرض خطر بیشتری در خصوص اختلال در مکالمه قرار دارند و نیاز به مراقبت بیشتری است. نتایج آنالیز این مطالعه با تحقیقات Aybek و همکاران (۱۸) و همچنین Sumer و همکاران (۱۹) همخوانی دارد.

در مقایسه محل قرارگیری میکروفن در گوش راننده و اطرافیان دروگر مشخص شد، تراز صدا در موقعیت

مشخص شد که دور موتور و نسبت دنده بر روی تراز صدای تولیدی برای اطرافیان و رانندگان ماشین‌های کشاورزی مؤثر بوده، تا آنجا که با تغییر دور موتور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه تراز فشار صوت به میزان ۶ دسی‌بل افزایش یافت.

در مطالعه حاضر هنگامی که تیغه دروگر در حالت رفت و برگشت قرار گرفت، تراز فشار صوت نسبت به حالتی که تیغه بدون حرکت بود به دلیل سرعت حرکت تیغه‌ها و اصطکاک به وجود آمده، افزایش پیدا کرد. به طور مثال در دنده ۱ این اختلاف به ۵/۳ دسی‌بل رسید و افزایش ۷/۳۴ درصدی داشته است، لذا یکی از فاکتورهای مهم در افزایش تراز صوت در دروگرهای شانه‌ای، شانه برش آن‌ها می‌باشد و باید در طراحی، ساخت و به کارگیری شانه برش دروگرها توجه کافی شود، تا اثر این فاکتور بر میزان سروصدای تولیدی کاهش یابد.

در مقایسه بین اثر شانه برش در دنده‌های مختلف بر تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده و اطرافیان، در هر دو حالت با حرکت و بدون حرکت تیغه برش، میانگین تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده نسبت به اطرافیان بیشتر بود، که دلیل آن قرارگیری فاصله دورتر اطرافیان از منبع صوت و ضریب جذب صوتی سطح پیست آزمون برای اطرافیان دروگر می‌باشد.

در آنالیز فرکانسی صورت گرفته مشخص شد، برای تمام فرکانس‌ها با افزایش دور موتور تراز فشار صوت نیز افزایش یافته است، به طوری که در دور موتور ۲۰۰۰ rpm تراز فشار صوت در فرکانس‌های ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز بالاتر از حد استاندارد بود، همچنین در دور موتور ۳۰۰۰ در فرکانس‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز بیشتر از حد مجاز

گوش راننده بیشتر از اطرافیان بوده است. به طور مثال در دنده یک و دور موتور ۲۰۰۰ دور در دقیقه تراز فشار صوت از ۷۲/۲ دسی بل در موقعیت گوش اطرافیان به ۸۷/۷ دسی بل در موقعیت گوش راننده تغییر کرده است. در تحقیقات قبادیان و همکاران (۱۵) بر روی تراکتور دوچرخ و نیز منظم و همکاران (۲۰) بر روی تراکتور مشخص گردید که با زیاد شدن فاصله از منبع تولید صوت میزان میانگین تراز فشار صوت کاهش می‌یابد و این کاهش معلول افزایش فاصله و خاصیت جذب مزرعه می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تراز فشار صوت برای اطرافیان در تمام حالت‌های کاری دروگر از حد مجاز مواجهه ۸۵ دسی بل روزانه تجاوز نمی‌کند، لذا خطری از لحاظ مواجهه شغلی اطرافیان دستگاه را تهدید نمی‌کند.

در مطالعه حاضر، افزایش دور موتور در دروگر بر روی تراز فشار صوت چشمگیر بوده است. لذا هنگام استفاده از دروگر این فاکتور باید مدنظر قرار گیرد، بنابراین کاهش دور موتور می‌تواند باعث کاهش تراز صدای دستگاه شود، اما کاهش دور موتور موجب کاهش سرعت رفت و برگشت تیغه برش هم خواهد شد، لذا کیفیت برش دستگاه دروگر نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. در خصوص دروگر چهار چرخ BCS، به دلیل کوچک بودن موتور، عدم فاصله مناسب قرارگیری راننده تا منابع تولید صدا، محدودیت‌های وزن، فضا و نصب کابین برای راننده، کوچک بودن انباره آگروز و مسیر خروجی گازهای موتور، کاهش سروصدای منتشره شده به وسیله اجزای متحرک دستگاه با صرف هزینه‌های زیاد و ایجاد تغییرات اساسی در ساختار موتور، جعبه دنده و شانه برش امکان‌پذیر است. به همین دلیل در این

گونه دروگرها، استفاده از روش فعال که کاهش صدای تولید شده به وسیله منابع تولید صدا است، نیاز به صرف هزینه‌های فراوان دارد. لذا مؤثرترین راه کاهش صدا در این دروگرها استفاده از وسایل حفاظت شنوایی است. به طور عمده کلیه محافظ‌های صوتی برای حفاظت شنوایی مؤثر می‌باشند و به طور عملی سطح تراز صدایی را که به گوش می‌رسد، کاهش می‌دهند. علاوه بر این استفاده از وسایل حفاظت شنوایی با توجه به محدودیت‌های ذکر شده برای کاهش دور موتور، نه تنها از اثرات سوء دستگاه مورد نظر بر سیستم شنوایی کاربر آن می‌کاهد، بلکه با این روش می‌توان مدیریت بهینه‌ای بر عملیات درو و کیفیت برش دستگاه نیز داشت. از محدودیت‌های این مطالعه این است که نتایج این مطالعه تنها برای دروگر چهارچرخ BCS قابل استفاده می‌باشد. بنابراین این نتایج برای سایر دروگرها قابل تعمیم نیست. آزمایشات برای حرکت دروگر بر روی جاده آسفالت صورت گرفت و در مطالعات بعدی می‌توان شرایط کاری واقعی در مزرعه را مورد مطالعه قرار داد.

نتیجه‌گیری

از جمله عوامل مؤثر بر افزایش تراز فشار صوت در هنگام کار با دروگر افزایش دور موتور، تغییر نسبت دنده و نیز به کارگیری تیغه برش می‌باشد. با توجه به استانداردهای موجود، خطری سلامت اطرافیان دروگر را از لحاظ مواجهه با صدا تهدید نمی‌کند. اما رانندگان دروگرهای چهارچرخ BCS با تراز فشار صوتی بالاتر از حد مجاز مواجهه روزانه روبه‌رو می‌شوند. لذا باید اقدامات کنترلی صورت گیرد و به کارگران آموزش داده شود تا از گوشی‌های حفاظت فردی استفاده کنند. همچنین باید تنظیمات لازم در

دروگر برای کاهش آلودگی صوتی صورت گیرد.

تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار منطقه جنوب شرق ایران به خصوص خانم زهرا ظهور علی‌نیا در انجام این پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.

تشکر و قدردانی

از همکاری گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان و همچنین از مرکز

References

1. Solecki L. Duration of exposure to noise among farmers as an important factor of occupational risk. *Ann Agric Environ Med.* 2000;7(2):89-93.
2. Ghazaei S. Diseases caused by physical factors at work. 2th ed. Tehran: University of Tehran Press; 2000. Persian.
3. Golmohammadi R. Noise and vibration engineering. 4th ed. Hamadan: Daneshjoo; 2000. Persian.
4. Bridger RS. Introduction to ergonomics. Houston, USA: McGraw-Hill; 2000.
5. Broste SK, Hansen DA, Strand RL, Stueland DT. Hearing loss among high school farm students. *Am J Public Health.* 1989 May;79(5):619-22.
6. Crocker MJ, Ivanov IN. Noise and Vibration Control in Vehicles. 1th ed. Russia: Petersburg: Interpub; 1993.
7. Bean TL (The Ohio State University, Agricultural and Biological Engineering, Department of Food). Noise on the farm can cause hearing loss. Columbus, Ohio, USA; Ohio Cooperative Extension; 1993. Report No.: AEX-590.
8. Dennis JW, May JJ. Occupational noise exposure in dairy farming. *Journal Agricultural Health and Safety.* 1995; 28: 333-67.
9. Kang CH, Park NJ, Oh IS, Lee YB. Study on the handling of power tiller in view of ergonomics 1 Analysis of the indicative rate for discomfort by checklists. Research Reports of the Rural Development Administration, Agricultural Engineering and Farm Management. 1988; 30(1): 64-71.
10. Bordia L, Fial M. Design and testing of electric-powered walking tractor. *J Agr Eng Res.* 2000 Jan; 60(1):57-62.
11. Brown, RH. Handbook of Engineering in Agriculture. 1th ed. London, UK: Prentice & Hall; 2000.
12. ISO 7216. Acoustics: Agricultural and forestry wheeled tractors and self-propelled machines - Measurement of noise emitted when in motion; 2003.
13. ISO 5131. Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry. Measurement of noise at the operator's position; 2004.
14. Meyer RE, Schwab CV, Bern CJ. Tractor noise exposure levels for bean-bar riders. *American Society of Agricultural Engineers.* 1993;36(4): 1049-56.
15. Ghobadian B, Bhattacharya M, Jain SC, Mehta PS. A Parametric Study of Engine Noise and Its Combustion Components. SETC Conference. Milwaukee, USA; 1995.
16. Hassan-Beygi S, Ghobadian B, Chayjan A, Kianmehr MH. Prediction of power tiller noise levels using a back propagation algorithm. *J Agric Sci Technol.* 2009; 11(2):147-60.
17. Durgut MR, Celen IH. Noise levels of various agricultural machineries. *Pakistan Journal of Biological Science.* 2004; 7(6):895-901.
18. Aybek A, Kamer HA, Arslan S. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. *Appl Ergon.* 2010 Mar;41(2):274-81.
19. Sumer SK, Say SM, Ege F, Sabanci A. Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab. *Appl Ergon.* 2006 Nov;37(6):749-56.
20. Monazzam MR, Nadri F, Khanjani N, Ghotbi Ravandi MR, Nadri H, Barsam T, et al. Tractor drivers and bystanders noise exposure in different engine speeds and gears. *J Mil Med.* 2012;14(2): 142-54.

Evaluation of Noise Pollution Levels due to Four-wheel Harvesting Machines in Bystanders and Machine Drivers

Reza Hosseinpour¹, Kazem Jafari Naeimi², Mohammad Reza Ghotbi Ravandi³

Abstract

Background: One of the most widely used equipments in harvesting hay and grains are four wheel mowers. The aim of the present study was to determine the levels of noise exposure in drivers and bystanders in different states, speeds and gear of four wheel mowers (BCS Model 622).

Methods: The ISO 5131 and ISO 6814 standards were used to assess noise exposure in drivers and bystanders, respectively. Experiments were done in totally randomized block models in the form of $2 \times 3 \times 4$ factorials (2 moving blade conditions, 3 states of various motor rpm's and 4 gear states) and three repetitions. Sound pressure levels were measured both at the driver's ear level and the bystanders. In conditions where in the level of exposure was above permissible noise limits, octave band analysis was performed. Data analysis was performed in Excel and SPSS 16.

Results: Drivers were exposed to noise pollution higher than the permissible level (according to the ACGIH standards) at 3000 rpm. Factors affecting noise level exposure in the driver and bystander included engine speed, gear ratio and cutting blade speeds and were all significant at the 0.01 level.

Conclusion: Routine use of harvesting machines leads to adverse auditory effects. This fact highlights the necessity of controlling noise emission from this machine through engineering, technical and managemental practices.

Keywords: Sound pollution, BCS Harvester, Sound Pressure Level (SPL), Engine Speed, Gear Ratio

1- MSc Student, Department of Agriculture Machinery Mechanics, School of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agriculture Machinery Mechanics, School of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Corresponding Author: Dr. Mohammad Reza Ghotbi Ravandi **Email:** ghotbi@kmu.ac.ir

Address: Department of Occupational Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Tel: 034-31325114

Fax: 034-31325112