

بررسی میزان مواجهه شغلی رانندگان کمباین با ذرات قابل استنشاق هوابرد

اسماعیل جوادی کهریز*، محسن گرگانی^۲، جعفر جلیلیان^۳

۱. *نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران،

ساری، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. کارشناسی ارشد سم شناسی و فارماکولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

e.j.kahriz@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۰۳/۲۰)

زمینه و هدف: شاغلین حرفه کشاورزی با عوامل زیان آور متعددی در تماس می‌باشند. رانندگان ماشین‌های کشاورزی همچون تراکتور و کمباین از جمله کارگرانی هستند که با آلاینده‌های مضرى همچون ذرات معلق در تماس می‌باشند که طیف وسیعی از بیماری‌ها را موجب می‌گردد. هدف این مطالعه بررسی میزان مواجهه رانندگان کمباین با ذرات قابل استنشاق هوابرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی ۴۴ نفر از رانندگان کمباین مزارع اطراف شهرستان شاهین‌دژ وارد مطالعه شده و نمونه‌برداری از هوای منطقه تنفسی آنها و محیط اطراف طبق متد NIOSH0600 صورت گرفت. نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و از آزمون‌های T-Test و Partial Correlation جهت آنالیز آماری داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت ذرات PM₄ فردی و محیطی به ترتیب برابر ۲۲۶۸۰ و ۸/۵۲۱g/m³ μ بود. غلظت ذرات PM₄ در کمباین‌های بدون کابین ۶۳ درصد بیشتر از کمباین‌های کابین دار بود و همچنین برای PM₁ و PM_{2.5} به ترتیب برابر ۶۳/۵ درصد و ۳۷/۷ درصد بوده است. ارتباط معناداری بین دما و غلظت ذرات PM₄، PM_{2.5} و PM₁ وجود داشت و همچنین میان غلظت این ذرات با یکدیگر نیز همبستگی بالایی دیده شد.

نتیجه‌گیری: میزان مواجهه رانندگان با ذرات معلق بالاتر از حد مجاز بوده که نیازمند بهبود شرایط می‌باشد. از جمله روش‌های کنترلی بسیار مؤثر می‌توان به بهبود کابین‌ها و تعبیه سیستم‌های تهویه‌ای، اشاره کرد. پیشنهاد می‌گردد محققین اهداف مطالعه خود را معطوف به تعیین ترکیب شیمیایی ذرات کرده و به بررسی مارکرهای بیولوژیکی در خون و ادرار رانندگان مواجهه یافته با آلاینده‌های ذره‌ای بپردازند.

کلید واژه‌ها: ذرات قابل استنشاق، مواجهه شغلی، راننده کمباین، گرد و غبار کشاورزی

مقدمه

است، که از جمله آلاینده‌های مهم می‌توان به ذرات معلق (Particulate Matter) اشاره کرد که سلامتی این قشر از شاغلین را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳، ۴). ذرات معلق قابل استنشاق یا به عبارتی ذراتی که قطر ائرودینامیکی آنها کوچک‌تر از ۴ میکرون می‌باشد (PM₄)، قابلیت نفوذ به عمیق‌ترین بخش سیستم تنفسی انسان یعنی حبابچه‌های هوا را دارند (۵). پس از ورود، ممکن است در حبابچه‌ها ته‌نشین شده و یا اینکه وارد جریان خون گردد. در این بین قطر ذرات معلق و ترکیب شیمیایی آنها از اهمیت

کشاورزی یکی از قدیمی‌ترین، بزرگ‌ترین و مهم‌ترین صنعت جهان می‌باشد و فعالیت‌های وابسته به آن یکی از وسیع‌ترین مشاغل می‌باشد که شاغلین را در معرض مواجهه با عوامل زیان آور متعددی قرار می‌دهد (۱). یکی از جدی‌ترین مسائل مطرح در این زمینه آلودگی هوای استنشاقی در این مشاغل می‌باشد (۲). طی مطالعات صورت گرفته در قرن ۱۹ و ۲۰، مواجهه با آلاینده‌های هوابرد، در فعالیت‌های مختلف افراد شاغل در مزارع کشاورزی مورد تأکید قرار گرفته

است در طی فعالیت‌های مختلفی از قبیل، شخم زدن، درو و حمل و نقل محصولات و مواد ضروری زمین‌های کشاورزی و انبار کردن محصول با آلاینده‌های ذره‌ای مواجهه داشته باشند. بیماری‌هایی که در این دسته از کارگران مشاهده شده است هم بیماری‌های ریوی (آسم (Asthma)، برونشیت مزمن (Chronic Bronchitis)، مایکوتوکسیکوسیس (Mycotoxicosis) و آلئولیت آلرژیک (Allergy) و هم غیرریوی (درماتیت و تب غلات) می‌باشد (۱۴، ۱۶). مواد معدنی همچون فلزات سنگین که قابلیت تجمع زیستی (Bioaccumulation) دارند در طولانی مدت ممکن است موجب بروز بیماری‌های مختلف همچون بیماری‌های کلیوی و کبدی، سرطان، اختلالات در بافت خون و ... در افراد گردد (۱۷، ۱۸). تحقیقات اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (NIOSH) در سال‌های ۱۹۷۰ - ۱۹۹۰ نشان داد که به دلیل وسعت فعالیت‌های کشاورزی و همچنین تفاوت در شیوه انجام فعالیت‌ها، میزان مکانیزه بودن روش‌ها و بسته به موقعیت جغرافیایی محل، میزان مواجهه افراد با ذرات معلق نیز متفاوت می‌باشد. با این حال محدوده غلظت ذرات معلق در این مطالعات حدوداً بین ۰/۲ تا بیش از ۱۱۸ میلی‌گرم بر مترمکعب بوده است. هرچند که در برخی مطالعات غلظت این ذرات بیش از ۸۹۰ mg/m³ نیز گزارش شده است (۱۲، ۱۹). براساس دستورالعمل‌های انجمن بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) میزان مواجهه با ذرات PM₄ برای ۸ ساعت کار روزانه معادل ۳ mg/m³ می‌باشد که تجاوز از این حد در میزان مواجهات شغلی روزانه، موجب بالا رفتن ریسک مخاطرات سلامتی فرد می‌گردد (۲۰).

رانندگان کمباین بعنوان جزئی از شاغلین صنعت کشاورزی در فصل برداشت محصولات هم چون گندم، جو و ذرت؛ در زمین‌های کشاورزی فعالیت می‌کنند. این دسته از شاغلین در یک مکان ثابت مشغول فعالیت نمی‌باشند احتمالاً به همین جهت در مطالعات بهداشت حرفه‌ای مورد غفلت قرار گرفته‌اند در حالی که در کشور ایران، که برداشت محصول حداقل به

ویژه‌ای برخوردار است. ذرات خیلی ریز (PM₁) و حتی ریز (PM_{2.5}) به راحتی وارد خون شده و در ارگان‌های مختلف بدن اعمال اثر می‌کنند (۶، ۷). همچنین ذرات ذاتاً دارای یک ترکیب شیمیایی آلی یا معدنی و یا ترکیبی از هر دو می‌باشند و علاوه بر ترکیب خود ذرات، آنها قادرند مواد شیمیایی را بصورت باند شده در سطح خود حمل کنند. با توجه به قاعده افزایش نسبت سطح به حجم در مقیاس میکرو و نانو، ذرات خیلی ریز و ریز (ضمن داشتن قدرت نفوذ بالا در ارگان‌ها) از این حیث مضرترین قشر ذرات معلق می‌باشند (۸، ۹).

در کشور ایران هیچگونه مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است همچنین در سطح جهان نیز مطالعات اندکی به چشم می‌خورد که به بررسی مواجهه رانندگان صنعت کشاورزی با آلاینده‌های ذره‌ای پرداخته باشند. با این حال در ادامه به بررسی نتایج مرتبط‌ترین مطالعات با مطالعه حاضر پرداخته شده است. طبق نتایج تحقیقات Yoshida و Maybank ذرات غله از ۶۰ - ۷۵ درصد مواد آلی و ۲۵ - ۴۰ درصد مواد معدنی تشکیل شده است (۱۰). اطلاعات به دست آمده نیز نشان می‌دهد که گاهاً غلات آلوده به مواد میکروبی، قارچ‌ها و تکه‌های بدن و مدفوع حشرات نیز می‌باشد. باقی مانده حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و مواد شیمیایی موجود در کودهای شیمیایی، که در خاک تجمع پیدا می‌کند، در ذرات معلق هوا برد نیز یافت می‌شود (۱۱، ۱۲). بنابراین براساس مطالعات صورت گرفته چنین نتیجه‌گیری می‌گردد که ذرات منتشره از فعالیت‌های کشاورزی ذراتی با ترکیب شیمیایی مختلف آلی و معدنی است که هم ناشی از خود غلات و علوفه بوده و هم ناشی از خاک زمین کشاورزی و منابع دیگر می‌باشد. با توجه به مستندات مذکور تماس با این ذرات منجر به بروز طیف وسیعی از اختلالات تنفسی و سمیت‌های سیستمیک می‌گردد. برای اولین بار در سال ۱۷۱۳ رامازینی عنوان کرد که گرد و غبار غلات (Grain Dust) موجب تحریک چشم، گلو، پوست و ریه کارگران این حرفه می‌گردد (۱۳). کارگران ممکن



کمباین) در فاصله ۱ کیلومتری از محل کار و در بالادست جهت وزش باد بود.

از دستگاه قرائت مستقیم Grimm Monitor (model 1.108) نیز به مدت ۸ ساعت جهت بررسی غلظت ذرات PM1 و PM2.5 در کنار نشستگاه راننده و در ارتفاع معادل منطقه تنفسی وی، استفاده شد. دستگاه مذکور با دبی ۱/۲ لیتر بر دقیقه از هوا نمونه برداری کرده و داده‌ها بصورت جرم قطره‌های زیر ۲/۵ و ۱ میکرون در کارت حافظه ذخیره شد. شایان ذکر است که طبق پروتکل شرکت سازنده دستگاه مورد نظر، کالیبراسیون صورت پذیرفت. فاکتور تصحیح یا (C-Factor) که با توجه به رابطه ذکر شده در کاتالوگ دستگاه محاسبه می‌شود، برابر ۱/۰۴۴ به دست آمد و در نهایت این ضریب در تمام داده‌های دستگاه Grimm ضرب شده و کالیبراسیون صورت پذیرفت.

از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و آزمون‌های آماری Partial، Independent-Sample T Test، Correlation و One-Sample T Test جهت بررسی معنی‌داری تفاوت‌ها و همبستگی متغیرها و همچنین از نرم‌افزار Minitab16 و آزمون Johnson Transformation برای نرمال‌سازی داده‌های غیرنرمال استفاده شد.

یافته‌ها

از میان ۴۴ دستگاه کمباین ۱۶ مورد دارای اتاقک راننده یا کابین بوده و ۲۸ مورد بدون کابین بود. محصول در حال برداشت در ۳۰ مورد، گندم و در ۱۴ مورد جو بود. همانطور که در جدول ۱ شاخص‌های پراکندگی غلظت ذرات معلق نشان داده شده است، میانگین غلظت ذرات PM2.5، PM1 و PM4 در نمونه محیطی نیز به ترتیب برابر ۱۵۹۸۳، ۴۷۹۸/۵ و ۵۲۱/۸ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد. دمای محل نمونه برداری $4/8 \pm 28/64$ درجه سانتی‌گراد است.

مدت ۶ ماه انجام می‌شود، این افراد در معرض مواجهه با آلاینده‌های مختلف هوای تنفسی به ویژه ذرات معلق قرار می‌گیرند که نیازمند بررسی شرایط موجود و اتخاذ تصمیمات بهداشتی می‌باشد. با توجه به اینکه در کشور ما مطالعات مشابهی در این زمینه صورت نگرفته است، در مطالعه حاضر به بررسی میزان مواجهه رانندگان کمباین با ذرات معلق پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد که در تابستان سال ۱۳۹۴ در مزارع (گندم و جو) اطراف شهرستان شاهین‌دژ (آذربایجان غربی) صورت گرفت. جامعه مورد مطالعه رانندگان دستگاه‌های کمباین در حال کار در مزارع، می‌باشد. نمونه‌ها به صورت سرشماری وارد مطالعه شدند که در ابتدا ۴۹ دستگاه کمباین بود که ۵ نفر از مالکین به دلایل نامشخص از ادامه همکاری منصرف شدند و حجم نمونه باقی مانده به ۴۴ مورد رسید. نمونه برداری از هوای منطقه تنفسی افراد طبق متد NIOSH-0600 با استفاده از پمپ نمونه برداری فردی (مدل ۳۰۰-224-ΣSKC 44MTX) به همراه سیکلون پلاستیکی (مدل UK Plastic Cyclone) با دبی ۲/۲ لیتر بر دقیقه به مدت ۸ ساعت (پیوسته) صورت گرفت (۲۰). کالیبراسیون پمپ نمونه برداری توسط فلومتر حباب صابون انجام شد. برای جمع‌آوری ذرات قابل استنشاق (زیر ۴ میکرون) از فیلتر PVC-37mm در داخل سیکلون استفاده شد. همچنین طبق NIOSH-0600 به تعداد ۱۰ درصد تعداد نمونه اصلی، نمونه شاهد انتخاب شد (۵ نمونه). نمونه برداری از منطقه تنفسی با نصب پمپ به کمر راننده و الصاق سیکلون بصورت عمودی در شعاع ۱۵ سانتی‌متری بینی فرد صورت گرفت و برای تهیه نمونه محیطی همانند نمونه فردی عمل شد به جز اینکه محل نصب پمپ و سیکلون در ارتفاع ۲/۵ متری سطح زمین (تقریباً معادل منطقه تنفسی راننده

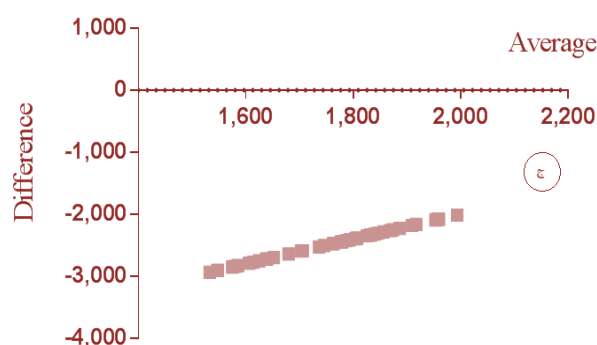
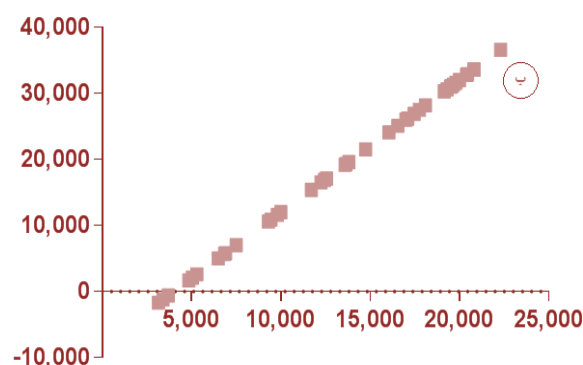
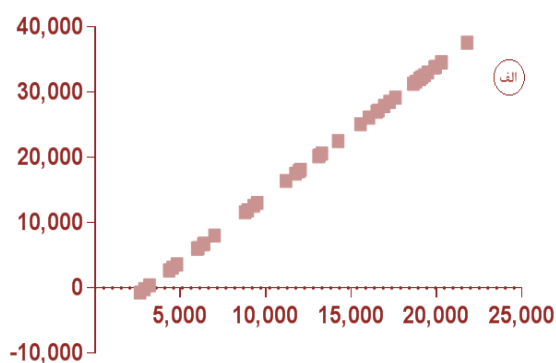
جدول ۱) شخص‌های پراکندگی مربوط به غلظت ذرات ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) و دما ($^{\circ}\text{C}$)

شخص‌ها	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
غلظت ذرات PM4	۴۴	۲۲۶۸۰	۱۱۷۲۰	۴۰۶۰۰	۲۳۰۰
غلظت ذرات PM2.5	۴۴	*۱۵۹۸۳	۸۸۲۴	۳۰۲۷۲	۱۳۵۵/۴
غلظت ذرات PM1	۴۴	۴۷۹۸/۵	۲۶۸۳/۴	۱۰۱۸۷/۷	۴۶۵/۴
غلظت ذرات PM4 محیطی	۴۴	۵۲۱/۸	۲۶۱/۵	۹۸۶/۸	۶۵/۴
دما	۴۴	۲۸/۶۴	۴/۸	۳۷/۸	۱۸/۸

*عدد مورد نظر میانه می‌باشد.

است غلظت ذرات PM4 فردی، به جز در دو مورد، در بقیه موارد بالاتر از حد مجاز یعنی ۳۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد. غلظت ذرات PM2.5 نیز تنها در سه مورد پایین‌تر از حد مجاز کشور می‌باشد. میانگین غلظت ذرات PM4 محیطی در تمامی نقاط نمونه برداری پایین‌تر از حد مجاز آن بوده است.

نمودار ۱ میانگین داده‌های مربوط به ذرات معلق PM4 نمونه فردی، PM4 نمونه محیطی و همچنین PM2.5 را در مقابل تفاوت آنها با حد استاندارد کشوری نشان می‌دهد. قرار گرفتن نقاط در محدوده منفی به مفهوم پایین‌تر بودن تراکم ذرات از حد مجاز می‌باشد. همانطور که در نمودار ۱ نشان داده شده



نمودار ۱) نمودارهای مقایسه میانگین داده‌ها در مقابل تفاوت آن با حد مجاز کشوری

الف) PM4 فردی ب) PM2.5 قرائت مستقیم ج) PM4 محیطی

توسط کمباین، نشان می‌دهد. شایان ذکر است که طبق نتایج آزمون تی-مستقل، تغییرات میانگین غلظت‌ها برای هر چهار مورد از متغیرهای PM4،

جدول ۲ میانگین غلظت و همچنین تفاوت بین میانگین‌ها را در شرایط کابین‌دار بودن و نبودن و همچنین جو یا گندم بودن محصول در حال درو



معنی دار بود ($P < 0.01$).
 کابین دار بودن/ نبودن و گندم/ جو بودن محصول،
 PM1، PM2.5 و دما براساس متغیرهای مستقل

جدول ۲) - میانگین و تفاوت میانگین غلظت ذرات معلق با توجه به دو متغیر کیفی دو سطحی

متغیر	کابین		محصول	
	ندارد	دارد	تفاوت میانگین (%)	تفاوت میانگین (%)
غلظت ذرات PM4	۲۹۴۲۱/۴	*۱۰۸۹۳/۷	+۶۳	۳۴۵۵ ۷
غلظت ذرات PM2.5	۲۱۱۶۱	۷۷۱۵/۲	+۶۳/۵	۲۵۳۹ ۰
غلظت ذرات PM1	۲۱۴۳	۱۳۳۴/۶	+۳۷/۷	۷۳۹۰
دما	۳۰/۲	۲۵/۹	+۱۴/۲	-

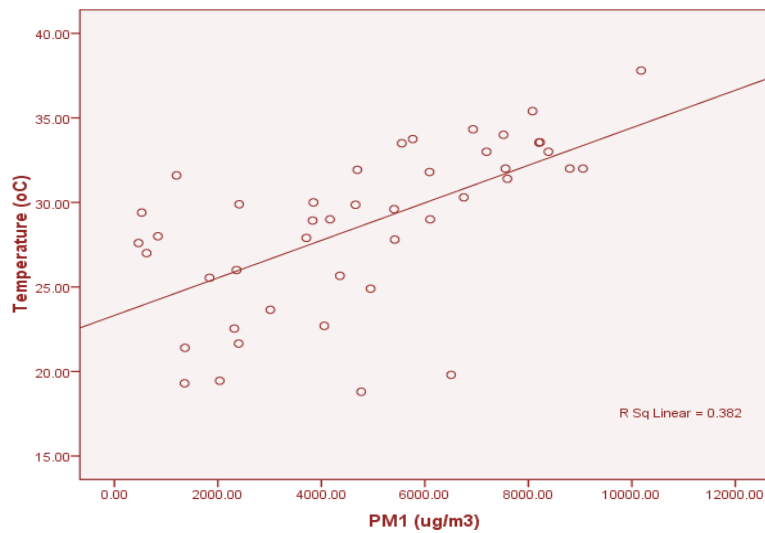
*غلظت‌ها برحسب میکروگرم بر مترمکعب هوا می‌باشد.

علی‌رغم اینکه غلظت ذرات PM4 محیطی با PM2.5 رابطه معنی‌داری دارد، در مورد PM1 این رابطه معنی‌دار نمی‌باشد. شایان ذکر است که رابطه معنی‌دار با همبستگی بالا، بین دما با ذرات PM4 فردی، PM2.5 و PM1 وجود دارد ولی رابطه دما با تغییرات غلظت PM4 محیطی معنی‌دار نبوده و همبستگی بسیار ضعیفی دارند.

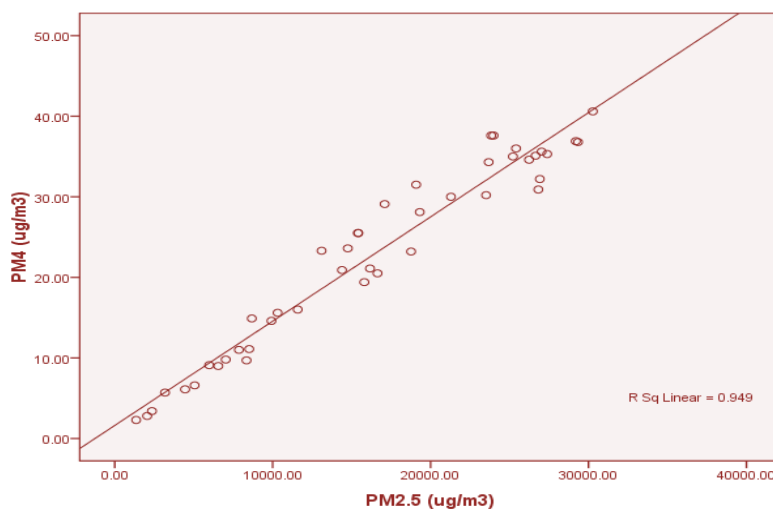
نمودارهای ۲ الی ۵، ارتباط آماری متغیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. جدول ۳ نیز همبستگی میان متغیرهای غلظت ذرات با یکدیگر و همچنین با دمای هوا را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارها و جدول ۳ مشاهده می‌شود، میان تراکم ذرات PM4 در هوای استنشاقی، و ذرات PM2.5 و PM1 اندازه‌گیری شده به روش قرائت مستقیم، رابطه معنی‌دار با خطای کمتر از ۱ درصد و همبستگی بسیار بالا وجود دارد.

جدول ۳) همبستگی میان متغیرهای غلظت ذرات معلق با یکدیگر و همچنین با دمای هوا

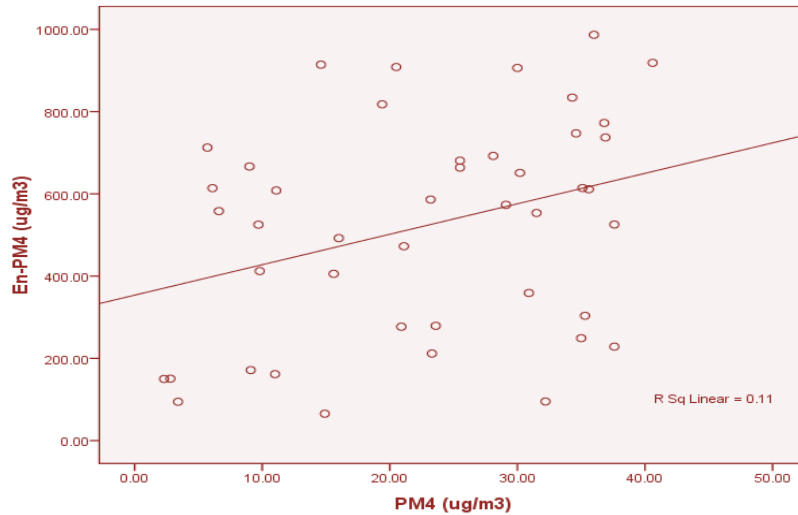
متغیر	غلظت ذرات PM2.5		غلظت ذرات PM1		غلظت ذرات PM4 محیطی		دما
	همبستگی	p	همبستگی	p	همبستگی	p	
غلظت ذرات PM4	۰/۹۴۶	۰/۰۰۱	۰/۹۲۶	۰/۰۰۱	۰/۳۳۲	۰/۰۲۸	۰/۵۸۷
غلظت ذرات PM2.5	----	----	۰/۸۶۸	۰/۰۰۱	۰/۳۸۸	۰/۰۰۹	۰/۵۰۷
غلظت ذرات PM1	----	----	----	----	۰/۲۵۴	۰/۰۹۶	۰/۶۱۸
غلظت ذرات PM4 محیطی	----	----	----	----	----	----	۰/۲۹۶



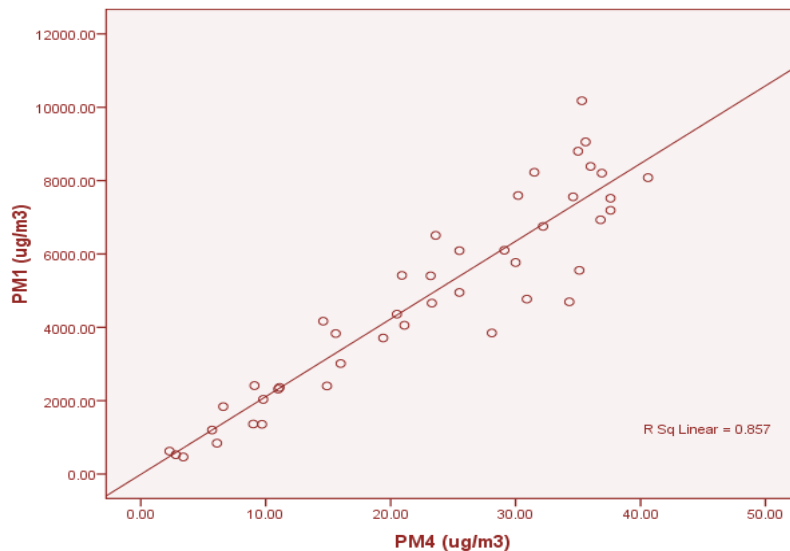
نمودار ۲) رابطه خطی بین غلظت ذرات PM1 و دمای هوا



نمودار ۳) رابطه خطی میان غلظت PM2.5، با غلظت PM4 فردی



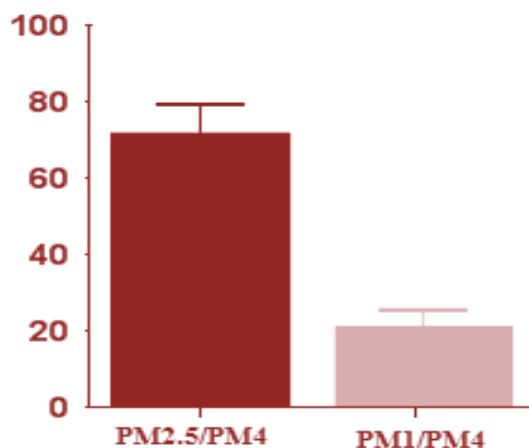
نمودار (۴) رابطه خطی میان غلظت ذرات PM4 محیطی با غلظت ذرات PM4 فردی



نمودار (۵) رابطه خطی میان غلظت ذرات PM4 فردی با غلظت ذرات PM1

ذرات معلق خیلی ریز (زیر ۱ میکرون) نیز بیش از ۲۰ درصد آلاینده‌های زیر ۴ میکرون را به خود اختصاص داده است. ذرات خیلی ریز استنشاقی، غالباً از منابع احتراقی منتشر می‌گردد که در این مطالعه آلاینده‌های خروجی از اگزوز کمباین می‌تواند یک منبع احتمالی در انتشار این ذرات باشد.

شکل ۱ که بیانگر میانگین درصد هر یک از قطره‌های مشخص شده ذرات در محدوده زیر ۴ میکرون است. این شکل روشن‌تر مفاهیم بالا می‌باشد، قسمت اعظم (بیش از ۸۰ درصد) ذرات موجود در منطقه تنفسی در محدوده قطری زیر ۲/۵ میکرومتر می‌باشد که این مطلب حاکی از این است که ذرات انتشار یافته در عملیات دروگری توسط کمباین غالباً ذرات استنشاقی ریز می‌باشد. با این حال



شکل ۱) درصد جرم هر محدوده قطری از ذرات معلق

داد که داده‌های به‌دست آمده از توزیع نرمال برخوردار نبوده و در برخی فعالیت‌ها همچون تخلیه و بارگیری محصولات، غلظت ذرات معلق به بیش از ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب نیز رسیده است که با صرف نظر از داده‌های پرت، میانگین غلظت ذرات در فعالیت‌هایی همچون بارگیری، خرمن‌کوبی و انبار کردن محصولات از حد مجاز ACGIH فراتر رفته بود (۲۱).

در مقام منشأیابی آلاینده‌ها می‌توان گفت در درجه اول گرد و غبار معلق ناشی از عمل دروگری کمباین می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که به هنگام درو محصول جو، غلظت ذرات معلق بیشتر از زمان دروگری گندم می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در این جُست که طبق دانسته‌های محقق، علوفه جو شکننده‌تر بوده و بعلاوه پوشال آن نیز به مراتب بیشتر و پرتراکم‌تر از گندم می‌باشد که در نتیجه هنگام عمل درو، گرد و غبار بیشتری نسبت به علوفه گندم تولید می‌کند. ثانیاً می‌توان به گرد و خاک برخاسته از سطح زمین اشاره کرد که در نتیجه حرکت چرخ‌های کمباین و برخورد دهانه دروگر با خاک، در هوا معلق می‌گردد. یکی دیگر از مهم‌ترین منابع انتشار ذرات، سیستم تبدیل علوفه به کاه می‌باشد که در قسمت عقب کمباین واقع شده است. وجود این سیستم در تمامی کمباین‌های مورد مطالعه موجب تعلیق ذرات ریز در هوا می‌گردد که به هنگام تغییر مسیر کمباین، جریان هوا یا باد موجب بازگشت ذرات به ناحیه تنفسی راننده می‌شود. همچنین با توجه به نتایج، کابین دار بودن کمباین‌ها یک عامل مهم در کاهش مواجهه راننده با ذرات

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده؛ داده‌های مربوط به غلظت ذرات معلق از توزیع نرمال برخوردار بوده‌اند به جز PM2.5 که پس از نرمالسازی، آنالیزهای آماری روی آن صورت گرفت. طبق مشاهدات غلظت ذرات معلق PM4 که رانندگان کمباین در یک شیفت کاری با آن در تماس بوده‌اند معادل ۲۲۶۸۰ میکروگرم در هر مترمکعب هوای استنشاقی بوده که در مقایسه با غلظت ذرات PM4 محیطی بسیار بالا می‌باشد که این امر نشان‌دهنده یک افزایش معنی‌دار در غلظت آلاینده PM4 به هنگام عملیات دروگری توسط ماشین کمباین می‌باشد.

غلظت ذرات معلق PM4 ناحیه تنفسی و ذرات معلق PM2.5 در مقایسه با استاندارد سازمان ACGIH بالاتر از حد مجاز (۳۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب) بوده است. با توجه به اینکه مطالعه مشابهی چه در کشور ما و چه در سایر کشورهای جهان صورت گرفته است، لذا نتایج به‌دست آمده با یافته‌های مطالعات مشابه مقایسه شده است. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Nieuwenhuijsen که در کالیفرنیا بر روی رانندگان تراکتور در حین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است، همسو می‌باشد. در مطالعه مذکور بیشترین غلظت ذرات معلق مربوط به شخم زدن زمین و برابر ۵۷/۳ میلی-گرم بر مترمکعب بوده است که از حد مجاز ACGIH فراتر بوده است (۱۴). همچنین مطالعه Spinkie و همکاران در بریتانیا، که بر روی کشاورزان صورت گرفته است، نشان



مطالعه Chithra و همکاران که در مدارس هندوستان انجام گرفته است نشان داد که میان ذرات PM1، PM2.5 و PM10 همبستگی بسیار بالایی مشاهده شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۲۳).

طبق نتایج حاصله؛ ارتباط ضعیف ولی معنی‌داری میان غلظت ذرات معلق PM4 و PM2.5 در منطقه تنفسی رانندگان کمباین و غلظت ذرات معلق PM4 محیطی، وجود دارد. اما ارتباطی بین ذرات PM1 با ذرات PM4 محیطی دیده نمی‌شود. از این یافته می‌توان نتیجه گرفت که درصد ذرات معلق PM1 در نمونه‌های محیطی نسبت به نمونه‌های فردی بسیار اندک می‌باشد. با توجه به این مطلب و مطالب فوق، استنباط می‌گردد که شغل رانندگی کمباین بعنوان یک شغل با ریسک بالای مواجهه فردی با ذرات خیلی‌ریز خطرناک می‌باشد.

استفاده از واژه ریسک بالا در مطالب مذکور به دلیل مبهم بودن میزان واقعی مواجهه افراد می‌باشد چرا که طبق استانداردهای بهداشت حرفه‌ای، حدود مجاز برای ۸ ساعت کار تنظیم شده است در حالی که رانندگان ماشین‌های کشاورزی به ویژه راننده کمباین بیشتر از ۸ ساعت مشغول رانندگی و عمل درو می‌باشند. علاوه بر این، این افراد در ساعات غیر رانندگی، گاه‌ب‌گاه بعنوان تعمیرکار و یا ناظر در کنار راننده دومی حضور می‌یابند که یقیناً میزان مواجهه واقعی وی حتی به بیشتر از ۱۶ ساعت نیز می‌رسد. با توجه به محدودیت زمانی شروع و پایان کار کمباین‌ها در منطقه مورد مطالعه و محدودیت بودجه و تجهیزات نمونه برداری، مطالعه حاضر با حداقل امکانات در ۸ ساعت صورت پذیرفت. بنابراین توصیه می‌شود که در مطالعات آتی، اولاً جهت تعیین میزان مواجهه واقعی، نمونه برداری در مدت زمان بیشتر از ۸ ساعت انجام گیرد ثانیاً ترکیب شیمیایی و یا پارامترهای ابعادی نظیر بررسی مورفولوژی ذرات نیز مشخص گردد. با توجه به مبهم بودن ترکیب شیمیایی این نوع از ذرات و در نتیجه عدم اطلاع از اثرات مضر آن بر سلامتی رانندگان، توصیه می‌گردد محققین به بررسی بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و سایر برهم‌کنش‌های مولکول با آلاینده، در خون و ادرار رانندگان بپردازند. با توجه به وضع موجود که میزان مواجهه فردی با آلاینده‌های ذره‌ای بالاتر از حد مجاز کشوری می‌باشد،

معلق می‌باشد که دلیل این امر نیز واضح است. به عبارتی در این حالت فرد در یک اتاقک محصور شده است و هوای تنفسی از طریق درزها وارد کابین می‌گردد و نفوذ حداقلی ذرات از این منافذ نیز صورت می‌گیرد که داده‌های ثبت شده به وسیله دستگاه قرائت مستقیم مؤید این قضیه می‌باشد. به علاوه به نظر می‌رسد عملیات تخلیه کاه و تخلیه گندم/ جو می‌تواند نقش مهمی در بالابودن غلظت ذرات داشته باشد که در این هنگام راننده از کابین به بیرون آمده و به مراتب میزان مواجهه وی افزایش می‌یابد. همچنین یافته‌های مطالعه Nieuwenhuijsen نشان داد که تفاوت میانگین غلظت ذرات در صورت وجود یا عدم وجود کابین، بیش از ۹۵ درصد بوده است که در مطالعه حاضر این تفاوت حداکثر برابر ۶۳/۵ می‌باشد. بنابراین از این جهت هر دو مطالعه به نتایج همسویی دست یافته‌اند (۱۴).

طبق نتایج مطالعه حاضر، دمای هوا تأثیر افزایشی در غلظت ذرات معلق دارد که بیشترین تأثیر آن مربوط به ذرات PM1 می‌باشد. که این یافته با نتایج به‌دست آمده از پژوهش Clausnitzer و همکاران که در کالیفرنیا صورت گرفته است همخوانی دارد (۵). ذرات خیلی ریز، دارای حرکات براونین بوده که به شدت تحت تأثیر اغتشاشات جریان هوا و دمای هوا می‌باشد بنابراین به احتمال زیاد وابستگی غلظت ذرات PM1 به دمای هوا، به این علت می‌باشد (۲۲).

وجود رابطه معنی‌دار در تغییرات میانگین غلظت ذرات معلق PM1، PM2.5 و PM4 یک امر کاملاً منطقی می‌باشد چرا که غلظت هر کدام زیر مجموعه قطره‌های بالاتر از خود می‌باشد. به عبارتی افزایش غلظت ذرات PM4 یعنی افزایش غلظت ذراتی که قطر آن‌ها کمتر از ۴ میکرون می‌باشد که در این حالت ذرات ۲/۵ و ۱ میکرون نیز مشمول این افزایش می‌گردند. اما دلیل این‌که چرا همبستگی صد در صدی بین این متغیرها وجود ندارد، این است که گاهی ممکن است جرم ذرات در مقابل قطر آنها از توزیع نرمال برخوردار نباشد. برای مثال در مورد PM4 ممکن است جرم آن دسته از ذرات که قطر آنها بالاتر از ۲/۵ میکرون است مربوط به درصد بالایی از تعداد ذرات باشد و درصد کمی از ذرات قطر کمتر از ۲/۵ میکرون داشته باشند.

در حین وظایف متفرقه خارج از کابین، داشته باشد. لازم به ذکر است که دمای پایین هوا نیز، هم در جهت ایجاد شرایط جوی رضایت بخش داخل کابین و هم بعنوان یک فاکتور مؤثر در کاهش تعلیق ذرات، در جهت نیل به اهداف کنترلی بایستی مدنظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

در پایان، نویسندگان و همکاران مطالعه حاضر مراتب تشکر و قدردانی خود را از شوراهای روستاهای تابعه شهرستان شاهین دژ و همچنین مالکین و رانندگان کمباین، اعلام می‌دارند.

تعارض منافع

تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

می‌بایستی رویکردهای کنترلی در جهت بهبود شرایط اتخاذ گردد. همان‌گونه که بیان شد، کابین‌دار کردن ماشین‌ها یکی از مهم‌ترین تدابیری است که می‌توان آن را در جهت بهبود شرایط حائز اهمیت دانست. کابین‌های موجود در حال حاضر از ورود بیش از ۵۰ درصد آلاینده‌های ذره‌ای به ناحیه تنفسی راننده جلوگیری می‌کند ولی با اصلاح ساختار آن می‌توان این کاهش را به بالای ۹۰ درصد رسانید. از جمله تغییرات ساختاری، درزبندی کامل کابین می‌باشد که پس از این اقدام به راحتی می‌توان با قرار دادن یک سیستم مکنده در دیواره کابین و تعبیه یک ورودی هوا که مجهز به فیلتر (با نفوذ پایین ذرات) باشد، به اهداف کنترلی دست یافت. اقدامات حفاظت فردی نظیر استفاده از ماسک‌های با کیفیت بالا نیز می‌تواند نقش مهمی در کاهش میزان مواجهات راننده

References

- 1- Hair DM. Farm safety problems and oppurtunities. Health&Medical Collection. 1991;36(10):17-22.
- 2- Wu J-d, Niewenhuijsen MJ, Samuels SJ, Lee K, Schenker MB. Identification of Agricultural Tasks Important to Cumulative Exposure to Inhalable and Respirable Dust in California. AIHA. 2003;64(6):830-6.
- 3- Kullman GJ, Thorne PS, Waldor PF, Marx JJ, Ault B, Lewis DM, et al. Organic Dust Exposures from Work in Dairy Barns. AIHA. 1998;59(6):403-13.
- 4- Skorska C, Sitkowska J, Kryszinska-Traczyk E, Cholewa G, Dutkiewicz J. Exposure To Airborne Microorganisms, Dust And Endotoxin During Processing Of Valerian Roots On Farms. Ann Agric Environ Med. 2005;2005(12):119-26.
- 5- Clausnitzer H, Singer M. Respirable-dust production from agricultural operations in the Sacramento Valley, California. JEQ. 1996;25(4):877-84.
- 6- Araujo JA, Nel AE. Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress. Particle and fibre toxicology. 2009;6(1):1.
- 7- Kim K-H, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. Environ Int. 2015;74:136-43.



- 8- Gao J, Jian Y, Cao C, Chen L, Zhang X. Indoor emission, dispersion and exposure of total particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons during cooking. *Atm Environ.* 2015;120(2015):191-9.
- 9- Kandlikar M, Ramachandran G, Maynard A, Murdock B. Health risk assessment for nanoparticles: A case for using expert judgment. *Nanoparticles and Occupational Health.* 2006;2007(9):137-56.
- 10- Slagley JM. A Study of the Response of Two Aerosol Photometers When Assessing Organic and Inorganic Dust Concentrations Relative to Standard Gravimetric Methods. DTIC Document; 2000.
- 11- Gunier RB, Ward MH, Airola M, Bell EM, Colt J, Nishioka M, et al. Determinants of agricultural pesticide concentrations in carpet dust. *Environmental health perspectives.* 2011;119(7):970.
- 12- Brown MA. NIOH and NIOSH basis for Occupational Health standard: Grain Dust Health Hazard of Storing, Handling and Shipping Grain. NIOHS, Sweden: NIOSH; 1988. p. 1-64.
- 13- CHAN M, YEUNG DAE, Kennedy SM. The Impact of Grain Dust on Respiratory Health-1-3. *Am Rev Respir Dis.* 1992;145:476-87.
- 14- Nieuwenhuijsen MJ, Kruize H, Schenker MB. Exposure to dust and its particle size distribution in California agriculture. *AIHA.* 1998;59(1):34-8.
- 15- Mobed K, Gold EB, Schenker MB. Occupational health problems among migrant and seasonal farm workers. *WJM.* 1992;157(3):367.
- 16- Bünger J, Westphal G, Mönnich A, Hinnendahl B, Hallier E, Müller M. Cytotoxicity of occupationally and environmentally relevant mycotoxins. *Toxicology.* 2004;202(3):199-211.
- 17- Pacyna JM, Pacyna EG. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environmental Reviews.* 2001;9(4):269-98.
- 18- Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. Health risk assessment of heavy metal exposure to streetdust in the zinc smelting district, Northeast of China. *Science of the Total Environment.* 2010;408(4):726-33.
- 19- Kirkhorn SR, Schenker MB. Current Health Effects of Agricultural Work: Respiratory Disease, Cancer, Reproductive Effects, Musculoskeletal Injuries, and Pesticide-Related Illnesses. *JASH.* 2002;8(2):199.
- 20- Clere F. Particulate not otherwise regulated, respirable (NIOSH 0600). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Department of Health and Human Services, Cincinnati. 1994.
- 21- Spankie S, Cherrie JW. Exposure to grain dust in Great Britain. *Ann OH.* 2011:mer084.
- 22- Kim D, Gautam M, Gera D. Parametric studies on the formation of diesel particulate matter via nucleation and coagulation modes. *JAS.* 2002;33(12):1609-21.
- 23- Chithra V, Nagendra SS. Indoor air quality investigations in a naturally ventilated school building located close to an urban roadway in Chennai, India. *Build and Environment.* 2012;54:159-67.

Evaluation of Occupational Exposure to Respirable Dust in Combine Drivers

Ismail Javadi Kahriz^{1}, Mohsen Gorgani², Jafar Jalilian³*

1. MSc. Student of Occupational Health and Safety, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran .
2. MSc. Student of Occupational Health and Safety, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran.
3. MSc of Toxicology and pharmacology, Department of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran.

Corresponding Author: Ismail Javadi Kahriz , MSc. Student of Occupational Health and Safety, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran (E-mail: e.j.kahriz@gmail.com)

(Received: April 23, 2017 Accepted: June 10, 2017)

Background and Aims: Agricultural workers are expose to various hazardous particles. Tractor and Combine drivers' exposure to particulate matters causes vast types of diseases. This study aimed to evaluate combine driver's exposure to respirable dust.

Materials and Methods: In this descriptive-analytical study, 44 Combine drivers in Shahindej city and its surrounding agricultural fields, were included. The air sampling from breathing zone of drivers was taken applying NIOSH0600 method. statistical analysis was performed using SPSS16 with t-test and Partial Correlation.

Results: The mean concentration of personal and environmental PM₄ was 22680 and 521.8 µg/m³ respectively. PM₄ level in non-cabin combines was 63% higher than cabined machines, which was 63.5% and 37.7% for PM_{2.5} and PM₁ respectively. Significant relations were found between PM₄, PM_{2.5} and PM₁ with each other. High correlation was exists between temperature and mentioned PMs.

Conclusion: Drivers' exposure to particulate matter was higher than permissible exposure limits and required improvement. As a controlling method, upgrading of machine cabins and implementation of ventilation system could be suggested. It's suggested that the future researchers adjust their objectives to chemical characterizing of PMs and evaluation of biomarkers of particulate matter in exposed workers' blood and urine samples.

Keywords: Respirable Dust, Combine Driver, Occupational Exposure, Agriculture Dust.