وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران

گواهی پذیرش مقاله

شماره: 1132.411.1

کد مقاله: 1206-R

محقق گرامی جناب آقای مجید رهنما

و همکاران فرهیخته افشین مرزبان، سامان آبدانان مهدی زاده و سید نعیم موسوی

مقاله شما با عنوان **"بررسی برخی از پارامترهای عملکردی نازل های سم پاش با استفاده از تونل باد"** در اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران که توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در تاریخ دهم بهمن ماه ۱۳۹۷ برگزار گردید با نظر کمیته علمی همایش به صورت **"پوستر"** مورد پذیرش قرار گرفته است. امیداست، همواره در پیشبرد و اعتلای امور علمی و پژوهشی ایران اسلامی موفق و موید باشید.

علیرضا ابدالی مشهدی

دبیر علمی همایش

سید عطاء اله سیادت

رئیس همایش

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران

گواهی پذیرش مقاله

شماره: 1132.411.1

کد مقاله: 1206-R

محقق گرامی جناب آقای مجید رهنما

و همکاران فریخته افشین مرزبان، سامان آبدانان مهدی زاده و سید نعیم موسوی

مقاله شما با عنوان **"بررسی برخی از پارامترهای عملکردی نازل های سم پاش با استفاده از تونل باد"** در اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران که توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در تاریخ دهم بهمن ماه **۱۳۹۷** برگزار گردید با نظر کمیته علمی همایش به صورت **"پوستر"** مورد پذیرش قرار گرفته است. امیداست، همواره در پیشبرد و اعتلای امور علمی و پژوهشی ایران اسلامی موفق و موید باشید.

علیرضا ابدالی مشهدی

دبیر علمی همایش

سید عطاء اله سیادت

رئیس همایش

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
ISC
Islamic World Science Citation Center
اولین همایش ملی علوم کشاورزی و زیست محیطی ایران
زمان برگزاری همایش ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۷

بررسی برخی از پارامترهای عملکردی نازل‌های سم‌پاش با استفاده از تونل باد

مجید رهنما*[۱]، افشین مرزبان[۲]، سامان آبدانان مهدی‌زاده[۳]، سید نعیم موسوی[۴]

[۱]* عضو هیات علمی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۲] عضو هیات علمی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۳]ا عضو هیات علمی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۴] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*نویسنده مسئول: rahnamam2002@ramin.ac.ir

چکیده

آفات در محصولات مختلف باعث خسارت گسترده‌ای برای کشاورزان می‌گردد. سالانه در سطح جهان، میلیون‌ها لیتر محلول سم، برای مبارزه با آفات و بیماریهای گیاهی در مزارع استفاده می‌شود. از اصلی ترین عوامل موثر بر یک سمپاشی مناسب اندازه قطرات، ارتفاع افشانک، سرعت باد، فشار و دبی سمپاشی می‌باشد. در این تحقیق با استفاده تونل باد آزمایش‌هایی جهت بررسی برخی از پارامترهای عملکرد نازل‌های سم‌پاشی مانند قطر میانه حجمی و وزنی و تراکم قطره در سطح انجام گرفت. این آزمایش‌ها با سه تکرار انجام شد. ترکیب‌های تیماری شامل دو نازل (نازل تی‌جت و نازل مخروطی) در فشار ثابت ۲/۸ بار، سرعت باد (۰ ، ۲ و ۴ متر برثانیه) و سه ارتفاع بوم (۰/۴، ۰/۵۵ و ۰/۷۵) متر بود. نتایج نشان داد در فشار ثابت، عوامل سرعت باد و ارتفاع بر اندازه‌ی قطر ذرات در فاصله مشخص از پاشش نازل اثر افزایشی داشتند. میزان قطر میانه عددی و حجمی با افزایش سرعت و ارتفاع افزایش یافت. بیشترین تراکم قطره در سرعت ۴ متر بر ثانیه با نازل نوع مخروطی و ارتفاع ۰/۴ متری از نقطه هدف به دست آمد در حالی که کمترین مقدار تراکم قطره در نازل تی جت با فاصله ۰/۷۵ متری از هدف و بدون سرعت باد اتفاق افتاد.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌ی قطره، بادبردگی، نشست، قطر میانه حجمی، یکنواختی در پاشش

مقدمه

هدف از ذره سازی افزایش سطح تماس قطرات سموم در برخورد با سطح گیاه یا خاک می‌باشد. اندازه ذرات به این علت حائز اهمیت است عوامل مختلفی در کیفیت سم‌پاشی موثر است سرعت باد، ارتفاع بوم، فشار پاشش، نوع نازل، سرعت پیشروی تراکتور، زاویه پاشش از جمله این عوامل است. در ایران سالانه سطحی در حدود ۱۲ میلیون هکتار مبارزه‌ی شیمیایی صورت می‌پذیرد. بهبود در کنترل ذره‌سازی میزان اثر بخشی را افزایش داده و همچنین مصرف سم در هکتار و آلودگی محیط زیست و آسیب‌های آن را کاهش می‌دهد (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۲).

برای انجام یک سم‌پاشی مناسب و موثر باید پس از بررسی ظرفیت مزرعه‌ای سم‌پاش، ریزی ذرات، یکنواختی قطر ذرات و همپوشانی سم مورد توجه قرار گیرد. بنابراین باید اصولی را رعایت کرد تا بیشترین بازدهی برای بدست آوردن کمترین هزینه به دست

آید. این اصول شامل ثابت نگهداشتن فشار سم‌پاش، ثابت نگهداشتن سرعت پیشروی سم‌پاش، رعایت فاصله مناسب نازل سم‌پاش از گیاه و همچنین ثابت نگهداشتن عرض کار سم‌پاشی می‌باشد (Jensen and Lund, 2008). یکی از اقدامات موثر و عملی برای کاهش مقدار سموم مصرفی، واسنجی سم‌پاش‌ها جهت ایجاد قطرات با اندازه مناسب و پاشش یکنواخت است. در سم‌پاش‌ها جهت انتخاب نازل مناسب باید قطرات پاشیده شده مورد سنجش قرار گیرند (خاک‌رنگین و همکاران، ۱۳۹۰). عوامل فشار پاشش، سرعت باد و ارتفاع بر اندازه‌ی قطر در فاصله‌ی مورد نظر اثر افزایشی دارد. از این‌رو حفاظت گیاهان کشت شده از گزند عوامل مخرب و بهره‌وری بیشتر از سموم اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند (بازو و همکاران، ۱۳۹۰).

طی تحقیقی De Schampheleire و همکاران (۲۰۰۸) بادبردگی افشانک برای برخی محصولات بلژیک را مورد اندازه گیری و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاهش ارتفاع بوم و کاهش سرعت پیشروی تراکتور می تواند به ترتیب کم (۲۵ درصد) تا متوسط (۵۰ درصد) در کاهش بادبردگی تأثیر داشته باشد. در تحقیق دیگری Piche و همکاران (۲۰۰۰) کاهش بادبردگی در سم‌پاش کمک هوا را مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد که در ارتفاع ۲ متر از سطح زمین، بیش‌ترین میزان بادبردگی با ۹/۵ درصد مربوط به تیمار بدون کمک هوا در سرعت باد ۴/۹۷ متر بر ثانیه و کم‌ترین میزان بادبردگی با ۰/۰۵ درصد مربوط به تیمار با کمک هوا در سرعت باد ۲/۱۸ متر بر ثانیه بود. Miller و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که استفاده از افشانک بادبزنی یکنواخت با زاویه ۸۰ و ۶۵ درجه، خطر بادبردگی را در محدوده بین ۰/۷ و ۰/۹ متر ارتفاع به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد که این سطوح از بادبردگی با زاویه ۱۱۰ درجه در کم‌تر از ۰/۵ متر ارتفاع قابل بررسی خواهد بود. Czaczyk (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر فشار بر مقادیر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد برای افشانک‌های هوا القایی EZ11003 در فشارهای ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ کیلو پاسکال، به ترتیب مقادیر ۵۲۸، ۴۸۳ و ۴۲/۵ میکرومتر به دست آوردند، این نتایج نشان می‌داد که مقادیر قطر میانه حجمی با افزایش فشار، کاهش می‌یابد. مطابق با پژوهشی دیگر از پیمان و همکاران (۱۳۹۰)، بیش‌ترین قطر میانه حجمی در فشار ۳ بار به مقدار ۵۴۶/۲۶۷ میکرومتر و کم‌ترین آن در فشار ۵ بار به میزان ۳۹۲/۵۲۰ میکرومتر ثبت شد که مشخص است در فشارهای بالاتر، اندازه قطرات ریزتر و در فشارهای پایین‌تر، ذراتی با اندازه بزرگ‌تر تولید می‌شوند. طی بررسی‌هایی که Arvidsson و همکاران (۲۰۱۱) بر روی بادبردگی افشانک از سم‌پاش معمولی مزرعه تحت شرایط هواشناسی و فنی انجام دادند، مشخص شد که ۰/۲ درصد در هر درجه سلسیوس و ۰/۹۴درصد در هر متر بر ثانیه و ۹/۳۸ درصد در هر متر تغییرات به ترتیب در بادبردگی ناشی از درجه حرارت و سرعت باد (در ۲ متر ارتفاع) و ارتفاع بوم بوده است. با بررسی سم‌پاش بوم‌دار هیدرولیکی با دو سیستم سم‌پاشی معمولی و هوا القایی توسط (Piche *etal.*, 2000) اعلام شد که با افزایش سرعت باد از ۱ تا ۵ متر بر ثانیه، میزان بادبردگی افزایش یافت و بادبردگی برای دو سم‌پاش معمولی و سم‌پاش کمک هوا، در سرعت باد ۱/۰۷ متر بر ثانیه به ترتیب ۲/۸۱ و ۰/۲۶ درصد در سرعت باد ۳/۱۱ متر بر ثانیه به ترتیب ۸/۴۲ و ۰/۵۱ درصد و در سرعت باد ۴/۹۷ متر بر ثانیه میزان بادبردگی ۹/۴۴ و ۰/۳۹ درصد بود که سم‌پاش کمک هوا بادبردگی را به میزان بیش‌تری کاهش داد.

قطر میانه حجمی قطر ذره‌ای است که در مرز نصف حجمی قرار می‌گیرد. یعنی اگر ذرات حاصله از یک لیتر محلول سمی را به ترتیب از بزرگ به کوچک قرار گیرد و از یک طرف آن‌ها را در یک ظرف تخلیه شود. به قطر ذره‌ای که در مرز نیم لیتری ظرف قرار گیرد قطر میانه حجمی گفته می‌شود قطر میانه عددی قطر ذره‌ای است که جمع تعداد قطره‌های بزرگ‌تر از آن معادل جمع کل تعداد قطره‌های کوچک‌تر از آن باشد یعنی اگر ذرات چیده شده را از یک طرف شروع به شمارش گردد ذره‌ای که از نظر تعداد کل ذرات در وسط قرار می‌گیرد را قطر میانه عددی گفته می‌شود (فلاح جدی، ۱۳۸۵). طی تحقیقی دیگر پیمان و همکاران (۱۳۹۰) بین

قطرهای مختلف روزنه افشانک براساس قطر میانه حجمی به اختلاف معنی‌داری رسیدند. طبق نتایج به دست آمده از پژوهش‌های آن‌ها، بیش‌ترین قطر میانه حجمی به میزان ۶۵۴/۹۳۳ میکرومتر در روزنه ۳/۶ میلی‌متری و کم‌ترین آن به میزان ۲۹۱/۰۵۳ میکرومتر در روزنه ۱/۶ میلی‌متر به دست آمد. این بدین معنی بود که در روزنه خروجی بزرگ‌تر افشانک، اندازه قطرات به دست آمده نیز بزرگ‌تر است و با توجه به این اعلام شد قطر خروجی افشانک بر یکنواختی پاشش تاثیرگذار است. بررسی یکنواختی پاشش در ۳ قطر خروجی افشانک نشان داد که افشانک با قطر خروجی ۳/۲ میلی‌متر دارای میانگین یکنواختی پاشش ۰/۹۸۵ و افشانک با قطر خروجی ۱/۶ میلی‌متر دارای میانگین یکنواختی پاشش ۰/۷۹۴ بوده است (پیمان و همکاران،۱۳۹۰). در پژوهشی دیگر با افزایش اندازه قطر افشانک از ۲ به ۳ میلی‌متر، قطر میانه عددی برای افشانک بادبزنی یکنواخت از ۶۴/۱ به ۶۷/۹ میکرومتر، برای افشانک با بادبردگی کم[1] از ۷۶/۲ به ۸۲/۵ میکرومتر و برای هوا القایی[2] از ۱۲۲/۱ به ۱۵۲/۱ میکرومتر افزایش یافت (Nuyttens *etal*, 2007).

مواد و روش‌ها

داده برداری از سامانه تونل باد در دو نوع نازل (تی‌جت و مخروطی)، سه ارتفاع (۰/۴ و ۰/۵۵ و ۰/۷۵ متر) و سه سرعت (۰ و ۲ و۴ متر بر ثانیه)، به صورت فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار انجام شد. پس از تنظیم اولیه سامانه تونل باد، در پنج فاصله یک متری کارت های حساس به آب در تونل باد قرار داده و فشار سیستم با پیش آزمایش روی ۲/۸ بار تنظیم شد. جهت اندازه‌گیری سرعت باد شبیه‌سازی شده، میزان دمای هوا و میزان رطوبت هوا از دستگاه اکستک[3] با مدل EN 300 ساخت کشور آمریکا و دستگاه ابزار AM4205 شامل (بادسنج با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه، رطوبت‌سنج با دقت ۱٪ و دماسنج با دقت ۱ درجه سلسیوس) استفاده شد (شکل ۱).

شکل ۱- دستگاه ابزار AM4205 ساخت کشور آمریکا (بادسنج، رطوبت‌سنج، دماسنج، صداسنج)

برای اندازه‌گیری تراکم قطره، از نوار کاغذی حساس به آب ۷/۵×۲/۵ سانتی‌متر در کف تونل باد استفاده شد. این نوارهای کاغذی حساس به آب در آزمایشگاه با استفاده از الگوهای استاندارد بررسی و آنالیز شدند. با استفاده از تعداد و قطر قطرات در

1 . LD
2. Air Inclusion
3- Extech Instruments

اندازه‌های خاص، شکل محدوده‌های بین قطر واقعی و درصدی از حجم تجمعی رسم شد. قطر قطراتی که در آن درصد تجمعی حجم به ۵۰ درصد موجود باشد، به عنوان قطر میانه حجمی (VMD[۴]) و قطر ۵۰٪ کل قطرات ذرات پاشش به عنوان قطر میانه عددی (NMD[۵]) در نظر گرفته شد که با استفاده از فرمول ذیل قطر میانه حجمی D_{pq}^{p-q} قابل محاسبه است (سریوستاوا و همکاران، ۱۳۸۶)

$$\boldsymbol{D_{pq}} = \left[\frac{\sum^{n} \boldsymbol{Ni \times Di^{p}}}{\sum^{n} \boldsymbol{Ni \times Di^{q}}}\right]^{\frac{1}{p-q}} \qquad (۱)$$

در این رابطه p و q ضرایب ثابت هستندکه به ترتیب می‌تواند مقادیر ۱ تا ۴ و ۰ تا ۳ باشند، Di قطر ذرات برای گروه i بر حسب میکرومتر، Ni تعداد قطره در گروه i، n تعداد گروه اندازه‌ها و i اعداد اندازه گروه می‌باشد. که برای تعیین قطر میانه حجمی p و q باید به ترتیب ۳ و ۰ (VMD = D_{30}) و برای تعیین قطر میانه عددی به ترتیب برابر ۱ و ۰ (NMD = D_{10}) باشد.

با اندازه‌گیری تعداد قطرات روی هر سانتی‌متر مربع کارت در یک منطقه از کاغذ حساس به آب، تراکم قطره به دست آمد (Singh *etal*., 2011). با قرار دادن ظرفی در زیر نازل و اندازه گیری حجمی خروجی در زمان معین، دبی خروجی برحسب لیتر بر دقیقه تعیین شد. پتانسیل بادبردگی، به عنوان درصد سمی که پس از عبور سم‌پاش، از طریق جریان‌های بادی به خارج از منطقه هدف حمل می‌شود از رابطه زیر محاسبه شد (Gil *etal*., 2014):

$$Dpv = \sum_{i=1}^{n=1} \frac{D_i}{RSD} \times 100 \qquad (۲)$$

در رابطه بالا Dpv مقدار پتانسیل بادبردگی، D_i نشست سم در یک ظرف، n شماره ظرف و RSD نشست شاهد می‌باشد. به منظور مطالعه نشست ذرات، ظروف پتری (با قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع لبه ۱/۳ سانتی‌متر) در امتداد یک خط در کف تونل باد به فاصله یک متری قرار داده شد. همچنین با قرار دادن کاغذهای حساس به آب در فواصل مشخص شده با استفاده از فناوری پردازش تصویر میزان نشست محلول سم‌پاشی شده اندازه‌گیری نیز شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها تا زمان تجزیه و تحلیل، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد (Huiyu, 2013). سپس کاغذهای حساس به آب مربوط به هر تیمار، با رزولوشن dpi (۶۰۰) اسکن و سپس با استفاده از کد نویسی برنامه کامپیوتری، در نرم افزار مطلب[۶]، لکه‌های زرد روی کاغذهای حساس به کمک فناوری پردازش تصویر مورد بررسی قرار گرفت. عواملی چون قطر میانه عددی و حجمی قطرات پخش شده و میزان پوشش سطح هدف برای هر یک از نازل‌ها، بررسی و در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از سامانه تونل باد، دو نوع نازل (مخروطی و تی‌جت) مورد ارزیابی قرار گرفت. سرعت‌های مختلف باد و ارتفاع‌های مختلف پاشش مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر متغیرهای نوع نازل، سرعت باد و ارتفاع پاشش، بر اندازه‌ی قطرات سم خروجی از نازل‌ها، قطر میانه عددی، قطر میانه حجمی و میزان تراکم قطره بررسی شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر نوع نازل، ارتفاع و سرعت باد روی قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی در فاصله ۲ و ۴ متری در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) اثرات اصلی سرعت باد، ارتفاع و نوع نازل همچنین اثرات متقابل دوگانه سرعت و ارتفاع، نوع نازل و ارتفاع، و اثر متقابل سه‌گانه (سرعت باد، ارتفاع بوم، نوع نازل) بر مقدار

[4]-Volume median diameter
[5] -Namber median diameter
[6]- MATLAB

میانگین قطر میانه‌ی حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل نوع نازل و سرعت در سطح پنج درصد بر قطر میانه عددی معنی‌دار شد که در ذیل به شرح و تجزیه و تحلیل تک تک این اثرات پرداخته می‌شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع نازل، ارتفاع و سرعت باد روی قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی در فاصله ۲ و ۴ متری

منبع تغییرات	df	قطر میانه حجمی				قطر میانه عددی			
		میانگین مربعات فاصله ۲ متری	F	میانگین مربعات فاصله ۴ متری	F	میانگین مربعات فاصله ۲ متری	F	میانگین مربعات فاصله ۴ متری	F
تکرار(R)	۱	۲۸۰/۵۶	۰/۷۶۱۱^{ns}	۲۵۶	۰ /۸۶^{ns}	۰/۰۳۵	۳/۹۸۲^{ns}	۱۳۸۶/۶۷	۰/۰۱۱ ^{ns}
نازل (N)	۱	۳۵۷۰/۱۳۷	۹/۷۰۱۹**	۲/۵۹۲	۳/۶۰۷**	۲۶۲/۷۳۵	۱۰/۰۲۰**	۲۷۰/۹۱۴	۱/۹۸۰**
ارتفاع (H)	۲	۵۶۹۲/۸۲۴	۳۳/۹۸۸۲**	۱۹/۳۹۵	۱۳/۹۳۸**	۴۱/۲۱۳	۱/۵۷۲**	۴۱/۶۵۶	۰/۳۰۴**
سرعت باد (V)	۲	۳۱۳/۱۰۷	۱/۸۷۱۸^{ns}	۳۳۲۷/۲۷۷	۴۶۳۰/۱۸۴**	۳۰۱۶۵/۵۴۲	۱۱۵۰/۴۲**	۷۶۲۰۲/۸۱۴	۵۵۶/۷۸۲**
N×H	۲	۵۴۲۶۷/۰۸۲	۳۲۳/۹۹۳۹**	۰/۴۱۵	۰/۵۷۸**	۰/۲۹۷	۷/۸۰۱**	۷/۴۲۱	۰/۰۵۴**
N×V	۲	۲۷۰/۰۷۱۷	۱/۶۱۳۷^{ns}	۷/۴۹۷	۱۰/۴۲ ^{ns}	۳۳/۸۷۰	۶/۶۸۹*	۱۳/۶۲۳	۰/۰۵۴*
H×V	۴	۷۲۰/۷۷۸	۱/۲۹۳۸**	۵/۰۸۷	۷/۰۷۸*	۲۵/۰۵۷	۰/۲۲۰*	۵/۲۱۶	۰/۰۳۸*
N×H×V	۸	۳/۴۴۶	۲۹۶۱/۷۳۳**	۶/۸۲۵	۲۷۰۶۶/۶۴۷**	۳۲/۷۴۸	۰/۲۸۸**	۰/۰۵۷	۴۰/۱۲۵**
خطای آزمایش	۵۳	۰/۰۱		۰/۷۱۹		۰/۰۳۸		۰/۰۰۹	

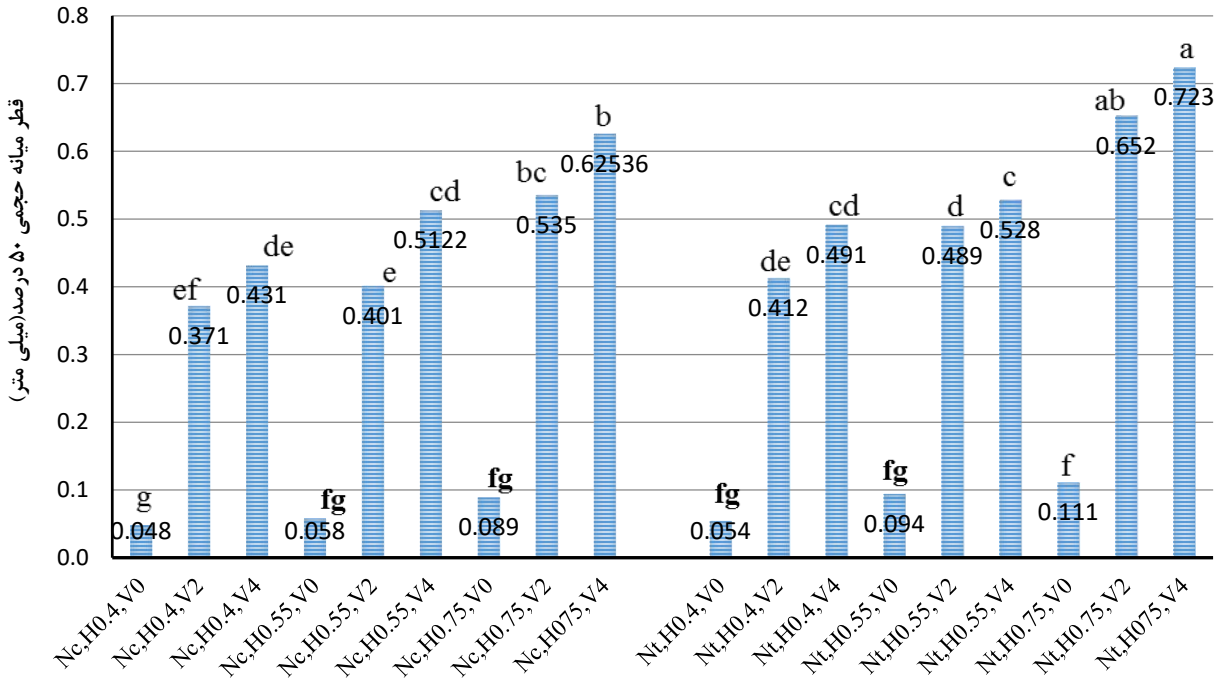
** معنی دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری درسطح ۵ درصد می‌باشد

اثر متقابل سه گانه سرعت باد، ارتفاع، نوع نازل بر قطر میانه حجمی

طبق جدول (۱) اثرات متقابل سه گانه (سرعت باد، ارتفاع، نوع نازل) بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تغییر هریک از عوامل روی میزان تغییرات قطر ذرات خروجی از نازل، بهبود کیفیت سم‌پاشی، نشست ذرات در هر دو نازل (مخروطی و تی‌جت) موثر است. تأثیر ترکیب‌های مختلف تیمارها بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد فاصله ۲ متری از پاشش نازل در شکل (۲) و اثر متقابل سه‌گانه سرعت باد، نوع نازل، ارتفاع بر میزان قطر میانه حجمی ۵۰ درصد در فاصله و ۴ متری از نقطه پاشش در شکل (۳) نشان می‌دهد. در این شکلها از علائم اختصاریN برای نازل،H برای ارتفاع (۰/۴ و ۰/۵۵ و ۰/۷۵متر) و V به عنوان سرعت باد (۰ و ۲ و ۴ متر بر ثانیه)، اندیس t برای نازل‌های تی‌جت و اندیس c برای نازل‌های مخروطی استفاده شده است.

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، در فاصله ۲ متری از نقطه هدف بیشترین قطر میانه حجمی همانطور که انتظار می‌رفت در هر سرعت و برای هر دو نازل مربوط به ارتفاع ۰/۷۵ متری از نازل به دست آمد (مقدار ۰/۱۱۱میلیمتر در سرعت ۰ متر بر ثانیه، ۰/۶۵۲ میلیمتر در سرعت ۲ متر بر ثانیه و ۰/۷۲۳ میلیمتر در سرعت ۴ متر بر ثانیه برای نازل تی‌جت و مقدار ۰/۰۸۹ میلیمتر در سرعت ۰ متر بر ثانیه، ۰/۵۳۲ میلیمتر در سرعت ۲ متر بر ثانیه و ۰/۶۲۵ میلیمتر در سرعت ۴ متر بر ثانیه برای نازل مخروطی). دلیل آن این است که با افزایش ارتفاع بوم نازل جریان باد توانایی انتقال قطرات را به نقاط دورتر از منطقه هدف را خواهد داشت. کمترین مقدار قطر میانه حجمی برای هر دو نازل در سرعت صفر و ارتفاع ۰/۴ متری نازل اتفاق افتاده است. دلیل آن این است که در سرعت صفر تمام قطرات درشت‌تر در منطقه هدف نشست می‌کنند و قطرات ریزتر به نقاط دورتر حرکت می‌کنند. همچنین با توجه به شکل در مجموع قطر میانه حجمی نازل تی جت بیشتر از مخروطی است که نشان می‌دهد نازل مخروطی قطرات سم را به قطرات ریزتر تبدیل می‌کند و باعث می‌شود که قطرات توسط باد به نقاط دورتر از هدف انتقال داده شود و باعث افزایش

پتانسیل بادبردگی می‌شود. در بررسی نازل ها نازل مخروطی ذرات ریزتری نسبت به نوع تی‌جت تولید می‌کنند. بررسی فتاحی و همکاران (۱۳۹۲) و نیز دانشجو و همکاران (۱۳۸۷) با نتایج مطابقت داشت.

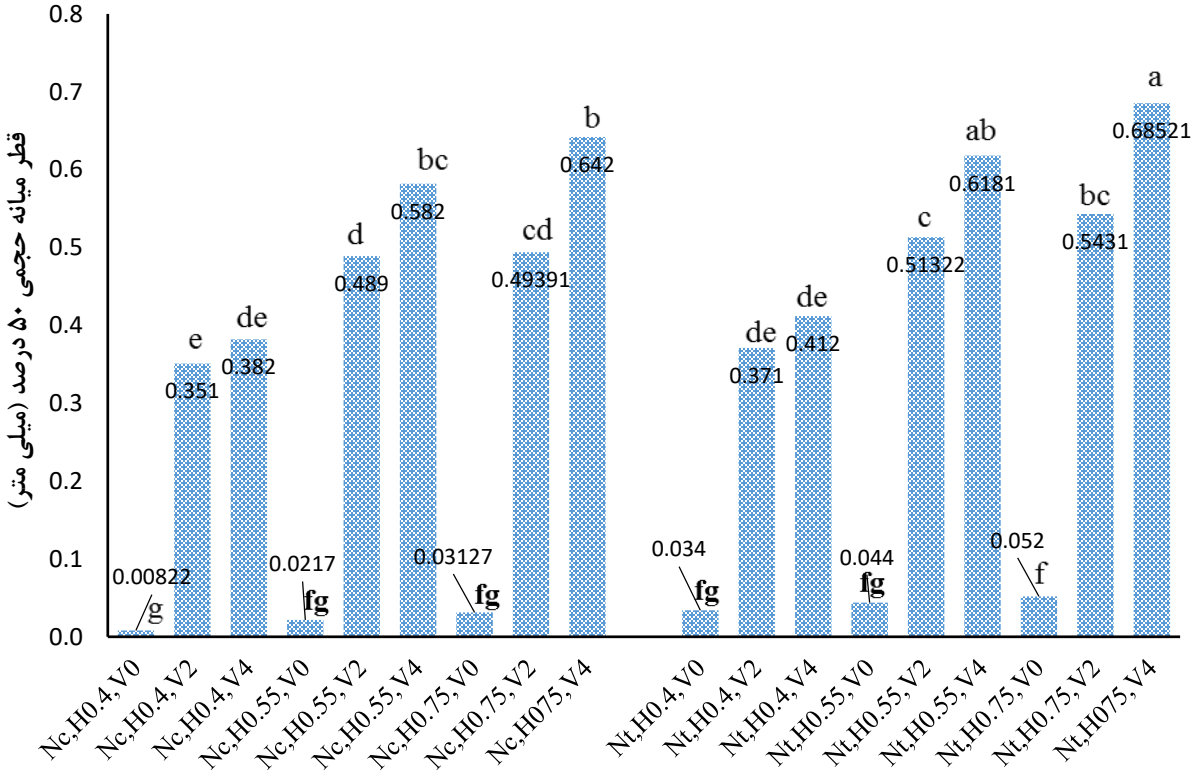


شکل ۲- تأثیر ترکیب‌های مختلف تیمارها بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد فاصله ۲ متری از پاشش نازل

همچنین در تمامی تیمارها با افزایش سرعت، قطر میانه حجمی ۵۰ درصد نشست شده در فاصله دو متری از هدف افزایش می‌یابد. زیرا واضح است که با افزایش سرعت نیروی مقاوم وارده به ذرات افزایش یافته و ذرات بزرگتر نیز از منطقه هدف دور خواهند شد. نکته دیگری که در شکل بالا قابل توجه است اختلاف زیاد بین سرعت صفر با سرعت ۲ متر بر ثانیه نسبت به سرعت ۲ تا ۴ متر بر ثانیه در تمامی تیمارهای ارتفاع و نوع نازل می‌باشد. دلیل آن این است که سرعت باد ۲ متر بر ثانیه توانایی انتقال اکثر ذرات محلول خارج شده از نازل را به نقاط دورتر را دارد و افزایش بیشتر سرعت (نزدیک شدن به سرعت حد یا سرعت شناوری ذرات) تاثیری زیادی بر افزایش قطر قطرات نشستی نخواهد داشت و فقط قطرات را به نقاط دورتر انتقال خواهد داد.

اثر نوع نازل و ترکیب عوامل (سرعت باد، ارتفاع) در فاصله ۴ متری از نازل در شکل (۳) آورده شده است. همانطوری که از شکل قابل مشاهده است افزایش سرعت بر میزان قطر میانه حجمی ۵۰ درصد در فاصله ۴ متری از هدف اثر افزایشی دارد. افزایش سرعت باد قطرهای بزرگ‌تری از قطرات را تحت تأثیر قرار داده و میزان نیروی وارده به قطرات نیز زیادتر می‌گردد و قطرات بزرگ تر می‌توانند دچار بادبردگی شوند. با افزایش ارتفاع از نقطه پاشش نازل به تدریج میزان قطر میانه حجمی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در هر سرعت بیشترین مقدار مربوط به ارتفاع بوم نازل ۰/۷۵ متری و کمترین مربوط به ارتفاع ۰/۴ متری می‌باشد. دلیل آن به طور

کلی این است که با افزایش ارتفاع نازل باد توانایی انتقال باد افزایش می‌یابد و همچنین هر چه سرعت باد بیشتر شود قطرات دورتر می‌شوند. Gu و همکاران نیز طی یک شبیه سازی کامپیوتری از متغیرهای مؤثر روی بادبردگی به این نتیجه رسیدند که با افزایش سرعت باد در یک فشار معین به علت بالارفتن نیروی جلوبرندگی سرعت باد، میزان فواصل بادبردگی تمامی قطرات افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Gu *etal*., 2011).



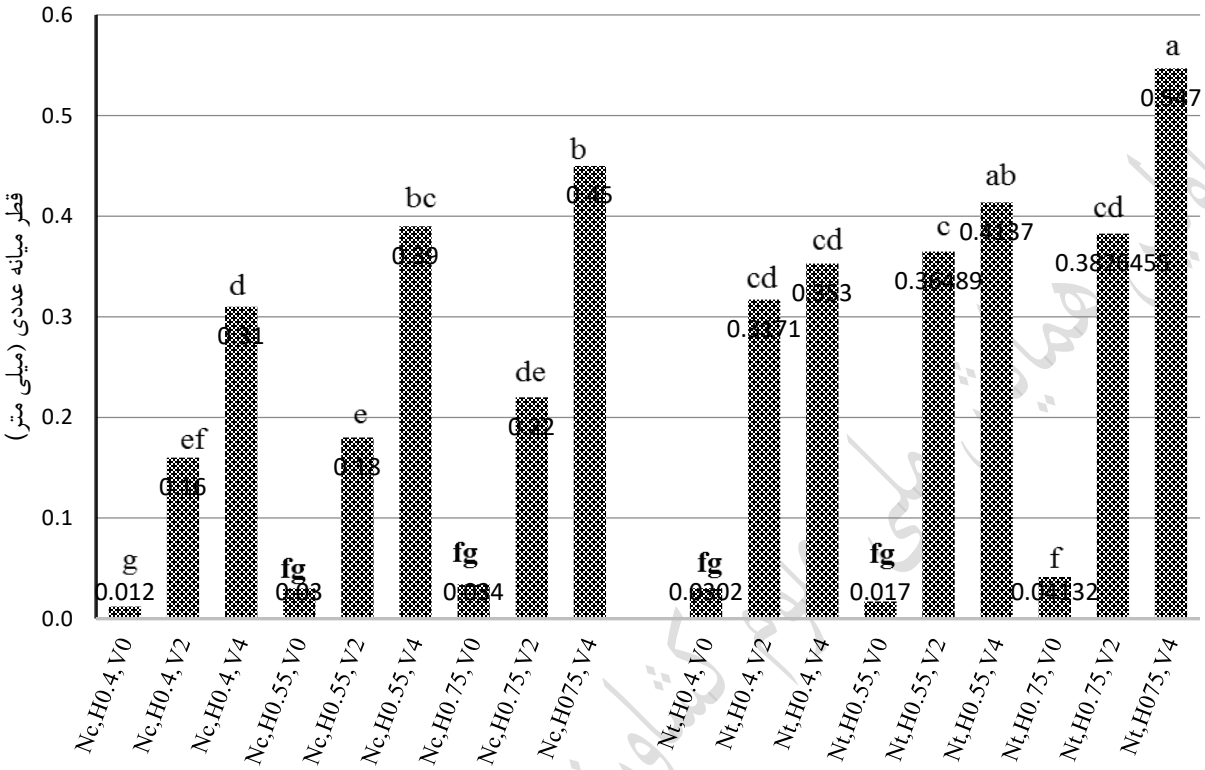
شکل ۳- تأثیر ترکیب‌های مختلف تیمارها بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد فاصله ۴ متری از پاشش نازل

با مقایسه دو شکل ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که در سرعت صفر نشست ذرات در نزدیک منطقه هدف بیشتر است (مقادیر قطر میانه حجمی در سرعت صفر برای فاصله ۲ متر بیشتر از ۴ متر می‌باشد) ولی با افزایش سرعت باد به دو متر بر ثانیه قطر میانه حجمی ذرات نشست شده در فاصله چهار متری از هدف در دو تیمار سرعت دیگر بیشتر است که نشان می‌دهد سرعت باد دو متر بر ثانیه باعث بادبردگی ذرات به بیشتر از فاصله دو متری از هدف می‌شود. در این رابطه ذرات مخروطی به طور معناداری بیشتر از نوع تی‌جت می‌باشد که دلیل آن ریزتر کردن ذرات توسط نازل مخروطی می‌باشد که باعث می‌شود ذرات ریزتر و توسط باد به فواصل دورتر برده شود (Miller *etal*., 2011).

اثر متقابل سه گانه سرعت باد، ارتفاع، نوع نازل بر قطر میانه عددی

طبق جدول (۱) با توجه اثرات متقابل سه گانه (سرعت باد، ارتفاع، نوع نازل) بر قطر میانه عددی در سطح یک درصد معنی‌دار شد و نشان داد تغییر هریک از عوامل روی میزان تغییرات قطر ذرات خروجی از نازل و بهبود کیفیت سم‌پاشی و نشست ذرات در هر دو نازل (مخروطی و تی‌جت) موثر است. تحلیل داده‌ها اثر متقابل سه‌گانه میزان قطر میانه عددی در در فاصله ۲ متری به پاشش نازل نشان داد که ارتفاع ۰/۷۵متر در سرعت ۴ متر برثانیه در نازل تی جت بیشترین میزان ۰/۶۴۲ میلی‌متر و در سرعت صفر و فاصله ۴ متر کمترین میزان ۰/۰۸۹ در نازل نوع مخروطی در ارتفاع ۰/۴ متر بوده است. نزدیک شدن قطر میانه عددی به قطر میانه حجمی نشان دهنده یکنواختی بیشتر قطرات می‌باشد. اثر متقابل نوع نازل، سرعت باد و ارتفاع نازل بر قطر میانه عددی در شکل (۴) در فاصله ۲ متری از پاشش نازل مورد بررسی قرار گرفته است. همانطوری که در شکل قابل مشاهده است بیشترین میزان قطر میانه عددی در سرعت ۴ متر بر ثانیه در ارتفاع بوم ۰/۷۵ متر در نازل تی‌جت بدست آمده است. میزان قطر میانه عددی با افزایش سرعت و ارتفاع افزایش یافته بود. دلیل آن این است که در سرعت صفر ذرات ریزتر توسط جریان طبیعی هوا انتقال داده می‌شوند و در نتیجه ذرات ریزتر در روی کاغذ نشست می‌کنند و هر چه دور تر از هدف باشیم ذرات ریزتر و در نتیجه هم قطر میانه حجمی و هم قطر میانه عددی ریزتر می‌شوند. وقتی سرعت هوا افزایش می‌یابد توانایی انتقال ذرات درشت‌تر نیز فراهم آمده و در نتیجه قطر میانه حجمی و عددی افزایش می‌یابد.

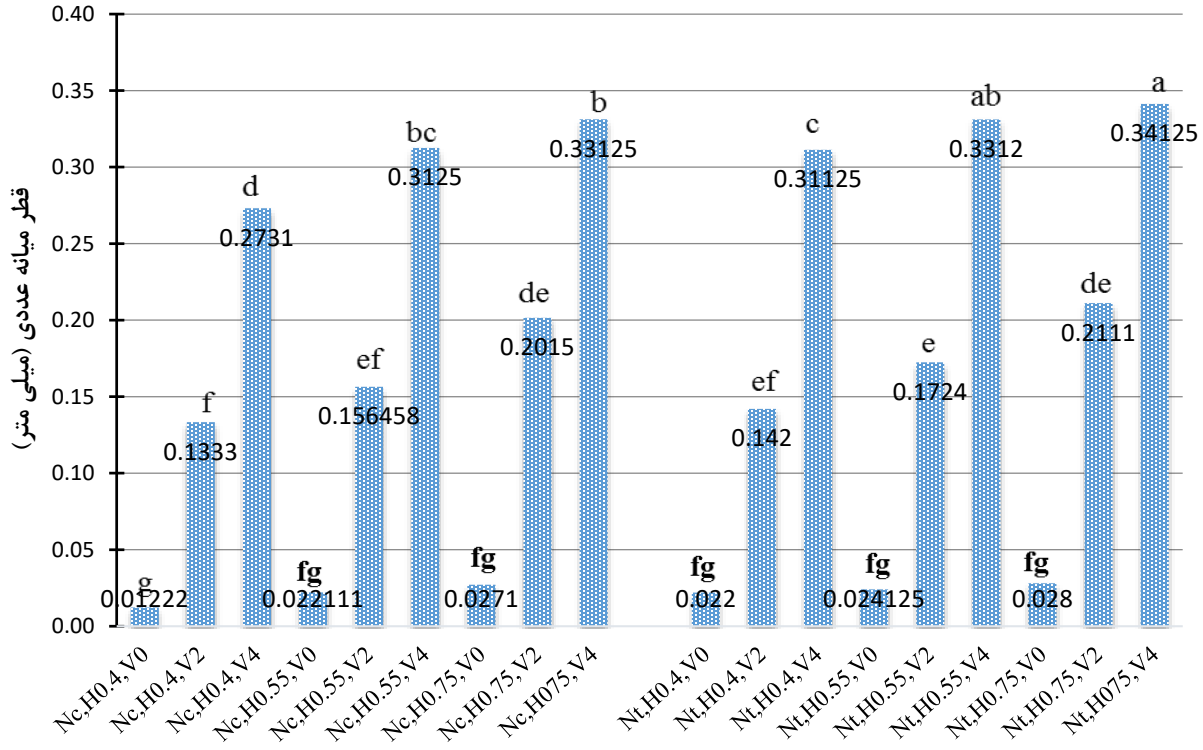
بررسی اندازه گیری انجام شده با تحلیل تصاویر اسکن نرم افزار مطلب نشان داد که قطر میانه عددی نازل تی‌جت بزرگ‌تر از قطر میانه عددی نازل مخروطی بود. اندازه ذرات خارج شده از نازل تابع دو عامل فشار خروج سم از نازل و سطح مقطع روزنه نازل می‌باشد. سطح روزنه‌ی نازل‌های مختلف با هم متفاوت است. بنابراین نازل‌ها از طریق تأثیر گذاشتن روی حجم سم‌پاشی می‌تواند روی قطر میانه‌ی عددی و در حقیقت بادبردگی تأثیرگذار باشند. باتوجه به مقایسه میانگین اثر نازل، بیشترین میانگین قطرمیانه‌ی عددی در نازل با روزنه‌های کوچک‌تر نازل تی‌جت ۱۱۰۰۳ به دست آمد. (با افزایش اندازه‌ی سوراخ نازل‌ها، قطر میانه‌ی عددی در فاصله‌ی مورد نظر از انتهای پاشش کاهش پیدا می‌کند)در نازل ۱۱۰۰۶ اندازه‌ی روزنه به طور مستقیم حجم سم پاشی لیتر بر هکتار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در روزنه‌های بزرگ‌تر قطرات با اندازه‌ی بزرگ‌تر ایجاد می‌شود. افزایش قطر میانه عددی باعث نشست قطرات سم در فواصل نزدیک به نقطه هدف می شد. روزنه‌ی خروجی نازل‌های مخروطی کوچک تر از نازل تی جت است و قطر میانه عددی کمتر است که باعث خروج ذرات ریز از نازل می‌شود. با افزایش ارتفاع و سرعت باد میزان بادبردگی ذرات و عدم اصابت آنها به هدف افزایش می‌یابد که این مطلب با نتایج بدست آمده در بررسی‌های شفیعی (۱۳۸۸)، Wolf (۲۰۰۳)، فتاحی (۱۳۹۲)، Farooq and Wulfsohn (۲۰۰۳) مطابقت دارد.



شکل۴- تأثیر ترکیب‌های مختلف تیمارها بر قطر میانه عددی فاصله ۲ متری از پاشش نازل

همچنین با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌شود، در فاصله ۲ متری از نقطه هدف بیشترین قطر میانه عددی در هر سرعت برای هر دو نازل مربوط به ارتفاع ۰/۷۵ متری از بوم نازل می‌باشد (مقدار۰/۰۴۱۳ میلیمتر در سرعت ۰ متر بر ثانیه، ۰/۳۸۳ میلیمتر در سرعت ۲ متر بر ثانیه و ۰/۵۴۷ میلیمتر در سرعت ۴ متر بر ثانیه برای نازل تی جت و مقدار ۰/۰۳۴ میلیمتر در سرعت ۰ متر بر ثانیه، ۰/۲۲ میلیمتر در سرعت ۲ متر بر ثانیه و ۰/۴۵ میلیمتر در سرعت ۴ متر بر ثانیه برای نازل مخروطی). افزایش ارتفاع بوم میزان جابجایی قطرات در جهت سرعت باد و انحراف آن‌ها نسبت به نقطه هدف را افزایش می‌دهد. کمترین مقدار قطر میانه عددی برای هر دو نازل در سرعت صفر و ارتفاع ۰/۴ متری نازل اتفاق افتاده است.

در شکل (۵) تغییرات میزان قطره میانه عددی نسبت به سه عامل سرعت باد، نوع نازل، ارتفاع بوم در فاصله ۴ متری از پاشش نازل نشان داده است. همانطور که مشاهده می‌شود همانند فاصله دو متر در تمام تیمارها قطر میانه عددی در تازل تی‌جت بیشتر از مخروطی می‌باشد. همچنین با مقایسه ذرات در فاصله ۲ متر و ۴ متر در دو شکل (۴) و شکل (۵) مشخص است که با افزایش فاصله نسبت به نقطه هدف قطر میانه عددی کاهش می‌یابد و نشان می‌دهد که افزایش سرعت تا ۴ متر بر ثانیه باعث انتقال ذرات درشت‌تر تا فاصله ۴ متری از هدف می‌شود و اثر ارتفاع و سرعت باد افزایشی است. همچنین در فاصله چهار متری از هدف نوع نازل تاثیر چندانی در مقدار قطر میانه عددی در سرعت صفر باد ندارد.



شکل ۵- تأثیر ترکیب‌های مختلف تیمارها بر قطر میانه عددی فاصله ۴ متری از پاشش نازل

همچنین با بررسی شکل (۴) و (۵) ملاحظه می‌شود نازل‌های تی‌جت در سه ارتفاع ۴۰، ۵۵ و ۷۵ سانتی‌متری و در هر سه سرعت قطرات درشت‌تری ایجاد می‌کنند و نشان داد که با افزایش ارتفاع، سرعت باد گستره‌ی بیشتری از قطرات را تحت تأثیر قرار داده و مقدار قطرات در فواصل دورتر از نازل بیشتر می‌شود(Balsari *etal*., 2007). در ارتفاع کم به دلیل اینکه باد فرصت جابجایی زیادتر قطره به نقاط دورتر را ندارد، تأثیر سرعت روی ذرات کمتر شده و میزان بادبردگی ذرات کاهش می‌یابد. همچنین سرعت باد اغلب در ارتفاع‌های بالاتر از زمین بیشتر است. بنابراین قطرات پاشش شده از نازل در ارتفاع پایین‌تر به وسیله‌ی باد کمتر متأثر می‌شود (سریواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶). با افزایش ارتفاع انرژی پتانسیل ذره افزایش می‌یابد ولی اینرسی حرکت ایجاد شده سرعت باعث جابجایی ذرات از نقطه هدف می‌شود در نتیجه افزایش ارتفاع بوم میزان بادبردگی ذرات افزایش می‌یابد. در تمامی شکل‌های (۲) الی (۵) تغیرات قطر میانه عددی و حجمی در فاصله ۴ متری و دو متری از نقطه هدف بر اثر تغییر ارتفاع در هر دو نوع نازل تی‌جت و مخروطی بیانگر همین موضوع است.

لازم به ذکر است که با توجه به رده‌بندی پاشش نازل‌ها به وسیله طیف سنجی قطرات بر طبق استاندارد جامعه کشاورزی و مهندسی بیولوژیکی امریکا[۷] در رده متوسط (M) با کد زرد رنگ قطر میانه حجمی ۵۰ درصد تقریبا بین ۲۱۸-۱۷۷ میکرومتر می‌باشد.

1 American Society of Agricultural and Biological Engineering (ASABE)Standard S-572.1

برطبق داده های این آزمایش‌ها، مناسب ترین قطر میانه حجمی ۵۰ درصد که در این رده‌بندی در سرعت ۲ متر بر ثانیه ۰/۲۸۹ میلی‌متر مربوط به نازل مخروطی و ۰/۱۸۹ میکرومتر مربوط به نازل تی‌جت ۱۱۰۰۳ بدست آمد. میزان ذره سازی نازل در نشست قطرات در نقطه هدف بسیار موثر است. هرچه ذرات ریزتر باشند تأثیر عوامل سرعت باد و ارتفاع بیشتر است.

تراکم قطره

میزان تراکم قطره در سطح یک سانتی‌متر از کاغذ حساس به آب مطابق معیار سینگ و همکارانش محاسبه شد. در جدول (۲) تجزیه واریانس اثر نوع نازل، ارتفاع و سرعت باد روی تراکم قطره سم در فاصله ۲ و ۴ متری بررسی شد. بررسی ترکیب عوامل مختلف در جدول (۲) اثر متقابل سه‌گانه و اثر متقابل دوگانه بر تراکم قطرات در سطح یک سانتی‌متر مربع معنی‌دار بود.

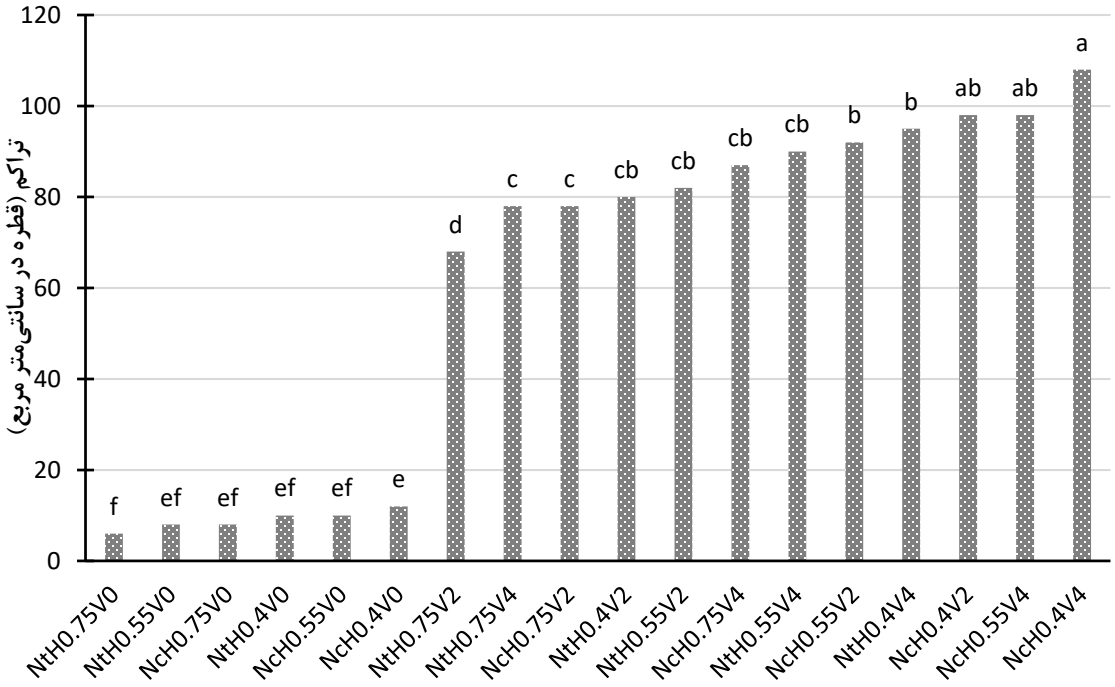
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع نازل، ارتفاع و سرعت باد روی تراکم قطره در فاصله ۲ و ۴ متری

منبع تغییرات	df	تراکم قطره در فاصله ۲ متری		تراکم قطره در فاصله ۴ متری	
		میانگین مربعات فاصله ۲ متری	F	میانگین مربعات فاصله ۴ متری	F
تکرار (R)		۰/۲۳	۰/۲۴۸	۰/۳۸۹	۰/۳۹
نازل (N)	۱	۵۶۳۴/۸۴	۶۰۷۴/۴۵**	۹۷۰۶/۹۶	۹۷۳۸/۷۸**
ارتفاع (H)	۲	۱۹۷۰۳۳/۱۴۸	۲۱۲۴۰۰/۲۴**	۲۴۴۶/۲۲	۲۴۵۴/۲۴**
سرعت باد (V)	۲	۲۲۱۰/۶۱۴	۲۳۸۳/۰۲**	۱۲۰۶۶۴۹/۵۵	۱۲۰۶۰۵/۰۲**
N×H	۲	۴۰۲۳/۲۹۱	۴۳۳۷/۸۱**	۱۶۱۷/۸	۴۳۳۷/۸۱**
N×V	۲	۱۹۱۸/۲۸۵	۲۰۶۷/۸۹**	۵۲۵۸/۲۹	۵۲۷۵/۵۳**
H×V	۴	۱۹۳۲/۸۱۳	۲۰۸۳/۵۵**	۱۶۱۷/۸	۱۶۲۳/۱۶**
N×H×V	۴	۱۸۱۴/۹۷۹	۱۹۵۶/۶۳**	۴۹/۴۹	۴۹/۶۵**
خطا	۳۴	۰/۹۲۸		۰/۹۹۷	

****معنی دار در سطح احتمال یک درصد *، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns عدم معنی‌داری درسطح ۵ درصد**

اثر متقابل سه‌گانه سرعت باد، ارتفاع، نوع نازل بر تراکم قطره

اثرمتقابل سه‌گانه سرعت، باد در سه ارتفاع ۰/۴ و ۰/۵۵ و ۰/۷۵ متر ارتفاع بر میزان تراکم قطره در دو فاصله ۲ و ۴ متری از پاشش دو نوع نازل تی‌جت و مخروطی در شکل‌های (۶) و (۷) نشان داده شده است.

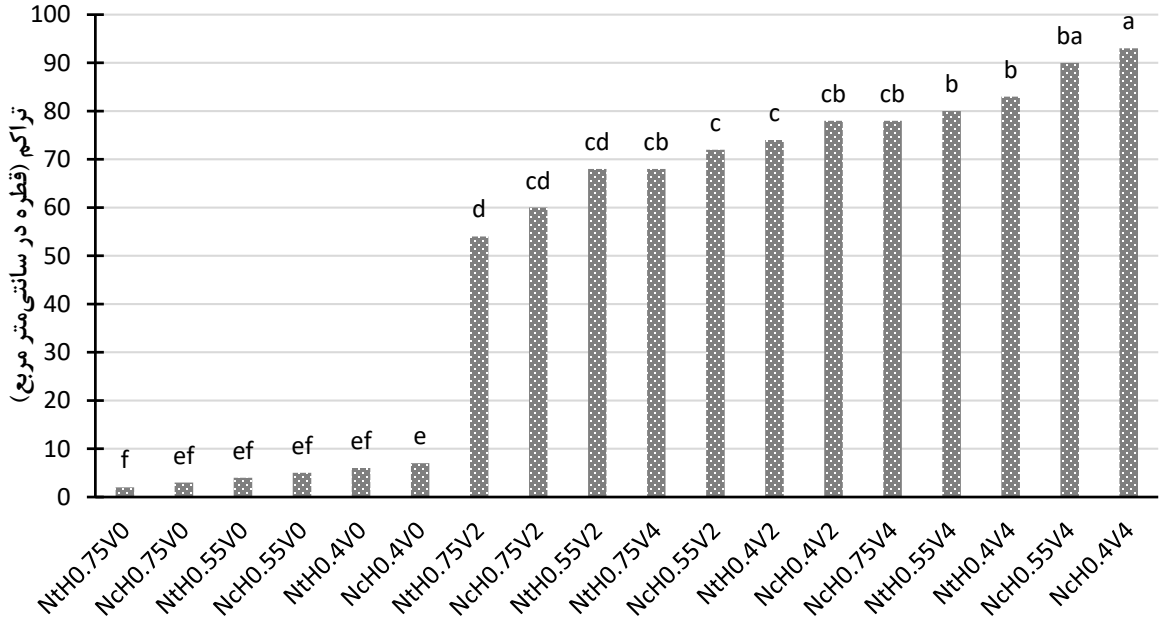


شکل ۶- تأثیر متقابل ارتفاع در سرعت باد در نوع نازل (N×V×H) بر تراکم قطره در فاصله ۲ متری از منطقه هدف

در شکل (۶) اثر متقابل سه گانه فاکتورهای ارتفاع نازل، سرعت باد و نوع نازل بر میزان تراکم قطره را در فاصله دو متری از هدف آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین تراکم قطره در سرعت ۴ متر با نازل نوع مخروطی و ارتفاع ۰/۴ متری از نقطه هدف (۱۰۸) به دست آمد در حالی که کمترین مقدار تراکم قطره در نازل تی جت با فاصله ۰/۷۵ متری از هدف و بدون سرعت باد اتفاق افتاد. همچنین در سرعت صفر برای هر دو نازل کمترین مقدار تراکم به دست آمد ولی اثرات ارتفاع و سرعت بر میزان تراکم قطره مشخص نبود هر چند سرعت بالا و فاصله کم در مجموع تراکم بیشتری را داشتند. دلیل اینکه در سرعت صفر تراکم قطره پایین بود را می‌توان اینگونه توجیه کرد که بعد از خروج قطرات از نازل چون در سرعت صفر بیشتر قطرات در منطقه نزدیک به هدف نشست می‌کنند لذا قطرات کمتری توسط باد به نقطه دور تر از منطقه هدف انتقال پیدا می‌کنند لذا در فاصله ۲ و ۴ متری از هدف در سرعت باد صفر تراکم کم می‌باشد. البته نازل مخروطی به دلیل داشتن قطر کمتر نازل قطرات را ریزتر کرده (پیمان و همکاران، ۱۳۹۰) و لذا باد بردگی بیشتر است که در شکل به خوبی این مطلب مشهود است. با افزایش عامل سرعت میزان تراکم قطرات در فاصله ۲ متری از نقطه پاشش افزایشی بود. هر چه ارتفاع نازل کمتر شود ذرات در فاصله کمتری نشست می‌کنند و میزان بادبردگی کاهش می‌یابد (Bia *etal*., 2013) لذا در این تحقیق با افزایش سرعت و کاهش ارتفاع میزان نشست در فاصله دو متری از هدف میزان تراکم قطرات افزایش یافته است (۱۰۸ قطره در سانتیمتر مربع در سرعت ۴ متر بر ثانیه و ارتفاع ۰/۴ متری از هدف برای نوع مخروطی در مقایسه با ۶۸ قطره در سانتی‌متر مربع برای ارتفاع ۰/۷۵ متری نازل، سرعت ۲ متر بر ثانیه باد و نازل تی جت). بادبردگی بیشتر نازل مخروطی دلیل افزایش تراکم قطر نازل مخروطی نسبت به تی جت در فاصله دو متری از هدف می‌باشد.

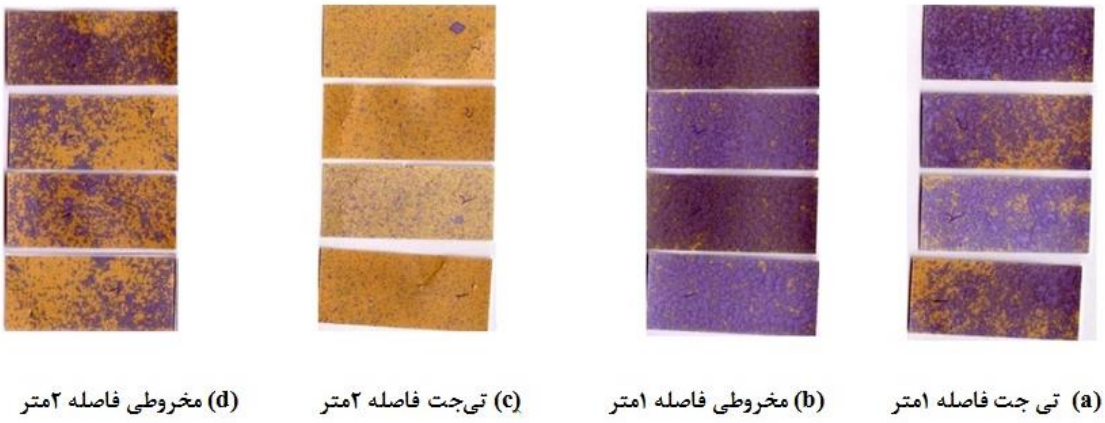
در شکل (۷) اثر متقابل سه گانه فاکتورهای ارتفاع نازل، سرعت باد و نوع نازل بر میزان تراکم قطره را در فاصله چهار متری از هدف آورده شده است. همانطور که در شکل (۷) قابل مشاهده است، میزان تراکم قطرات در سرعت باد صفر کمترین مقدار را در تمام تیمارها دارد (۲ تا ۷ قطره در سانتی‌متر مربع در سرعت باد صفر). بیشترین میزان تراکم قطره در سرعت ۴ متر بر ثانیه و ارتفاع ۰/۴ متری نازل از سطح به دست آمد (۹۳ قطره در سانتیمتر مربع). دلیل آن این است که در سرعت‌های کمتر و همین ارتفاع قطرات زودتر نشست می‌کنند. و با افزایش ارتفاع بادبردگی افزایش خواهد یافت و لذا نشست در فاصله دورتر از هدف اتفاق می‌افتد.

با مقایسه نمودار شکل (۶) با نمودار شکل (۷) می‌توان نتیجه گرفت که قطرات در فاصله ۲ متری در سه ارتفاع (۰/۴و ۰/۵۵ و ۰/۷۵ متر) بیشتر از فاصله ۴ متری است که میزان نشست ذرات در نزدیک هدف را نشان می‌دهد عامل ارتفاع و سرعت باد میزان تراکم قطرات درنقطه هدف را کاهش می‌دهد. بیشترین شمارش تعداد قطرات در سطح یک سانتی‌متر مربع در هر سرعت برای هر دو نازل مربوط به ارتفاع ۰/۷۵ متری از نازل می‌باشد.هر چه ارتفاع و عامل سرعت افزایش یابد ذرات بیشتری در منطقه غیر هدف (۲ متری و ۴ متری از نقطه هدف) نشت می‌کنند.این نتیجه با مطالعه Farooq and Wulfsohn (۲۰۰۳) مطابقت دارد. مهمترین عاملی که در سرعت قطره تاثیر دارد اندازه آن می‌باشد سرعت سقوط برای قطرات مختلف تابع درشت بودن یا ریز بودن قطرات است. اثر نیروی جاذبه یک قطره رها شده در هوای ساکن تحت تاثیر جاذبه است و تا زمانی‌که این نیرو توسط مقاومت هوا خنثی نشده باشد تحت سرعت اولیه ثابت سقوط می‌کند. سرعت قطرات کمتر از ۱۰۰ میکرون ۲۵ میلیمتر در ثانیه و قطرات ۵۰۰ میکرونی به ۷۵ سانتی متر بر ثانیه میرسد که اثر عامل باد در جهت افقی موجب انحراف ذرات می‌گردد با افزایش میزان ارتفاع این تأثیر گذاری افزایش می‌یابد و شمارش ذرات سم را در منطقه هدف کاهش می‌دهد (Wolf, 2003)



شکل ۷- اثر متقابل سه گانه فاکتورهای ارتفاع نازل، سرعت باد و نوع نازل بر میزان تراکم قطره را در فاصله چهار متری از هدف

نتایج حاصل از شمارش تعداد قطرات و تراکم آنها در یک سانتی‌متر با نتایج دانشجو و همکارانش در سال ۱۳۸۷ با تحلیل نرم افزار SIBA و نتایج Singh و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت. شکل (۸) تراکم قطرات در کاغذ حساس به آب را در فاصله ۱ و ۲ متری از پاشش نازل در دو نوع نازل مخروطی و تی‌جت را نشان می‌دهد.



(a) تی جت فاصله ۱متر (b) مخروطی فاصله ۱متر (c) تی‌جت فاصله ۲متر (d) مخروطی فاصله ۲متر

شکل ۸- تراکم قطرات در دو نوع نازل (مخروطی و تی‌جت) در فاصله یک و دو متر از پاشش نازل

منابع و مأخذ

پیمان ل.، عبداله‌پور ش.، رعنابناب ب. و محمودی، ا. ۱۳۹۰. بررسی عوامل موثر در یکنواختی اندازه قطرات سم با استفاده از معیار cv. اولین کنگره ملی علوم و فن‌آوری‌های نوین کشاورزی دانشگاه زنجان (محور گیاه پزشکی). ص۴.

دانشجو م.، عباسپورفرد م.ح.، آق خانی م. ح. و آرین م. ۱۳۸۷. طراحی و ارائه نرم افزار مناسب سنجش تراکم و اندازه قطرات سم. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون.

سریواستاوا ا.، گورینگ ک. و روروباک ر. ۱۳۸۶. ترجمه منصور بهروزی لار و حسین مبلی، اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی تهران. چاپ دوم. ص ۷۰۲.

شفیعی ف. ۱۳۸۸ اصول ماشین‌های کشاورزی (تالیف کپنر، بینر و بارکر). چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران.

فتاحی س.ح.، عبداله پور ش.، اسماعیل زاده ا و مقدم م. ۱۳۹۲. ارائه و ارزیابی یک مدل تجربی برای بادبردگی نازل های بادبزنی در تونل باد به کمک پردازش تصویر، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. جلد ۲. ص ۱۴۲.

فلاح جدی ر. ۱۳۸۵. ساختمان و کاربرد سمپاشهای رایج در ایران چاپ دوم انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی ص ۶۰-۶۵.

Al heidary M., Douzals J.P., Sinfort C. and Vallet A. 2014. Influence of nozzle type, nozzle arrangement and side wind speed on spray drift as measured in a wind tunnel.International Conference of Agricultural Engineering Journal. Pp: 1-7.

Arvidsson T., Bergström L. and Kreuger J. 2011. Spray drift as influenced by meteoro-logical and technical factors. Pest Manag Journal. Sci. 67, 586–598.

Bai G., Nakano k., Mizukami T., Miyahara S., Ohahi S., Kubota Y., Takizawa K. and Yan H. 2013. Characteristics and classification of Japanese nozzles based on relative spray drift potential. Crop Protection Journal. 46. Pp:88-93

Balsari P., Marucco P. and Tamagnone M. 2007. A test bench for the classifi cation of boom sprayers according to drift risk. Crop Protectin Journal, 26: 1482-1489.

Czaczyk Z. 2012. Influence of Air Flow Dynamics on Droplet Size in Condition of Air-assisted Sprayers. Atomization Sprays Journal, 22: 275-282.

De Schampheleire M., Baetens K., Nuyttens D., Spanoghe P. 2008. Spray drift mea-surements to evaluate the Belgian drift mitigation measures in field crops. Crop Protection Journal. 27, 577–589

Farooq M. and Wulfsohn D. 2003. Wind tunnel for spray drift studies. Department of Agricultural and Bioresource Engineering , University of Saskatchewan , SK , Canada S7N 5A9 Received 13 February2003:accepted 11

Gil E., Balsari p., Gallart M., lorens J., Marucco p., Andersen P. G., Fabregas X. and Llop J. 2014. Determination of drift potential of different flat nozzles on a boom sprayer using a test bench. Grop protection Journal.%6.Pp:58-68.

Gil E., Llorens J., Liop J., Fabregas X. and Gallart M. 2013.Use of a terrestrial lidar sensor for drift detection in vineyard spraying. Sensors Journal.13Pp:516-534

Gu J., Zhu H., Ding W. and Jeon H. Y. 2011. Droplet size distributions of adjuvant-amended sprays from an air-assisted five-port pawn nozzle. Journal Atomization and Sprays. Pp: 263-274

Huiyu Z., W. P. 2013. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. C.P Journal 44: 75-83.

Jensen P.K. and Lund, I. 2008, Static and dynamic distribution of spray form nozzles and the influence on biological efficacy of band applications of herbicides. Grope Protection. 25: 1201-1209.

Miller P.C.H., Butler Ellis M.C., Lane A.G., Sullivan C.M. O. and Tuck C.R. 2011. Methods for minimizing drift and off target exposure from boom sprayer applications. Aspects of Applied Biology Journal. 106. Pb:281-288

Nuyttens D., De Schampheleire M., Steurbaut T., Baetens K., Verboven P., Nicolai B., Ramon H. and Sonck B. 2007. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. Biosystems Engineering. 97: 333-345

Piche M, Panneton B, Thériault R. 2000. Reduced drift from air-assisted spraying. Can. Agricultural. Engineeir Journal, 43(3): 117-122.

Singh G., Kumar S.S., Dixit A., Manes G.S. and Singh A. 2011. Spray distribution pattern of different sprayers on cotton using droplet analyzer. Journal of research, skuast-j 10.Pp:33-40

Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. and Buckminster D.R. 2006. Engineering principles of agricultural machines. 2nd Edition. ASAE Publication 801M0206.

Wolf R.E. 2003. Strategies to reduce spray drift. Kansas state university extension service. Publication MF-2441. ASAE Annual International Meeting / CIGR XV th World Congress, Chicago, Illinois, USA