

## طراحی، ساخت و ارزیابی یک نازل مخروطی با ضریب تخلیه جریان خطی

حسن جعفری<sup>۱</sup>، داود کلانتری<sup>۱\*</sup>، سیدرضا طباطبایی کلور<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲ و ۳- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

\* ایمیل نویسنده مسئول: [dkalantari2000@yahoo.com](mailto:dkalantari2000@yahoo.com)

### چکیده

در کار تحقیقاتی حاضر، یک نازل مخروطی جدید ساخته شده و مشخصات هیدرولیکی آن مانند ضریب تخلیه جریان، ضریب افت بار و حساسیت نازل به فشار سمپاشی به صورت تجربی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. از مزایای نازل طراحی شده، امکان تغییر زاویه پاشش نازل از ۳۰ تا ۱۳۰ درجه فقط با تغییر یک مخروط انتهایی بدون باز شدن نازل می‌باشد که با استفاده از این خاصیت می‌توان میزان سم خارج شده و زاویه پاشش را در محدوده وسیعی با استفاده از یک نازل بدون تغییر شماره‌ی نازل و یا افزایش فشار سیستم سمپاشی انجام داد. طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق میزان ضریب تخلیه جریان با افزایش درصد بازشدگی نازل به صورت یک رابطه‌ی خطی تغییر می‌کند. همچنین با افزایش درصد بازشدگی میزان افت فشار به صورت یک تابع توانی کاهش یافته و با افزایش درصد بازشدگی از مقدار ۶۰٪ تغییرات افت فشار محسوس نبوده و به یک مقدار ثابتی می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** نازل، سمپاشی، ضریب تخلیه جریان، فشار، افت بار



## مقدمه

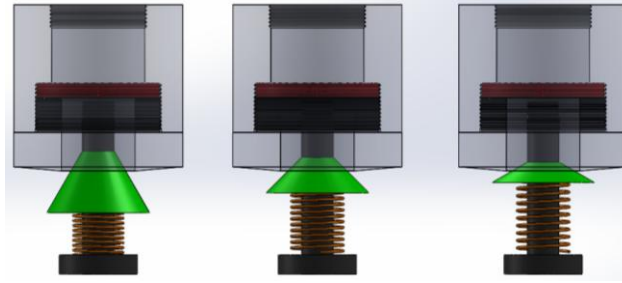
بطور تقریبی حدود یک سوم از محصولات کشاورزی جهان در مراحل داشت و برداشت توسط آفات از بین می‌رود. میزان خسارت آفات در کشورهای توسعه نیافته از این هم بیشتر است. تاثیر سوء سموم بر موجودات، مسمومیت های ناشی از کاربرد آفت کشها در بین افراد و نیز هزینه های تولید سموم شیمیایی از مواردی هستند که نیاز به استفاده اصولی و متفکرانه از این مواد را بیشتر نشان می‌دهند. در هر صورت باید به این نکته توجه داشت که حتی امروزه نیز سموم شیمیایی در عمل نیرومندترین سلاح مبارزه با آفات به شمار می‌روند. و احتمالاً بشر هرگز از آنها کاملاً بی‌نیاز نخواهد شد (معز اردلان و صوابی فیروزآبادی، ۱۳۸۱). رشد نگرانی در مورد آسیب‌های محیطی آفت کش‌ها نیازمند انتقال دقیق عناصر فعال و کاهش خطاهای کاربردی می‌باشد. اگرچه محصولات حفاظتی گیاهان می‌توانند کیفیت محصول و بازده مزرعه‌ای را افزایش دهند، اما استفاده غلط از آنها می‌تواند باعث کاهش سودآوری محصولات شود (Wachowiak and Kierzek, 2009). بازده کاربردی آفت کش‌ها می‌تواند با استفاده از کالیبره کردن سمپاش‌ها متناسب با نوع کاری که می‌خواهد انجام دهد (برای نمونه: کنترل قبل و یا بعد از روییدن علف هرز، یا برای حشره کش یا قارچ کش‌ها و غیره) بهبود یابد (Cross et al., 2001a; Balsari et al., 2007). ماشین‌های سمپاشی که امروزه از آنها استفاده می‌شود، دارای معایب عمده‌ای از جمله بادبردگی سموم، زیان رساندن به حشرات مفید و گیاهان مزارع مجاور، عدم پوشش کامل و یکنواخت سطوح مورد سمپاشی، گیاه سوزی، ضایعات زیاد محصول، تلفات زیاد محلول سم و کاهش کیفیت محصولات می‌باشند. لذا به منظور کاربرد دقیق تر سموم و آفت کش‌ها، روشهای جدیدی توسط کارشناسان ارائه شده است (Tian et al, 2001). روش دیگر بهینه سازی سمپاش‌های رایج به این صورت است که در آنها با ایجاد اصلاحاتی در ساز و کار سمپاش‌های موجود و ارائه مدل‌های دقیق‌تری از آنها می‌توان به بازده بالاتری در عملیات سمپاشی دست یافت (Chapling and Wu, 1989; Steward and Humburg, 2000). ویژگی‌هایی که عملکرد یک نازل را مشخص می‌کنند شامل پارامترهای مختلفی مانند فشار تغذیه نازل، زاویه‌ی بازشدگی نازل، بازده نازل و اندازه قطرات توزیع شده توسط نازل می‌باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی یک نازل مخروطی جدید برای تعیین رابطه‌ی بین جریان خروجی از نازل با درصد بازشدگی نازل و زاویه‌ی سر نازل می‌باشد. همچنین در این تحقیق تاثیر فشار سیال بر ضریب تخلیه جریان مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش ها

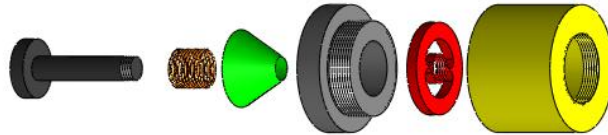
برای تعیین رابطه‌ی بین میزان تخلیه‌ی جریان و فشار از یک سمپاش پیستونی (مدل KSH 40، ساخت ایران) استفاده گردید. همچنین برای تعیین ضریب تخلیه‌ی نازل نسبت به میزان بازشدگی دریچه از یک مخزن به ارتفاع ۳/۱۱ متر همراه با سرریز جهت

ثابت نگه داشتن هد بالا دست استفاده گردید. برای تعیین و مقایسه‌ی خصوصیات هیدرولیکی نازل، سه نوع نازل با سر مخروطی شکل و زوایای راس ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه مورد آزمایش قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل ۱- نازل‌های مخروطی به ترتیب از چپ به راست با زوایای راس ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه

در شکل ۲ نمای انفجاری این نازل نشان داده شده است.

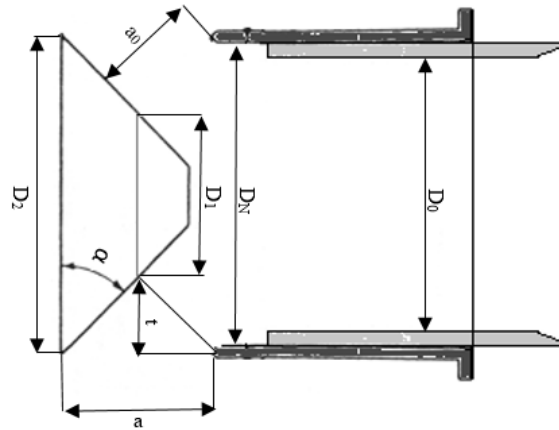


شکل ۲- نمای انفجاری از نازل مخروطی طراحی شده

برای تعیین میزان حداکثر بازشدگی مورد نیاز دریچه‌ی نازل در زوایای مختلف مخروط، منجر به حل معادله‌ی  $A_0=A_N$  گردید (شکل ۳) که در آن  $A_N$  سطح مقطع داخلی نازل و  $A_0$  سطح مقطع روزنه‌ای شکل جریان بوده و با استفاده از معادله زیر تعیین گردید:

$$A_0 = \pi \frac{D_0^2}{4} \tag{۱}$$

$$A_N = \pi \alpha \left( D_N - \frac{\alpha}{2} \sin 2\alpha \right) \sin \alpha \tag{۲}$$



شکل ۳- مقطع داخلی یک شیر نازل مخروطی به همراه لوله بالا دست

$$A_0 = \pi a \left( D_N - \frac{a}{2} \sin 2\alpha \right) \sin \alpha \quad (3)$$

که در این جا،  $A_0$  سطح مقطع روزنه‌ای شکل جریان،  $a$  میزان بازشدگی سر مخروط،  $D_N$  قطر داخلی لوله بالا دست و  $2\alpha$  زاویه‌ی راس مخروط می‌باشد. مقدار  $D_N$  برابر ۲۱ میلیمتر و مقدار  $D_0$  برابر ۲۰ میلیمتر می‌باشد. با استفاده از با حل معادلات (۱) تا (۳) مقادیر حداکثر بازشدگی مورد نیاز دریچه برای مقادیر مختلف زاویه‌ی مخروط بدست آمد که در جدول ۱ نشان داد شده است:

جدول ۱- مقادیر حداکثر بازشدگی مورد نیاز دریچه برای زوایای مختلف مخروط نازل.

زاویه‌ی راس مخروط ( $2\alpha$ ) (درجه)	۶۰	۹۰	۱۲۰
حداکثر بازشدگی مورد نیاز دریچه ( $a_{max}$ ) (mm)	۱۳/۹	۸/۷	۶/۴

سپس به ازای مقادیر مختلف درصد بازشدگی دریچه  $\left( \frac{a}{a_{max}} \times 100 \right)$ ، اندازه‌های  $a$  محاسبه گردید. جهت دقت در اندازه‌گیری و تنظیم میزان بازشدگی دریچه ( $a$ )، ابتدا بعد طولی نازل در شرایط کاملاً بسته بودن آن توسط کولیس اندازه‌گیری گردید، سپس، برای مقادیر مختلف بازشدگی دریچه، دهانه کولیس باز و پیچ پشت مخروط تنظیم گردید. میزان حرکت این پیچ نمایانگر میزان بازشدگی نازل بود. از این پیچ می‌توان برای کالیبره نمودن نازل نیز استفاده نمود. در نهایت برای هر مخروط میزان بازشدگی‌های مختلف از ۱۰ تا ۶۰ درصد مورد آزمایش قرار گرفت. از مقادیر بازشدگی‌های بالاتر از ۶۰ درصد به علت ساختمان نازل‌های مورد آزمایش و عدم احتمال کاربرد آن در امور سمپاشی، صرف نظر گردید. آب تخلیه شده از نازل در سه تکرار و در مدت زمان ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری و در ظرف استوانه‌ای شکل به قطر ۲۸۶ میلیمتر جمع آوری شد. سپس عمق آب داخل آن توسط یک کولیس اندازه‌گیری شده و حجم آب داخل ظرف محاسبه گردید. حجم آب بدست آمده به زمان اندازه‌گیری شده تقسیم و در نتیجه دبی جریان

خروجی از نازل بدست آمد. پس از ثبت مقادیر حجم آب تخلیه شده در واحد زمان، ضریب تخلیه‌ی نازل با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$C_d = \frac{Q}{A_N \sqrt{2g\Delta H}} \quad (4)$$

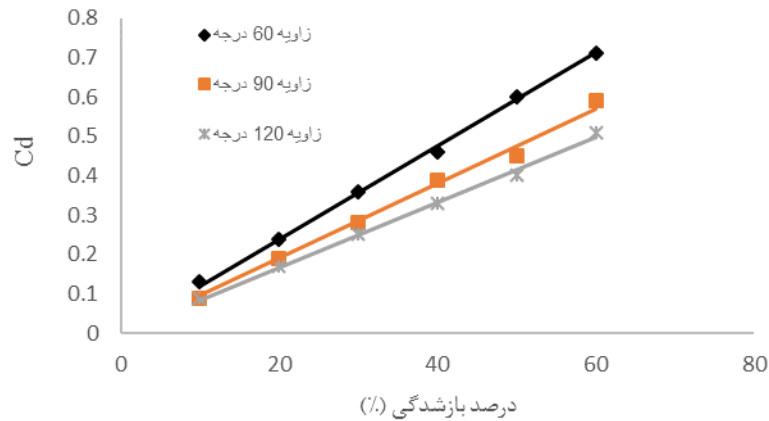
که در اینجا،  $C_d$  ضریب تخلیه‌ی نازل،  $Q$  دبی جریان خروجی  $\left(\frac{cm^3}{sec}\right)$ ،  $A_N$  سطح مقطع داخلی نازل  $(cm^2)$ ،  $g$  شتاب گرانش زمین  $\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$  و  $\Delta H$  عمق آب جمع شده در ظرف آزمایش  $(mm)$ . همچنین مقدار ضریب افت بار از طریق فرمول زیر تعیین گردید:

$$K = \frac{1}{C_d^2} \quad (5)$$

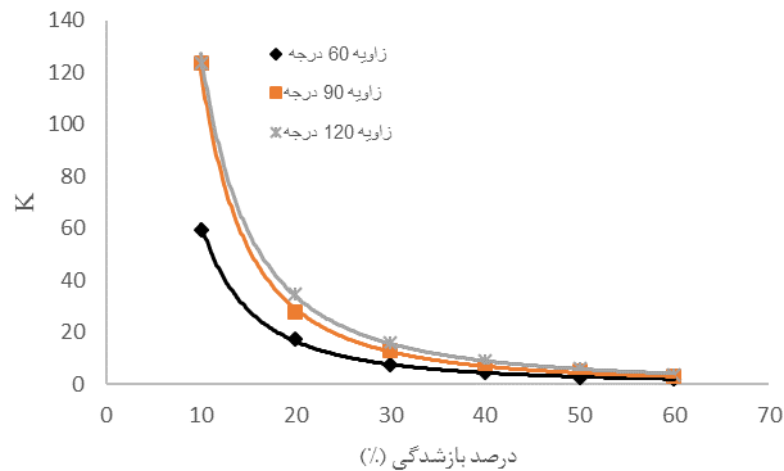
که در اینجا،  $K$  ضریب افت بار و  $C_d$  ضریب تخلیه نازل می باشد.

### نتایج و بحث

داده های حاصل از آزمایش برای ضریب تخلیه نازل با زوایای مختلف مخروط سر نازل در شکل ۴ و برای ضریب افت بار نازل در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۴، میزان ضریب تخلیه نازل با افزایش درصد بازشدگی نازل افزایش پیدا می کند و این امر تقریباً به صورت یک رابطه‌ی خطی می باشد. رابطه‌ی خطی بین ضریب تخلیه‌ی جریان نسبت به مقادیر بازشدگی دریچه‌ی نازل که قابلیت کالیبراسیون نازل را با استفاده از تغییر میزان بازشدگی دریچه به راحتی امکان پذیر می سازد. همچنین با افزایش درصد بازشدگی میزان افت فشار به صورت یک تابع توانی رو به کاهش است و با افزایش درصد بازشدگی از مقدار ۶۰٪ تغییرات افت فشار محسوس نمی باشد و به یک مقدار ثابتی می رسد (شکل ۵).

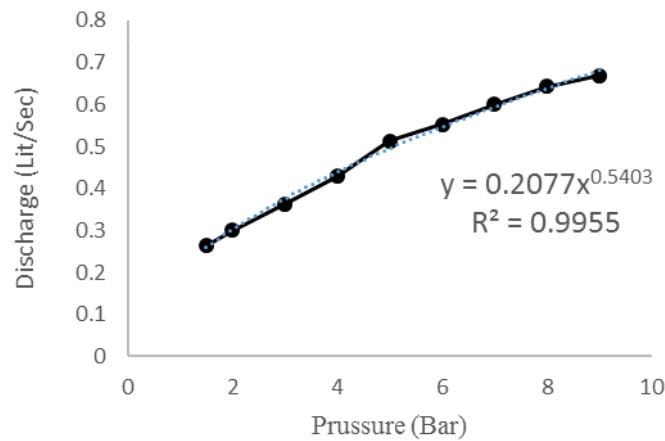


شکل ۴- رابطه‌ی بین درصد بازشدگی دریچه نازل و ضریب تخلیه



شکل ۵- رابطه‌ی بین درصد بازشدگی دریچه نازل و ضریب افت بار

رابطه بین میزان تخلیه سم با تغییرات فشار در شکل ۶ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود در نازل مخروطی مورد آزمون، رابطه‌ی بین فشار ورودی و نرخ تخلیه جریان به صورت  $Q \propto P^{0.5403}$  بدست آمد که بسیار نزدیک به رابطه تئوری  $Q \propto P^{0.5}$  است. یکی دیگر از مزایای نازل طراحی شده، امکان تغییر زاویه‌ی پاشش نازل از ۳۰ تا ۱۳۰ درجه فقط با تغییر یک مخروط انتهایی بدون باز شدن نازل می‌باشد با استفاده از این خاصیت می‌توان تغییر میزان سم خارج شده و زاویه‌ی پاشش را در محدوده‌ی وسیعی با استفاده از یک نازل بدون تغییر شماره‌ی نازل و یا افزایش فشار سیستم سمپاشی برای افزایش سم خارج شده از نازل را انجام داد.



شکل ۶- رابطه‌ی بین فشار هیدرولیک و نرخ تخلیه جریان از نازل استوانه‌ی ۹۰ درجه

### نتیجه گیری

در تحقیق حاضر یک نازل مخروطی جدید ساخته شده و مشخصات هیدرولیکی آن مانند ضریب تخلیه جریان ضریب افت بار و حساسیت نازل به فشار سمپاشی به صورت تجربی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق میزان ضریب تخلیه جریان با افزایش درصد بازشدگی نازل به صورت یک رابطه‌ی خطی تغییر می کند. همچنین با افزایش درصد بازشدگی میزان افت فشار به صورت یک تابع توانی رو به کاهش است و با افزایش درصد بازشدگی از مقدار ۶۰٪ تغییرات افت فشار محسوس نمی‌باشد و به یک مقدار ثابتی می‌رسد. یکی دیگر از مزایای نازل طراحی شده، امکان تغییر زاویه‌ی پاشش نازل از ۳۰ تا ۱۳۰ درجه فقط با تغییر یک مخروط انتهایی بدون باز شدن نازل می‌باشد با استفاده از این خاصیت می‌توان تغییر میزان سم خارج شده و زاویه‌ی پاشش را در محدوده‌ی وسیعی با استفاده از یک نازل بدون تغییر شماره‌ی نازل و یا افزایش فشار سیستم سمپاشی برای افزایش سم خارج شده از نازل را انجام داد. با توجه به نتایج نشان داده شده می‌توان از این نازل‌ها در سمپاشی مزارع با زاویه‌ی پاشش بزرگتر نیز استفاده کرد. عدم وجود اجزای متحرک داخلی باعث ساده تر شدن ساختمان نازل گردیده که هم از لحاظ ساخت و هم از لحاظ هزینه برای سازنده و مصرف کننده مقرون به صرفه می‌باشد. این نازل دارای شیر یکطرفه در ساختمان بیرونی برای جلوگیری از چکه کردن سم در انتهای ردیف‌ها می‌باشد. همچنین نازل ساخته شده قابلیت کاربرد در سمپاشی درختان و باغات میوه با زاویه‌ی پاشش کوچکتر را دارا می‌باشد. با توجه به اینکه زاویه‌ی پاشش نازل افزایش یافته است لذا تعداد نازل‌های روی بوم کاهش یافته که این امر باعث کاهش هزینه ها و سادگی طراحی و استفاده از فضای کمتری روی بوم سمپاشی شده است. همچنین در نازل طراحی شده مقدار زاویه‌ی پاشش نازل نسبت به تغییرات دبی و فشار ثابت است.

## منابع

معز اردلان، م. و صوابقی فیروزآبادی، غ.، ۱۳۸۱. مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار، انتشارات دانشگاه تهران.

Balsari, P., Oggero, G., and P., Marucco. 2007. Proposal of a guide for sprayers calibration. Second European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe. Straelen, Germany, April 10-12, pp. 60-73.

Chapling, J., C.Wu. 1989. Dynamic Modeling of Field Sprayers. Transaction of the ASAE .Vol.32 (6):  
November-December 1989.

Cross, J.V., Walklate, P.J., Murray, R.A., and G.M., Richardson. 2001. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. Crop Prot. 20 (4), 333-343.

Steward B. L., D.S. Humburg. 2000. Modeling the Raven SCS-700 Chemical Injection System With Carrier Control with Sprayer Simulation. Transaction of the ASAE (2000), Vol .43(2):231-245.

Tian, L., Reid, J.F., and J.W. Hummel. 2001. Development of a Precision Sprayer for Site-Specific Weed Management. Transactions of the ASAE. VOL. 42(4): 893-900.

Wachowiak, M., and R., Kierzek. 2009. Economic aspects of application of plant protection techniques. Prog. Plant Prot. 49, 1668-1675.