

## طراحی و ساخت بوم تلسکوپی سمپاش باغات و مقایسه آن با سمپاش مرسوم

ایوب جعفری ملک آبادی<sup>۱</sup>، مرتضی صادقی<sup>۲</sup> و حسن ذکی دیزجی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه شهید چمران اهواز،

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [hzakid@scu.ac.ir](mailto:hzakid@scu.ac.ir) تلفن: ۰۶۱۱۳۳۶۴۰۵۷

دریافت: ۹۳/۰۱/۲۰ پذیرش: ۹۴/۰۸/۰۸

### چکیده

سمپاشی باغات با آرایش نامنظم درختان بلند با مشکلاتی نظیر سختی عبور و مرور تراکتورها، عدم توانایی مالی باغداران در خرید تراکتور، سختی کار با برخی سمپاش‌های با ارتفاع پاشش کم و باد بردگی زیاد سم در سمپاش‌های با ارتفاع پاشش زیاد همراه است. هدف از انجام این تحقیق طراحی، ساخت و ارزیابی یک بوم تلسکوپی برای سمپاش‌ها به منظور مرتفع نمودن مشکلات بیان شده بود. سمپاش مجهز به این نوع بوم از نظر بادبردگی، کیفیت سمپاشی درختان و محلول مصرفی در مقایسه با سمپاش شاهد منطقه‌ی لنجان اصفهان (سمپاش فرقونی) مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که ضریب کیفیت سمپاشی به دلیل خیس شدگی کامل کارت‌های حساس قابل محاسبه نبود، اما توزیع قطرات بر روی هر کارت و بین کارت‌ها در نوع تلسکوپی یکنواخت‌تر بود و برخلاف نوع فرقونی بالانس معمولی شره‌گی مشاهده نشد. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها بین روش‌های سمپاشی از نظر باد بردگی اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت، به طوری که تفاوت چشمگیری در مقدار بادبردگی سمپاش تلسکوپی (۰/۱۰۸) و فرقونی (۵/۶۹۸) مشاهده شد. از نظر میزان محلول مصرفی برای هر درخت در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری وجود داشت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، میزان مصرف محلول سمپاش تلسکوپی (۱۱/۱۸۳ لیتر در درخت) کمتر از سمپاش فرقونی (۱۵/۶۸۳ لیتر در درخت) بود. نیروهای وارده به کاربر در مقایسه با سمپاش‌های مرسوم کاهش پیدا کرده بود.

**واژه‌های کلیدی:** آفات و بیماری، باغ، سمپاش، بوم تلسکوپی، فرقونی

### ۱- مقدمه

هستند که از آن‌ها برای پخش مواد شیمیایی، به منظور کنترل انواع مختلف حشرات، عوامل بیماری‌زای گیاهی و دفع علف‌های هرز استفاده می‌شود (Jafari Malekabadi, 2012).

استفاده‌ی گسترده از سموم شیمیایی به بعضی مسائل جدی محیط زیست منتج می‌شود. این مسائل

هرساله حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد کل محصولات کشاورزی دنیا توسط حشرات، علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زای گیاهی از بین می‌رود و این رقم در صورت عدم مبارزه تا ۸۰ درصد نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، لزوم مبارزه با آفات ضروری است. سمپاش‌ها وسایلی

باردارسازی برخوردار است ( Mostafayi Meinagh *et al.*, 2008).

تحقیقات در زمینه‌ی عوامل بالقوه‌ی بادبردگی در سمپاش‌های هوا-کمک باغات و همچنین سمپاش‌های نیازمند انرژی هوا برای پاشش بهتر نشان می‌دهد که سرعت و جهت باد بر مقدار بادبردگی تاثیر دارد و حجم هوا اثرات معنی‌داری بر میزان پاشش سم در محل‌های نزدیک به سمپاش می‌گذارد، اما این اثر یکسان نیست و در نقاط دورتر کاهش پیدا می‌کند. میزان جریان هوای کمتر می‌تواند انرژی فن مورد نیاز سمپاش را تا ۶۷ درصد کاهش دهد ( Salyani & Farooq, 2003, 2004).

ارزیابی‌ها در زمینه‌ی نازل دیسکی سمپاش گریز از مرکز نشان داده است که سمپاش مجهز به این نوع نازل احتمال آلودگی کاربر را در مقایسه با لانس‌دار کاهش می‌دهد، و مقدار محلول مصرفی بسیار کمتر است. همچنین میزان فرونشست محلول سم در ساقه و برگ‌های نزدیک به سنبله بیشتر از سمپاش لانس‌دار است ( Aryan, 2003; Shikhi Ghorjan *et al.*, 2009).

نتایج پژوهش‌های محققین در زمینه اثر سیستم هوا-کمک بر روی سمپاش‌ها بیانگر این مطلب است، که جهت منابع هوا اثرات قابل توجهی بر پوشش سم و بهبود سمپاشی دارد. در مرکز ردیف‌ها با کاهش سرعت سمپاش پوشش سم بهتر می‌شود. مهمترین متغیر بهبود سمپاشی، توزیع میزان کل جریان هوای میان دو منبع است. بهترین حالت برای پوشش سم و بهبود سمپاشی، تقسیم میزان جریان هوا به طوری که ۳۵ درصد از تونل هوا در سمت سمپاش باشد. هوا از منابع

باید هم از طرف استفاده کننده و هم از طرف طراح ادوات سمپاشی مورد توجه جدی قرار گیرند. هوابردگی سم از ناحیه پخش شده ممکن است به آلودگی گیاهان مجاور، که برای مصرف انسان یا دام کشت شده‌اند، منجر گردد. بقایای سموم شیمیایی می‌تواند از طریق محصولات برداشت شده به وسیله‌ی آب‌های روان سطحی یا فاضلاب و توسط باد حامل این مواد نیز به محیط زیست وارد گردد ( Jafari Malekabadi, 2012). اتلاف سم که ناشی از درشت بودن قطرات است، باعث آلودگی خاک‌ها گردیده و اتلاف آن به صورت قطرات کوچک در اثر بادبردگی نیز موجب آلودگی محیط زیست خواهد شد (Afshari, 1992).

در شرایط فعلی هیچگونه بررسی علمی در زمینه وضعیت کارکرد سمپاش‌های رایج مورد استفاده در باغات ایران در دسترس نمی‌باشد. به دلیل اهمیت موضوع، در این قسمت برخی نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه سمپاشی مزارع و بعضاً باغات (بیشتر در خارج از کشور) ارائه می‌گردد. پژوهش سعیدی (۱۹۹۶) نشان داده است که مجهز نمودن تیلرها به سمپاش ارتفاع پاشش سم را افزایش می‌دهد و از خروج ارز از کشور برای خرید سمپاش‌های با ارتفاع پاشش بیشتر جلوگیری می‌نماید و مشکل اقتصادی باغداران را کاهش می‌دهد.

نتایج ارزیابی سمپاش الکترواستاتیکی تاثیر مثبت و لتاژ القایی در تولید قطرات باردار را نشان داد. افزایش دور دمنده و دبی جریان هوا موجب بهبود بارداری قطرات می‌شود. با این حال افزایش دبی افشانه به دلیل پدیده‌ی خیس شدگی الکتروود از نقشی منفی در

با زاویه ۴۵ درجه نسبت به ردیف هدایت شود و سمپاش با کمترین سرعت حرکت نماید (Panneton & Lacasse, 2004; Holownicki *et al.*, 1996; Walklate, 1992).

تحقیقات در زمینه‌ی ارزیابی سمپاش‌های رایج مزارع گندم (تراکتوری بوم‌دار و لانس‌دار، توربولایزر و میکرونر پشتی) نشان داد که سمپاش مجهز به صفحات چرخان جهت کنترل علف‌های هرز از نظر موثر بودن و میزان محلول سم مصرفی در هکتار مناسب‌تر است. همچنین از نظر میزان مصرف محلول سم و کیفیت پاشش سمپاش میکرونر موثرتر ارزیابی شد، اگر چه ظرفیت نظری این سمپاش کم و میزان بادبردگی آن بیشتر است. سمپاش توربولایزر علی‌رغم ظرفیت مزرعه‌ای بالا و عدم لهیدگی محصول دارای حداکثر بادبردگی می‌باشد، و قریب ۵۰٪ از قطرات محلول سم به هدف نمی‌رسند (Safari, 2008; Safari & Kafashan, 2005).

پژوهش‌های اخیر در کشور نشان داده است، که سمپاش‌های میکرونری (Bordbar *et al.*, 2010; Mehranzadeh & Shahidzadeh, 2006) و نیز الکترواستاتیکی (Bordbar *et al.*, 2010) در میان سایر سمپاش‌ها مانند اتومایزر، لانس‌دار و بوم‌دار بهترین نتیجه را در شاخص‌های عملکرد محصول، میزان مصرف محلول سم و درصد تاثیر بر کنترل علف هرز داشته است. به طوریکه کمترین میزان مصرف محلول سم، بیشترین درصد تاثیر بر کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز نازک و پهن‌برگ و بالاترین عملکرد محصول مربوط به کاربرد این نوع سمپاش‌ها است.

با توجه به موارد فوق برای بالا بردن کیفیت سمپاشی باغات غیر صنعتی (باغات مرسوم منطقه) و همچنین کاهش معایب سمپاشی با سمپاش‌های مرسوم مانند بادبردگی زیاد، هزینه خرید بالا، آلودگی محیط زیست، مسمومیت افراد، تلفات حشرات مفید، مصرف سم و سوخت زیاد، نیاز به تراکتور و ...، نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه محسوس می‌باشد. در این تحقیق تلاش شد، تا با طراحی و ساخت یک بوم تلسکوپی برای سمپاش باغات و کاهش فاصله پاشش تا پوشش درختان مشکلات مذکور مرتفع گردد. سمپاش فرقونی مجهز به این بوم با سمپاش فرقونی با لانس معمولی (شاهد) از نظر بادبردگی، کیفیت سمپاشی و محلول مصرفی مقایسه شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- طراحی و ساخت

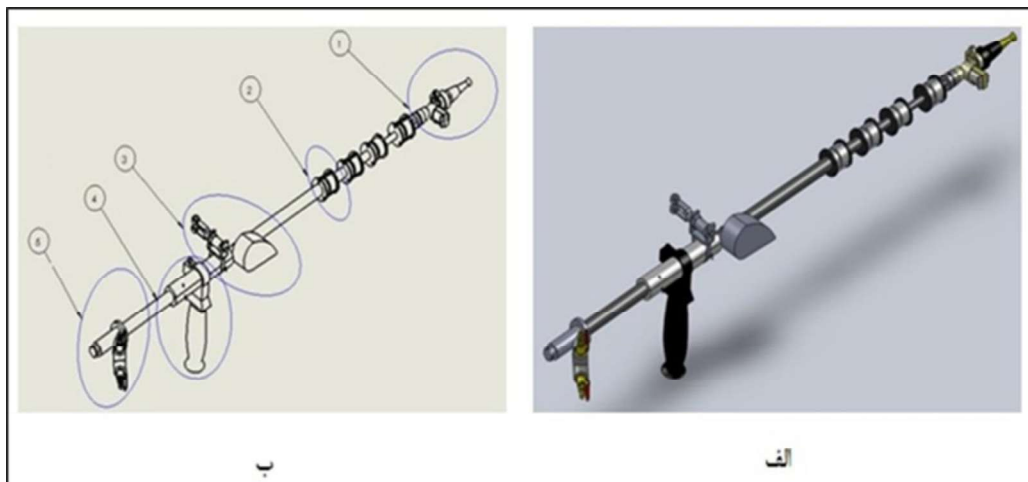
تمامی قطعات بوم تلسکوپی توسط نرم افزار SolidWorks 2010 طراحی شدند. برای ساخت این بوم تلسکوپی ابتدا باید مشخص می‌شد، که سیستم باز و بسته شدن این بوم چگونه است. همچنین تلسکوپ مورد نظر چند قسمتی است و برای چه ارتفاعی ساخته می‌شود. برای باز شدن آن سیستم هیدرولیکی انتخاب شد، که در آن سم به عنوان مایع هیدرولیک و پمپ و موتور سمپاش نیز به عنوان پمپ سیستم می‌باشند. بستن بوم نیز توسط سیم بکسل انجام می‌شود. در ادامه و در قسمت‌های مربوط سیستم باز و بسته شدن بوم بطور کامل توضیح داده می‌شود.

در نمونه‌ی ساخته شده ارتفاع ۳/۵ متر و تلسکوپ ۵ قسمتی در نظر گرفته شد. جنس لوله با توجه به

سنگین شدن تلسکوپ می‌شود) انتخاب شد. قطر لوله اول به دلخواه و قطر لوله‌های دیگر با احتساب ضخامت مورد نظر و با توجه به اینکه لوله‌ها بتوانند داخل یکدیگر حرکت نمایند، انتخاب گردید.

در ادامه، طراحی و ساخت اجزای بوم در ۵ بخش تشریح می‌شود. شکل ۱- الف نمای کلی بوم تلسکوپی و شکل ۱- ب قسمت‌های مختلف آن را در محیط نرم-افزاری نشان می‌دهد.

محیط کار که محیطی سمی می‌باشد و باید علاوه بر مقاومت فیزیکی لازم، نسبت به خوردگی نیز مقاوم و در عین حال برای راحتی کار کاربران سبک هم باشد، از جنس فولاد زنگ‌نزن انتخاب شد. بنابراین، ۵ قطعه لوله از جنس فولاد زنگ‌نزن هر کدام به طول‌های ۰/۷ متر و قطرهای به ترتیب ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۲ و ۲۵ میلیمتر و ضخامت ۱ میلیمتر (ضخامت کمتر موجب آسیب دیدن لوله در اثر ضربه احتمالی و ضخامت بیشتر باعث



شکل ۱. نمای کلی بوم در محیط نرم‌افزار. الف) نمای سه‌بعدی بوم تلسکوپی، ب) ۵ بخش بوم تلسکوپی

Fig.1. view of the boom in the software. a) Three-dimensional view of a telescopic boom, b) 5 sections of telescopic boom

## ۲-۲- مکانیزم آب‌بندی

اندازه رزوه ایجاد شده می‌باشد. طول قسمت پیچ مانند باید به اندازه‌ای باشد که آب‌بندی مطلوب را حاصل نماید و در عین حال اصطکاک زیادی را ایجاد ننماید، زیرا افزایش نیروی اصطکاک مقدار نیروی لازم برای باز شدن لوله را افزایش خواهد داد. اندازه‌های مطلوب پس از چندین مرحله آزمایش تجربی حاصل شدند.

برای آب‌بندی بهتر از یک عدد اورینگ با قطر داخلی لوله کوچکتر و ضخامتی بیشتر از فاصله بین دو لوله که بر روی لوله کوچکتر قرار می‌گیرد، استفاده شد.

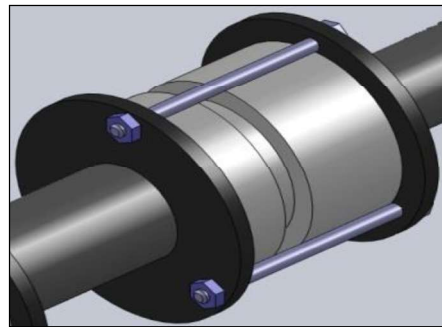
برای ارتباط صلب و آب‌بندی شده‌ی هر دو لوله‌ی پشت سرهم، از قطعات واسط ساخته شده از جنس پلی اتیلن (تفلون) استفاده شد. انتخاب تفلون به این دلیل است که بسیاری از آب‌بندها مانند پکینگ از این جنس می‌باشند. واسط‌ها (شکل ۲) از ۲ قسمت تشکیل شده‌اند. یک قسمت پیچ مانند که داخل آن سوراخی به قطر لوله کوچکتر زده شده است و یک قسمت مهره مانند که سوراخ آن به اندازه لوله بزرگتر و طول آن به

تحقیق از یک نازل که میزان پاشش آن توسط چرخش لوله متصل به آن (درون لوله رزوه است) مشخص می‌شود، استفاده شد. هر چه لوله روی آن کمتر باز شود میزان جت شدن آب کمتر و عرض پاشش بیشتر می‌شود.

با توجه به هیدرولیکی بودن سیستم باز شدن این بوم از یک شیر کنترل جریان برقی برای کنترل باز و بسته شدن استفاده شد، که نیاز به ولتاژ ۱۲ ولت دارد و مقدار جریان الکتریکی (آمپر) مصرفی آن نیز ۰/۵ آمپر می‌باشد. با توجه به اینکه شیر در حالت عادی باز است و فقط هنگام باز شدن بوم (مدت زمان کوتاه کمتر از ۱ دقیقه) نیاز به بستن آن است، نیاز به شدت جریان الکتریکی زیادی نخواهد بود. پس از باز شدن بوم، سم توسط پمپ سمپاش و از طریق شیلنگ به پشت شیر کنترل دستی ورودی می‌رسد. با باز نمودن این شیر سم با فشار وارد بوم شده و چون شیر برقی بسته می‌باشد، باعث باز شدن آن می‌گردد. در هر ارتفاعی که مورد نظر باشد می‌توان شیر برقی را توسط یک کلید برقی که روی دسته بوم تعبیه شده باز نمود تا پاشش شروع و باز شدن بوم متوقف شود. در این هنگام سیم بکسل که برای بستن بوم طراحی شده است نیز از باز شدن بوم جلوگیری می‌کند. فشار لازم جهت باز شدن بوم توسط فشار سنج برابر با ۴ بار اندازه‌گیری شد.

#### ۲-۵- مکانیزم بسته شدن بوم

مکانیزم بسته شدن بوم تلسکوپی به صورت مکانیکی طراحی و ساخته شد (شکل ۳). برای این کار یک تسمه فلزی از دو سمت به فاصله مطلوب خم شده و بر روی قسمت خم شده سوراخ‌هایی هم راستا به قطر



شکل ۲. بخش آب‌بندی

Fig.2. Sealing parts

#### ۲-۴- مکانیزم اتصال بوم به سمپاش

برای آماده‌سازی انتهای بوم نیاز به نصب دو شیر کنترل جریان دستی بود. یک سه‌راهی به انتهای لوله و دو شیر کنترل دستی به دو راه دیگر این سه‌راهی و دو عدد شیلنگ خور به سر دیگر شیرها که به سه‌راهی وصل نیستند، متصل شد. یکی از آن‌ها به شیلنگ سمپاش و دیگری به مخزن که به کمر کاربر توسط یک کمربند وصل است، متصل می‌گردد. شیر متصل به سمپاش جریان سم ورودی به بوم را قطع و وصل می‌نماید. شیر دیگر زمانی جمع شدن بوم بکار می‌رود. به منظور جلوگیری از آلودگی و هدررفت سم، شیر کنترل جریان ورودی (که دارای فشار سم می‌باشد) بسته شده و شیر دوم باز می‌شود تا مایع سم داخل لوله به مخزن وارد شود و از ریختن آن بر روی زمین جلوگیری به عمل آید.

#### ۲-۳- مکانیزم کنترل پاشش سم و باز شدن بوم

معمولاً در ابتدای لوله‌های سمپاشی (لانس‌ها) یک عدد نازل نصب شده که میزان و شکل پاشش (جت شدن) را تعیین می‌نماید. برای بوم ساخته شده در این

انتهای بزرگترین لوله و سمت دیگر به دسته لوله وصل می‌شود و در هنگام استفاده از بوم تلسکوپی بر روی دوش کاربر قرار می‌گیرد و در نتیجه مقداری از وزن بوم را تحمل می‌نماید.

## ۷-۲- تحلیل نیروها

جرم محلول داخل لوله‌ها هنگام سمپاشی از رابطه ۱ و جرم بوم با استفاده از ترازو محاسبه شد.

$$m = \rho \times V \quad (1)$$

که در آن  $m$ : جرم بر حسب کیلوگرم،  $\rho$ : جرم مخصوص آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و  $V$ : حجم لوله بر حسب مترمکعب می‌باشد.

نیروی وارد به بوم در اثر پاشش محلول از رابطه ۲ و نیروهای وارد بر دست ( $F$ ) و دوش کاربر ( $T$ ) با توجه به شکل ۴ در دو حالت باز بودن بوم و بسته بودن آن از روابط ۳ الی ۶ محاسبه شد.

$$N = m \times S \quad (2)$$

که در آن

$$N = \text{نیروی وارد به بوم در اثر پاشش محلول}$$

$$m \times Q = \rho \times \text{جرم محلول خروجی از بوم}$$

$$Q = \text{دبی سمپاش مجهز به بوم تلسکوپی}$$

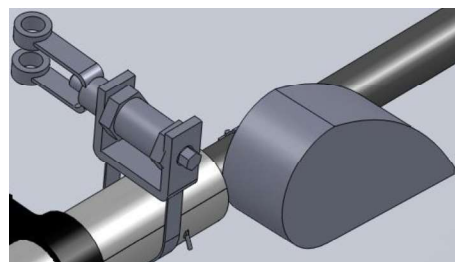
$$\rho = \text{جرم مخصوص آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب}$$

$$S = Q/A = \text{سرعت خروج محلول از بوم}$$

$$A = \text{مساحت سطح مقطع خروج محلول}$$

از توازن استاتیکی مطابق شکل ۴ روابط زیر برای محاسبه نیروی وارده بر دست، کمر و کتف کارگر بدست آمدند.

پیچ مورد نظر ایجاد شد. در وسط پیچ نیز سوراخی به قطر سیم بکسل ایجاد گردید. سپس یک لوله به طول قسمت میانی دو سمت خم شده تسمه انتخاب و روی آن برای بهتر پیچیده شدن سیم بکسل رزوه شده و یک سمت آن سوراخ شد. سپس سیم بکسل به ترتیب از داخل سوراخ‌های لوله و پیچ عبور داده شده و با یک سیم گیر بسته شد. از یک دسته نیز برای چرخاندن پیچ استفاده شد. سر دیگر سیم بکسل پس از عبور از دو قرقره (نصف شدن نیروی مورد نیاز برای جمع کردن سیم) به ابتدای بوم وصل شد. برای اتصال شیر برقی به باطری نیاز به سیم برق بود که باید هنگام بسته شدن بوم تلسکوپی جمع گردد. برای سیستم طراحی شده از مکانیزم سیم جمع‌کن متهای فلزی استفاده شد.

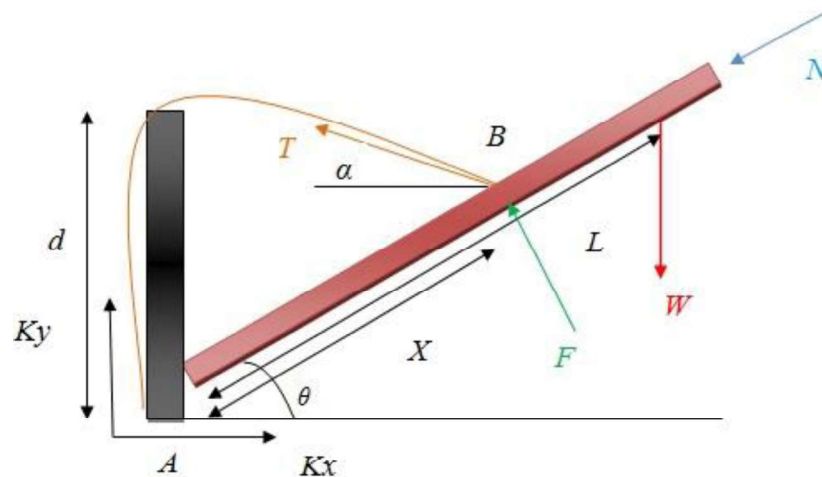


شکل ۳. مکانیزم بسته شدن بوم تلسکوپی در محیط نرم‌افزار

Fig.3. Closing mechanism of Telescopic Boom in the Software

## ۷-۲-۶- دسته کنترل بوم

برای راحتی کاربر در هنگام استفاده از بوم مورد نظر نیز یک دسته و بند برای کنترل آن طراحی شد. بند از دو قسمت تشکیل شده است، قسمتی که به کمر کاربر بسته می‌شود و باطری و مخزن بر روی آن نصب می‌شوند. قسمت دوم بندی است که یک سمت آن به



شکل ۴. تحلیل نیروها.  $W$  وزن بوم،  $F$  نیروی وارد به دست کاربر،  $T$  نیروی بند،  $L$  نصف طول بوم،  $X$  فاصله محل نصب دسته بوم تا ابتدای بوم،  $\theta$  زاویه بوم با افق،  $\alpha$  زاویه بند با افق،  $K$  نیروی وارد از قسمت تکیه گاه کمر کاربر به بوم،  $d$  طول پشت کاربر،  $N$  نیروی وارد به بوم در اثر پاشش محلول

Fig.4. Analysis of forces.  $W$  Weight of boom,  $F$  the force exerted to the user hand,  $T$  Force of band,  $L$  is half the length of the boom,  $X$  distance from place installed the handle to Beginning boom,  $\theta$  Boom angle with the horizontal,  $\alpha$  band angle with the horizontal,  $K$  applied force of the boom to the user belting,  $d$  Length of user loin,  $N$  applied force of spray solution to the boom

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F \cdot \cos\theta + K_y + T \cdot \sin\theta - W - N \cdot \sin\theta = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow K_x - F \cdot \sin\theta - T \cdot \cos\alpha - N \cdot \cos\theta = 0 \quad (4)$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow K_y \cdot X \cdot \cos\theta - K_x \cdot X \cdot \sin\theta + W \cdot (L-X) \cdot \cos\theta = 0 \quad (5)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F \cdot X + T \cdot X \cdot \sin\beta - W \cdot L \cdot \cos\theta = 0 \quad (6)$$

که در آنها  $\beta$  = مجموع زاویه بوم با افق و زاویه بند با افق

$W$  = وزن بوم  $K$  = نیروی وارد از قسمت تکیه گاه کمر کاربر به بوم

$F$  = نیروی وارد به دست کاربر  $d$  = طول پشت کاربر

$T$  = نیروی بند

$L$  = نصف طول بوم

$X$  = فاصله محل نصب دسته بوم تا ابتدای بوم

$\theta$  = زاویه بوم با افق

$\alpha$  = زاویه بند با افق

که  $\tan\alpha = (d - X \cdot \sin\theta) / X \cdot \cos\theta$

## ۲-۸- آزمون و ارزیابی

سمپاش فرقونی مجهز به بوم تلسکوپی طراحی و ساخته شده از نظر بادبردگی، کیفیت سمپاشی درختان و محلول مصرفی در مقایسه با سمپاش شاهد منطقه لنجان اصفهان (سمپاش فرقونی) در مهرماه سال

۱۳۹۰ مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. داده‌های بدست آمده از مراحل ارزیابی توسط نرم افزارهای SPSS و Excel تحلیل شدند.

شکل ۵ سمپاش تلسکوپی را در حالت سمپاشی نشان می‌دهد. مشخصات باغ محل انجام آزمایش‌ها و شرایط آب و هوایی به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.



شکل ۵. سمپاش مجهز به بوم تلسکوپی در حال سمپاشی  
Fig.5. The sprayer equipped with telescopic boom being sprayed

جدول ۱. مشخصات باغ محل انجام آزمایش‌های ارزیابی سمپاش‌ها  
Table 1- Garden specifications for evaluation Sprayers.

فاصله ابتدای تاج درخت از زمین (متر) Distance from ground to beginning the tree canopy (m)	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)	عرض بلوک (متر) Within blocks (m)	طول بلوک (متر) length blocks (m)	مساحت باغ (هکتار) Garden Area (ha)	نوع محصول Product Type
۰/۷	۵	۱۵	۳۰	۰/۵	گردو Walnuts



جدول ۲. شرایط آب و هوایی در هنگام انجام آزمون‌های سمپاشی

Table 2- Weather conditions during test sprayers.

ساعت					
Hour					
۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳
۲۵/۸	۲۶/۶	۲۷/۶	۲۸/۴	۲۸/۴	۲۸/۸
دما (درجه سانتیگراد)					
Temperature (°C)					
۲۳	۱۷	۱۴	۱۲	۱۳	۱۳
رطوبت نسبی (%)					
Relative humidity (%)					
-	۲	۴	۳	۳	۲
سرعت باد (متر بر ثانیه)					
Wind speed (ms <sup>-1</sup> )					

## ۹-۲- ضریب کیفیت سمپاشی<sup>۱</sup>

نهایت ضریب کیفیت سمپاشی با استفاده از رابطه ۷

تعیین می گردد (Safari, 2008).

$$Q_c = \text{VMD}/\text{NMD} \quad (7)$$

## ۱۰-۲- بادبردگی

بادبردگی یکی از موارد مهم در سمپاشی است که وجود آن باعث مشکلاتی نظیر آلودگی محیط زیست، مسمومیت کاربر، از بین بردن حشرات مفید و ... می شود. برای تعیین بادبردگی، بر روی یک درخت مجاور (فاصله از درختی که سمپاشی می شد ۱۰ متر بود) و به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر کارت های حساس قرار داده شد. پس از سمپاشی کارت ها جمع آوری شده و با اندازه گیری تعداد و قطر قطرات در ۱ سانتی متر مربع، مساحت قطرات نشسته شده بر روی کارت های حساس و میانگین آن محاسبه شد.

ارزیابی کیفیت سمپاشی بر اساس استانداردهای

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (Anon, 2007, 2008) انجام شد. بر این اساس، به علت این که

عرض پوشش درخت بیش از ۵۰ سانتی متر بود، سه

پروفایل عمودی<sup>۲</sup> بر روی درخت (یکی در وسط و دو

عدد در دو سمت درخت) انتخاب شد. سپس کاغذهای

حساس به فواصل ۲۵ سانتی متر بر روی این پروفایل ها

قرار داده شدند. این کاغذها که شبیه کاغذ تورنسل بوده

و با برخورد قطرات سم تغییر رنگ می دهند، به منظور

تعیین قطر تقریبی و تعداد قطرات در ۱ سانتی متر مربع

مورد استفاده قرار می گیرند. پس از شمارش و اندازه-

گیری قطر قطرات به منظور تجزیه و تحلیل، اندازه

قطرات گروه بندی و سپس میانه آن ها در نظر گرفته

می شود. با تشکیل جدول فراوانی و تعیین قطر قطراتی

که در ۵۰٪ فراوانی قرار دارند، مقادیر قطر میانه

حجمی<sup>۳</sup> (VMD)، قطر میانه عددی<sup>۴</sup> (NMD) و در

1 - Spraying quality coefficient

2- Profile sampling strategy

3 - Volume median diameter

4 - Numeral median diameter

## ۲-۱۱- محلول مصرفی برای هر درخت

برای بدست آوردن مقدار محلول مصرفی برای هر درخت، مخزن سمپاش‌ها قبل از سمپاشی کاملاً با آب پر شد. پس از سمپاشی توسط بطری و لوله‌های مدرج مجدداً مخزن‌ها پر و در نتیجه مقدار مایع مصرف شده تعیین شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- نتایج تحلیل نیرویی

مقادیر بدست آمده برای جرم بوم تلسکوپی در جدول ۳ آورده شده است. میانگین دبی خروجی بوم با

توجه به اندازه‌گیری زمان و محلول مصرفی بدست آمد. سپس نیروی وارد بر بوم در اثر پاشش محلول مطابق جدول ۴ محاسبه شد. مقدار  $L$  برای حالت بوم باز برابر  $1/75$  متر و برای حالت بوم بسته برابر  $0/525$  متر و مقدار  $X$  در هر دو حالت برابر  $0/33$  متر بود. مقدار  $\theta$  و  $d$  متغیر بود. مقدار  $d$  در این تحقیق برابر  $0/6$  متر و برای زاویه  $\theta$  دو مقدار  $45^\circ$  و  $60^\circ$  در نظر گرفته شد. جرم کل بوم در عدد  $9/8$  ضرب و برحسب نیوتن محاسبه شد. نتایج تحلیل نیرویی مطابق جدول ۵ بدست آمد

جدول ۳. مقادیر مربوط به جرم بوم (کیلوگرم)

Table 3- Values of the boom mass (kg)

شماره لوله Number of pipes				
۲۵	۲۲	۱۸	۱۴	۱۰
۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۴
جرم محلول Mass of solution				
جرم بوم Mass of boom				
۲/۵				
جرم کل Total mass				
۳/۲۵				

جدول ۴. مقادیر مربوط به محاسبه نیروی  $N$  (نیروی وارد بر بوم در اثر پاشش محلول)

Table 4- Values of the calculated force  $N$

نیروی $N$	جرم محلول خروجی	سرعت محلول	دبی بوم	مساحت سطح مقطع
(نیوتن)	(کیلوگرم بر ثانیه)	(متر بر ثانیه)	(مترمکعب بر ثانیه)	خروج محلول (مترمربع)
Force $N$	Mass of exit solution	Solution speed	Boom discharge	Cross-sectional area for exit solution ( $m^2$ )
(N)	( $kgs^{-1}$ )	( $ms^{-1}$ )	( $m^3s^{-1}$ )	
۱۲۲/۳	۹۸	۱/۲۴	۰/۰۰۰۰۹۸	۰/۰۰۰۰۷۸۵

جدول ۵. مقادیر تحلیل نیرویی (نیوتن)

Table 5- Values of analysis of force (N)

بوم باز Open boom		بوم بسته Close boom		حالت بوم Status of boom
۴۵	۶۰	۴۵	۶۰	زاویه بوم (درجه) Boom Angle
۵۲/۸	۱۵/۷	۳۲	۲۴/۱۲	نیروی وارد به دست (F) Applied force on the hand
۱۷۸/۳	۱۲۱/۴	۷۰	۳/۱۸	نیروی وارد به کتف (T) Applied force on the shoulder
۱۴۳/۶	۱۱۳/۷	۱۲۹/۵	۱۴۹	نیروی وارد بر کمر (K) Applied force on the belting
۳۷۴/۷	۲۵۰/۸	۲۳۱/۵	۱۷۶/۳	مجموع نیروها Total Force

طراحی این نازل و کوچک کردن روزنه خروج سم آن و یا مجهز کردن این بوم به هد الکترواستاتیک این مورد مرتفع می‌گردد.

اگر چه ضریب کیفیت سمپاشی قابل محاسبه نبود، اما در سمپاش فوقونی با لانس معمولی بر روی کارت‌های حساس شره‌گی مشاهده شد و کارت‌های حساس بصورت یکنواخت خیس نشده بودند. بنابراین، یکنواختی پاشش روی یک کارت و همچنین بین کارت‌ها در سمپاش نوع تلسکوپی بهتر از نوع فرقونی معمولی بود و هیچ‌گونه شره‌گی مشاهده نشد.

نتایج نشان می‌دهد که در حالت بسته و با زاویه بزرگ‌تر بوم نسبت به افق کمترین مقدار نیرو به کاربر وارد می‌شود. همچنین بیشترین مقدار نیرو در حالتی اتفاق می‌افتاد که بوم کاملاً باز و زاویه نسبت به افق کم بود. با توجه به این که این بوم با هدف سمپاشی باغات کوچک طراحی شده است، مقادیر این نیروها زیاد نمی‌باشد و برای کاربر قابل تحمل می‌باشد. این مطلب زمانی بیشتر قابل پذیرش است که بدانیم سمپاش‌های کتابی و اتومایزر که بر پشت کاربر قرار می‌گیرند وزنی چندین برابر این بوم را دارا می‌باشند.

### ۳-۳-۳- بادبردگی

با توجه به کارت‌های حساس قرار داده شده بر روی درختان و محاسبه مساحت قطرات نشسته شده بر روی کارت‌ها، نتایج بادبردگی مطابق جدول ۶ بدست آمد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس بین روش‌های سمپاشی از نظر باد بردگی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود

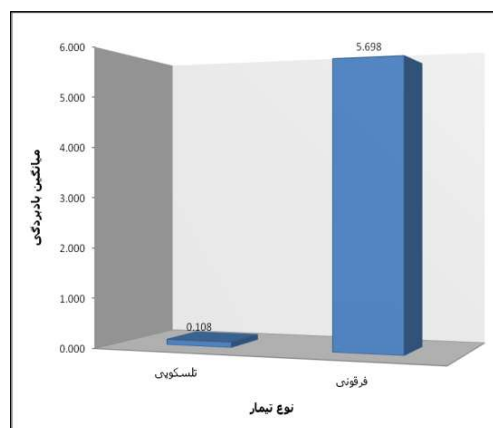
### ۳-۲- کیفیت سمپاشی

به علت این که سطح روی کاغذهای حساس برای هر دو نوع سمپاش تیره شده بود، ضریب کیفیت سمپاشی قابل محاسبه نبود. خیس شدگی کامل کارت‌های حساس برای سمپاش تلسکوپی مربوط به نازل استفاده شده برای این بوم می‌باشد. احتمالاً با تغییر

### ۳-۴- محلول مصرفی برای هر درخت

نتایج آنالیز واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مقدار محلول مصرفی برای سمپاشی هر درخت در جدول ۶ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر میزان محلول مصرفی برای هر درخت در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین مقدار محلول مصرفی برای سمپاشی هر درخت نیز در شکل ۷ نشان داده شده است. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، مقدار مصرف محلول سمپاش فرقونی میانگین‌ها، مقدار مصرف محلول سمپاش فرقونی (۱۵/۶۸۳ لیتر در درخت) بیشتر از سمپاش تلسکویی (۱۱/۱۸۳ لیتر در درخت) بود. دلیل این امر تفاوت در فشارکاری سمپاش‌ها (سمپاش فرقونی با فشار ۲۰ بار و سمپاش تلسکویی با فشار ۴ بار کار می‌کرد) و همچنین بادبردگی بیشتر سمپاش فرقونی که باعث می‌شود کاربر برای سمپاشی مطلوب زمان بیشتری سمپاشی نماید، می‌باشد. با توجه به اینکه هیچ نوع تحقیقی در زمینه ارزیابی سمپاش فرقونی در باغات انجام نشده است، امکان مقایسه نتایج این پژوهش با نتیجه تحقیقات دیگر وجود ندارد.

داشت. مقایسه میانگین بادبردگی در دو روش سمپاشی نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار بادبردگی سمپاش فرقونی (۵/۶۹۸ میلی‌متر مربع) دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به مقدار آن برای سمپاش مجهز به بوم تلسکویی (۰/۱۰۸ میلی‌متر مربع) بود. دلیل اصلی مشکل بادبردگی بیشتر در سمپاش شاهد، سمپاشی در ارتفاع بالا با فشار کاری زیاد است. در حالی که سمپاش تلسکویی به دلیل فشار پاشش کمتر و فاصله کم پاشش میزان بادبردگی کمتری داشت.



شکل ۶. مقایسه میانگین بادبردگی (میلی‌متر مربع) دو نوع سمپاش مورد آزمون

Fig.6. Comparison of drift mean (mm<sup>2</sup>) tested sprayers.

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر منابع تغییرات بر بادبردگی (میلیمتر مربع) و محلول مصرفی (لیتر در درخت)

Table 6- Analysis of variance for effect of Sources of variation on drift (mm<sup>2</sup>) and solution consumption (lit/tree)

میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Source of variations
محلول مصرفی Solution consumption	بادبردگی Drift	
۳۰/۳۷۵ *	۴۶/۸۸ **	تیمار Treatment
۰/۶۷۴ ns	۰/۲۸ ns	بلوک Block
۰/۸۶۰	۰/۳۵	خطا Error
	۵	کل Total

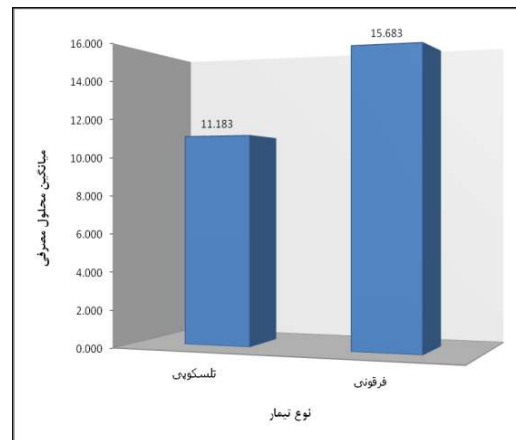
ns- عدم وجود اختلاف معنی داری \* - معنی داری در سطح ۵٪ \*\* - معنی داری در سطح ۱٪  
ns- Non-significant; \* - Significance at 5% level; \*\* - Significance at 1% level.

۱- بادبردگی در مقایسه با سمپاش شاهد به طور قابل توجهی کاهش یافت. در نتیجه با استفاده از این دستگاه، مشکلاتی نظیر آلودگی محیط زیست، مسمومیت کاربر، از بین بردن حشرات مفید و ... کاهش می یابد.

۲- کیفیت سمپاشی اگر چه قابل محاسبه نبود ولی مشاهدات بیانگر این نکته بود که یکنواختی پاشش مطلوب تر شده و با طراحی بهتر نازل بوم تلسکوپی کیفیت و یکنواختی پاشش بهتر خواهد شد. همچنین می توان این بوم را به هد الکترواستاتیک مجهز نمود و از مزایای آن هد نیز بهره برد.

۳- میزان محلول در مقایسه با سمپاش شاهد مصرفی کاهش معنی داری نشان داد.

۴- هر دو سمپاش مورد آزمون در این تحقیق مشابه بودند و از یک نوع پمپ و موتور استفاده می کردند. اما با توجه به اینکه سمپاش مجهز به بوم تلسکوپی با فشار ۴ بار کار می کند، نیاز به چنین موتوری با توان زیاد نداشته و در تولید انبوه و بکارگیری



شکل ۷. مقایسه سمپاش ها از نظر محلول مصرفی (لیتر در درخت)

Fig.7. Comparison of sprayers in aspect of solution consumption.

#### ۴- نتیجه گیری

در اجرای این تحقیق یک بوم تلسکوپی برای کاهش فاصله پاشش سم تا پوشش درختان طراحی، ساخته و ارزیابی شد. نتایج تحلیل های آماری نشان داد که اهداف پژوهش محقق گردیده است و بطور خلاصه می توان به نتایج زیر اشاره نمود:

پمپ و موتورهای با توان کمتر که فشار ۴ بار را تولید نمایند نیز در مقدار محلول مصرفی و سوخت مصرفی صرفه، جویی می‌شود و هم تا حدودی زیادی قیمت سمپاش‌های مرسوم کاهش پیدا کرد.

۵- نیروهای وارده به کاربر در مقایسه با سمپاش کاهش پیدا می‌کند و که این امر از نقطه نظر اقتصادی قابل توجه می‌باشد.

#### ۵- فهرست منابع

1. Afshari, M. 1992. Methods of application of pesticides. **Plant pests and diseases research institute**. (In Farsi)
2. Anon. 2008. Field measurement of spray distribution in tree and bush crops. **ISIRI**. No. 10347. (In Farsi)
3. Anon. 2007. Methods for field measurement of spray drift. **ISIRI**. No. 10493. (In Farsi)
4. Aryan, M. 2003. Design, development and evaluation of a spinning disc centrifugal sprayer. **M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University**. Tehran. Iran. (In Farsi)
5. Bordbar, R., Ghassam, A., Alizadeh, E. and Roosta, M. 2010. Study and comparing of different sprayer to aim of decreases of herbicides application in wheat fields. National Conference on Agriculture, **Conservation and Sustainable Development**. April 25-28. Akbarabad. Shiraz. Code 110-89. (In Farsi)
6. Holownicki, R., Doruchowski, G. and Godyn, A. 1996. Efficient spray deposition in the orchard using a tunnel sprayer with a new concept of air jet emission. **IOBC/WPRS Bulletin**. <http://www.iobc-wprs.org/> 19(4): 284-288.
7. Jafari Malekabadi, A. 2012. Design, manufacturing and evaluation of telescopic boom for spraying gardens. **M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Islamic Azad University**. Eqlid Branch. Iran. (In Farsi)
8. Mehranzadeh, M. and Shahidzadeh, M. 2006. Identifying suitable spraying method to reduce the amount of chemicals in sugar beet cultivation. **J. AGR. ENG. RES.** 26: 27-42. (In Farsi)
9. Mostafayi, Meinagh, B., Ghobadian, B. and Jahan Nema, M. 2008. Design and development of a greenhouse electrostatic sprayer and evaluation of the droplets charging. **J. Agricultural Knowledge**. 18, 229-242. (In Farsi)
10. Panneton, B. and Lacasse, B. 2004. Effect of air-assistance configuration on spray recovery and target coverage for a vineyard sprayer. **Canadian biosystems engineering**. 46: 13-18.
11. Saeedi, M. 1996. Design and development garden tiller sprayer. **M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University**. Tehran. Iran. (In Farsi)

12. Safari, M. 2008. Technical evaluation conventional and new sprayers in wheat farms in order to determination of methods and proper machine to use in different regions of country. **Proceedings of the 5th National Conference of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Aug 28-29. Ferdowsi University of Mashhad. Code 207.** (In Farsi)
13. Safari, M. and Kafashan, J. 2005. Development and evaluation of a mounted spinning disk sprayer in and a conventional tractor mounted boom sprayer. **J. AGR. ENG. RES.** 24, 15-32. (In Farsi)
14. Salyani, M. and Farooq, M. 2003. Sprayer air energy demand for satisfactory spray coverage in citrus applications. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 116: 298-304.
15. Salyani, M. and Farooq, M. 2004. Drift potential of citrus air-carrier sprayers. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 117: 130-135.
16. Shikhi Ghorjan, A., Keyhanyan, A. and Moein, S. 2009. Efficiency of sprayer equipped by micronair nozzles in chemical control of Sunn pest nymphs. **J. Plant Pests and Diseases**, 19-32. (In Farsi)
17. Walklate, P.J. 1992. A simulation study of pesticide drift from an air-assisted orchard sprayer. **Transactions of the scienceirect.** 51: 263-283.

## Design and Fabrication of Telescopic Boom for Spraying Orchards and Comparison with a Conventional Sprayer

A. Jafari Malekabadi<sup>1</sup>, M. Sadeghi<sup>2</sup> And H. Zaki Dizaji<sup>\*3</sup>

1- PHD student, Agricultural machinery Engineering Dept., Ferdousi Mashhad University.

2- Assistant Professor of Farm Machinery Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

3- Assistant professor, Agricultural Machinery Eng. And mechanization Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran, Tel/Fax: +98611 366 4057

\*Corresponding Author Email: [hzakid@scu.ac.ir](mailto:hzakid@scu.ac.ir)

Received: April 09, 2014      Accepted: October 30, 2015

### Abstract

Spraying of orchards with tall trees and irregular arrangement face several problems such as irregular tree planting; hard trafficability of tractors, common borders with adjacent land, farmer's economic problems for buying tractors, high drift in high-height sprayers, and low height of spraying as well as hard work with common sprayers. In this study, a telescoping boom sprayer was designed and fabricated in order to solve these problems. The sprayer equipped with this boom was assessed in comparison with the conventional sprayer (Wheel Barrow sprayer) in aspect of drift, spraying quality and solution consumption. The experiments were conducted in randomized complete block design (RCBD) with three replications. Results showed that the spraying quality for sprayers could not be evaluated as the surface of sensitive papers were wetted completely, but distribution of droplets on each card and between the cards was more uniform in telescoping boom. According to analysis of variance and mean comparison, there was a significant difference between sprayers in terms of drift in 1% probability level. Due to drift comparison, the mean of droplet area was 5.698 and 0.108 mm<sup>2</sup> in Wheel Barrow sprayer and telescoping boom sprayer, respectively. There was also a significant difference between the tested sprayers' solution consumption for each tree in 5% probability level. The solution consumption of the telescoping sprayer (11/183 lit/tree) was less than that (15/683 lit/tree) obtained for the Wheel Barrow sprayer.

**Keywords:** Orchard, Sprayer, Telescoping boom, Wheel Barrow sprayer