

طراحی و ساخت ماشین نیوماتیکی - حرارتی برای کنترل آفت سوسک کلرادو سیب‌زمینی

زهرا طبیبی^۱، اسعد مدرس مطلق^۲ و غلامرضا روحی^{۳*}

چکیده

سیب‌زمینی از پرمصرف‌ترین محصولات کشاورزی در جهان و ایران است، که در سطحی معادل ۱۷۰ هزار هکتار از اراضی آبی کشور کشت می‌شود و محصول سالانه آن بالغ بر ۵/۷ میلیون تن است. معضل مهم در امر تولید این محصول، آفت سوسک کلرادو (CPB) است که در چند سال اخیر، خسارت‌های سنگینی را به اقتصاد کشاورزان وارد کرده است. روش عمده برای مبارزه با این آفت در بین کشاورزان، استفاده از سموم شیمیایی می‌باشد. لکن برای کنترل آفت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، تکیه بر به کارگیری سموم شیمیایی، باعث ایجاد مقاومت این حشرات در برابر سموم شیمیایی شده و استفاده از سموم شیمیایی با غلظت‌های بالاتر علاوه بر آلودگی محیط‌زیست، هزینه تولید را افزایش می‌دهد. هدف از تحقیق حاضر، طراحی و ساخت ماشین نمونه اولیه برای کنترل سوسک کلرادو است. اساس کار این ماشین بر مبنای سیستم‌های نیوماتیکی و حرارتی است. نحوه کار این ماشین به این صورت است که به هر ردیف کشت یک دهانه خروج باد باز می‌شود و با شروع حرکت تراکتور و ایجاد دور در محور PTO، شافت فن‌ها دور گرفته و با ایجاد هوای فشرده، باد از دهانه خروجی به بوته‌های گیاهان برخورد می‌کند. این کار باعث جدا شدن آفات از روی بوته‌ها شده که با برخورد به صفحات توری که در روی شاسی ماشین تعبیه شده است، بر روی زمین در فاصله بین دو ردیف کشت انتقال می‌یابند. در همین هنگام بخش تولید شعله عمل کرده و بلافاصله آفات انتقال یافته به زمین را سوزانده و نابود می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آفت سوسک کلرادو، سیب‌زمینی، سیستم نیوماتیکی، شعله افکن، کنترل مکانیکی.

ارجاع: طبیبی ز. مدرس مطلق ا. و روحی غ. ر. ۱۳۹۱. طراحی و ساخت ماشین نیوماتیکی - حرارتی برای کنترل آفت سوسک کلرادو سیب‌زمینی. مجله پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۱۱(۱): ۲۵-۱۷.

۱- کارشناس ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، شرکت تراکتورسازی تبریز.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۳- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه، دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

* نویسنده مسئول: summer13it@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۱۵

مقدمه

سیبزمینی از مهمترین محصولات کشاورزی دنیا است. مهمترین آفت این گیاه سوسک کلرادو با نام علمی *Leptinotarsa Decemlineata* بوده و بیشتر با نام مخفف CPB مشهور است. این حشره مقاومت زیادی نسبت به عوامل کشنده (سموم دفع آفات) از خود نشان داده و می‌تواند تا ۴۰ روز گرسنگی را تحمل کند (اردبیلی و کاظمی، ۱۳۷۱).

از روش‌های مبارزه با این آفت استفاده از سموم شیمیایی (حشره‌کش کالیپسو و کونفیدور) است که متأسفانه با گذشت زمان، نسل‌های بعدی این حشره به آفت‌کش‌ها مقاوم شده و باید میزان سم در هکتار افزایش یابد (بوی‌تو و همکاران، ۱۹۹۲). این به معنی افزایش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی است (پریش، ۱۹۸۹). روش دیگر مبارزه با این آفت، استفاده از مواد ضد عفونی کننده مانند فومیگانت‌ها که اگر چه برای انسان ضرری ندارد ولی غده‌های سیبزمینی می‌شود و عملکرد محصول در هکتار کاهش می‌یابد (اردبیلی و کاظمی، ۱۳۷۴). از طرفی امروزه تولید و مصرف محصولات ارگانیک در جهان بسیار اهمیت دارد و در تعدادی از کشورهای پیشرفته، تولید بعضی از محصولات به صورت کشت غیرارگانیک ممنوع است (لاگو و همکاران، ۱۹۹۹). زیرا محصولات ارگانیک به صورت طبیعی کشت شده و رشد می‌یابند و آثاری از مواد شیمیایی در آن‌ها وجود نداشته و تأثیر سوء در بدن انسان ایجاد نمی‌کنند (لالور و بوچله، ۱۹۷۰).

تمامی عوامل فوق باعث شده‌اند که ضرورت نیاز به طرح‌ها و ایده‌های مناسب‌تری برای مبارزه با این آفت به وجود آمده و راهکارهای بهتری به جای استفاده از سموم شیمیایی استفاده شود. روش‌های مکانیکی مبارزه با آفات، جایگزین مناسبی برای روش‌های شیمیایی است. از روش‌های مکانیکی مبارزه با آفات استفاده از جریان باد و شعله در ماشین‌های مبارزه با آفات است. در حقیقت سیستم‌های نیوماتیکی اساس کار این ماشین‌ها بوده و سیستم‌های حرارتی به عنوان تجهیزاتی برای تکمیل کار این ماشین‌ها هستند (دوچنس و بوی‌تو، ۱۹۹۲). روش‌های حرارتی با استفاده از شعله برای کنترل علف‌های هرز و آفات گیاهی از سال ۱۹۴۰ شروع شده و برای گیاهانی نظیر پنبه، ذرت و سیبزمینی به کار برده شده است

(لاکاس و همکاران، ۱۹۹۸). اگرچه با افزایش قیمت سوخت بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ تردیدهایی در استفاده از این روش به وجود آمد، اما به مرور زمان با توجه به مقاوم شدن آفات، افزایش مصرف سم در هکتار و افزایش آلودگی زیست‌محیطی، در سال‌های اخیر به این روش توجه شده است و تحقیقات زیادی درباره آن صورت گرفته است (لاگو و همکاران، ۱۹۷۷). در اوایل دهه ۱۹۸۰ به دلیل مقاومت آفت سوسک کلرادو نسبت به سموم شیمیایی و آفت‌کش‌های مصرفی، دوباره ایده استفاده از سیستم‌های نیوماتیکی مطرح شد و تا سال ۱۹۹۰ حداقل هشت شرکت ماشین‌هایی را با استفاده از این سیستم تولید و روانه بازار کردند (لاکاس، ۱۹۹۶).

لاگو و همکاران (۱۹۹۹) اقدام به طراحی و ساخت ماشینی برای مبارزه با آفت سوسک کلرادو سیبزمینی کردند. طراحی این ماشین بر اساس سیستم‌های نیوماتیکی-حرارتی انجام گرفته و به اتصال سه نقطه تراکتور وصل می‌شود. نتایج استفاده از این ماشین نشان داد که کاربرد آن تأثیر منفی در رشد یا بازده محصول ندارد و باعث کاهش شدید مصرف سموم و آفات شیمیایی می‌شود.

تحقیقات نشان داده است که کاربرد ماشین‌های دمشی برای کنترل آفات بهتر از ماشین‌های مکشی (وکیومی) بوده و استفاده از عمل شعله افکنی برای نابود کردن سوسک کلرادو بسیار کارآمد است (فرو، ۱۹۹۵). مناسب‌ترین سرعت هوای فشرده برای جدا کردن آفت سوسک کلرادو از روی بوته‌ها وقتی تراکتور با سرعت ۶ km/h حرکت می‌کند، حدود ۳۵ m/s است و میزان سوخت مصرفی برای تیمار یک هکتار از مزرعه سیبزمینی حدود ۲۰ lit است (لاگو و همکاران، ۱۹۹۹).

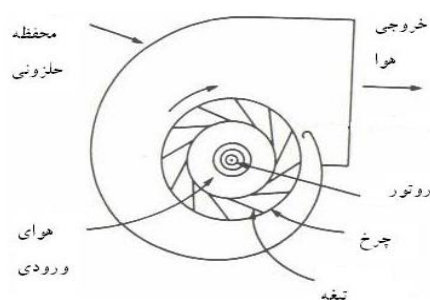
یکی دیگر از معروف‌ترین ماشین‌های کنترل آفات نباتی به روش نیوماتیکی، بیوکلتور (شکل ۱) است. این ماشین مخصوص کنترل آفت سوسک کلرادو سیبزمینی (CPB) بوده و به وسیله یک شرکت آلمانی در ماساچوست طراحی و ساخته شده است.

معایب مهم ماشین بیوکلتور:

۱- در این ماشین واحدی برای نابودی کامل آفات وجود ندارد. یعنی با مکش سوسک کلرادو را از گیاه جدا کرده و وارد محفظه مربوطه می‌کند.

۲- هزینه ساخت آن بسیار بالا است (به دلیل داشتن پمپ و موتورهای هیدرولیکی).

تأمین می‌کنند. علت استفاده از فن‌های سانتریفوژ نیاز به دبی هوای خروجی زیاد بود. در فن‌های سانتریفوژ در حلزونی فشار هوای بالایی ایجاد می‌شود و افت فشار ناشی از سیستم انتقال دهنده خنثی شده و جریان هوای بالایی در خروجی فن ایجاد می‌شود (موسوی، ۱۳۶۴). نمای شماتیک یک فن سانتریفوژ در شکل ۲ نمایش داده شده است. در مسیر انتقال باد از دهانه خروجی فن به دریچه خروج هوا به سمت گیاه از کانالی قابل انعطاف از جنس برزنت استفاده می‌شود.



شکل ۲- نمای شماتیک فن سانتریفوژ

بخش تولید شعله برای ایجاد شعله و حرارت در مجاورت زمین، بین دو ردیف کشت است. این قسمت از سه واحد جداگانه تشکیل شده که هر واحد دارای یک مشعل، شعله پخش‌کن و محافظ شعله است. هر یک از این واحدها در فاصله بین دو ردیف کشت بر روی شاسی ماشین نصب می‌شوند. برای تأمین سوخت لازم از دو کپسول گاز مایع (LPG) که در طرفین شاسی اصلی نصب شده است استفاده می‌شود و برای جلوگیری از خم شدن بوته‌های گیاهان در اثر برخورد جریان هوا، در طراحی این ماشین، میله‌های محافظ در نظر گرفته شده است و برای جلوگیری از پخش شدن آفات جدا شده از گیاه در اطراف، از صفحات توری استفاده شده است. در شکل ۳ شمای کلی از ماشین طراحی شده در نرم‌افزار 3D MAX نشان داده شده است. چون این ماشین برای اولین بار در کشور ساخته می‌شود، پس قسمت‌های مختلف آن طوری طراحی شده‌اند که اجزای آن قابل تنظیم بوده و در مرحله ارزیابی، پژوهشگران بتوانند با تغییرات و تنظیمات قسمت‌های مختلف آن به پارامترهای مطلوب در زمینه دفع آفات برسند. هر چند این ماشین مخصوص گیاه سیب‌زمینی و مبارزه با آفت سوسک کلرادو طراحی شده است، ولی با ایجاد تنظیماتی در سرعت هوا و میزان حرارت و ... با استفاده از تغییر دور فن‌ها، دهانه خروجی هوا، نوع

۳- به دلیل داشتن تجهیزات زیاد، وزن زیادی دارد.

۴- به اتصال سه نقطه در جلوی تراکتور وصل می‌شود.



شکل ۱- بیوکلکتور

با توجه به مطالبی که ذکر شد هدف از این طرح، طراحی و ساخت ماشینی برای کنترل آفت سوسک کلرادو است که با ایجاد تغییراتی می‌تواند برای کنترل آفات محصولات دیگر استفاده شود. این ماشین بر اساس سیستم‌های نیوماتیکی- حرارتی کار می‌کند و طراحی و ساخت آن برای اولین بار در کشور صورت می‌گیرد. برای اجرای آن اهداف زیر دنبال می‌شود:

- ۱- ارزیابی طراحی نوین در صنعت کشاورزی برای مبارزه با آفات به روش‌های غیرشیمیایی در داخل کشور.
- ۲- برداشتن گامی برای تولید محصولات ارگانیک در داخل کشور.
- ۳- مکانیزه کردن عملیات کشت و زرع سیب‌زمینی در کشور و افزایش درجه مکانیزاسیون.
- ۴- کاهش هزینه‌های مصرفی در خصوص مبارزه با آفات و حفظ سلامتی و محیط‌زیست.

مواد و روش‌ها

الف- اجزاء ماشین

ماشین طراحی شده در این طرح، به صورت سوار شونده به اتصال سه نقطه تراکتور وصل می‌شود و برای ۴ ردیف کشت طراحی شده است. این ماشین از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: بخش تولید باد (هوای فشرده) و بخش تولید شعله (حرارت).

بخش تولید باد از ۴ واحد فن تشکیل می‌شود که این فن‌ها از نوع سانتریفوژی بوده و در امتداد هم به طور افقی (به گونه‌ای که دهانه خروجی هوا در آن‌ها رو به پایین قرار می‌گیرد) بر روی شاسی نصب می‌شوند و به طور سری از محور انتقال نیروی تراکتور، گشتاور و دور لازم خود را

$$Q=A.V \quad (۱)$$

که در آن، Q ، دبی هوای فشرده در دهانه خروجی (m^3/s)، A ، مساحت دهانه خروجی (m^2) و V ، سرعت هوای فشرده (m/s) است.

چون هوای فشرده پس از عبور از دهانه خروجی فن از کانالی قیفی شکل از جنس برزنت عبور کرده و پس از عبور از بخش انتقال باد به سمت بوته‌ها دمیده می‌شود، پس به علت افت ایجاد شده در دبی، برای تعیین دبی هوای لازم در دهانه خروجی فن، باید محاسبات لازم از بخش انتقال باد به سمت بوته‌ها در نزدیک گیاه انجام شود. دهانه خروجی هوا به سمت بوته‌ها به شکل مستطیل انتخاب شد و طول آن با توجه به ارتفاع گیاه سیب‌زمینی و عرض آن با توجه به میزان تأثیر جریان هوا روی بوته‌ها انتخاب شد. از آن‌جا که گیاه سیب‌زمینی می‌تواند تا ارتفاع ۵۰ cm رشد کند، طول دهانه ۴۶ cm انتخاب شد (چون موقع قرارگیری روی شاسی در ارتفاع ۷ cm از سطح زمین قرار می‌گیرد و تمامی سطح گیاه در بعد ارتفاع را می‌پوشاند) و عرض دهانه نیز ۱۰ cm طراحی شد، زیرا هر چه ابعاد بخش انتقال باد در نزدیکی بوته‌ها کوچکتر باشد به همان نسبت سرعت هوای خروجی افزایش یافته و آفات بهتر از بوته‌ها جدا می‌شوند. مساحت دهانه خروجی هوا برابر 460 cm^2 می‌باشد.

پس با استفاده از رابطه ۱ می‌توان مقدار دبی لازم برای جریان هوا در نزدیکی گیاه را $5796 \text{ m}^3/h$ محاسبه کرد. اکنون باید میزان افت ناشی از عبور باد از کانال انتقال هوا (پارچه برزنتی) هم در نظر گرفته شود. برای این منظور از ضریب اطمینان $1/5$ در محاسبات دبی استفاده می‌شود ($5795 \times 1.5 = 8694 \text{ m}^3/h$) (موسوی، ۱۳۶۴).

مقدار دبی به دست آمده در بالا، همان مقدار دبی است که باید از دهانه خروجی فن خارج شده و پس از عبور از کانال انتقال هوا به بوته‌ها برخورد کند. چون فن سانتریفوژی با خم جلو کم صدا بوده و در فشار کمتر مقدار دبی هوای بیشتری می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۷۶)، پس این فن انتخاب شد. همچنین چون باید دهانه خروجی فن مورد نیاز جهتی رو به پایین داشته باشد، باید از فن با زاویه دهانه صفر درجه (به سمت پایین) استفاده شود (شکل ۵).

چون فن سانتریفوژ دو طرفه در مقایسه با نوع یک طرفه دبی بیشتری دارد و در ضمن محور دورانی شافت آن از دو

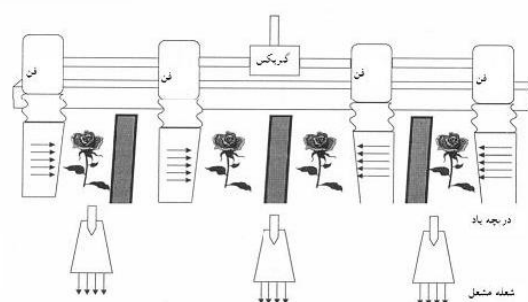
مشعل‌ها و بعضی قسمت‌های دیگر، می‌توان آن را برای کنترل آفات محصولات دیگر که به صورت ردیفی کشت می‌شوند، به کار برد.



شکل ۳- شمای کلی از ماشین طراحی شده

ب- نحوه کار ماشین

ابتدا فاصله چرخ‌های جلو و عقب تراکتور با توجه به فاصله ردیف‌های کشت تنظیم می‌شود تا هیچ گونه آسیبی به بوته‌های گیاه وارد نشود. سپس با شروع حرکت تراکتور در سطح مزرعه و بین ردیف‌های کشت، هوای فشرده از طریق دهانه خروجی فن‌های سانتریفوژ (در امتداد کانال برزنتی) به بوته‌های گیاه سیب‌زمینی برخورد کرده و آفات سوسک کلرادو از برگ‌ها و بوته‌ها جدا شده و پس از اصابت به صفحات توری، روی زمین بین دو ردیف کشت می‌افتند. که با عبور واحد تولید شعله و حرارت از روی آن‌ها به طور کامل نابود می‌شوند. در شکل ۴ شماتیک نحوه کار ماشین نشان داده شده است.



شکل ۴- شماتیک نحوه کار ماشین

ج- طراحی اجزای ماشین

بخش انتقال باد: برای انتخاب فن مناسب برای این ماشین، دبی هوای خروجی از مهمترین پارامترها است که برای به دست آوردن آن از رابطه زیر باید سرعت باد و مساحت خروجی هوا مشخص شود:

(۲) $P=Tn/60$
 که در آن، P ، قدرت (وات)، T ، گشتاور دورانی (نیوتن در متر) و n ، سرعت دورانی شافت (دور بر دقیقه) است.
 چون در هر طرف ۲ واحد فن وجود دارد پس قدرت لازم برای شافت ۱۲ KW است. با جایگذاری در رابطه ۲ مقدار گشتاور دورانی به صورت زیر محاسبه می‌شود:
 $12000=T*1796/60 \rightarrow T=400.8 \text{ N.m}$
 برای تعیین تنش برشی ماکزیمم در شافت از رابطه زیر استفاده می‌شود:

(۳) $\tau=Tr/j$
 که در آن، τ ، تنش برشی ماکزیمم (N/m^2)، r ، شعاع شافت (m) و j ، ممان اینرسی قطبی (m^4) است.
 چون تنش برشی ماکزیمم (255.3 MPa) از مقدار S_{sy} بیشتر شده است پس اندازه ۲۰ mm برای قطر شافت قابل قبول نبوده و اندازه ۳۰ mm را انتخاب کرد، که با جایگذاری در رابطه ۴ تنش برشی ماکزیمم $75/65 \text{ MPa}$ محاسبه می‌شود که چون از S_{sy} کمتر است قابل قبول است. شکل ۷ شافت ساخته شده بر اساس معادلات طراحی را نشان می‌دهد که طرف کوچکتر آن دارای قطر ۳۰ mm است و به محور فن وصل می‌شود.

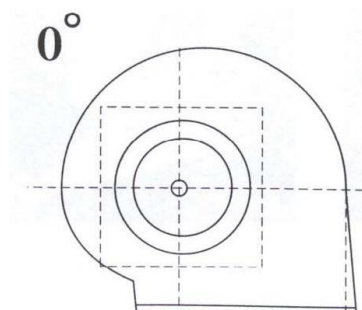


شکل ۷- شافت بین فن و جعبه دنده

برای طراحی سیستم انتقال نیرو از PTO تراکتور تا شافت دورانی فن‌ها باید موارد زیر رعایت شود:

- انتقال نیرو از PTO تراکتور به روی شاسی اصلی (در ارتفاع بالاتر) که فن‌ها روی آن قرار دارند صورت می‌گیرد.
 - تبدیل دور از 540 rpm به 1796 rpm .
 - تغییر جهت نیروی انتقالی از محور PTO به اندازه ۹۰ درجه.
- تأمین نیازهای بالا به وسیله تسمه و پولی و جعبه‌دنده امکان‌پذیر است. کار اصلی تسمه و پولی (شکل ۸، الف) انتقال نیرو از PTO به ارتفاع بالاتر است و تا حدی میزان دور خروجی از PTO را افزایش می‌دهد. کار اصلی جعبه

طرف به سمت بیرون امتداد دارد (موسوی، ۱۳۶۴)، نوع دو طرفه انتخاب شد. حال با توجه به میزان دبی به دست آمده در نهایت مدل AT 10-10 شرکت نیکوترا که مشخصات آن در جدول ۱ داده شده است، انتخاب شد (شکل ۶).



شکل ۵- جهت زاویه فلنج فن انتخابی

جدول ۱- مشخصات فن AT 10-10 نیکوترا

دور فن (rpm)	۱۷۰۰-۲۰۰۰ (بهترین دور)
توان لازم برای راه اندازی (KW)	۶ (۱۷۹۶)
سرعت لبه در پره‌ها (m/s)	۱۷/۵
وزن (Kg)	۳۵
بازده (%)	۹۵
قطر شافت (mm)	۲۰
ابعاد دهانه (cm)	۳۳×۲۹



شکل ۶- فن AT 10-10 نیکوترا

سیستم انتقال نیرو: برای کاراندازی فن‌ها، نیروی لازم از PTO تراکتور، با سیستم انتقال نیرو به شافت دورانی فن‌ها انتقال یافته و با دوران شافت فن‌ها، پره‌های فن‌های سانتریفوژ شروع به حرکت می‌کنند. قدرت لازم برای دوران هر فن ۶ KW و دور مطلوب فن‌ها 1796 rpm است (جدول ۱). جنس فلز انتخاب شده برای ساخت این شافت St37 می‌باشد که در آن $S_y=220 \text{ MPa}$ (استحکام کششی) و $S_{sy}=110 \text{ MPa}$ (تنش تسلیم) است (شادروان، ۱۳۷۵). طراحی شافت مطابق روابط زیر صورت می‌گیرد:

میزان افزایش دور این جعبه دنده ۲/۵ (R_1) و توان آن ۴۰ KW است. می‌دانیم که مقدار R_{total} باید ۳/۲۲ باشد (۱۷۹۶/۵۴۰)، که با جایگذاری مقادیر R_1 و R_{total} در رابطه ۴، مقدار R_2 برابر با ۱/۳۳ خواهد شد. یعنی سیستم تسمه و پولی باید طوری طراحی شود که بتواند R_2 را ایجاد نماید. به علت وجود ۵٪ افت ناشی از لغزش در افزایش دور به وسیله تسمه و پولی (شادروان، ۱۳۷۵)، این مقدار را ۱/۳۹ در نظر می‌گیریم، که بر اساس آن تسمه و پولی طراحی و ساخته شد.

بخش تولید حرارت: برای نابودی آفات جدا شده از گیاه که در فاصله بین دو ردیف کشت قرار می‌گیرد، بخش تولید شعله عمل کرده و آفات انتقال یافته به روی زمین در فاصله بین دو ردیف کشت را بلافاصله بعد از انتقال به زمین نابود می‌کند. سرعت عمل در این بخش بسیار مهم است، زیرا در صورت تأخیر در سوزاندن آفات، آفات جدا شده از گیاهان امکان برگشت به روی بوته‌ها را داشته و دوباره این فرصت را دارند که بر روی برگ‌های بوته‌ها ظاهر شوند. در بخش تولید شعله واحدهای مشعل به تعداد سه واحد در فاصله بین ردیف‌های کشت نصب می‌شوند. واحد مشعل از قسمت‌هایی مانند مخزن سوخت، رگلاتورهای فشار و فشارسنج، سوپاپ‌های الکتریکی برای فشارهای کم و زیاد، شیر گاز در محل نصب مشعل، مشعل مخصوص گاز مایع، مخروط شعله پخش‌کن، حفاظ فلزی، شیلنگ‌های مخصوص گاز و جرقه‌زن الکتریکی تشکیل شده است. در شکل ۹ نمای کلی ماشین نشان داده شده است.



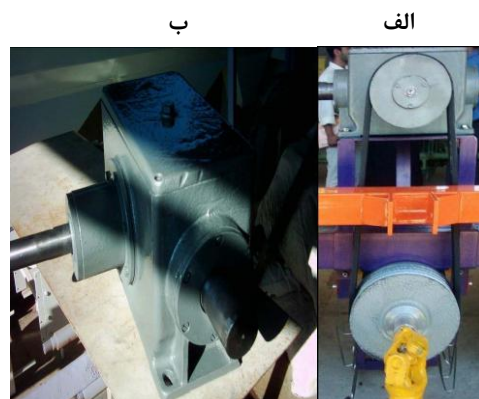
شکل ۹- نمای کلی ماشین بعد از ساخت

برای اندازه‌گیری سرعت هوای خروجی فن، از سرعت‌سنج هوای مدل TESTO 410-1 استفاده شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- سرعت‌سنج هوای TESTO 410-1

دنده (شکل ۸، ب) تغییر جهت دوران و گشتاور ایجاد شده به وسیله محور PTO به اندازه ۹۰ درجه برای شافت دورانی فن‌ها است. قسمت عمده افزایش دور خروجی از محور PTO تا شافت دورانی محور فن‌ها بر عهده جعبه دنده است.



شکل ۸- تسمه و پولی طراحی شده (الف) و جعبه دنده انتخاب شده (ب)

برای طراحی و انتخاب جعبه دنده و تسمه و پولی با توجه به رابطه زیر، نسبت‌ها و اندازه‌های متفاوتی را می‌توان در نظر گرفت.

$$R_{total} = R_1 \cdot R_2 \quad (۴)$$

که در آن، R_{total} نسبت تبدیل دور از PTO به فن‌ها (افزایش دور از ۵۴۰ rpm به ۱۷۹۶ rpm)، R_1 نسبت افزایش دور جعبه دنده و R_2 نسبت افزایش دور به وسیله تسمه و پولی است.

جعبه دنده انتخابی در این ماشین باید از نوع دنده مخروطی باشد، زیرا فقط این نوع جعبه دنده قادر به تغییر جهت حرکت ورودی و خروجی به اندازه ۹۰ درجه است. جعبه دنده انتخابی برای این ماشین (شکل ۸، ب) ساخت کشور آلمان بوده و مشخصات آن در جدول ۲ داده شده است.

جدول ۲- مشخصات جعبه دنده انتخابی

تعداد دندانه‌های چرخ دنده بزرگ	۶۰ عدد
تعداد دندانه‌های چرخ دنده کوچک	۲۴ عدد
قطر شافت ورودی	۴۰ میلی‌متر
قطر شافت‌های خروجی	۶۰ میلی‌متر
ارتفاع بدنه جعبه دنده	۲۰۰ میلی‌متر
طول بدنه جعبه دنده	۳۵۰ میلی‌متر
عرض بدنه جعبه دنده	۲۹۰ میلی‌متر
ارتفاع محور خروجی از زمین	۱۴۰ میلی‌متر
وزن جعبه دنده	۷۴/۵ کیلوگرم

نتایج و بحث

گرفته و جریان هوای ورودی را در چهار بخش هدایت می‌کنند.



شکل ۱۱- پره‌های هدایت باد

انجام آزمایش‌های لازم برای تعیین دور فن و سرعت باد: بعد از اطمینان از صحت کارکرد ماشین آزمایش‌هایی برای تعیین دور فن و سرعت باد در دهانه خروجی هوا انجام گرفت. برای این کار از تاکومتر، سرعت‌سنج و کرومومتر استفاده شد. ابتدا دور فن با تاکومتر در دورهای مختلف PTO (با تغییر دور موتور) اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

جدول ۳- تعیین عملکرد ماشین پس از آزمایش در دورهای مختلف موتور

دور موتور (rpm)	۱۸۹۶	۱۵۰۰	۱۳۰۰
دور PTO (rpm)	۵۴۰	۴۲۷	۳۷۰
دور فن (rpm)	۱۷۲۰	۱۱۲۰	۸۴۶
سرعت باد در دهانه خروجی (m/s)	۴۰/۲	۲۸/۳	۲۲/۶

سپس با سرعت‌سنج، اندازه سرعت خطی باد در دهانه خروجی هوا با ایجاد دورهای متفاوت در PTO اندازه‌گیری شد. اندازه‌های به دست آمده (جدول ۴)، با اندازه‌های لازم در کار این ماشین طبق محاسبات انجام شده، یکسان بوده و تفاوت کمی در آن دیده می‌شود. مهمترین پارامتر مورد نیاز در این ماشین اندازه سرعت خطی باد در دهانه می‌باشد، که اندازه آن $5/2 \text{ m/s}$ بیشتر از اندازه مورد انتظار است. به راحتی می‌توان با تنظیم دور موتور، به اندازه مورد نیاز در سرعت دهانه خروجی رسید.

جدول ۴- مقایسه دور فن و سرعت باد

دور PTO (rpm)	۵۴۰
دور فن مورد نیاز (rpm)	۱۷۹۶
دور فن در ماشین (rpm)	۱۷۲۰
سرعت باد مورد نیاز در دهانه خروجی (m/s)	۳۵
سرعت باد در دهانه خروجی ماشین (m/s)	۴۰/۲

برای اجرای آزمایش و تست اولیه برای این ماشین، با اتصال آن به اتصال سه نقطه در پشت تراکتور و اتصال چهار شاخ گاردان که شافت خروجی پولی پایینی تا محور PTO تراکتور می‌باشد، ماشین آماده برای کاراندازی است. در این مرحله، کارکرد بخش‌های مختلف ارزیابی و آزمایش شد. بعد از اتصال ماشین به اتصال سه نقطه، تراکتور را روشن کرده و محور انتقال نیروی تراکتور PTO شروع به کار کرده و انتقال نیرو از این محور به تسمه و پولی‌ها، سپس به جعبه دنده صورت گرفت. دو شافت خروجی از جعبه دنده که به شافت دورانی فن‌ها اتصال دارد، نیرو را به طرف شافت فن‌ها انتقال داده و فن‌ها شروع به کار کردند. بعد از اطمینان از صحت کارکرد، در بخش انتقال نیرو هر یک از واحدهای بخش انتقال باد آزمایش شد. کارکرد بخش انتقال باد: در این مرحله، بعد از کاراندازی ماشین، لازم است که هر یک از واحدهای تولید باد که شامل شافت دورانی فن‌ها، پارچه برزنت و بخش انتقال باد به سمت بوته‌ها است، آزمایش شود. بعد از بررسی شافت دورانی فن‌ها و اطمینان از صحت کارکرد آن، هر یک از فن‌ها بررسی شدند که فن‌ها در دور مورد نظر کار کرده و به خوبی جواب دادند (جدول ۳).

سپس هر یک از کانال‌های قیفی شکل که از پارچه برزنتی ساخته شده است، از جهت امکان داشتن سوراخ و درز، آزمایش شدند. در این مرحله هم هیچ گونه اتلاف هوا از طریق سوراخ و درز دیده نشد و بالاخره بخش انتقال باد به سمت بوته‌ها تست شد. ایراد عمده در بخش انتقال باد، در این قسمت مشاهده شد. بعد از آزمایش در این قسمت مشخص شد که با شروع کار ماشین و به کار افتادن فن‌ها، هوای فشرده‌ای ایجاد شده در دهانه بخش خروج باد به سمت بوته‌ها، به طور یکنواخت در طول دهانه به طرف بیرون پخش نمی‌شود و سرعت هوا در قسمت بالای دهانه خیلی کم و در قسمت پایین آن بسیار زیاد است (به طوری که امتداد باد به سمت زمین است). علت این امر به این خاطر است که چون بخش خروج باد در قسمت پایین، با زاویه 60° درجه ساخته شده است، مسلماً سرعت هوا در قسمت پایین درجه خیلی بیشتر از بالای آن خواهد بود. برای حل این مشکل اقدام به ساخت پره‌هایی شد که به تعداد سه عدد (شکل ۱۱) در داخل بخش انتقال باد قرار



شکل ۱۲- تحمل وزن ماشین توسط اتصال سه نقطه

نتیجه‌گیری

- ۱- اجزای طراحی و ساخته شده در این ماشین دارای عملکرد مناسبی هستند.
- ۲- در صورت تولید انبوه این ماشین در یک کارخانه با امکانات پیشرفته، نه تنها قیمت تولید کاهش می‌یابد، بلکه دقت نیز افزایش خواهد یافت.
- ۳- در طراحی ماشین نیوماتیکی شعله افکن پیشنهاد می‌شود، به جای چهار عدد فن، از یک فن واحد که کار همان چهار فن را انجام می‌دهد، استفاده شود. مسلماً قدرت و دور این فن نسبت به چهار فن مورد استفاده خیلی بیشتر باید باشد.
- انتخاب یک فن به جای چهار فن محاسن زیر را دارد:
 - سیستم انتقال نیرو از محور PTO تراکتور به فن، بدون استفاده از جعبه دنده، عملی می‌شود.
 - عمل انتقال نیرو از طریق تسمه پولی به راحتی انجام می‌شود، به طوری که می‌توان در مرحله ارزیابی برای ایجاد دوره‌های متفاوت فن (برای رسیدن به سرعت مناسب فن در خروجی به سمت گیاه) از پولی با قطرهای متفاوت استفاده کرد.
 - قیمت تمام شده ماشین کمتر می‌شود. زیرا اولاً به جای چهار فن، یک فن قوی‌تر خریداری می‌شود، ثانیاً سیستم جعبه دنده که از قسمت‌های پرهزینه ماشین است، جای خود را به تسمه و پولی می‌دهد که با قیمت خیلی پایین‌تر نسبت به جعبه دنده تهیه می‌شود.

کارکرد مشعل‌ها: در این مرحله قبل از کاراندازی مشعل‌ها و روشن کردن آن‌ها ابتدا تمامی قسمت‌های مربوط به این بخش، از جهت نشت و انتشار گاز به بیرون آزمایش شد. در این بخش، محل اتصال شیلنگ‌های گاز به رگلاتور در روی کپسول‌های گاز برای اطمینان از نشت نکردن گاز به بیرون بررسی شد.

بعد از بررسی، هیچ گونه نشتی و سوراخی در روی شیلنگ‌ها و قسمت‌های مختلف مشاهده نشد. البته این بخش‌ها باید در هر مرحله استفاده توسط کشاورز به دقت بررسی شود، تا از بروز خطرهای احتمالی و آتش سوزی‌ها در مزارع جلوگیری شود. با باز کردن شیرهای گاز در محل نصب مشعل‌ها، این بخش کاراندازی شده و شروع به ایجاد شعله کرد. شعله ایجاد شده از رأس مخروط شعله پخش‌کن، به سمت قاعده مخروط پخش شده و انتقال شعله و حرارت به سطح زمین، صورت می‌گرفت. محافظ شعله، کاملاً شعله ایجاد شده را پوشانیده و شعله حاصل از اطراف محافظ شعله، به طرف بیرون خارج نمی‌شد. این موضوع برای اطمینان از حفظ گیاهان از آسیب احتمالی ناشی از برخورد شعله به آن‌ها، ضروری است. از آن‌جا که جنس به کار رفته در ساخت این قسمت‌ها (محافظ شعله و مخروط شعله پخش‌کن) استیل است، این بخش‌ها مقاوم به حرارت بوده و در اثر حرارت ایجاد شده آسیب نمی‌بینند (استیل تا دمای 1250°C را تحمل می‌کند).

تحمل وزن ماشین با اتصال سه نقطه: این ماشین در مرحله آخر، با اتصال سه نقطه، از روی زمین بلند شده و قابلیت حمل آن با تراکتور آزمایش شد. ماشین مزبور به مزبور به راحتی با اتصال سه نقطه از سطح زمین بلند شده و تراکتور وزن ماشین را به خوبی تحمل می‌کند (شکل ۱۲).

منابع

۱. اردبیلی ژ. و کاظمی م. ح. ۱۳۷۱. گزارشات پژوهشی آزمایشگاه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی. ۸۳ ص.
۲. اردبیلی ژ. و کاظمی م. ح. ۱۳۷۴. گزارش نهایی طرح بررسی بیواکولوژی سوسک کلرادو و راه‌های مبارزه با آن از سال ۶۳ تا ۶۹. ۴۱ ص.
۳. بی‌نام. ۱۳۷۶. راهنمای فن‌های سازنده توسط شرکت هواسازان. انتشارات شرکت هواسازان تهران، تهران.

۴. شادروان ا. ۱۳۷۵. طراحی اجزاء ماشین. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۳۷۵ ص.
۵. موسوی م. ۱۳۶۴. تأسیسات ساختمان. انتشارات دانش و فن تهران، تهران.
6. Boiteau G. Misener G. C. Singh R. P. and Bernard G. 1992. Evaluation of a vacuum collector for insect pest control in potato. *American Potato Journal*. 69:157-166.
7. Duchesne R. M. and Boiteau G. 1992. Outlook on mechanical, physical, and cultural control strategies against the Colorado potato beetle. In *Proceedings of the 38th Annual meetings of the Canadian Pest Management Society*. 33-54.
8. Ferro D. N. 1995. Mechanical and physical control of the Colorado potato beetle and aphids. In *Potato Insect Pest Control, Development of a Sustainable Approach*, eds. R. M. Duchesne and G. Boiteau. Quebec City QC. 53-67.
9. Lacasse B. 1996. Optimisation des paramètres de désing et d'uilisation d'un appareil de contrôle pneumatique du doryphore de la pomme de terre. M. Sc. Thesis. Department of Soil Science and Agri- Food Engineering. Université Laval, Quebec, QC. 111 p.
10. Lacasse B. Lague C. Khelifi M. and Roy P. M. 1998. Effects of airflow velocity and travel speed on the removal of Colorado potato beetles from potato plants. *Canadian Agricultural Engineering*. 17-31.
11. Lague C. Gill J. Lehoux N. and Peloquin G. 1977. Engineering performances of propane flamers used for weed, insect pest, and plant disease control. *Applied Engineering in Agriculture*. 13(1):7-16.
12. Lague C. Khelifi M. Gill J. and Lacasse B. 1999. Pneumatic and thermal control of Colorado potato beetle. *Canadian Agricultural Engineering*. 17(2):21-30.
13. Lalor W. F. and Buchele W. F. 1970. Effects of thermal exposure on the foliage of young corn and soybean plants. *Transactions of the ASAE*. 13(4):534-537.
14. Parish S. 1989. Investigations into thermal techniques for weed control. In *Land and Water Use. Proceedings Of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*. Rotterdam, Netherlands: Balkema. pp. 2151-2156.

