طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین قابل حمل جهت جمع آوری نیوماتیک سوسک کلرادو در مزارع سیب زمینی (۸۴)

علی رشادصدقی[۱]، محمدرضا یوسف زاده طاهری[۱] ، محمد مشهدی جعفرلو[۱]

چکیده

سوسک برگخوار سیب‌زمینی (سوسک کلرادو) یکی از مهمترین آفات غیر بومی سیب‌زمینی است که از بدو ورود در غیاب دشمنان طبیعی بومی خود، مشکلات جدی را در منطقه به وجود آورده است. لذا، در راستای تدوین راهبرد مناسب کنترلی در قالب مدیریت تلفیقی آفات، شناسایی نقش آن دسته از روشهای کنترلی که موجب کاهش مصرف حشره کش‌های شیمیایی بوده باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق در جهت جمع آوری حشرات کامل ولاروهای سوسک کلرادو از سطح مزرعه به صورت مکانیکی با استفاده از جریان هوا در سیستم‌های نیوماتیک انجام گرفت. کوچک بودن قطعات زمین زراعی در منطقه و استفاده از روشهای سنتی در کاشت و آبیاری محصول، باعث گردیده تا ادوات نیوماتیک تراکتوری و غیرتراکتوری موجود، به دلیل امکان آسیب رسانی چرخ های حامل به بوته های سیب زمینی به هنگام تردد و حرکت غیر یکنواخت در مزرعه، کارایی لازم را نداشته باشند. بنابر این در این تحقیق ماشینی سبک وزن که قابل حمل توسط کاربر باشد، طراحی و ساخته شد. ماشین مزبور دارای یک واحد دمنده هوا جهت جدا کردن آفت از بوته و یک واحد جمع آوری کننده آفات جدا شده از بوته در مقابل واحد دمنده است که به هنگام کار، دو واحد مزبور در طرفین بوته های سیب زمینی قرار می گیرند. جریان هوا، توسط پمپ هوای سانتریفوژ سمپاش پشتی ذره ساز تأمین گردید. برای ارزیابی کارایی ماشین، از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمارسرعت هوای۳۵ و۴۵ متر بر ثانیه در چهار تکرار استفاده گردید و در هر آزمایش، تعداد سوسک‌های جدا شده از بوته و تعداد شکار شده توسط ماشین برآورد گردید. نتایج حاصل نشان داد که سرعت هوای ۴۵ متر بر ثانیه تاثیر بیشتری در جداسازی آفات از روی بوته و جمع آوری آنها توسط ماشین به ترتیب به میزان ۴۴٪ و ۲۱/۲٪ در یک بار عبور از مقابل بوته‌های سیب‌زمینی داشته است.

کلید واژه: طراحی وساخت، کنترل مکانیکی، سوسک کلرادو، سیب زمینی

[۱]- اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، پست الکترونیک: sedghi_al@yahoo.com

مقدمه

سوسک برگخوار سیب زمینی(سوسک کلرادو) یکی از آفات مهم سیب‌زمینی در استان آذربایجان‌شرقی و اردبیل است. این آفت بومی ایران نبوده و حضور آن در این کشور، اولین بار در سال ۱۳۶۳ از اردبیل گزارش شد[۱]. سوسک کلرادو از همان اوایل ورود خود به صورت طغیانی ظاهر نموده و با وجود اعمال قرنطینه داخلی، به تدریج دامنه انتشار جغرافیایی خود را به دیگر مناطق سیب‌زمینی کاری شهرستان‌های همجوار و سایر استان‌های کشور گسترش داد. از آنجا که این حشره دور از دشمنان طبیعی خود در این مناطق حضور می‌یافت، فارغ‌البال جمعیت خود را افزایش داده و انبوهی جمعیتش همواره افزون بر سطح زیان اقتصادی آفت بود. بدین ترتیب تنها راه چاره کشاورزان استفاده از سموم شیمیایی است. در مناطق مختلف جهان در اثرمصرف دراز مدت از حشره‌کش‌ها در کنترل این آفت، نژادهای مقاوم به سموم ایجاد شده و همین موضوع در کشور ما نیز به طور پراکنده تأیید شده است. آنچه در این استان به نگرانی‌های موجود می‌افزاید، احتمال بروز آفات ثانوی به ویژه زنجره‌ها و به تبع آن، گسترش بیماری‌های ویروسی، در اثر بهم‌ریختگی تعادل طبیعی در نتیجه کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی به منظور کنترل سوسک کلرادو می‌باشد. بنابراین ضروری می‌نماید که به سایر روش‌های مرسوم کنترلی مانند کنترل مکانیکی توجه نمود. تحقیقات وسیعی در دنیا در این زمینه و استفاده از آن در برنامه‌های مدیریتی سوسک کلرادو صورت پذیرفته است. از طرفی امروزه در جهان بر تولید و مصرف محصولات ارگانیک یسیار تاکید می شود.

روشهای مختلف ازقبیل تناوب زراعی ، شعله افکنی، تولید واریته های سیب زمینی که از نظر ژنتیکی نسبت به سوسک کلرادو مقاوم باشند، قبلا مورد بررسی وتحقیق قرار گرفته اند ولی هیچیک قادر به کنترل مؤثر درمراحل مختلف زندگی این حشره نبوده اند. با کنترل جمعیت آفت، می توان میزان خسارت به محصول را از۳۹ ٪ به ۳٪ کاهش داد [۱۳]. بنابراین دانشمندان سعی در استفاده از روشهای جایگزین برای کاهش جمعیت سوسک ها در مزارع سیب زمینی نمودندکه این راهبردها شامل اقدامات فیزیکی و بیولوژیکی می باشد. درسالهای اخیر ازجریان هوا توسط سیستمهای نیوماتیک برای بیرون راندن سوسکها ازبوته وجمع آوری آنها استفاده شده است که نسبتا موفقیت آمیز بوده است[۸]. ادوات نیوماتیک از جریان سریع هوا برای جدا کردن و بیرون راندن حشرات از بوته محصول و سپس جمع آوری آنها در طرف دیگر استفاده می کنند. جریان هوا ممکن است بصورت فشار منفی (مکش) یا فشار مثبت (دمش) باشد. حشرات جدا شده از بوته یا با جریان مکشی هوا جمع آوری شده و در یک دستگاه توربین در اثر تیغه های دوار از بین می روند و یا به یک وسیله جمع آوری کننده درسمت مقابل، هدایت می شوند[۵].

میزنروبویتیو[1] (۱۹۹۱) نیروی مورد نیاز برای بیرون راندن سوسکهای بالغ را که درمحلهای مختلف برگ بوته سیب زمینی قرار داشتند ، اندازه گیری نمودند. نتایج نشان داد که سوسک های ماده نسبت به سوسکهای نر درحواشی وسطح پایینی برگها مقاومتر میباشند وبیشترین مقدار نیرو زمانی لازمست که سوسک ها درزیر برگها واقع شده باشند . بنابراین برای افزایش تأثیر سیستم نیوماتیکی دربیرون راندن سوسکها ، بهتر است اینکار زمانی که آنها درسطح فوقانی برگها قرار دارند انجام گیرد . سوسکهای رانده شده ازبوته بایستی توسط جریان هوا به طرف واحد جمع کننده هدایت شوند بنابراین به منظور تعیین حداقل سرعت هوای لازم برای جابجایی آنها ، بایستی سرعت حد آنها بدست آید[۹]. ایشان در گزارشی سرعت های حد سوسکهای کلرادو بالغ سنین لاروی چهارم ، سوم ودوم را به ترتیب ۰/۸ ± ۹/۴۳ ، ۰/۶۳ ± ۹/۴۹ ، ۰/۵۵± ۳۱ /۷ و ۰/ ۱۵ ± ۵/ ۸۷ متر بر ثانیه بدست آوردند . طبق نتایج آزمایشات درمورد کارآیی جمع کننده های مکشی حشرات ، با یک بار عبور این سیستم درمقیاس مزرعه ای آن ، درصد زیادی ازحشرات بالغ ولاروهای بزرگ را میتوان ازمیان برداشت . سرعت تعلیق[2] نسبتا کم لاروهای کوچک درحال سقوط ، باعث گردید تا تنها ۳ ٪ ازآنها برروی زمین بیفتند[۱۰، ۱۱ و۱۲].

لاکاس و همکاران[3] (۱۹۹۸الف) تأثیر ترکیبات مختلف سرعت هوا وسرعت پیشروی ماشین کنترل نیوماتیکی سوسک کلرادو را در میزان بیرون راندن سوسکهای بالغ وچهارمین سن لاروی آن از بوته وجمع آوری آنها مورد مطالعه قرار دادند . نتایج بدست آمده نشان اد که اثر متقابل سرعت هوا وسرعت پیشروی دربیرون راندن سوسکهای بالغ ولاروهای L4 کاملا معنی دار بوده وبهترین ترکیب سرعت هوا وپیشروی به ترتیب ۳۵ m/s و ۶ km/h تعیین گردید . تأثیر سرعت حرکت ماشین تأثیر معنی داری درجمع آوری حشرات نداشت ،

[1] Misener & Boiteau
[2] Velocity Suspension
[3] Lacasse et al.

درمقایسه با وسیله جمع آوری مکشی، استفاده از واحد جمع کننده غیر فعال[1] توان مورد نیاز را کاهش داده وعملکرد آن درطی آزمایشات خوب بوده است. خسارات وارده بربوته های سیب زمینی بوسیله سیستم نیوماتیکی کم و درحدود جدا شدن چند برگ کوچک بوده ولی صدمات ناشی از چرخهای تراکتور جدی تر بوده است . به منظور جدا شدن بهتر حشرات ازبوته ها لازم است ازیک سیستم تکان دهنده مکانیکی درطرح اولیه ماشین استفاده شود[۷]. آنها شکل اولیه طراحی شده یک سیستم نیوماتیکی جلو سوار بـ ای کنترل سوسک کلرادو را درشرایط مزرعه مورد آزمایش قرار دادند. دراین آزمایش تأثیر ترکیبات مختلف سرعت وعرض جریان هوا وسرعت پیشروی مورد بررسی قرارگرفت . نتایج نشان داد بیرون راندن وجمع آوری سوسک های بالغ ولاروهای بزرگ (L3 , L4) بهتر انجام گرفت وهیچیک از فاکتورهای سرعت وعرض جریان هوا وسرعت پیشروی تاثیر معنی داری درکنترل لاروهای کوچک (L2,L1) نداشتند توان مورد نیاز سیستم نیوماتیکی با افزایش سرعت جریان هوا ، بصورت نمایی افزایش یافت (از ۱ تا ۲/۷ کیلووات). جریان هوا با عرض باریکتر (۵۰/۸ mm) تاحدودی توان را کاهش داد . استفاده از یک سیستم تکان دهنده مکانیکی برای جدا کردن سوسکها از بوته قطعا باعث حفظ انرژی میشود[۸].

شریفی در سال ۱۳۷۶ یک نوع ماشین با نام تجاری بیوکلکتور[2] ساخت آلمان را که ازسیستم نیوماتیکی در جمع آوری حشرات استفاده می کند درمنطقه اردبیل ارزیابی کرد . طبق گزارش ایشان ماشین مزبور به دلیل جلو سوار بودن نیاز به تمهیداتی برای اتصال به جلوی تراکتورهای ساخت داخل که فاقد سیستم جلو سوار هستند ، دارد و در سطح کشت های وسیع و کاملا مکانیزه از نظر فاصله بین ردیفی کارایی داشته و تراکتور مورد استفاده بایستی دارای توان کافی باشد . از نظر عملکرد دستگاه در جمع آوری سوسکها با شمارش تعداد سوسکها ولاروهای روی بوته قبل وپس از استفاده از دستگاه نتیجه گرفتند که میزان کاهش جمعیت سوسک بطور متوسط ۴۶٪ بوده است [۳].

کمبل[3] (۲۰۰۶) در یک جمع بندی از نتایج کار با سیستم های نیوماتیک در کنترل حشرات که معمولا متغیر بوده اند، فاکتورهای زیر را در میزان موفقیت در مزرعه مؤثر دانسته است:

فاکتورهای مربوط به ادوات نیوماتیک : برای آفاتی که بر روی گیاه حالت پایدار ندارند، ادوات مکشی جهت پرواز دادن و جدا کردن از بوته مناسب تر هستند ولی در مورد حشراتی مثل سوسک کلرادو که محکم به گیاه می چسبند، یک جریان هوای با فشار مثبت (دمشی) نیاز خواهد بود. چون جریان هوای دمشی بهتر می تواند بطور متمرکز و مستقیم عمل کند. همچنین جریان هوای عریض تر، شدت جداسازی آفت از بوته را بهبود می بخشد. مشروط به اینکه سرعت هوا ثابت و محفوظ بماند.

در سرعت های پیشروی بالا، تکان دادن مکانیکی بوته می تواند میزان جداسازی آفاتی که محکم به بوته چسبیده اند را بهبود بخشد و از طرفی سرعت حرکت بیشتر، فرصت فرار آفت از شکار شدن را کمتر می کند ولی در عین حال افزایش سرعت پیشروی می تواند باعث گردد تا تعداد آفاتی که بدون جمع آوری شدن در دستگاه به زمین می افتند، بیشتر شود.

فاکتورهای بیولوژیک آفت : جدا کردن سوسک های کلرادو بالغ که در زیر یا لبه برگها قرار دارند ومحکم به برگ چسبیده اند، نسبت به آنهایی که بدون چسبیدگی بر سطح برگ راه می روند، بسیار مشکل تر می باشد. بنابر این چون شرایط محیطی بر رفتار و موقعیت آفت روی گیاه تاثیر می گذارد، بر میزان کنترل آن نیز تاثیر خواهند داشت. مثلا در دمای حدود ۲۵ در جه سانتی گراد، اکثر سوسک های بالغ بر روی سطوح بالایی برگها ظاهر می شوند. در دماهای بالاتر، ممکن است آنها بیشتر در سایه یک سوم قسمت فوقانی بوته پناه بگیرند. لاروهای حشره بیشتر اوقات در سطوح بالایی برگها قرار می گیرند و در دماهای پایین هوا، آنها برای اینکه بیشتر در معرض نور خورشید باشند، در فضای بیرونی شاخ وبرگ قرار می گیرند.

سوسک های بالغ زمانیکه دچار پریشانی و آشفتگی می شوند، با چسبیدن به رگبرگ ها توانای خود را برای مقاومت در برابر جدا شدن از بوته افزایش می دهند.شرایط بادخیز و طوفانی ممکن است باعث تحریک بیشتر سوسک ها برای نگهداشتن خود روی بوته گردد. همچنین چون با افزایش دمای بدن حشره بر میزان تغذیه آن افزوده می شود، دمای محیط نیز می تواند بر میزان چسبندگی حشره به گیاه مؤثر باشد. سوسک بالغ در واکنش به آشفتگی خود را از بوته پایین می اندازد و وانمود به مردن روی خاک می کند[4]. بنابراین یک وسیله ارتعاشی می تواند باعث افتادن سوسک ها بر زمین قبل از قرار گرفتن آنها در معرض جریان هوا برای جداشدن از

---

[1] Passive
[2] Bio–Collector
[3] Campbell
[4] Thanatosis

بوته و گرفتار شدن در دستگاه شود. در آن صورت این آفات را باید بتوان از روی خاک جمع آوری کرد یا از بین برد وگرنه با توجه به قابلیت بازگشت آنها به بوته، کنترل مؤثر نخواهد بود.

پوشش تاجی گیاه: پوشش تاجی گیاه می تواند مانع جدا شدن آفت از بوته و جمع آوری آن در زمان رسیدگی محصول شود. همچنین محل قرارگیری نازل هوا یا مکنده نسبت به بوته و فاصله نسبی بین نازل هوا و آفات، بر میزان کارایی دستگاه برای جداکردن آفت از بوته و گرفتار ساختن آن تاثیر می گذارد[۵].

طبق آمار سال ۱۳۸۲ وزارت جهاد کشاورزی ایران، تعداد کل تولید کنندگان سیب زمینی در کشور ۲۲۹۵۲۰ واحد می باشد که از این تعداد ۱۵۹۵۲۰ واحد آن یعنی حدود ۷۰٪ تولید کنندگان سیب زمینی، در سطحی کمتر از ۳ هکتار کشت می کنند[۴]. بنابر این به منظور امکان استفاده از سیستم نیوماتیکی جهت کنترل سوسک کلرادو درزمینهای کوچک زراعی منطقه با صرف هزینه کم واستفاده از سمپاش پشتی اتمایزر برای تأمین جریان هوا درسیستم ، نمونه اولیه ماشینی با ساختمان ساده که اساس کار آن مشابه نوع تراکتوری آن با نام بیوکلکتور بود ولی با دوچرخ حامل وتوسط کارگر درزمین هدایت می گردید، توسط رشاد صدقی و همکاران(۱۳۸۵) ساخته ومورد ارزیابی قرار گرفت. طبق گزارش ایشان، درتست آزمایشگاهی ، ماشین مزبور از نظر قابلیت کنترل وجمع آوری آفت با سرعت هوای ۴۰– ۳۵ متر برثانیه قادر به جداسازی حدود ۸۸ ٪ سوسک های بالغ و۷۰ ٪ لاروها از بوته و جمع آوری ۶۷ ٪ سوسک بالغ و۴۰ ٪ لاروها با یک بار عبور از مقابل بوته ها ی سیب زمینی بوده است ولی درارزیابی دستگاه درشرایط مزرعه، محدودیتهایی وجود داشت که کارایی دستگاه را با اشکال مواجه ساخت ازجمله :

۱– دراکثر مزراع سیب زمینی استان به دلیل تراز نبودن زمینها ، زارعین ناچار به قطعه بندی زمین وآبیاری قطعات بطور جداگانه واصطلاحا بصورت غلام گردشی میباشند . لذا درهرسه الی چهار متر از طول ردیف کاشت ، یک مرز پشته ای وجود داشت که مانع حرکت دستگاه می گردید .

۲– لاروهای آفت بیشترین تأثیر را درخسارت به بوته های سیب زمینی دارند که معمولا طغیان آنها زمانی روی میدهد که بوته های سیب زمینی کاملا رشد کرده وحجم زیادی را اشغال می کنند وامکان حرکت دستگاه با چرخ ازمیان آنها بسیار دشوار بوده و به بوته ها خسارت وارد می کند[۲].

بنابراین درجهت رفع محدودیتهای فوق وسهولت انجام کر ، دراین تحقیق با حذف چرخ ازدستگاه، اقدام به طراحی وساخت ماشینی گردید که قابل حمل توسط کاربر بوده وتحت هر شرایطی ازمزرعه ، کارایی لازم را جهت جمع آوری وکنترل آفت داشته باشد.

بطور کلی اهداف اجرای این تحقیق موارد زیر می باشد:

۱– جمع آوری وکنترل آفت درجهت حفظ محصول .

۲– کاهش مصرف سموم شیمیایی به منظور حفظ محیط زیست از آلودگی وکاهش هزینه تولید .

۳– ساخت ماشینی با ساختمان ساده وارزان که با اندازه زمین و الگوی کشت منطقه سازگاری داشته باشد .

۴– امکان استفاده دومنظوره ازسمپاشهای ذره ساز (اتمایزر) پشتی به منظور صرفه جویی در هزینه خرید ادوات کشاورزی .

مواد و روش ها

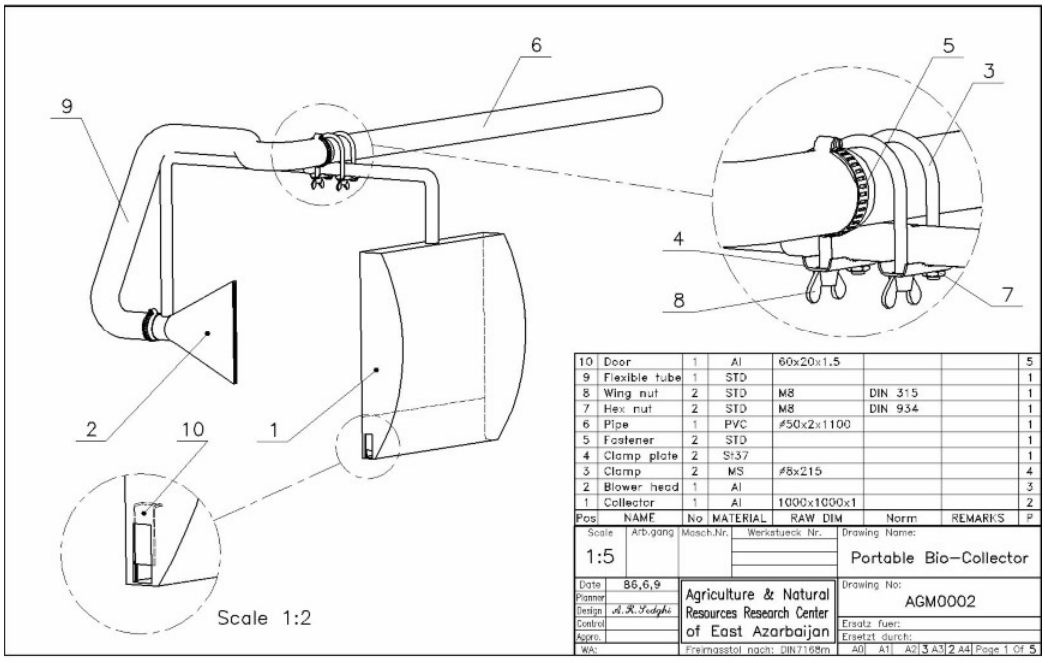
این تحقیق در دو مرحله انجام گرفت :

مرحله اول – طراحی وساخت ماشین :

ابتدا نقشه اولیه ساخت ماشین تهیه و بر اساس فرضیاتی مربوط به شرایط کار ماشین و راحتی کار با آن توسط کاربر(رابطه انسان و ماشین)، اقدام به آنالیز نیروهای وارده و کوپل های ایجاد شده در هنگام کار و تعیین جنس قطعات گردید. سپس بر اساس محاسبات انجام شده ، نقشه نهایی تهیه و نسبت به ساخت آن اقدام شد.

طبق نقشه ایزومتریک نشان داده شده در شکل ۱، ماشین مزبور شامل یک واحد دمش هوا جهت جداسازی آفت از بوته(۲) ویک واحد جمع آوری کننده آفات جداشده ازبوته (۱) درمقابل واحد دمش است که به هنگام کار، دو واحد مزبور درطرفین بوته ها ی سیب زمینی قرار می گیرند. جریان سریع هوا ازطریق دمندهٔ سم پاش پشتی اتمایزر (ذره ساز) تأمین شده واز طریق یک لوله از

جنس پی وی سی[1] (دسته حمل کننده ماشین)(۶) ودر انتهای آن یک لوله خرطومی(۹)، به واحد دمش انتقال مـی یابـد. قـسمت جمـع آوری کننده آفت یک صفحه ثابت است(۱) که درمقابل جریان هوا قرار گرفته وآفت جدا شده ازبوته پس از برخورد به ایـن صـفحه در داخل قسمت ناودانی شکلی که درپایین صفحه تعبیه شده است، جمع آوری ودرنهایت ازمزرعه خارج می گردد. در قسمت ناودانی شکل دریچه ای برای تخلیه آفات جمع آوری شده تعبیه شده است(۱۰). واحد دمش وجمع آوری کننده ازطریق یـک لوله تلسکوپی قابل تنظیم (جهت تنظیم فاصله عرضی دو واحد) به یکدیگر وصل شده و مجموعهٔ آنها بوسیله دسـتهٔ لولـه ای شـکل که زاویه افقی آن نسبت به حالات مختلف قابل تنظیم است، حمل می گ دد. زاویه افقی دسته در هنگام اجرای آزمایش ۳۰ درجـه در نظـر گرفته شد. کلیهٔ قطعات ماشین از جنس سبک مثل آلومینیم و پی وی سی ساخته شده است. وزن خالص ماشـین بـدون سـمپاش،۲/۴۳ کیلوگرم و وزن خالص سمپاش ۱۱/۶ کیلوگرم اندازه گیری شد.



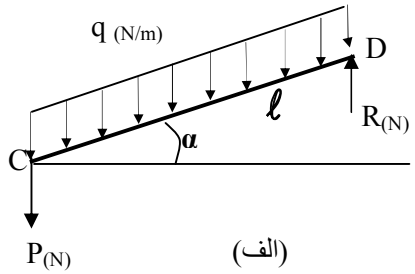
Pos	NAME	No	MATERIAL	RAW DIM	Norm	REMARKS	P
10	Door	1	Al	60x20x1.5			5
9	Flexible tube	1	STD				1
8	Wing nut	2	STD	M8	DIN 315		1
7	Hex nut	2	STD	M8	DIN 934		1
6	Pipe	1	PVC	#50x2x1100			1
5	Fastener	2	STD				1
4	Clamp plate	2	St37				1
3	Clamp	2	MS	#8x215			4
2	Blower head	1	Al				3
1	Collector	1	Al	1000x1000x1			2

Scale 1:5 | Arb.gang | Masch.Nr. | Werkstueck Nr. | Drawing Name: Portable Bio-Collector
Date 86,6,9 | Planner | Design A.R.Fadghi | Control | Appro. | WA:
Agriculture & Natural Resources Research Center of East Azarbaijan
Drawing No: AGM0002
Ersatz fuer: | Ersetzt durch:
Freimasstol nach: DIN7168m | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | Page 1 Of 5

شکل ۱- نمای ترسیم سه بعدی ایزومتریک مونتاژ شده (Assembly) ماشین بامعرفی قطعات

آنالیز نیرو و گشتاور:

برای حفظ تعادل و راحتی کاربر در هنگام کار با ماشین، نیروها و گشتاورهای اعمال شده به بازوی کاربر به طریق زیر محاسبه گردید:



(الف)

$$M_D = P\,\ell\cos\alpha + q\,\ell^2/2\cos\alpha \qquad (۱)$$

در شکل الف :

M_D = گشتاور اعمال شده بر بازوی کاربر در جهت طولی (نیوتن- متر)

P = وزن قسمت هد ماشین (مجموع وزن واحد دمش هوا و واحد جمع کننده)

[1] P.V.C

q = وزن دسته حامل ماشین (لوله انتقال هوا) بصورت بار گسترده در واحد طول(نیوتن بر متر)

ℓ = طول دسته حامل از محل گرفتن توسط دست کاربر(متر)

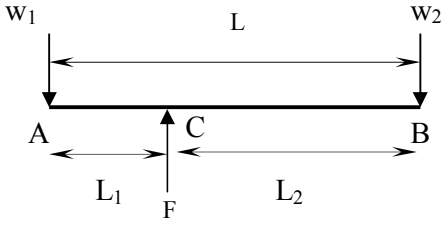
α = زاویه قرارگیری دسته حامل نسبت به افق که در زمان آزمایش ۳۰ درجه بود.

نقاط C و D به ترتیب محل اتصال به هد ماشین و محل گرفتن کاربر با دست می باشد.

با جاگذاری مقادیر عددی در رابطه (۱)، گشتاور اعمال شده به بازوی کاربر در هنگام حمل ماشین بدست می آید:

$$M_D = (19.37 \cdot 0.5 \cdot 0.866) + (3.85 \cdot 0.125 \cdot 0.866) = 8.8 \quad \text{N.m}$$

برای حفظ تعادل در عرض ماشین، باید گشتاور ایجاد شده در دو طرف نقطه C یعنی محل اتصال دسته حامل وهد ماشین برابر شود تا در هنگام حمل، باعث پیچش و آزار مچ دست کاربر نگردد(شکل ب). بنابراین روابط زیر باید برقرار باشد:



(ب)

w_1 : جرم واحد جمع آوری کننده آفت (گرم)

w_2 : جرم واحد دمنده ماشین (گرم).

$$\sum M_C = 0 \quad \begin{cases} w_1 L_1 + w_2 L_2 = 0 & (۲) \\ L = L_1 + L_2 & (۳) \end{cases} \longrightarrow \quad L_1 = \frac{w_2 L}{w_1 + w_2} = \frac{810 \cdot 0.55}{810 + 970} = 0.25$$

با ترکیب روابط (۲) و(۳)، فاصله مناسب محل اتصال دسته حامل به هد ماشین از واحد جمع آوری کننده (L_1) و واحد دمنده ماشین (L_2) بدست می آید که طبق محاسبه انجام شده، فاصله محل اتصال با واحد جمع آوری کننده آفت (سمت چپ ماشین) باید ۲۵ سانتی متر باشد.

به منظور تعیین قطر لوله های انتقال هوا، پارامترهای لازم از قبیل سرعت و دبی جریان هوای دمنده دردهانه نازل هوا اندازه گیری شد. برای اندازه گیری سرعت هوا از یک باد سنج پره ای دیجیتال[1] ساخت آلمان قابلیت اندازه گیری دامنه سرعت ۰/۶ تا ۴۰ متر بر ثانیه با دقت $\pm$ ۰/۲ استفاده گردید. این دستگاه قابلیت اندازه گیری دبی حجمی هوا را نیز داشت. طبق کاتالوگ و اظهارنظر تولید کننده سمپاش مزبور، موتور آن با توان اسمی ۵ اسب بخار در دور ۵۷۰۰ rpm، قادر به تولید جریان هوای با سرعت ۱۰۰ m/s در خروجی پمپ می باشد. بنابر این با استفاده از روابط (۴)، (۵) و(۶) و آزمایشات تجربی بوسیله بادسنج پره ای، قطر و طول لوله های انتقال هوا که قادر به تامین دبی حجمی و سرعت لازم هوا در خروجی نازل برای جداکردن آفت از بوته و پرتاب آن به سمت مقابل باشد (تیمارهای آزمایشی سرعت هوا)، تعیین گردید.

$$Q = (A \cdot V) \cdot 60 \quad (۴)$$

Q= دبی حجمی هوا (m^3/min)

$$A = a \cdot b \quad (۵)$$

V= سرعت هوا (m/s)

A= سطح مقطع خروجی هوا (m^2)

a وb= به ترتیب طول و عرض دهانه نازل هوا (m^2)

$$d = 0.146\left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2} \quad (۶)$$

d = قطر داخلی لوله انتقال هوا (m)

[1]Model Testo 435

با ثابت نگه داشتن مقدار دبی حجمی هوای خروجی از سمپاش در ماکزیمم دور موتور و با استفاده از رابطه (۶)، جهت فراهم کردن سرعت هوای لازم (حدود ۵۰ متر بر ثانیه) در دهانه دمنده، قطر لوله انتقال هوا به واحد دمنده به اندازه ۵۰/۸ میلی متر(۲ اینچ) و با استفاده از رابطه (۴) و (۵) ابعاد دهانه نازل هوا به اندازه (۱۰× ۱۰۰) میلی متر تعیین گردید.

در ماکزیمم میزان گاز دستی موتور سمپاش، بطور متوسط سرعت هوا در دهانه نازل هوا ۴۶/۵ متر بر ثانیه و دبی حجمی هوا بطور متوسط ۲/۷۹ m^3/min اندازه گیری شد که این میزان با افزایش فاصله از دهانه نازل کاهش می یافت.

مرحله دوم – ارزیابی ماشین درجمع آوری سوسکهای بالغ ولاروها درمزرعه سیب زمینی :

به منظور تعیین شرایط بهینه کار با ماشین ، کارایی دستگاه درسرعتهای مختلف جریان هوای نازل از نظر کاهش جمعیت حشرات ومیزان صدمات وارده بربوته ها ، مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای ارزیابی کارایی دستگاه، ابتدا لازم بود که مزرعه سیب زمینی که آلوده به آفت سوسک کلرادو باشد، انتخاب شود ولی با توجه به اینکه تا زمان آماده شدن دستگاه، لاروهای نسل اول آفت بوجود آمده بودند وتعداد سوسک های بالغ زمستان گذران که معمولا دراواخر اردیبهشت ماه یعنی زمانی که بوته های سیب زمینی کوچکتر بوده و حجم کمتری دارند ظاهر می شوند، بسیار کم بوده و در سطح مزرعه پراکنده بودند. بنابر این امکان ارزیابی ماشین برای کنترل این سوسک ها وجود نداشت. لذا آزمایشات درزمان ظهور نسل اول ودر دومرحله از نظر مرحله سنی آفت انجام گرفت. ابتدا در مورخ چهارده تیر ماه در مزرعه سیب زمینی واقع در شهرستان سراب، آزمایش ماشین جهت جمع آوری لاروهای سنین دو و سه لاروی آفت با حداکثر سرعت هوای نازل (۴۵ متر برثانیه) در چهار تکرارانجام گرفت و در هر تکرار ابتدا تعداد لاروهای مستقر در پنج بوته متوالی روی ردیف شمرده شده و پس از عبور ماشین مزبور از مقابل بوته ها، دوباره تعداد لاروهای باقی مانده روی بوته ها و تعداد لاروهای شکار شده توسط ماشین به تفکیک شمرده شدند. همچنین برای تعیین تعداد آفاتی که پس از جدا شدن از بوته و افتادن بر زمین، قابلیت بازگشت به بوته را داشته اند، ۲۴ ساعت بعد از آزمایش، مجددا تعداد آفات موجود برروی بوته های مورد آزمایش شمارش گردید. ارتفاع بوته های سیب زمینی ازروی پشته حدود ۴۰- ۳۶ سانتیمتر، عرض بوته ها ۳۵–۲۵ سانتی متر وفاصله بین بوته ها در روی ردیف بطور متوسط ۳۵ سانتی متربود. ارتفاع پشته ها از کف شیاربرابر ۲۰ سانتی متر و فاصله بین ردیف ها ۷۵–۷۰ سانتیمتر اندازه گیری شد. با توجه به حجیم بودن بوته ها در این مرحله رشدی گیاه و گیرایی و چسبیدگی شدید لاروها بخصوص لارو سن دوم به بوته و کارایی نسبتا کم ماشین در جمع آوری آنها، در این مرحله، از ادامه آزمایش با سرعت های هوای کمتر خودداری گردید. پس از پانزده روز که تعدادی از لاروها به حشرات بالغ تبدیل شدند، آزمایشات جهت جمع آوری حشرات بالغ با ماشین در دو سرعت هوای ۳۵ و ۴۵ متر بر ثانیه هریک در چهار نوبت تکرار شد(شکل ۲).

شکل ۲- آزمایش ماشین در مزرعه سیب زمینی

جهت بررسی آماری طرح از آزمون پایه بلوکهای کامل تصادفی با دو تیمار سرعت جریان هوای ۳۵ و۴۵ متر برثانیه در چهار تکرار استفاده شده ودر هربار آزمایش، کمیتهای زیر اندازه گیری ومورد مقایسه آماری ق ار گرفت :

۱- تعداد آفات جدا شده از بوته توسط واحد دمندهٔ هوا ، با شمارش تعدا د آنها قبل وپس از یکبار عبور دستگاه ازمقابل تعداد ۵ عدد بوته سیب زمینی آلوده به آفت بر روی ردیف کاشت .

۲- تعداد آفات جمع آوری شده درسینی ناودانی دستگاه (واحد جمع آوری کننده).

۳- میزان صدمات مرئی وارده بربوته های سیب زمینی توسط ماشین ازطریق محاسبه درصد ساقه ها وبرگهای شکسته ویا جدا شده ازبوته .

سرعت حرکت کاربر درطول اجرای آزمایش یکنواخت ودرحدود ۰/۸ کیلومتر درساعت بود .

به منظور تعیین تاثیر کلی سیستم در کنترل نیوماتیک لاروها و حشرات بالغ، پس از بدست آوردن داده های آزمایشی براساس فرمول هارکورت عمل گردید.

فرمول هارکورت[1] (۱۹۷۱):

$$N_{ov} = N_{coll} + [(N_{disl} - N_{Coll}) * G / D] \qquad (۷)$$

Ndisl = نسبت تعداد حشرات جدا شده از بوته توسط سیستم به تعداد اولیه حشرات موجود برروی بوته ها

Ncoll = نسبت تعداد حشرات جمع آوری شده توسط سیستم به تعداد اولیه حشرات موجود روی بوته ها

G/D = نسبت حشرات جدا شده ازبوته که قادر به بالا رفتن مجدد برروی بوته نیستند به تعداد کل حشرات جدا شده ازبوته توسط سیستم.

Nov = تأثیر کلی کنترل نیوماتیکی سیستم [۶].

جرم متوسط سوسک های بالغ ولاروهای سنین سوم به ترتیب ۰/۱۸۲ و ۰/۱۸۹ گرم بود که بوسیله ترازوی دیجیتال[2] با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. جهت بررسی اقتصادی بودن ساخت دستگاه، هزینهٔ های مواد اولیه وساخت آن به تفکیک محاسبه شد.

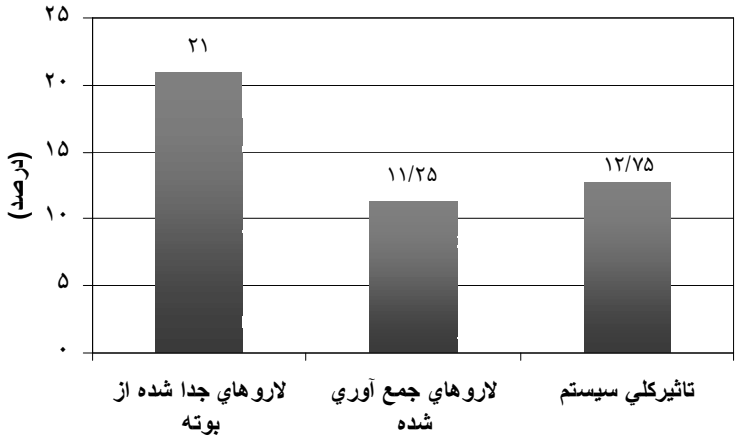
نتایج

- نتایج آزمایش ماشین در کنترل لارو حشره:

نتایج بدست آمده از آزمایش مزرعه ای ماشین در کنترل لارو های سنین دو وسه حشره آفت با حداکثر سرعت هوای خروجی نازل (۴۵ متر بر ثانیه) بصورت میزان لاروهای جداشده از بوته و شکارشده (جمع آوری شده) دردستگاه وهمچنین میزان تاثیر کلی ماشین در جمع آوری لاروها طبق فرمول هارکورت برحسب درصد، در نمودارشکل ۳ مشخص شده است.

طبق نمودار، بطور متوسط میزان لاروهای جدا شده از بوته ۲۱٪ و میزان لاروهای شکار شده توسط دستگاه در یک بار عبور از مقابل بوته های سیب زمینی ۱۱/۲۵٪ بوده است. با استفاده از فرمول هارکورت میزان تاثیر کلی سیستم در کنترل لاروها ۱۲/۷۵٪ محاسبه گردید.

[1] Harcourt
[2] Model Sartorious



شکل ۳- نتایج عملکرد ماشین در کنترل لاروهای آفت در سرعت هوای ۴۵ m/s

نتایج آزمایش ماشین در کنترل حشره بالغ:

نتایج آنالیز واریانس کمیت های اندازه گیری شده در آزمایش ماشین برای کنترل حشرات بالغ (سوسک کلرادو) در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲- نتایج آنالیز واریانس کمیت های اندازه گیری شده در مایش ماشین برای کنترل حشرات بالغ (سوسک کلرادو)

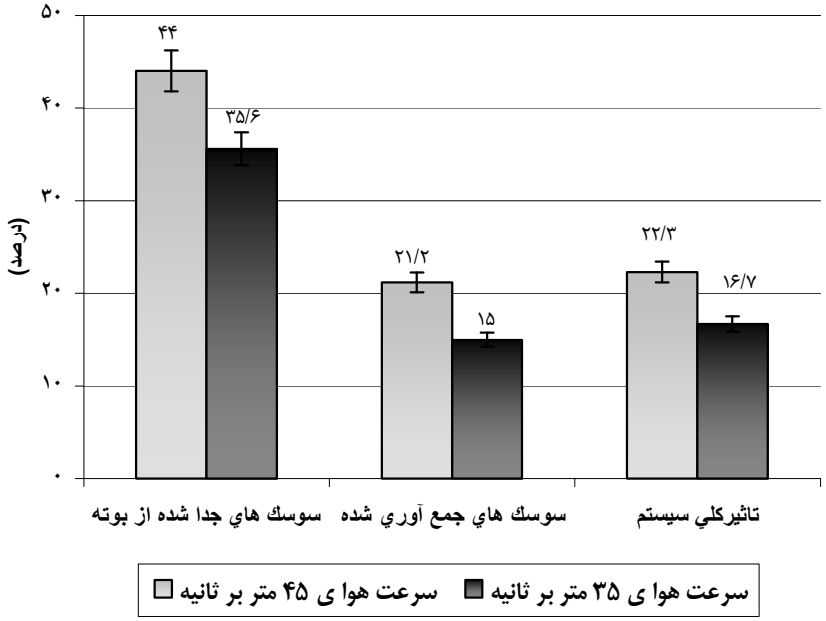
منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی	میانگین مربعات(M.S.)		
		سوسک های جدا شده از بوته	سوسک های جمع آوری شده	تاثیر کلی سیستم
تکرار	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
تیمار(سرعت هوا)	۱	۰/۰۱۱ n.s.	۰/۰۰۶ n.s.	۰/۰۰۵ n.s.
خطا	۲	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶
ضریب تغییرات(٪)	–	۳۵/۶۵	۵۶/۶۳	۶۵/۳۰

n.s. : اختلاف معنی داری وجود ندارد

طبق نتایج جدول شماره ۲، اختلاف معنی داری بین دو سرعت هوا از نظر تاثیر بر میزان جدا شدن سوسک ها از بوته و تعداد سوسک های جمع آوری شده در سینی های ماشین و همچنین تاثیر کلی سیستم در کنترل آفت وجود نداشت. در مقایسه میانگین ها، طبق نمو ار شکل ۴، در سرعت هوای ۴۵ متر بر ثانیه یعنی متوسط سرعت جریان هوایی که در حداکثر دور موتور سمپاش در دهانه نازل ایجاد شد، میزان تاثیر بر جداسازی سوسک ها از بوته به میزان ۴۴٪، جمع آوری سوسک ها در دستگاه به میزان ۲۱/۲٪ و تاثیر کلی بر کنترل آفت به میزان ۲۲/۳٪ در یک بار عبور از مقابل بوته های سیب زمینی بدست آمد که تاثیر بیشتری نسبت به سرعت ۳۵ متر بر ثانیه داشته است.

میزان خسارت وارده بر بوته های سیب زمینی:

با توجه به اینکه در زمان اجرای آزمایشات، رشد رویشی بوته های سیب زمینی تقریبا کامل شده بود، بکار گیری دستگاه با سرعت های مختلف هوا، هیچگونه صدمه و خسارت قابل مشاهده ای بر بوته های سیب زمینی بوجود نیاورد.



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین کمیت های اندازه گیری شده در سرعت های مختلف هوا

هزینه ساخت ماشین:

هزینه های ساخت ماشین شامل هزینه های مواد اولیه مانند ورق و لوله آلومینیمی و لوله پلیکا ولوله خرطومی پلاستیکی و بست های فلزی و هزینه کارگاهی شامل هزینه عملیات برش، خم کاری و جوشکاری می باشد که طبق ارزش پول سال ۱۳۸۶، به ترتیب حدود ۲۶۰۰۰۰ ریال و ۳۲۰۰۰۰ ریال جمعا ۵۸۰۰۰۰ ریال برآورد گردید.

بحث

۱- نتایج آزمایش برای جمع آوری لارو حشره نشان داد که جدا کردن آنها از بوته با جریان هوا بسیار مشکل است. حتی در یک آزمایش مشاهده ای، با اعمال جریان هوای خروجی سمپاش (بدون لوله های واسط) با سرعت بیش از ۶۰ متر بر ثانیه، لاروها با گیرایی شدید به برگها در برابر جدا شدن از بوته مقاومت نشان می دادند اما همین لاروها با یک ضربه مکانیکی به ساقه بوته بلافاصله فرو می افتادند که این حرکت آنها احتمالا ناشی از واکنش طبیعی آنها نسبت به ضربه یا ارتعاش است. طبق اظهارات کمبل(۲۰۰۶)، لاروهای بزرگ هنگام تغذیه قادر به نگه داشتن بیشتر خود بر روی بوته بوسیله آرواره های خود هستند و لاروهای کوچکتر اغلب در چین وچروک برگ ها قرار گرفته و محکم به گیاه می چسبند. البته شرایط کوران باد باعث تحریک بیشتر آنها برای نگهداری خود روی گیاه می گردد.

۲- شرایط آزمایش دوم یعنی آزمایش جمع آوری سوسک های بالغ نسل اول، مشابه آزمایش جمع آوری لاروها بود بطوریکه بوته های سیب زمینی بسیار حجیم بوده و رشد رویشی آنها کامل گردیده و گل دهی آغاز شده بود و حتی با وجود دمیدن جریان هوا با سرعت های بالاتر از سرعت تیمار آزمایشی، حشرات بالغ در مقابل جدا شدن از بوته مقاومت کرده و در پشت ساقه و برگ های بوته ها که تاثیر جریان هوا کمتر است، پناه می گرفتند. بنابر این شاید یکی از عوامل مؤثر بر کم شدن کارایی ماشین در جدا کردن آفت از بوته، زیادی تعداد شاخ و برگ

بوته ها بوده که مانع از تاثیر مستقیم و متمرکز جریان هوا بر حشره شده است. در این شرایط نیز واکنش سوسک ها مانند لاروها در مقابل اعمال یک ضربه مختصر مکانیکی به بوته بصورت افتادن بر زمین بود. لاکاس و همکاران(۱۹۹۸ب) نیز بر استفاده از یک سیستم تکان دهنده مکانیکی برای جدا کردن سوسکها از بوته تاکید داشتند. کمبل(۲۰۰۶) هم ضمن اشاره به این نوع واکنش طبیعی سوسک ها، بر امکان استفاده از یک وسیله ارتعاشی برای جدا کردن حشره از بوته تاکید داشت. بدین ترتیب معلوم می شود که میزان تاثیر سیستم نیوماتیک در کنترل آفت محدود به سرعت هوا نمی باشد بلکه عوامل دیگری مثل زمان مناسب کار با ماشین نیز می تواند بر میزان کنترل تاثیرگذار باشد.

پیشنهادات

۱- با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، به نظر می رسد کارایی ماشین ساخته شده در جمع آوری سوسک های بالغ زمستان گذران که پس از سپری شدن سرمای زمستانه در اواخر اردیبهشت ماه برای تولید نسل اول از خاک بیرون می آیند، بیشتر باشد چون در آن زمان بوته های سیب زمینی کوچکتر بوده و تاثیر جریان سریع هوا برای جدا کردن آفت از بوته بیشتر خواهد بود .

۲- از نظر تغییر در طراحی سیستم می توان با بکار گرفتن دو دمنده هوا در دو طرف بوته های سیب زمینی و یا یک دمنده در یک طرف بوته و قرار دادن یک واحد مکشی درمقابل آن، کارایی سیستم را افزایش داد که البته در این صورت در بکارگیری سمپاش اتمایزربرای تامین جریان هوا، با محدودیت توان مواجه خواهیم بود.

۳- روش دیگر پیشنهادی برای ارتقاء کارایی سیستم نیوماتیک، استفاده از یک عامل مکانیکی برای ضربه زدن به بوته همزمان با دمیدن جریان هوای سریع می باشد تا به محض واکنش آفت به ضربه وارده بر بوته که بصورت فرو افتادن می باشد، جریان هوا آنها را قبل از افتادن بر زمین به سمت واحد جمع آوری کننده مقابل هدایت نماید.

فهرست منابع

۱- اردبیلی، ژ . ۱۳۷۲ . بررسی تأثیر ترکیبات حشره کش برپایه مواد مؤثرهٔ درخت چریش روی سوسک کلرادو درشرایط مزرعه . گزارش سالانه سال ۱۳۷۲ بخش تحقیقات آفات وبیماریهای گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی . صفحه ۱۸۵.

۲- رشادصدقی . ع، ا. رنجبرو ص. بدی . ۱۳۸۵. ساخت و ارزیابی آزمایشگاهی ماشین کنترل نیوماتیک سوسک کلرادو برای مزارع کوچک سیب زمینی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی . جلد ۷ شماره ۲۸. صفحات ۱۰۹ تا ۱۱۸.

۳- شریف ، ا. ۱۳۷۶ . آزمایش دستگاه بیوکلکتور در مبارزه غیر شیمیایی با سوسک کلرادو سیب زمینی در منطقه اردبیل . (گزارش منتشر نشده) ، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی . کرج .

۴- فهرستگان جهاد کشاورزی. پایگاه اطلاعات وب اگریس ایران. www.agrisis.org

5-Campbell, R., 2006. Pneumatic insect control for organic production: How effective is pneumatic insect control? , Organic Agriculture Centre of Canada (OACC). Canada's national website for organic research and education.
www.organicagcentre.ca/ResearchDatabase/ext_ Pneumatic.asp

6-Harcourt, D.G.1971. Population dynamics of *Leptinoarsa decemlineata* (Say) in eastern Ontario: III. Major population processes. The Canadian Entomologist. 103:1049-1061.

7-Lacasse ,B.,C.Lague ,M. Khelifi and P.M., Roy . 1998 a . Effects of airflow velocity and travel speed on the removal of Colorado potato beetles from potato plants. Canadian Agricultural Engineering 40 (4) : 265 – 272 .
8-Lacasse, B., C. Lague , M. Khelifi and P.M. Roy . 1998 b. Field evaluation of pneumatic control of Colorado potato beetle. Canadian Agricultural Engineering 40(4): 273 – 280.
9-Misener, G.C. and G. Boiteau. 1991.Force required to remove Colorado potato beetle from a potato leaf. CSAE paper No. 91 – 404. Saskatoon, SK: CSAE.
10-Misener , G.C. and G. Boiteau. 1992. Determination of insect parameters to improve the beetle vacuum machine. Final report for project B3009-2 Canada / N. - B. Cooperation agreement on Agri – Food Development (CAADF). Agriculture Canada Research Station, Fredericton, NB.
11-Misener, G.C.and G.Boiteau. 1993. Suspension velocity of the Colorado potato beetle in free fall. American potato journal 70 (4): 309 –316.
12-Misener, G.C. and G.Boiteau.1995. Removal of insect pests from potato using a vacuum collector. Zemedelska – Technika. 41(4):145 -149.
13-Rifai, M. N., M.L. Bartosova and M. Minar, 1999. Bio- collector as an alternative method for the control of the Colorado potato beetle in organic farming. Riv.di Ing. Agr.4, 193-197. Italy.