ط احی و ارائه یک مکانیزم جدید و قابل تنظیم برای کپه کاری (۴۵۱)

علی حاجی احمد[۱] ، سید سعید محتسبی[۲] ، رضا لبافی[۳] ، مجید یعقوبی[۴]

چکیده

به منظور ارائه الگوی کاشتی دقیق برای محصولاتی همچون آفتابگردان، سبزیجات، محصولات وجینی و... دستگاهی طراحی شده است که با مکانیزمی ساده و مکانیکی اقدام به کشت کپه ای این محصولات نماید. این مکانیزم نسبت به مکانیزم های ردیف‌کارهای رایج تنظیمات بیشتری داشته و از مکانیزم های نیوماتیک، ساده‌تر و ارزان‌تر می باشد. کپه‌کار مذکور دارای یک موزع مکانیکی عمودی است که توسّط یک مکانیزم لنگ- آونگ به حرکت درمی‌آید. در این مکانیزم علاوه بر امکان تنظیم فاصلهٔ بین ردیف‌ها، فاصله بوته‌ها بر روی ردیف، تعداد بذرهای ریخته شده در هر کپه نیز قابل تنظیم است. روش طراحی این مکانیزم برای بذر ذرت ارائه شده است که برای بذور سایر محصولات نیز با توجه به ابعاد بذر و تعداد مورد نیاز بذر برای قرارگیری در هر کپه به سهولت با همین روش قابل پیاده سازی است.

کلید واژه: کپه کاری، مکانیزم لنگ- آونگ، موزّع مکانیکی، کاشت دقیق

[۱]- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران،
پست الکترونیک: a_hajiahmad@yahoo.com
[۲]- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران
[۳]- دانش‌آموخته دوره کارشناسی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران
[۴]- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران

۱- مقدمه

معمولاً رشد محصولات زراعی با کاشت بذر یا نشاکاری شروع می شود. بذرها پس از کاشت با استفاده از انرژی ذخیره خود تا سبزشدن و سر در آوردن جوانه از خاک به زندگی ادامه می دهند. مهمترین عوامل مؤثر در سبز شدن و جوانه زدن بذر عبارتند از: ۱-بارداری بذر (قوه نامیه) ۲-شرایط خاک ۳-تأمین نیازهای غذایی بذر مانند آب و املاح معدنی [۱۲].

تراکم مطلوب بوته تراکمی است که در نتیجه آن کلّیه عوامل محیطی (آب، هوا، نور و خاک) به طور کامل مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال رقابت‌های درون بوته‌ای و برون بوته‌ای در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب در کمترین سطح بدست آید. به علاوه، فضای کافی برای انجام عملیات داشت و برداشت مکانیزه نیز باید در نظر گرفته شود. دستیابی به اهداف بالا مستلزم آن است که بذرها و در نتیجه بوته‌ها به فواصل مناسب و دقیقی از یکدیگر در زمین قرار گیرند [۱].

کاشت مکانیزه علاوه بر کاهش هزینه بذر، موجب یکنواختی بیشتر گیاهان و یکنواختی در زمان آماده شدن محصول برای برداشت می‌گردد، زیرا بذرها با فواصل یکسان و عمق یکنواخت و شرایط مشابه در خاک کاشته می شوند که همین امر موجب افزایش کیفیت محصول، امکان برداشت هم‌زمان محصول و در نتیجه کاهش هزینه برداشت خواهد شد[۱۰].

از آنجایی که همه بذرها، سبز نشده یا جوانه نمی زنند؛ تعداد بذور کاشته شده در واحد سطح باید بیشتر از تراکم مطلوب بوته باشد [۱۲]؛ به عنوان مثال کشت گیاهانی مانند آفتابگردان، پنبه، سبزیجات و گیاهان وجینی با قرار دادن چندین بذر (کپه‌کاری) در عمق مشخص و یکسان روی ردیف به نحوی که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بذور بر روی ردیف ۱۵ تا ۲۵ سانتی-متر باشد، صورت می گیرد[۵].

مهمترین قسمت ماشین‌های ردیف‌کار و کپه‌کار، دستگاه‌های اندازه‌گیری بذر می‌باشد[۱]. دستگاه‌های اندازه‌گیری بذر (موزع) نیروی محرک را از چرخ زمین‌گرد دستگاه گرفته، بذر را شمرده و در فواصل مشخص به لوله سقوط تحویل می‌دهند[۴].

کپه‌کاری عموماً با انتخاب صفحه‌های موزع کپه ریز که دارای سلول‌های بزرگی با ظرفیت گنجایش چندین بذر و یا با رهاسازی تعداد معیّنی بذر انباشت شده در لوله سقوط ردیف‌کارها صورت می گیرد[۸].

مولین[1] کارنده‌ای مکانیکی با قابلیت تنظیم فواصل کاشت بذرهای ذرت طراحی نمود. طرح خاص چرخ زمین‌گرد این کارنده امکان تغییر قطر آن را با هدف تغییر فواصل کاشت بذر ایجاد می‌کرد. بدین ترتیب بدون تعویض صفحات موزع این کارنده و یا تغییر در سیستم رانش آن، فاصله بین بذرها بر روی ردیف کشت تنظیم می گردید[۷].

سینگ[2] و همکاران اقدام به طراحی و ساخت کارنده‌ای نیوماتیکی برای کشت بذر پنبه نمودند. این دستگاه مجهز به دو صفحه دایره‌ای با قطرهای متفاوت است که بر روی یکدیگر قرارگرفته است و صفحه کوچک‌تر بر روی صفحه بزرگ‌تر به وسیله چرخ زمین‌گرد دوران می‌کند. سوراخ هایی بر روی صفحه کوچک‌تر در محیط یک دایره و در فواصل مساوی توزیع شده اند. بذرها بوسیله مکشی که توسط سیستم خلاء متصل به صفحه بزرگتر ایجاد می شود به سوراخ های صفحه کوچک‌تر می چسبند و بادوران آن در موقعیت مناسب بوسیله تیغه‌ای که جریان خلاء را مسدود می‌کند به داخل لوله سقوط هدایت می شوند. تنظیم فاصله بین بذرها روی ردیف کاشت، بوسیله صفحه کوچک موزع با صفحه مشابه با تعداد سوراخ های متفاوت و یا تغییر سرعت دوران آن نسبت به سرعت پیشروی فراهم می گردد. بنابر اظهارات سینگ صفحات موزع عمودی یا شیب دار نسبت به صفحات موزع افقی به بذرها صدمه کمتری وارد آورده و از چند دانه‌کاری و عدم کاشت جلوگیری می کند[۱۱].

رحمتی و حاجی احمد توانستند یک نوع ردیف کارنیوماتیکی بذر گوجه فرنگی را بهینه کنند. در این دستگاه از محور تواندهی تراکتور برای تأمین توان مورد نیاز پمپ باد استفاده شده است و چرخ های زمین گرد، موجب حرکت سیستم انتقال حرکت دستگاه و موزع می گردد. موزع دستگاه نقش مخزن بذر را نیز داشته و به شکل استوانه افقی می باشد و دارای دو دسته سوراخ است که هر دسته، سوراخ بذرهای یکی از دو واحد کارنده را تأمین می‌کند. این دستگاه قابلیت کاشت یک، دو و سه بذر را در یک نقطه دارد که این امر به کمک قطع و وصل جریان باد در نازل‌ها (بذر اندازها) صورت می گیرد[۲].

ریو[3] و کیم[1] نوعی موزع مکانیکی برای کاشت دقیق در کپه‌کارها ارائه کرد. وی با تغییر موزع و برس آن توانست بذرهای مختلف را بکارد. وی محاسبات ساخت دستگاه را برای برنج انجام داد و سپس با نتایج آزمایشگاهی به دست آمده به این نتیجه رسید که

[1] Molin
[2] Singh
[3] Ryu

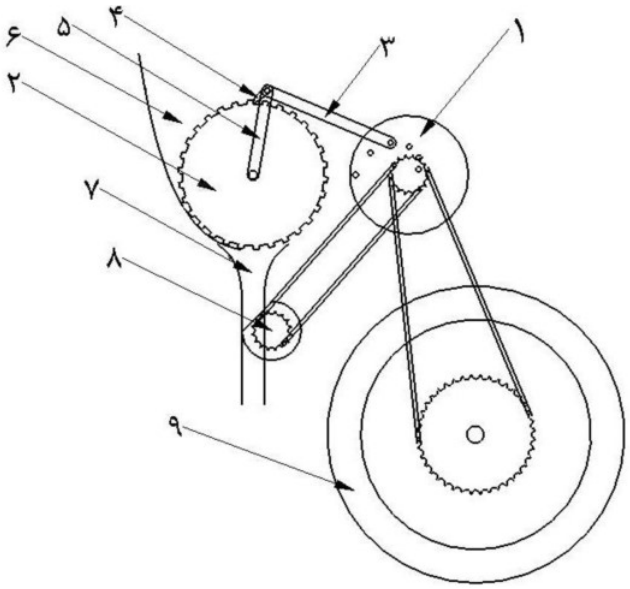
این دستگاه دارای بازده بالایی در کاشت است. طراحی او به خواص اصطکاکی و اندازه‌های بذر مرتبط بوده و از این نظر دارای ضعف است. دانه‌ها با توجه به اندازه‌شان در سلول‌های موزع پر شده، هر سلول موزع دارای اندازه مشخصی است که می‌توان تعداد معیّنی بذر در خود جای دهد، در این دستگاه تغییر فاصله بین کپه‌ها در نظر گرفته نشده است[۹].

تحقیقات فوق نشان می‌دهد در صورتی که از کپه‌کارها به جای ردیف‌کارهای رایجی که قابلیت تنظیم تعداد بذر در محل کاشت را ندارند استفاده شود، الگوی کشت مناسب‌تری بدست خواهد آمد. از آنجا که مکانیزم های ارائه شده برای کپه‌کاری محدود بوده و ساختارهای پیچیده‌ای دارند، لزوم ارائه مکانیزم ساده، ارزان با قابلیت تنظیم مفید به نظر می سید.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- شرح مکانیزم پیشنهادی برای واحد سنجش بذر

در این تحقیق ارائه مکانیزمی برای کپه‌کاری مورد نظر بوده است که بتواند در کشت دقیق بذرهای گوناگون مورد استفاده قرار گیرد. مکانیزم پیشنهاد شده از دو مکانیزم لنگ- آونگ و جغجغه‌ای تشکیل شده است (شکل۱). با دوران چرخ گردان (شماره۱)، آونگ (ش اره۵) که با صفحه موزع (شماره۲) هم محور است، حرکت نوبه‌ای (پاندولی) خواهد داشت. بدین ترتیب به دلیل وجود خار محرک (شماره۴)، صفحه موزع تنها در جهت عکس دوران عقربه های ساعت دوران خواهد نمود.



شکل۱: مکانیزم پیشنهاد شده برای کپه‌کار دقیق بذر: ۱-چرخ گردان ۲-صفحه موزع ۳-رابط ۴-خار محرک ۵-آونگ ۶-مخزن بذر ۷-محفظه ابتدایی لوله سقوط ۸-سوپاپ د رانی ۹-چرخ محرک

با تغییر محل اتصال رابط (شماره۳) بر روی چرخ گردان می‌توان دامنه نوسان آونگ را تنظیم نمود، که در نتیجه آن میزان دوران صفحه موزع به ازای هر دور دوران چرخ گردان تنظیم می گردد. در صورتی که رابط در نقطه ای نزدیک‌تر به مرکز دوران چرخ گردان به آن متصل شده باشد، میزان گردش صفحه موزع به ازای هر دور چرخش چرخ گردان کمتر بوده و در نتیجه بذر کمتری از مخزن (شماره۶) به محفظه ابتدایی لوله سقوط (شماره ۷) هدایت می شود. به طبع نقطه اتصال دورتر رابط و چرخ گردان از محور دوران، موجب افزایش تعداد بذر هدایت شده به لوله سقوط می‌گردد. پس از انباشته شدن تعداد موردنظر بذرها در محفظه ابتدایی لوله سقوط، یک سوپاپ دورانی (شماره۸) که با چرخ گردان، هم سرعت می باشد، موجب سقوط یکباره بذرها به داخل شیار ایجاد شده در خاک می‌شود.

[1] Kim

۲-۲- تنظیمات واحد اندازه گیری بذر

مکانیزم مذکور قابلیت تنظیم فاصله بین کپه‌ها بر روی ردیف، تنظیم تعداد بذر در هر کپه و کاشت برای بذور مختلف با سایزهای گوناگون را دارد. فاصله بین کپه‌ها بر روی یک ردیف با تغییر نسبت دنده بین محور چرخ زمین‌گرد و چرخ گردان موزع صورت می-گیرد.

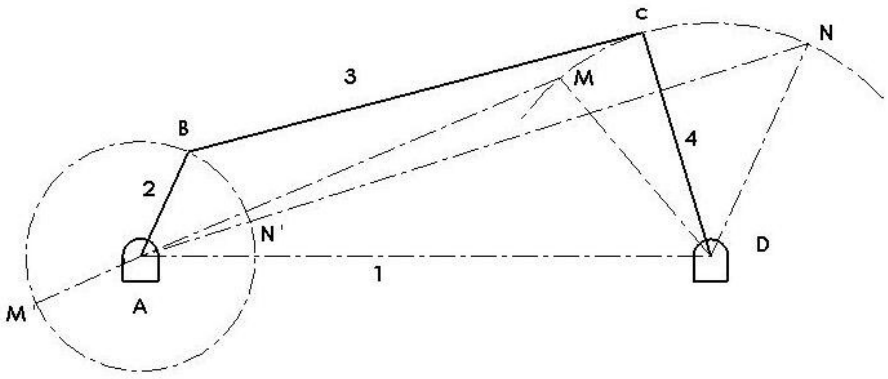
تنظیم تعداد بذر در یک کپه با تعویض محل اتصال رابط با چرخ گردان موزع انجام می‌گردد. این عمل موجب تغییر طول مؤثر چرخ گردان می شود، تعویض موزع‌های مختلف که با توجه به اندازه بذر طراحی گردیده‌اند امکان کاشت بذور مختلف را فراهم می‌آورد. یعنی می‌توان تنها با تعویض موزع با موزع مناسب، محصول جدیدی را با کپه‌کار کاشت.

۲-۳- طراحی مکانیزم

در شکل۲ یک مکانیزم چهار میله‌ای نمایش داده شده است. مکانیزم چهار میله ای ABCD هنگامی تبدیل به یک مکانیزم لنگ-آونگ می گردد که شرایط ذیل بین طول میله‌ها برقرار باشد[۳] :

روابط (I)

$$\begin{cases} ۱)\ l_۲ + l_۳ + l_۴ \succ l_۱ \\ ۲)\ l_۱ + l_۲ + l_۴ \succ l_۳ \\ ۳)\ l_۱ + l_۴ - l_۳ \succ l_۲ \\ ۴)\ l_۳ + l_۴ - l_۴ \succ l_۲ \end{cases}$$



شکل۲: طرز کار مکانیزم چهار میله‌ای لنگ-آونگ

لنگ AB (چرخ‌گردان) حرکت خود را از چرخ زمین‌گرد می‌گیرد و برای مکانیزم چهار میله‌ای محرک به حساب می‌آید. با دوران لنگ AB حول نقطه A، لنگCD حول نقطهD حرکت آونگی بین نقاط N ,M خواهد داشت؛ زاویه $M\hat{D}N$ (زاویه نوسان آونگ) تعیین کننده تعداد بذر ریخته شده در هر کپه می باشد، به طوری که:

روابط (II)

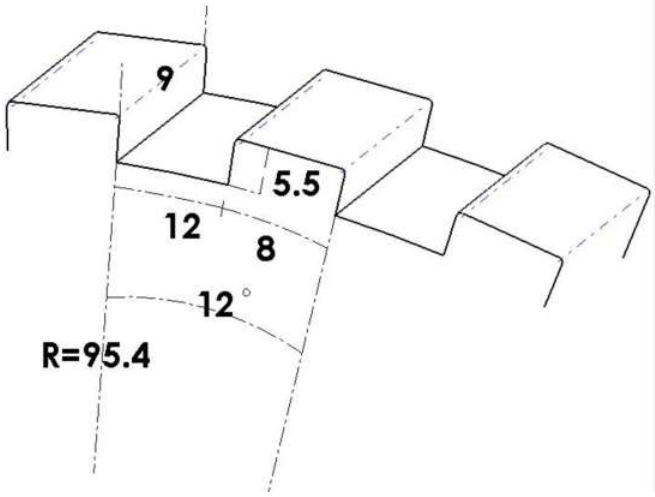
$$M\hat{D}N = \alpha_۲ - \alpha_۱$$

$$\cos\alpha_۱ = \frac{l_۱^۲ + l_۴^۲ - (l_۳ - l_۲)^۲}{۲l_۱ l_۴} \qquad \cos\alpha_۲ = \frac{l_۱^۲ + l_۴^۲ - (l_۳ + l_۲)^۲}{۲l_۱ l_۴}$$

بنابراین در صورت معیّن بودن طول های $l_۱$، $l_۳$ و $l_۴$ می‌توان حدود $l_۲$ را برای کاشت کمترین و بیشترین تعداد بذر در هر کپه برای بذر هر محصول محاسبه نمود. بدیهی است این ابعاد به اندازه صفحه موزع مورد نظر وابسته است. اندازه صفحه موزع مناسب هر بذر نیز به خواص فیزیکی و ابعادی آن بذر وابسته است. به عنوان مثال ابعاد بذر ذرت به صورت زیر گزارش شده است[۶] :

a = ۱۱/۱۵ mm ، b = ۷/۳۰ mm و c = ۴/۸۶ mm

که در آن a، b و c متوسط قطرهای بذر ذرت به ترتیب از کوچک به بزرگ می باشند.
با توجه به نحوه مطلوب قرارگیری بذر ذرت در سلول های صفحه موزع ضخامت صفحه موزع، عمق و طول سلول‌ها به ترتیب ۱۰٪ بیشتر از ابعاد a، b و c انتخاب می شوند تا هنگام پر شدن صفحه موزع با بذور به آنها صدمه ای وارد نشود و در عین حال احتمال قرارگیری چند بذر در یک سلول به حداقل برسد.
فاصله بین سلول‌ها بر روی صفحه موزع باید به اندازه‌ای باشد که خار محرک به راحتی قدرت تفکیک دو سلول را از یکدیگر داشته باشد و از طرفی هم می‌بایست طوری اختیار شود که صفحه موزع تعداد سلول بیشتری را در خود جای دهد. از آنجا که در مکانیزم لنگ- آونگ حداکثر دامنه نوسان آونگ به ندرت از ۹۰ درجه می گذرد، ابعاد مکانیزم طوری اختیار شده اند که برای کاشت ۶ بذر ذرت در یک کپه حداکثر نوسان لازم برای آونگ از ۷۵ درجه تجاوز نکند. به منظور حصول اطمینان از انتخاب محل صحیح خار محرک برای وادار کردن صفحه موزع به حرکت، دامنه نوسان آونگ را به ازای هر تعداد کاشت بذر در هر کپه، ۲۵٪ فاصله بین دو سلول متوالی بیشتر در نظر می گیریم، بدین ترتیب زاویه نوسان آونگ به ازای هر بذر ذرت، ۱۲ درجه و در نتیجه آن شعاع صفحه موزع، حدود ۹۵/۴ میلی‌متر بدست می‌آید. در شکل۳ ابعاد محاسبه شده برای صفحه موزع بذر ذرت و سلول‌های واقع بر آن نمایش داده شده‌اند.



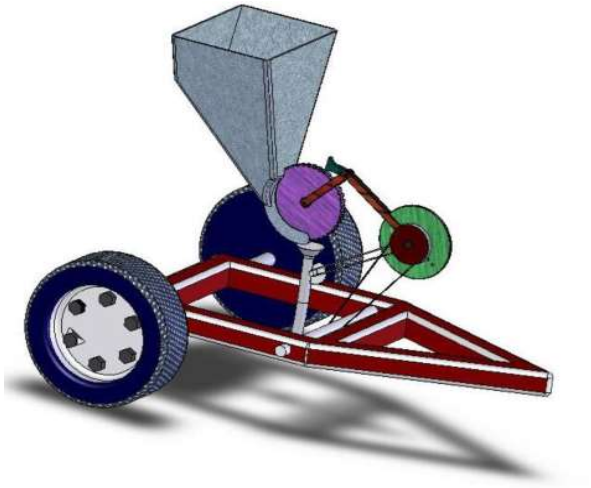
شکل۳: ابعاد و مشخصات صفحه موزع طراحی شده برای بذر ذرت (اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر هستند.)

در صورتی که طول خار محرک حدود ۳ سانتی متر فرض شود، می‌توان طول آونگ (l_4)را ۱۱/۵سانتی متر فرض نمود، زیرا به منظور عملکرد صحیح خار محرک، می‌بایست طول آونگ از مجموع شعاع صفحه موزع و طول خار محرک کمتر باشد.
فاصله بین محور دوران صفحه موزع و چرخ گردان (l_1) و همچنین طول رابط (l_3) نیز باتوجه به فضای موجود برای مکانیزم و روابط (I) به ترتیب ۲۱ و ۱۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شده‌اند. با این مفروضات طول l_2 برای کاشت ۱ تا ۶ بذر ذرت در هر کپه محاسبه می شود که مقادیر آن در جدول۱ آمده است.

تعداد بذر ذرت در هر کپه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
طول بازوی لنگ l_2 (cm)	۱/۵	۲/۷	۳/۸	۵	۶	۷/۲

جدول ۱: فاصله ی محل اتصال رابط از محور دوران چرخ گردان(l_2) به ازای تعداد بذرهای موردنظر در هر کپه

چرخ زنجیر واقع بر محور چرخ‌گردان و چرخ زمین‌گرد طوری انتخاب شده‌اند که ۴ نسبت سرعت دورانی بین این دو محور را از ۴/۶۴ تا ۱۰/۱۳ ایجاد کنند. همانطور که گفته شد سرعت دورانی چرخ‌گردان و سوپاپ دورانی می بایست یکسان اختیار شوند. در شکل۴ مدل سه بعدی ساده شده‌ای از کپه‌کار طراحی شده نمایش داده شده است. برای جلوگیری از پیچیده شدن شکل سایر بخش‌های کارنده حذف شده‌اند.



شکل۴: مدل سه بعدی ساده شده کپه‌کار طراحی شده

۳- نتایج و بحث

مکانیزمی که ارائه شد برای کاشت محصولات کپه ای بسیار مناسب است و از آنجایی که روند رو به رشد جایگزینی کپه کارها به جای ردیف کارها در محصولاتی مثل آفتابگردان، برنج، سبزیجات و گیاهان وجینی دیده می شود؛ ساخت دستگاهی که باهدف کپه کاری ساخته شده باشد مورد نیاز است. این مکانیزم می تواند وظایف ردیف کارها را هم انجام دهد. قابلیت های تنظیمی این دستگاه باعث طراحی شناور آن شده و موجب برتری آن نسبت به بقیه ی ردیف – کپه کارها می شود. کاشت بذور مختلف که دارای سایزهای گوناگون هستند با تعویض نوع موزع به راحتی حاصل می شود. تغییر تعداد بذر کاشته شده در یک کپه میسر است و می توان با یک جابجایی ساده در محل اتصال رابط و چرخ گردان به آن دست پیدا کرد.

یکی از مهمترین تنظیمات هر ردیف – کپه کار تغییر فاصله بین بوته هاست که با تعویض نسبت دنده بین محورهای چرخ گردان و چرخ زمین گرد قابل حصول است.

براساس تحقیقات سینگ [۱۱] استفاده از موزع عمودی باعث تلفات کمتر و افزایش بازده می شود که در طراحی این دستگاه مورد توجه قرار گرفته است.

ریو [۹] از موزعی استفاده کرد که به خواص مکانیکی بذر بستگی داشت ولی در طراحی این دستگاه ابعاد بذر اهمیت داشته و سایر خواص مکانیکی بذر تأثیر چندانی در آن ندارند بدین ترتیب این دستگاه طرحی عمومی داشته و قابل گسترش به بقیه ی بذور نیز می باشد.

استفاده از موزع های پنوماتیکی مستلزم از محور تواندهی برای راه اندازی پمپ های باد آنها است. این نوع کارنده ها ارای مکانیزیهای پیچیده ای هستند که موجب کاهش مقبولیت عام آنها در میان کشاورزان می شود که در طرحهای رحمتی و حاجی-احمد [۲] و سینگ [۱۱] استفاده شده بود. در ضمن ردیف کارهای پنوماتیکی دارای هزینه ی بالایی هستند اما کاربرد مکانیزمهای مکانیکی به دلیل سادگی و قیمت کمتر موجب استقبال بیشتر کشاورزان می گردند.

۴- نتیجه گیری و پیشنهادها

مکانیزم لنگ – آونگ برای کشت کپه ای محصولاتی مانند آفتابگردان، پنبه، برنج، سبزیجات و گیاهان وجینی بسیار مناسب بوده و به علت امکان تنظیم تعداد بذر در هر کپه جایگزین خوبی برای ردیف کارها می باشد. این دستگاه در حین سادگی، قابلیت تنظیمات متعددی داشته و برای کشت هر محصولی مناسب می باشد. سهولت کار با آن موجب استقبال کشاورزان از آن خواهد شد. پیشنهاد می شود به منظور تکمیل طرح، مکانیزم هایی برای جلوگیری از قرارگیری چند بذر در یک سلول صفحه موزع و خالی ماندن سلول ها در هنگام کاشت به آن اضافه شوند. هم چنین این مکانیزم ارکان استفاده در کارنده های پانچی (سوراخ کار) را دارد که در صورت لزوم می توان این دو مکانیزم را با یکدیگر ترکیب نمود.

فهرست منابع

۱- خواجه پور م. ر. ،۱۳۸۰، اصول و مبانی زراعت، چاپ چهارم، اصفهان، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

۲- رحمتی م. هـ و ع. حاجی‌احمد، ۱۳۸۶، بهینه‌سازی ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی و مقایسه عملکرد آن با کارنده مکانیکی، مجله علوم کشاورزی گرگان، .

۳- مارتین ج. اچ.، ۱۳۸۵، سینماتیک و دینامیک ماشین‌ها، مترجم: م. ا. پازوکی، چاپ هشتم، تهران، نشر آزمون.

۴- منصوری راد د.، ۱۳۸۵، تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی، چاپ دهم، همدان، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.

5- Klenin N.I., I.F. Popov and V.A. Sakun, 1986, Agricultural machines, New Delhi, Rekha Printers.

6- Mohsenin N., 1980, Physical properties of plant and animal materials, NewYork , Gordon & Breach Science Publishers.

7- Molin J.P., 2002, A Punch Planter with Adjustable Seed Spacing, ASAE presentation No. 021174.

8- Murray J.R., 2006, Planting machinery, Australian Centre for International Agricultural Research.

9- Ryu H. I. and K. U. Kim, 1998, Design of Roller Type Metering Device for Precision Planting, Transactions of the ASAE, VOL. 41(4): 923-930.

10- Sandres D.C., 1997, Precision Seeding for Vegetable Crops, Horticulture Information Leaflet, vol.(36).

11- Singh R.C., G. Singh and D.C. Saraswat, 2005, Optimization of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds, Biosystems Engineering, Vol.92(4):429-438.

12- Srivastava A.K., C.E. Goering and R.P. Rohrbach, 1995, Engineering principles of agricultural machines, NewYork, American Society of Agricultural Engineering.

Design and Introduction of a New Adjustable Mechanism for Hill Drop Planting

In order to apply a pattern for precision planting, a planter using a simple mechanical mechanism has been designed for hill drop planting of some crops like sunshade, vegetables, weeding crops, etc. This mechanism is more flexible than current mechanical row planters and also is easier and lower in price than pneumatic mechanisms. This hill drop planter has a vertical seed metering device running by a crank-pendulum mechanism. In this mechanism, not only the space between rows and bushes are adjustable, but also number of seeds in each hill is able to be changed. Designing method of this planter is introduced for corn seed, but it can be easily generalized for other crops, considering their seed dimension and required number of seeds in each hill.

Key words: Hill drop planting, Crank-pendulum mechanism, Mechanical seed metering device, Precision planting.