

نشریه فنی:

معرفی برخی فناوری‌های پیشرفته برای به
کارگیری در ماشین‌های کاشت محصولات زراعی

الیاس دهقان



بسم الله الرحمن الرحيم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی

معرفی برخی فناوری‌های پیشرفته برای
به‌کارگیری در ماشین‌های کاشت محصولات
زراعی

تهیه و تدوین:

الیاس دهقان

عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

سال انتشار:

۱۴۰۴



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: نشریه فنی
عنوان نوشتار: معرفی برخی فناوری‌های پیشرفته برای به کارگیری در ماشین‌های کاشت محصولات
زراعی
نگارنده: الیاس دهقان
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: شبنم جباری
طراح جلد: سمیه وطن‌دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۴



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۶۷۴۰۱ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

مخاطبان نشریه

تولیدکنندگان ماشین‌های کشاورزی، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان مکانیزاسیون کشاورزی، کشاورزان، کارشناسان و مروجان سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها

هدف‌های آموزشی

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- فناوری‌های پیشرفته دنیا و پیش‌نیازهای استفاده از آنها در ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی مورد استفاده در عملیات کاشت محصولات زراعی آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فناوری‌های پیشرفته و نوین در ماشین‌های ردیف‌کار	۲
حسگرهای پایش جریان بذر	۲
پایشگر مدل V1200 شرکت گاسپاردو	۷
پایشگر مدل MCE 6000 و MCE 12000 شرکت گاسپاردو	۸
فناوری‌های کنترل موزع در ردیف‌کارها	۹
صفحهٔ بذر هیدرولیکی ردیف‌کار	۹
صفحهٔ بذر برقی ردیف‌کارها	۱۰
شرکت گراهام	۱۳
شرکت هورش	۱۵
شرکت کنز	۱۵
شرکت گاسپاردو	۱۶
فناوری تنظیم خودکار چرخ فشارنده در ردیف‌کار	۱۹
فناوری پاشش مواد محلول روی بذر در خاک	۲۱
فناوری‌های پیشرفته و نوین در ماشین‌های خطی‌کار	۲۳
حسگرهای جریان بذر در خطی‌کارها	۲۴
موتور الکتریکی گردانندهٔ شافت موزع خطی‌کار	۲۸
فهرست منابع	۳۰

مقدمه

بررسی روند دگرگونی فناوری‌ها در دنیا نشان می‌دهد که در کمتر از یک دهه آینده فناوری‌های پیشرفته جهان را دستخوش تغییرات قابل توجهی خواهند کرد و بازیگرانی که با این تغییرات همگام نباشند و از دوراندیشی لازم برای درک آینده برخوردار نیستند، از میدان رقابت حذف خواهند شد. در چنین شرایطی کشورهایی که از دستیابی به فناوری‌های پیشرفته و به‌روز غافل می‌مانند همواره کشورهایی وابسته، نیازمند، مصرف‌کننده و در معرض تالطم‌های اقتصادی و اجتماعی خواهند بود.

هر ماشین و فناوری‌های استفاده شده در آن برای کار در شرایط ویژه و اجرای وظیفه‌ای مشخص طراحی شده است و دقت و کارایی آن نیازمند رعایت پیش‌نیازهای مرتبط با آن است. استفاده از ماشین‌ها در ایران ممکن است به دلیل تفاوت در ویژگی‌های محصولات و مزارع و شرایط اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی و سیستم‌های کاشت با محدودیت‌هایی روبه‌رو باشد. بنابراین، انتخاب و معرفی تکنولوژی‌های مناسب داخلی یا وارداتی برای تولید مکانیزه محصول جدید امری کاملاً علمی و تخصصی است و باید هوشمندانه و بر اساس شناخت وضع موجود از نظر نیازها و این عوامل اثرگذار باشد: سطح پیچیدگی فناوری و فراهم بودن الزامات اقتصادی، فنی، زیست محیطی و انسانی برای استفاده از فناوری موجود و جدید، تطابق ماشین با ویژگی‌های گیاه، شرایط اقلیمی منطقه، اندازه واحد تولیدی و منابع توان رایج در کشور (دهقان، ۱۴۰۰).

در سال‌های اخیر کاربرد فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های یکپارچه الکترونیکی-محاسباتی و مکانیکی (مکاترونیک) مانند حسگرهای الکترونیکی، سامانه‌های پایش و کنترل عملکرد ماشین‌ها، استفاده از نقشه‌ها و سامانه موقعیت‌یابی و ناوبری جهانی برای کاربرد نهاده‌ها به صورت بسیار دقیق و حتی نرخ متغیر در بستر کشاورزی دقیق، در ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی دنیا تجاری شده و به سرعت در حال گسترش است. هدف نهایی توسعه این فناوری‌های پیشرفته افزایش دقت، سرعت و راحتی اجرای کار، افزایش بهره‌وری منابع

و نهاده‌ها، حفاظت از محیط زیست، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش درآمد کشاورزان است.

در بسیاری موارد، به‌کارگیری ماشین‌ها و تجهیزات پیشرفته وارداتی، یا توسعه فناوری آنها در ماشین‌های داخلی، قیمت تمام شده آنها را بسیار بالا می‌برد. افزون بر این، حتی اگر قیمت ماشین‌های پیشرفته و پیچیده از نظر کشاورزان قابل قبول باشد، چگونگی کاربرد این ماشین‌ها در مزرعه، سرویس و نگهداری و تعمیرات آنها به مهارت‌های ویژه و ارائه خدمات پس از فروش بموقع نیاز دارد که ممکن است پذیرش آنها توسط کشاورزان را با چالش روبه‌رو کند. بنابراین، هر ماشین و هر سطح پیچیدگی فناوری برای هر کشور و منطقه‌ای مناسب و قابل پذیرش نیست و توسعه و به‌کارگیری آنها باید مبتنی بر ارزیابی همه جانبه فنی، زراعی، اجتماعی، اقتصادی و ایجاد زیرساخت‌ها و الزامات مربوط باشد.

فناوری‌های پیشرفته برای مناطق مختلف و مزارع با اندازه کوچک، متوسط و بزرگ دارای تفاوت‌هایی هستند. در مزارع کوچک باید از ماشین‌هایی استفاده کرد که دارای وزن سبک، اندازه کوچک و قابل اتصال به تیلر یا تراکتورهای با توان (اسب بخار) کم باشند. در این مزارع، دقت بودن اجرای عملیات یک عامل اصلی بحرانی و تعیین کننده است، در حالی که در مزارع متوسط، علاوه بر دقت ماشین در اجرای عملیات، سرعت اجرای عملیات (بازده زمانی ماشین) نیز عاملی اصلی و تعیین کننده است. در ادامه، برخی از فناوری‌های پیشرفته و نوین استفاده شده در ماشین‌های کشاورزی توضیح داده می‌شود.

فناوری‌های پیشرفته و نوین در ردیف کارها

حسگرهای پایش جریان بذر

حسگر تشخیص و شمارش بذر عامل اساسی برای اندازه‌گیری لحظه‌ای جریان بذر و یکنواختی فاصله بذرهای انواع بذر است و مهم‌ترین قسمت سامانه کنترل هوشمند کارنده

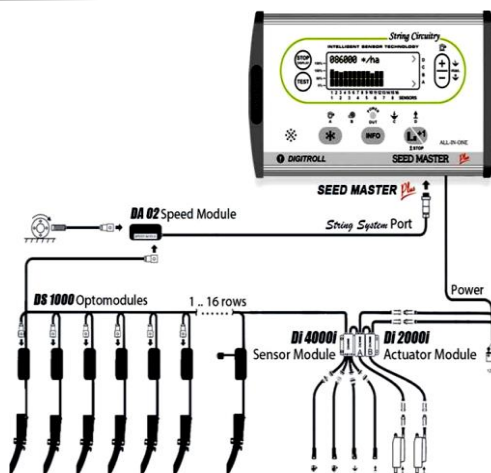
به‌شمار می‌آید. حسگرهای نوری الکترونیکی^۱ بذر و کود به دلیل ارزان بودن و دقت بالا به طور گسترده‌ای در کارنده‌ها استفاده می‌شوند (دهقان، ۱۴۰۰).

حسگر نوری-الکترونیکی بذر، مدل Seed sensor DS2000i ساخت شرکت مجارستانی دی جیترویل، روی کارنده‌های شرکت‌های معتبری مانند کوهن ماکسیم^۲، کلاین ماکسی کورن^۳، گاسپاردو اس تی^۴، آکورد آپتیما^۵، مونوسم ان جی^۶، مونوسم ان سی^۷، مونوسم ان جی پلاس^۸، کوهن پلنتر^۹ و او ال تی پلنتر^{۱۰} نصب شده است. این حسگرها با دقت‌های مختلف و بسته به شرایط کاربرد، به شکل‌های متنوعی ساخته و ارائه می‌شوند، از این رو گزینه‌های زیادی برای نصب روی انواع کارنده‌ها در دسترس است. این حسگرها را می‌توان در قسمت‌های گوناگون (در ابتدا، میانه یا انتهای) لوله یا مسیر سقوط بذر نصب کرد. مهم‌ترین وظیفه این حسگرها کنترل دقت کاشت، اندازه‌گیری تراکم کاشت، فاصله بذرها و گرفتگی یا قطع ناخواسته جریان بذر است (شکل ۱ و شکل ۲)



شکل ۱- حسگر نوری-الکترونیکی بذر، مدل Seed sensor DS2000i ساخت شرکت مجارستانی دی جیترویل، قابل نصب روی قسمت ابتدایی یا دهانه لوله سقوط

-
- 1- Optoelectronic Sensor
 - 2- Kuhn Maxima
 - 3- Kleine Maxicom
 - 4- Gaspardo ST
 - 5- Accord Optima
 - 6- Monosem NG
 - 7- Monosem NC
 - 8- Monosem NG Plus
 - 9- Kuhn Planter
 - 10- OLT Planter



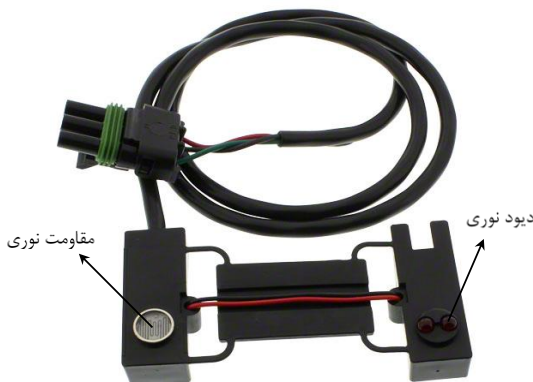
شکل ۲- حسگر نوری-الکترونیکی بذر، قابل نصب روی قسمت میانی لوله سقوط بذر خطی کارها، مدل Seed sensor DS1000i ساخت شرکت Digitroll مجارستان

حسگرها هر دانه را شناسایی می کنند و سیگنالی الکتریکی به جعبه کنترل (نمایشگر داخل کابین) می فرستند. جعبه کنترل تفاوت زمانی بین سیگنال مربوط به دانه های متوالی را ارزیابی خواهد کرد و با استفاده از این اطلاعات ضریب تغییرات، نکاشت و دو یا چند کاشت را محاسبه می کند.

شرکت دیکي جان^۱ یک حسگر بذر مجهز به مقاومت نوری^۲ را طراحی و معرفی کرده است. این حسگر از یک فتوسل با قطر ۱۲ میلی متر و دو عدد دیود نوری ۵ میلی متری تشکیل شده است (شکل ۳). در این حسگر برای تشخیص بذر از یک مدار داخلی مجهز به تقویت کننده عملیاتی (به صورت مقایسه گر) استفاده می شود. با عبور بذر از مجرای لوله سقوط، یک پالس الکتریکی نوع مربعی با دامنه مشخص توسط مقاومت نوری تعبیه شده دریافت می شود.

¹ -DICKEY-john

² -Light Dependent Resistor (LDR)

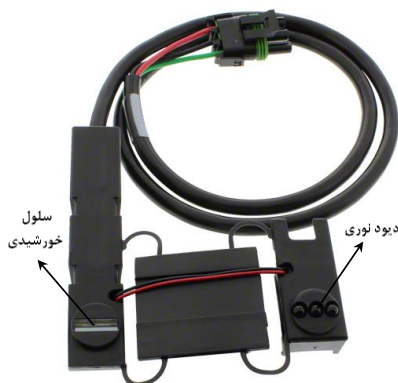


شکل ۳- حسگر بذر از نوع مقاومت نوری (شرکت دیکی جان)

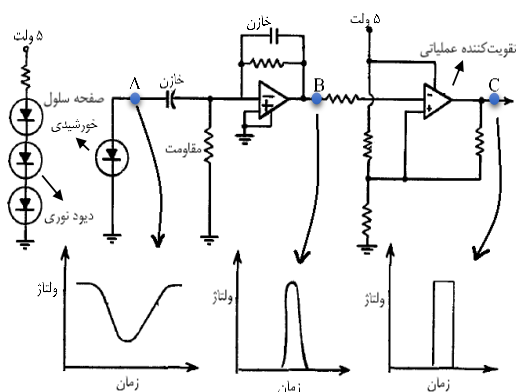
شرکت جان دیر از سلول خورشیدی^۱ به عنوان المان گیرنده نوری برای توسعه یک حسگر برای سنجش مقدار بالای^۲ ریزش بذر استفاده کرد. حسگر مقدارریزش بالا شامل یک صفحه سلول خورشیدی است که تابش سه دیود نوری با قطر ۵ میلی‌متر را پوشش می‌دهد (شکل ۴). مدار حسگر را بل در سال ۱۹۷۹ طراحی کرد. در این سامانه، نور توسط دیودهای نوری به سمت سلول خورشیدی گسیل می‌شود و ولتاژ الکتریکی حدود ۲۰۰ میلی‌ولت را در سلول تولید می‌کند (شکل ۵). با عبور هر بذر، از شدت جریان نوری کاسته می‌شود و به همین تناسب مقدار ولتاژ تولیدی در نقطه A افت می‌کند و یک تعقر مثبت در نمودار ولتاژ-زمان تولیدی توسط سلول ایجاد می‌شود. مدار تقویت‌کننده عملیاتی دامنه و شکل سیگنال دریافتی از سلول خورشیدی را اصلاح می‌کند تا بذرها توسط سامانه شمارشگر تشخیص داده شوند. مدار الکترونیکی تقویت‌کننده عملیاتی مرحله نخست، نقش مشتق‌گیری را در مدار دارد. در نهایت، تقویت‌کننده بهره بی‌نهایت باعث می‌گردد تا شکل منحنی در نقطه C به شکل مربعی تبدیل شود.

¹ - Solar cell

² - High-rate



شکل ۴- حسگر بذر از نوع سلول خورشیدی با سرعت واکنش بالا (شرکت جان دیر)



شکل ۵- مدار حسگر بذر سلول خورشیدی بل

مهم‌ترین مشکلات حسگرهای نوری یکی ناتوانی در تشخیص ذرات گرد و غبار از بذر و دیگر اینکه دو بذر مجاور و مماس بر هم را به عنوان یک بذر شناسایی می‌کند. از آنجا که حسگرهای نوری از پرتوهای نور استفاده می‌کنند، با رسوب و حرکت گرد و غبار در این میدان پرتو نور شکسته می‌شود. انحراف و شکسته شدن پرتو نور روی سیگنال‌های حسگر

تأثیر می‌گذارد و باعث ایجاد خطا در رایانهٔ پردازشگر می‌شود (هورش^۱، ۲۰۱۹). برای حل این مشکلات، شرکت کنز از حسگرهای با امواج رادیویی فرکانس بالا استفاده کرده است. در این حسگرها پایش جرم بذر، به‌جای شکل بذر، به سامانه اجازه می‌دهد که بذرها را از گرد و غبار تشخیص دهد و دو بذر به هم چسبیده را هم شناسایی کند. شرکت‌های زیادی هستند که سامانه‌های پایش عملکرد کارنده‌ها را ارائه می‌کنند. برخی نمونه‌های این فناوری که در دسترس هستند شرح داده می‌شوند.

پایشگر مدل V1200 شرکت گاسپاردو

سامانه پایش و کنترل مدل V1200 و حسگرهای موجود در واحدهای اندازه‌گیری آن شناسایی و گزارش هرگونه ناهنجاری در ریزش بذر توسط ردیف‌کار را امکان‌پذیر می‌کند. اگر دانه در مخزن هر یک از واحدهای کارنده تمام شود، جریان بذر قطع شود، کارنده دچار گرفتگی شود و تغییر نامطلوبی در کالیبراسیون و مقدار بذر کاشته شده ایجاد شود، یک هشدار صوتی و یک سیگنال چشمک‌زن به راننده کمک می‌کند تا تشخیص دهد در کدام ردیف مشکل وجود دارد. این سیستم حداکثر ۱۲ ردیف را پشتیبانی می‌کند (شکل ۶).



شکل ۶- مانیتور مدل V1200 برای پایش و کنترل ردیف‌کار (شرکت گاسپاردو)

¹ - Horsch

پایشگر مدل MCE 6000 و MCE 12000 شرکت گاسپاردو

با استفاده از این سامانه می‌توان هر ناهنجاری را در واحدهای کارنده ردیف کار تشخیص داد و فاصله بذرها روی هر ردیف را در زمان واقعی پایش کرد. این سیستم دارای حسگر سرعت است و می‌تواند حداکثر تا ۶ واحد کارنده (در MCE 6000) یا ۱۲ واحد کارنده (در MCE 12000) را پشتیبانی کند (شکل ۷).

در این سیستم، با استفاده از موتور محرک برقی برای صفحه بذر هر واحد کارنده، راننده می‌تواند در هر زمان که لازم باشد کاشت بذر را در هر یک از واحدهای کارنده از داخل کابین متوقف کند. این سامانه همچنین دارای توانایی کنترل فاصله بین بذرها، کنترل و هشدار ایجاد گرفتگی در کارنده، سنجش سرعت پیشروی، محاسبه مساحت قطعه کاشته شده و مجموع مساحت قطعات است.



شکل ۷- نمایشگر پایش و کنترل کارنده مدل MCE 6000 شرکت گاسپاردو

موزع ردیف‌کارها در هر واحد کارنده شامل صفحه یا درام است. تغییر در فاصله بین بذرها روی ردیف به دو روش صورت می‌گیرد: یکی با تغییر در تعداد سلول‌های بذر روی صفحه در سرعت دورانی ثابت صفحه بذر (انتخاب و نصب صفحه بذر با تعداد سلول مورد نظر) و دیگری با تغییر در سرعت دورانی صفحه. در ردیف‌کارهای مرسوم تغییر در سرعت دوران صفحه بذر به صورت مکانیکی و با تغییر در نسبت چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت است. افزایش سرعت پیشروی در ماشین‌های کارنده (به عنوان درخواست پیوسته کشاورزان)، با چالش‌هایی مانند کاهش دقت ماشین به دلیل ایجاد ارتعاش و اختلال در مکانیزم انتقال

قدرت از چرخ محرک به سیستم موزع و ایجاد لغزش‌های ناخواسته در چرخ محرک روبه‌رو است.

کاشت با دقت مورد نظر، حصول اطمینان از پایداری دقت تا پایان کار، و پرهیز از هرگونه نکاشت یا بیش کاشت، مستلزم تنظیم‌های اولیه پیش از کاشت و کنترل پی در پی عملکرد ماشین در حین کاشت است. این کنترل‌ها نیازمند توقف کار و خارج شدن راننده از داخل کابین تراکتور است که برای کاربران ماشین‌ها خوشایند نیست.

در سال‌های اخیر برای بالابردن دقت، کاستن از توقف و لنگی‌ها، کاهش هزینه تولید، کاهش استهلاک، آسان کردن کنترل و اعمال تغییرات لازم در کارنده، پیش از کار و هنگام کار، از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سامانه‌های الکترونیکی پایش و کنترل فرایندها و اعمال تنظیمات و موتورهای هیدرولیکی یا برقی استفاده می‌شود که تحت فرمان کامپیوتر هستند. در مکانیزم موزع مجهز به موتور برقی، برای تنظیم میزان ریزش بذر و دستیابی به فاصله دلخواه بین بوته‌ها روی ردیف (بر حسب میلی‌متر)، لازم است نسبت دوران شافت خروجی موتور برقی و شافت متصل به موزع در مانیتور دستگاه وارد شود.

فناوری‌های کنترل موزع در ردیف‌کارها

صفحه بذر هیدرولیکی ردیف‌کارها

ردیف‌کارها به طور معمول نیروی مورد نیاز برای چرخاندن شافت صفحه بذر همه واحدهای کارنده خود را از یک شافت سراسری دریافت می‌کنند و برای این کار از سامانه مکانیکی، شامل چرخ محرک و تجهیزات رابط (چرخدنده، زنجیر و کلاچ) استفاده می‌کنند. موتورهای محرک هیدرولیکی می‌توانند به جای اجزای رابط سامانه مکانیکی استفاده شوند (شکل ۸).



شکل ۸- استفاده از موتور (پمپ) هیدرولیکی برای چرخاندن صفحه موزع ردیف کار

در مزارع ناهموار به طور معمول دقت کاشت ماشین‌های کارنده کاهش می‌یابد. در این زمین‌ها، اختلال در تماس بین خاک مزرعه و چرخ محرک زمین‌گرد کارنده با ایجاد لغزش در چرخ محرک منجر به نایک‌نواختی در کاشت و کاهش تولید محصول می‌شود. با استفاده از سیستم محرک هیدرولیکی، به جای سامانه محرک مکانیکی مرسوم، می‌توان بدون نیاز به تغییر اجزای سیستم موزع و کاهش سرعت پیشروی، مقادیر بالای بذر را کشت کرد. محرک هیدرولیکی همچنین برای کاشت بذر به صورت مقدارمتغیر مناسب است و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا سرعت ریزش بذر را از درون کابین تراکتور خود تغییر دهند. هورس^۱ و آمازون^۲ دو شرکت معروف آلمانی تولید کننده ماشین‌های کارنده هستند که هم اکنون در تمام مدل‌های ردیف کار خود برای به حرکت در آوردن موزع از موتور هیدرولیکی استفاده می‌کنند. شرکت آمازون نیز فقط در ردیف کار مدل آمازون ای دی ۱۲۰۰۰ کی آر^۳ خود از سیستم محرک مکانیکی استفاده می‌کند.

صفحه بذر برقی^۴ در ردیف کارها

استفاده از موتورهای الکتریکی به جای مکانیزم مکانیکی و موتور هیدرولیکی برای چرخاندن صفحه موزع ردیف کارها، جدیدترین فناوری برای افزایش دقت ماشین‌های کارنده

1- Horsch

2 -Amazone

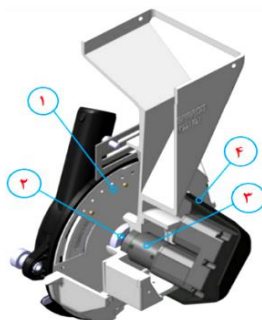
3- Amazone ED 12000-KR

4- Electric seed metering drive

است و استفاده تجاری از آن در سال ۲۰۱۱ میلادی شروع شد. هم اکنون شرکت‌های زیادی، مانند شرکت کنز^۱، در کارنده‌های سری ۴۹۰۰ و شرکت هورش در کارنده‌های سری مایسترو^۲ خود از این فناوری استفاده می‌کنند. موزع‌های مجهز به موتور گرداننده الکتریکی، نسبت به سیستم‌های مرسوم انتقال قدرت مکانیکی و هیدرولیکی، مزایای زیادی به شرح زیر دارند. تجهیز هم‌زمان ردیف‌کار به موزع الکتریکی و سامانه پایش و کنترل الکترونیک اجزای کارنده از داخل کابین، این برتری را کامل‌تر می‌کند (یانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۵):

- حذف قطعات مکانیکی مکانیزم انتقال قدرت، مانند چرخ یا چرخ‌های محرک زمین‌گرد، شافت‌ها، چرخ‌دنده‌های متعدد، زنجیرهای رابط آنها و کلاچ.
- ساده‌تر بودن تعمیر و نگهداری آنها (به دلیل حذف تعداد زیادی از اجزای مکانیکی).
- حذف کاهش دقت کاشت ناشی از ارتعاش در زنجیرهای انتقال قدرت در سرعت پیشروی بالا.
- افزایش دقت ماشین با حذف احتمال لغزش چرخ محرک در واحدهای کارنده بذر و کود ردیف‌کار، به ویژه در زمین‌هایی که بستر بذر به خوبی آماده‌سازی نشده است.
- امکان پذیرش انتخاب نامحدود فاصله بین بوته‌ها روی ردیف (بر خلاف سامانه مکانیکی مرسوم که بسته به تعداد سلول صفحه بذر و نسبت چرخ‌دنده‌های انتقال قدرت، اعداد محدودی قابل دستیابی هستند).
- موتورهای الکتریکی مورد استفاده برای موزع‌ها به دو نوع محوری و محیطی تقسیم می‌شوند. در نوع محوری، موتور الکتریکی به طور مستقیم شافت صفحه موزع را می‌چرخاند. در این مکانیزم، موزع نیاز به اصلاح ندارد اما به موتورهای گشتاور بالا نیاز است. معمولاً برای افزایش گشتاور موتور گیربکس‌های دنده‌ای در انتهای خروجی موتورها نصب می‌شود و این کار باعث افزایش اندازه و گران‌تر شدن سامانه خواهد شد (شکل ۹).

1- Kinze
2- Maestro
3- Yang



شکل ۹- موتور الکتریکی محرک صفحه بذر در محرک برقی محوری. ۱) صفحه بذر مرسوم سازگار با ردیف کارهای معمولی، ۲) سر شش ضلعی شافت خروجی موتور برقی برای چرخاندن با ثبات صفحه بذر، ۳) موتور محرک برقی ۱۲ ولت با قابلیت اطمینان بالا و طول عمر بالا، ۴) پوشاننده و محافظ موتور برقی در برابر ضربه و گرد و غبار

برای حل مشکل نیاز به گشتاور زیاد در موتور و اندازه بیش از حد سامانه محرک موزع، درایورهای برقی نوع محیطی ایجاد شدند. در این مکانیزم، محیط بیرونی صفحه موزع دانه دار می شود و نیروی موتور با یک دنده کوچک نصب شده روی شافت موتور به راحتی به دانه های محیطی صفحه بذر منتقل می گردد (شکل ۱۰). استفاده از این سامانه نیازمند تغییر در صفحه بذر و ساختار پوسته موزع ردیف کار است (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۱۰- صفحه بذر دارای دانه های محیطی و موتور الکتریکی محرک صفحه بذر در محرک برقی نوع محیطی

اگر موتورهای الکتریکی در ردیف‌کارها تحت کنترل کامپیوتر ویژه مستقر در کابین تراکتور یا کامپیوتر متصل از راه دور (مانند رایانه‌های شخصی، تبلت و تلفن همراه) باشند، با کمک سیستم عامل و نرم افزار رابط می‌توانند برای وضعیت‌های کاشت بذر با تعداد ثابت در واحد سطح و کاشت به صورت مقدارمتغیر (تغییر لحظه‌ای تراکم کاشت بذر در هر نقطه از مزرعه بر اساس نقشه از پیش تعیین شده یا آنالیز و تحلیل نقطه‌ای شرایط مزرعه در هر لحظه زمان واقعی^۱) مورد استفاده قرار گیرند (دهقان، ۱۴۰۰). برای کاشت مزرعه با تراکم ثابت و مشخص، سرعت دوران موتور الکتریکی و صفحه بذر، تنها تابعی از سرعت پیشروی کارنده است و رابطه مستقیمی با آن دارد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- استفاده از موتور الکتریکی برای چرخاندن صفحه بذر ردیف‌کار

برخی شرکت‌های ارائه کننده موزع برقی برای ماشین‌های کارنده به شرح زیر هستند:

شرکت گراهام^۲

این شرکت آمریکایی کیت‌های برقی را برای انواع کارنده‌ها ارائه می‌کند^۳. در هر ردیف‌کار، هر یک از واحدهای کارنده به یک موتور الکتریکی محرک صفحه بذر و سه آمپر برق نیاز دارد که با باتری یا دینام تراکتور تامین می‌شود. به طور معمول دینام هر تراکتور می‌تواند برق ۱۶ موتور الکتریکی موزع را تامین کند. برای راه‌اندازی هم‌زمان تعداد بیشتر

^۱ -Real time

^۲ -Graham Company

^۳ -grahamelectricplanter.com

موتورهای برقی، این شرکت یک دینام کمکی مستقل قابل اتصال به پمپ هیدرولیک ارائه کرده است.

موتورهای الکتریکی موزع می‌توانند مستقیماً به صورت محوری یا محیطی به صفحهٔ بذر متصل شوند یا به صورت غیر مستقیم با استفاده از زنجیر و چرخ‌دنده آنها را به گردش درآورند. یک کیت موزع برقی^۱ غیر مستقیم شامل چند موتور الکتریکی (یک موتور می‌تواند چند صفحهٔ بذر را بچرخاند)، برد کنترل نصب شده روی واحدهای کارنده، مهار کننده ضد آب و جعبهٔ کنترل داخل کابین است. جعبهٔ کنترل داخل کابین به صورت بی‌سیم با برد کنترل واحدهای کارنده ارتباط برقرار می‌کند. استفاده از تبلت اندرویدی به کاربر این امکان را می‌دهد تا دستورها را به راحتی در صفحهٔ نرم‌افزار رابط "اندروید گراهام پرو کامند"^۲ وارد کند. توانایی‌های این سامانه به شرح زیر است:

- کنترل و اعمال تراکم یا تعداد بذر کاشته شده به صورت مقدار متغیر
- کنترل و اعمال تراکم یکنواخت بذر به صورت پیوسته
- کنترل و جبران تراکم بوته یا فاصلهٔ بذرها در مسیر منحنی حرکت کارنده. در کارنده‌های مرسوم که موزع همه واحدها از یک شافت نیرو می‌گیرند، هنگام حرکت در مسیر منحنی، همیشه فاصله بین بوته‌ها در واحدهای کارنده‌ای که به سمت بیرون منحنی هستند از واحدهای سمت درون منحنی بیشتر است. با استفاده از موزع برقی مستقل برای هر واحد کارنده یا هر دو تا چهار واحد کارنده، این نقص برطرف می‌شود و فاصلهٔ بوته‌ها برای همهٔ کارنده‌های قرار گرفته در سمت درون یا بیرون مسیر منحنی یکسان و دقیق خواهد بود.
- خاموش کردن خودکار موزع کارنده‌ها در نقاطی که پیشتر کاشته شده‌اند (پرهیز از دوباره کاری مسیرهای دارای هم‌پوشانی).
- پایش ریزش و هشدار گرفتگی یا قطع ناخواستهٔ ریزش بذر.

1-Electric Planter Drive (EPD)

2-Android Graham Pro Command

- تهیه نقشه و ثبت مساحت سطوح کاشته شده.
- کنترل بی‌سیم ریزش مقدار متغیر کودهای شیمیایی خشک (دانه‌ای).
- کنترل بی‌سیم ریزش مقدار متغیر کودهای مایع.

شرکت هورش^۱

این شرکت آلمانی در همه کارنده‌های سری مایسترو خود از این فناوری پایش استفاده می‌کند. در هر واحد کارنده، ریزش دانه با یک موتور ۱۲ ولتی بدون جاروبک^۲ کنترل می‌شود. بنا به ادعای این شرکت، واحدهای اندازه‌گیری (موزع) الکتریکی این ردیف‌کارها نسبت به ردیف‌کارهای سنتی می‌توانند بذرها را در سرعت‌های ۲۰ تا ۴۰ درصد بالاتر به طور مساوی و دقیق در ردیف کاشت قرار بدهند. مصرف کم انرژی در هر واحد کارنده یک ویژگی کلیدی این سیستم است و به تراکتور اجازه می‌دهد تا تمام توان لازم را برای راه اندازی صفحه بذر همه واحدهای کارنده فراهم کند.

شرکت کنز^۳

این شرکت موزع‌های مجهز به موتور برقی را در کارنده‌های سری ۴۹۰۰ ارائه داده است. در این سامانه، هر واحد کارنده به یک موتور ۲۴ ولت گشتاور بالا احتیاج دارد که توسط یک دینام و مدار هیدرولیک جداگانه روی دستگاه کار می‌کند. این موتورها در سرعت پیشروی ۳ تا ۱۳ کیلومتر بر ساعت دارای دقت بالای ۹۹ درصد هستند. موتور برقی این کارنده‌ها کاملاً آب‌بندی شده‌اند تا از ورود گرد و غبار و آب جلوگیری کنند و می‌توانند در برابر شستشو با آب پرفشار مقاومت کنند. بسیاری از شرکت‌های پیشرو امریکایی و اروپایی به صورت تجاری و انبوه از سامانه‌های پایش و کنترل الکترونیکی در کارنده‌های خود استفاده کرده‌اند. برای نمونه، به مواردی در زیر اشاره شده است.

1- Horsch Company (www.horsch.com)

2 -Brushless

3- Kinze Company (kinze.com)

شرکت گاسپاردو

این شرکت ایتالیایی در ردیف کارهای مدل ام تی آر^۱ و ام تی آر اچ دی^۲ خود از یک پکیج پایش و کنترل الکترونیک به نام ایزوترونیک^۳ بهره برده است که مبتنی بر پروتکل ارتباطی ایزوباس^۴ است. در این کارندها، برای چرخاندن صفحات بذر هر یک از واحدهای کارنده، از یک موتور محرک برقی ۱۲ ولت استفاده شده است که با صفحه بذر ارتباط مستقیم دارد (شکل ۱۲). شرکت گاسپاردو مزایای کاربرد این فناوری پیشرفته در کارندها را به شرح زیر می‌داند:

- ساده‌تر شدن ساختار مکانیکی کارنده و نیاز به تعمیرات کمتر (با حذف جعبه دنده، چرخ دنده‌ها، زنجیر و شافت پی-تی-او).
- اندازه‌گیری دقیق و لحظه‌ای مقدار ریزش و ثبات بی‌نظیر در رعایت فاصله بذر، حتی در سرعت پیشروی زیاد.
- پایش فاصله بین بذر و عملکرد اجزای کارنده و امکان اعمال مدیریت و تغییر تنظیمات در هنگام کار (زمان واقعی) از داخل کابین تراکتور با کمک جعبه کنترل جینیس^۵.
- استفاده از پروتکل استاندارد بین‌المللی ایزوباس برای ایجاد ارتباط بین تراکتور و کارنده.
- امکان کشاورزی دقیق با اعمال مقدار متغیر بذر و کود به کمک سامانه خاموش و روشن کردن موتور برقی موزع‌ها (شکل ۱۳).

1- MTR

2- MTR HD

3- ISOTRONIC

4- ISOBUS (International Standardization Organization Binary Unit System)

۵- جعبه کنترل جینیس مستر (GENIUS MASTER)، ایجاد ارتباط بین ماشین‌های متصل به تراکتور را با ترمینال ایزوباس تراکتور به راحتی ممکن می‌کند. در این سامانه، از یک کابل اتصال برای ایجاد ارتباط کارنده با تراکتور و کنترل همه عملکردهای کارنده استفاده می‌شود.

- ایجاد ارتباط با کارنده از راه دور^۱ با فناوری کشاورزی نسل چهار (شکل ۱۴).



شکل ۱۲- استفاده از فناوری پیشرفته پایش و کنترل الکترونیک ISOTRONIC مبتنی بر پروتکل ارتباطی ایزوباس در ردیف‌کار شرکت گاسپاردو.



شکل ۱۳- پرهیز از هم‌پوشانی در عملیات مکانیزه با استفاده نرم افزار پیشرفته IsoMatch
GEOCONTROL و گیرنده GPS در ماشین‌های کشاورزی.

۱- (MG-Live) سیستمی است که از شبکه تلفن همراه برای اتصال با ماشین بهره می‌برد و به عنوان فناوری کشاورزی نسل ۴ شناخته شده است. با این سیستم، کشاورزان می‌توانند اتصال از راه دور را با دستگاه برقرار سازند و عملکرد ماشین را در هنگام کار در مزرعه (زمان واقعی) کنترل کنند.



شکل ۱۴- شماتیک استفاده از فناوری‌های پیشرفته MG-Live، ISOBUS و شبکه تلفن همراه برای ارتباط با ماشین و کنترل الکترونیک عملکرد ردیف کار شرکت گاسپاردو.

اخیراً شرکت گاسپاردو کیت‌های دیجیتالی ارائه کرده است که شامل ترمینال ایزوباس و کابل هستند و برقراری ارتباط بین ماشین‌های مجهز به فناوری ایزوباس و تراکتورهای غیر ایزوباس را ممکن می‌کنند. این کیت‌ها فقط پارامترهای عملیاتی ماشین‌های متصل به آن را نمایش می‌دهند و با درگاه USB و کارت حافظه قابل جابه‌جایی، توانایی به روز رسانی نرم افزار و انتقال داده‌ها به داخل و خارج سامانه وجود دارد. نمونه‌هایی از این کیت‌ها و توانایی‌های آنها به شرح زیر است:

تراهفت^۱: این کیت دارای توانایی کنترل فاصله بذر، هشدار قطع ریزش بذر، قطع ریزش بذر در نقاط کاشته شده برای پرهیز از هم‌پوشانی کاشت و نمایش ویژگی‌های کاشت است (شکل ۱۵).

^۱ - TERA 7 tik



شکل ۱۵- کیت مدل ترا ۷ (TERA 7) ساخت شرکت گاسپاردو برای ایجاد ارتباط بین ماشین‌های ایزوباس با تراکتورهای غیر ایزوباس

تاچ ۸۰۰: افزون بر قابلیت‌های کیت ترا هفت، تاچ ۸۰۰ می‌تواند نقشه‌های کاشت دقیق را دریافت کند و بخواند، داده‌های مربوط به کشت را با اطلاعات جغرافیایی مرجع در اختیار قرار دهد، کاشت بذر را در نقاط دارای هم‌پوشانی به طور خودکار قطع کند و بذر را به صورت مقدارمتغیر بکارد. این سامانه، به عنوان یک ترمینال جهانی، برقراری ارتباط بین ماشین‌های مجهز به فناوری ایزوترونیک و پروتکل ایزوباس را با تراکتورهای غیر ایزوباس امکان‌پذیر می‌کند (شکل ۱۷).



شکل ۱۶- کیت مدل تاچ ۸۰۰ ساخت شرکت گاسپاردو برای ایجاد ارتباط بین ماشین‌های ایزوباس با تراکتورهای غیر ایزوباس

فناوری تنظیم خودکار چرخ فشارنده در ردیف‌کار

در سال‌های اخیر، تولید بذرهای اصلاح شده با ویژگی‌های منحصر به فرد باعث افزایش شدید قیمت بذر شده و کسب اطمینان از جوانه‌زنی و سبز شدن حداکثری بذرها در مزرعه

از خواسته‌های مهم کشاورزان است. یکی از اجزای مهم در ردیف کارها چرخ فشردن کننده خاک اطراف یا خاک روی بذرهایست. انتخاب و تنظیم مناسب میزان فشار عمودی و جانبی چرخ مسدود کننده شیار کاشت و فشارنده بذر در درون خاک و ثابت نگه داشتن این فشارها یکی از عوامل بسیار مهم در سبز شدن بذر است.

در ماشین‌های کارنده مرسوم، میزان فشار چرخ‌های مسدود کننده شیار کاشت و فشارنده بذر، پیش از آغاز کار با ماشین تنظیم می‌شود و کل مزرعه با همان تنظیمات کاشته می‌شود. در این شرایط و در هنگام کار، راننده دید و کنترلی بر میزان فشار وارد بر بذر را ندارد. هنگام حرکت ماشین کارنده در سطح مزرعه، ممکن است تغییرات بافت و ساختمان خاک، ناهمواری و کیفیت آماده‌سازی بستر کاشت، باعث ایجاد نایک‌نواختی در میزان فشار وارد شده بر بذر شود. فشردگی کمتر از حد باعث کاهش تماس بذر و خاک و اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود. فشردن بیش از حد خاک روی بذر (به ویژه در خاک‌های سنگین و مستعد ایجاد سله) باعث ناتوانی گیاهچه‌ها برای خروج از خاک و کاهش درصد سبز مزرعه می‌شود. شرکت کنز برای سنجش و تنظیم فشار چرخ‌های فشارنده در برخی ردیف کارهای خود از فناوری پیشرفته فارو فورس^۱ استفاده کرده است. مقدار فشار چرخ‌های فشار دهنده با حسگر تشخیص داده می‌شود. ارسال سیگنال از حسگر به مانیتور داخل کابین تراکتور، به کشاورزان اجازه می‌دهد تا فشارهای مورد نظر خود را از داخل کابین تنظیم و اعمال کنند.

این فناوری از دو مرحله برای بستن شیار و کنترل تراکم خاک روی بذر استفاده می‌کند. در مرحله اول، برای از بین بردن روزنه‌های هوا، چرخ‌های خرچنگی خاک را به صورت افقی به سمت شیار کاشت هل می‌دهند (شکل ۱۷). در مرحله دوم، چرخ‌های فشارنده، تراکم مناسب خاک روی بذر را برای حفظ رطوبت و جوانه‌زنی سریع‌تر اعمال می‌کنند. هر یک از چرخ‌های فشارنده دارای یک لودسل تشخیص فشار است. پردازشگر مستقر در کابین تراکتور به صورت لحظه‌ای میزان فشار وارد بر خاک را از حسگر (لودسل) می‌گیرد و اختلاف فشار موجود با فشار مورد نظر را محاسبه می‌کند و با تغییر لحظه‌ای در موقعیت اهرم تنظیم فشار،

^۱ - FarrowForce

میزان فشار لازم را بر خاک روی بذر وارد خواهد کرد. در هر واحد کارنده، یک شیر کنترل با لودسل جفت می‌شود تا نیرویی را که به سامانه فاروفورس وارد می‌شود با زمان پاسخ کمتر از یک ثانیه در محدوده مورد نظر حفظ کند.



شکل ۱۷- استفاده از سامانه پایش و تنظیم الکترونیک فشار چرخ‌های مسدود کننده شیار کاشت بذر و پوشاننده بذر با زمان پاسخ کمتر از ثانیه

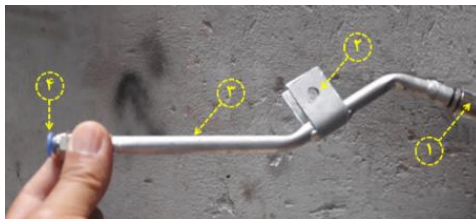
فناوری پاشش مواد محلول روی بذر در خاک

در سال‌های اخیر استفاده از فناوری‌های ویژه برای کاربرد مواد همراه بذر هم‌زمان با کاشت در خاک، مانند باکتری‌های هم‌زیست، مواد زیستی محرک جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهان، ریز مغذی‌ها و سموم گسترش زیادی یافته است.

آغشته‌سازی بذر سویا به باکتری‌های ریزوبیوم می‌تواند با ایجاد هم‌زیستی با ریشه سویا باعث تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌ها در گره‌های ایجاد شده روی ریشه و کاهش نیاز گیاه به کود سرک شود. در برزیل، در هر فصل بیش از ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توسط باکتری‌های ریزوبیوم روی ریشه سویا تثبیت و به خاک افزوده می‌شود (هانگ‌ریا و مندرس، ۲۰۱۴). مناسب‌ترین روش برای در دسترس قرار دادن باکتری‌های ریزوبیوم، استفاده از روش‌های پیت یا تزریق محلول مایه تلقیح در داخل شیار کاشت بذر است. طراحی سامانه باید به شکلی باشد که محلول تا حد امکان، مستقیماً روی بذر پاشیده شود یا در نزدیکی بذرها در شیار کاشت قرار گیرد (صفری و همکاران، ۱۴۰۱).

همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم و ریشهٔ سویا در ایران با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. در روش سنتی، کشاورزان بذر را پیش از کاشت به صورت دستی به مایه تلقیح آغشته می‌کنند (بذر مال) و پس از چند ساعت یا چند روز آنها را با ماشین کارنده در زمین می‌کارند. روش بذر مال زمان‌بر است، به نیروی کارگری نیاز دارد و پوسته بذر را در فرایند اختلاط با مایه تلقیح می‌شکند و جدا می‌شود. پوسته‌های جدا شده با قرار گرفتن در دهانهٔ سلول‌های صفحهٔ موزع کارنده، باعث گرفتگی سلول‌ها و افزایش نقاط نکاشت در مزرعه می‌شوند. افزون بر این، هر چه فاصلهٔ زمانی بین آغشته‌سازی بذر با مایه تلقیح و کاشت آنها در زمین بیشتر باشد، احتمال زنده ماندن باکتری‌های ریزوبیوم کمتر می‌شود.

برای حل این مشکلات، فناوری پاشش مواد محلول روی بذر در خاک با توانایی کاربرد مواد همراه بذر در خاک هم‌زمان با کشت بذر، در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ساخته و معرفی شد (دهقان و همکاران، ۱۴۰۰). اجزای این فناوری شامل پمپ برقی، نازل ویژه برای پاشش یکنواخت محلول، پایهٔ استقرار نازل، مخزن محلول و سکوی نگهدارنده مخزن است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- اجزای نازل سامانه پاشندهٔ محلول در شیار کاشت بذر: (۱) سر نازل، (۲) پایهٔ اتصال به بدنه، (۳) لولهٔ انتقال محلول و (۴) فیتینگ اتصال شیلنگ به لولهٔ انتقال محلول

این فناوری روی ردیف کارهای موجود نصب می‌شود و مایهٔ تلقیح و دیگر مواد محلول را در مزرعه هم‌زمان با رها شدن بذر در شیار کاشت و قبل از پوشانده شدن آنها توسط خاک، روی بذر یا کنار آنها می‌پاشد (شکل ۱۹) (دهقان، ۱۳۹۹).



شکل ۱۹- نصب فناوری پاشش مواد محلول روی ردیف‌کار



شکل ۲۰- استفاده از ردیف‌کار مجهز شده به فناوری پاشش محلول مایهٔ تلقیح بذر سویا در مزرعه

فناوری‌های پیشرفته و نوین در خطی‌کارها

چند دهه پیش، در کارنده‌های بذر غلات از موزع‌های مکانیکی و شیاربازکن‌های بیلچه‌ای استفاده می‌شد. پس از آن با معرفی فناوری شیار بازکن‌های دیسکی و کارنده‌های پنوماتیک، این ماشین‌ها پیشرفت قابل توجهی کردند. بذرکارهای غلات همواره با همکاری پژوهشگران، کشاورزان و صنایع کشاورزی توسعه داده شده‌اند تا بهترین کارایی را داشته

باشند. در بهبود بذر کارها، به همان اندازه که کارایی آنها از نظر هزینه، چگونگی کاربرد، نیاز کم به تعمیرات و سرویس و نگهداری مهم است، موضوعاتی مانند تغییرات آب و هوایی، کنترل فرسایش خاک، دستورالعمل‌های کاربرد کود و غیره هم مهم است. آخرین فناوری به کار رفته در کارنده‌ها، استفاده از مزایای الکترونیکی کردن و کاهش فشار بر کشاورزان و کاربران ماشین در مزرعه است. در کشاورزی نسل چهارم^۱، افزون بر نرم افزار مدیریت مزرعه و سامانه‌های هدایت ماشین، فناوری باز کردن شیار و استقرار بذر نیز اهمیت زیادی دارد. در کارنده‌های خطی کار، همه موزع‌ها مستقیماً روی یک شافت سراسری قرار می‌گیرند و با چرخیدن محور محرک مرکزی با آهنگ دوران یکسان می‌چرخند و بذر یا کود را در لوله‌های سقوط واحدهای کارنده رها می‌کنند. محور مرکزی توان مورد نیاز خود را از چرخ محرک و مجموعه‌ای از چرخ‌دنده و زنجیرهای رابط دریافت می‌کند (دهقان، ۱۴۰۰).

حسگرهای جریان بذر در خطی کارها

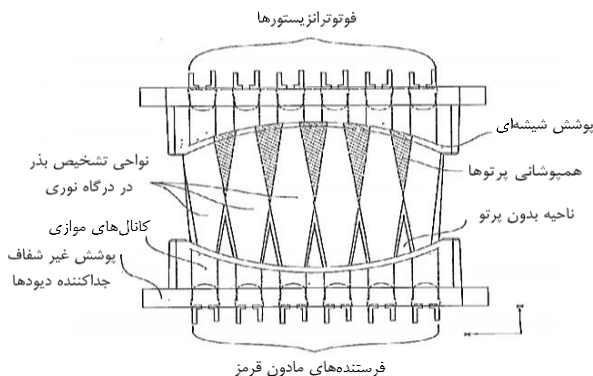
در کارنده‌ها، لوله تحویل (لوله سقوط بذر)، آخرین قسمتی است که بذر را به شیار بذر هدایت می‌کند و خرابی‌های مکانیسم توزیع بذر (موزع)، گرفتگی لوله‌های سقوط، لغزش یا سرخوردن چرخ محرک، خالی شدن مخزن بذر در نهایت در این قسمت قابل پایش هستند. از این رو، لوله سقوط مناسب‌ترین و در دسترس‌ترین موقعیت برای نظارت بر خروجی کارنده‌های خطی کار است. حسگرهای جریان بذر، به عنوان بخش اساسی نمایشگرهای بذرکاری، در لوله سقوط قرار داده می‌شوند. این حسگرها معمولاً برای سنجش جریان جرمی و تعداد بذر در ماشین‌های کاشت استفاده می‌شوند (بشارتی و همکاران، ۲۰۱۹؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۹).

کوروسی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) از المان‌های نوری فروسرخ برای ساخت حسگر جریان بذر در خطی کارها و ردیف کارهای نیوماتیک استفاده کردند. این حسگر از ۶ جفت فرستنده

¹ - Agriculture 4.0

² - Korosi

فروسرخ و ترانزیستور نوری، عدسی موازی‌کننده پرتوهای نوری، قاب شیشه‌ای مقاوم به نفوذ گرد و غبار تشکیل شده است (شکل ۲۱).



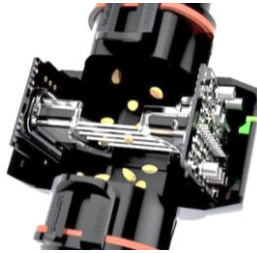
شکل ۲۱- درگاه نوری حسگر بذر

در این حسگر، غلاف‌های تعبیه شده در مقابل گیرنده‌ها و فرستنده‌ها به میزان بسیار زیادی تداخل بین گیرنده‌های مجاور را به حداقل می‌رساند. از لنزهای مخصوص فرسنل^۱ در مقابل فرستنده‌ها استفاده شده است که پرتوهای زاویه‌دار نور را به پرتوهای مستقیم تبدیل می‌کند. فاصله بین منابع نور و آشکارسازهای نوری در این حسگر به گونه‌ای تنظیم شده است که فضای مرده‌ای در حسگر جریان بذر وجود نداشته باشد. این حسگر توانایی کار را در مدت زمان طولانی در شرایط نامطلوب گرد و غبار دارد. با افزایش میزان گرد و غبار، الگوریتم تعبیه شده به‌طور خودکار حسگر را واسنجی می‌کند. در شرایطی که گرد و غبار از شدت نور فروسرخ دریافتی توسط گیرنده‌ها می‌کاهد، شدت نور توسط حسگر تا حد امکان به‌طور خودکار تقویت می‌شود. در صورت ناتوانی حسگر در کالیبره کردن خودکار در مقابل اثر گرد و غبار، چراغ هشدار مربوط به تمیزکاری حسگر روشن می‌شود.

کوروسی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که الگوریتم توسعه یافته توانایی تفکیک و شناسایی بذرهایی را دارد که به‌طور هم‌زمان از مقابل درگاه نوری حسگر عبور می‌کنند و

¹- Fresnel

دارای هم‌پوشانی هستند (شکل ۲۲). این سامانه دارای چراغ‌های نشان دهنده وضعیت کاری ماشین کارنده است. رنگ‌های سبز، قرمز، زرد و آبی به ترتیب بیانگر عملکرد مطلوب، گرفتگی، نیاز به تمیزکاری، و به‌روز رسانی نرم‌افزار است (شکل ۲۳).



شکل ۲۲- حسگر جریان بذر فروسرخ، ساخت شرکت دیجیتزل



شکل ۲۳- علائم رنگی نشان دهنده وضعیت کاری حسگر بذر شرکت دیجیتزل: ۱-نیاز به‌روز رسانی، ۲-نیاز به تمیزکاری حسگر، ۳-گرفتگی یا قطع جریان بذر و ۴-عملکرد مطلوب

حسگرهای نوری الکترونیکی^۱ بذر در خطی کارهای معمولی (شکل ۲۴) و کمبینات‌هایی می‌توانند استفاده شوند که در آنها توزیع و انتقال بذر به لوله‌های سقوط با کمک هوا و با سرعت زیاد است (شکل ۲۵).

سامانه پایش جریان بذر از سه قسمت اصلی تشکیل شده‌است (۱) حسگر قابل نصب در مسیر عبور بذر (معمولاً در قسمت‌های میانه لوله سقوط)، (۲) واحد کنترل الکترونیک^۲ حسگرها و (۳) رابط با دوام بالا و ضد آب، ضد گرد و غبار و ضد لرزش (شکل ۲۶). مهم‌ترین

1- Optoelectronic Sensor
2 -Electronic Control Unit (ECU)

وظیفه این حسگرها تشخیص و هشدار دادن گرفتگی یا قطع ناخواسته جریان بذر و اندازه‌گیری تراکم کاشت است.



شکل ۲۴- حسگر نوری-الکترونیکی بذر و گرفتگی لوله سقوط، مدل Seed blockage sensor ساخته شرکت Dickey-john آمریکا



شکل ۲۵- حسگر نوری الکترونیکی برای تشخیص گرفتگی لوله سقوط و جریان بذر با سرعت حرکت بالا توسط باد (ویژه کارنده هوایی کمبینات)، مدل BlackEYE ساخته شرکت Digitroll مجارستان



شکل ۲۶- حسگر گرفتگی لوله بذر مدل Seed sensor DS4000i ساخته شرکت مجارستانی Digitroll، مناسب برای خطی کار هوایی. (۱) حسگر قابل نصب در مسیر لوله‌های بذر، (۲) واحد کنترل الکترونیک حسگرها و (۳) رابط با دوام بالا و ضد آب، گرد و غبار و لرزش

موتور الکتریکی گرداننده شافت موزع خطی کار

در خطی کارهای نوین، به جای استفاده از مکانیزم مکانیکی مرسوم برای چرخاندن شافت مرکزی موزع، از یک موتور الکتریکی استفاده شده است (شکل ۲۷). این سامانه به چرخ محرک و به مکانیزم انتقال قدرت مکانیکی از چرخ محرک به شافت موزعها نیاز ندارد. حذف این قطعات مکانیکی، افزون بر ساده تر کردن مکانیزم و نیاز کمتر به تعمیر و نگهداری، با حذف اثر لغزش چرخهای محرک و لرزش زنجیرهای انتقال قدرت، دقت خطی کار را به ویژه در سرعتهای پیشروی بالا افزایش می دهد.



شکل ۲۷- استفاده از موتور الکتریکی برای چرخاندن محور موزع خطی کار

شرکت آر-دی-اس سیستم^۱ از شرکتهایی است که سامانه کنترل خطی کارها^۲ را ارائه می کند (شکل ۲۸). این سامانه وظیفه کنترل مکانیزمهای کاشت بذر را در خطی کار اجرا می کند. در این سیستم، شافت مرکزی موزع خطی کار با یک موتور الکتریکی می چرخد که سرعت آن با سرعت پیشروی و میزان تعیین شده برای کاشت بذر متناسب است. این سامانه می تواند با انتخاب گزینه کشاورزی دقیق و اتصال به سامانه موقعیت یابی و ناوبری ماهواره-ای، بذر را در هر نقطه از زمین با میزانی مبتنی بر نقشه از پیش تهیه شده بکارد.

در سالهای اخیر روشها و فناوریهای مورد استفاده در تولید و فرآوری محصولات کشاورزی بسیار دگرگون شده است و دنیا با شتاب فراوان در حال گذر از کشاورزی صنعتی

1- RDS systems

2- RDS artemis drill

و ورود به دوران کشاورزی هوشمند است. هدف بزرگ کشاورزی هوشمند تولید بیشترین مقدار محصول با مصرف کمترین مقدار نهاده، حفظ سلامت محیط زیست و پایداری در کشاورزی است. موفقیت کشاورزی دقیق و هوشمند کاملاً به فناوری و روش‌های مدیریت آن در کشاورزی وابسته است (دهقان، ۱۳۹۷).



شکل ۲۸- کنسول یا جعبه کنترل کارنده عملکرد اجزای خطی کار

شرکت آر-دی-اس سیستم برای توسعه کشاورزی دقیق و استفاده از ماشین‌های مقدار متغیر^۱، سامانه‌های کنترل کارنده را با پروتکل‌های ایزوباس منطبق و سازگار کرده است. ایزوباس یک پروتکل استاندارد پذیرفته شده بین‌المللی است که امکان ارتباط بین تراکتور، نرم افزار و ماشین‌ها را با استفاده از رایانه شخصی فراهم می‌کند و از طریق تنها یک کنسول کنترل در کابین تراکتور، تبادل داده‌ها و اطلاعات را با یک زبان جهانی امکان‌پذیر می‌کند. در شکل ۲۹ دیده می‌شود که ایزوباس به اپراتور اجازه می‌دهد تا به جای به کارگیری چندین جعبه کنترل مختلف در کابین برای کنترل تجهیزات گوناگون، کل ناوگان تجهیزات را با استفاده از یک نمایشگر در کابین کنترل کند (جان دیر^۲، ۲۰۱۳).

1- Variable Rate Technology (VRT)

2- John Deere



(ب)

(الف)

شکل ۲۹- کنترل همه تجهیزات متصل به تراکتور با یک جعبه کنترل سازگار با ایزوباس (الف)، استفاده از جعبه کنترل‌های جداگانه برای هر دستگاه در شرایط نبود ایزوباس (ب)

فهرست منابع

دهقان، الیاس. ۱۴۰۰. شناسایی و معرفی فناوری‌های مناسب و پیشرفته برای تولید کینوا در کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۶۰۸۲۹. ۷۰ صفحه.

دهقان، الیاس. ۱۳۹۹. ارزیابی و مقایسه روش‌های کاربرد مایه تلقیح بذر سویا در شرایط مزرعه. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۹۳۳۵. ۱۶ صفحه.

صفری، م.، دهقان، ا. و رضائیان، م. ۱۴۰۱. استفاده از سامانه پاشنده مایه تلقیح سویا در ردیفکار نیوماتیک. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی. دوره ۷. شماره ۳. صفحات ۵۵ تا ۶۴.

Besharati, B., Navid, H., Karimi, H., Behfar, H. and Eskandari, I., 2019. Development of an infrared seed-sensing system to estimate flow rates based on physical properties of seeds. Computers and Electronics in Agriculture, 162, pp.874-881.

Karimi, H., Navid, H., Besharati, B. and Eskandari, I., 2019. Assessing an infrared-based seed drill monitoring system under field operating conditions. Computers and Electronics in Agriculture, 162, pp.543-551.

- Körösi, G., Csatári, T., Erdei, C., & Silye, J. 2018. U.S. Patent Application No. 15/754,645.
- Li, Y., Bingxin, Y., Tao, C., Yiming, Y., Xiantao, H., Quanwei, L., Zhijie, L., Xiaowei, Y. and Dongxing, Z. 2016. Global overview of research progress and development of precision maize planters. *Int J Agric & Biol Eng.* 9 (19):9-26.