

دستورالعمل

«ایجاد راهروهای ثابت برای تردد ماشین‌ها درون مزرعه»



نگارنده:

الیاس دهقان

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
(بخش تحقیقات مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون)

همکاران:

سهراب سهرابی و مرتضی بحرانی

به ترتیب، معاون مجری طرح گندم و مسئول مکانیزاسیون گندم مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی



نکته مهم

پیشبرد برنامه «ایجاد راهروهای ثابت درون مزرعه» به عنوان یک کار گروهی، به مشارکت و حضور فعال همه دست‌اندرکاران زیر در کشور نیازمند است:

- مشارکت و همکاری فعال کشت و صنعت‌ها یا کشاورزان پیشرو برای اجرای پایلوت
- مشارکت موسسات تحقیقاتی فنی و مهندسی، خاک و آب، گیاهپزشکی و اصلاح بذر (برای بررسی همه جانبه اثرات ایجاد راهروهای ثابت در مزرعه)
- مشارکت تولید کنندگان ماشین‌های کشاورزی (برای ارسال ماشین‌های مناسب و سازگار به محل اجرای پایلوت‌ها و ایجاد امکان ارزیابی و مقایسه ماشین‌ها در شرایط مزارع پایلوت)
- ایفای نقش محوری توسط دفتر گندم و مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی برای حمایت و هماهنگی انجام فعالیت‌ها

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا، گذر از کشاورزی سنتی و گسترش کشاورزی صنعتی را گریز ناپذیر ساخت. انتخاب ارقام مناسب گیاهی و نیروی کار انسان از مهمترین ارکان کشاورزی سنتی بودند، در حالی که در دنیای امروز، مکانیزاسیون به یکی از مهمترین ارکان اساسی کشاورزی تبدیل شده است و امنیت غذایی بدون بکارگیری ماشین‌های کشاورزی قابل تصور نیست. بر کسی پوشیده نیست که یکی از مهمترین وجوه تمایز کشاورزی صنعتی و سنتی، مکانیزه شدن کشاورزی و استفاده از ماشین می‌باشد. کشاورزی دنیا در سال‌های اخیر بسیار دگرگون شده و با پیشرفت شتابان در حال گذر از کشاورزی صنعتی و ورود به دوران کشاورزی هوشمند است. هدف بزرگ کشاورزی هوشمند، تولید بیشترین مقدار محصول با مصرف کمترین مقدار نهاده و حفظ پایداری در کشاورزی و سلامت محیط زیست است. کشاورزی هوشمند و دقیق کاملاً به فناوری و مدیریت آن در کشاورزی وابسته است.

افزایش تولید غذا نیازمند افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق بهبود بهره‌وری نهاده‌ها و یا افزایش سطح زیر کشت است. در کشاورزی پیشرفته، تولید محصول بیشتر و بیشترین بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی با انجام به موقع و دقیق عملیات توسط ماشین‌های مناسب در سطح مزرعه ممکن است. انجام بموقع عملیات خود مستلزم افزایش ظرفیت کاری ماشین‌ها و بکارگیری ماشین‌هایی با وزن بیشتر است.

به خوبی ثابت شده است که عملکرد محصول به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر تراکم خاک قرار می‌گیرد. فشردگی در خاک مزرعه با افزایش وزن و بار قرار گرفته روی اکسل ماشین‌ها بیشتر شود و این مشکل با افزایش درصد رس خاک شدیدتر می‌شود (آنتیل و همکاران^۱، ۲۰۱۶). اندازه و وزن ماشین‌های کشاورزی به منظور افزایش ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر آنها به طور مرتب در حال افزایش است و این به طور چشمگیری باعث افزایش فشردگی خاک در زیر چرخ آنها می‌شود (بنیت و همکاران^۲، ۲۰۱۵).

فرایند تولید بسیاری از محصولات کشاورزی صد در صد مکانیزه شده و برای انجام عملیات پیش‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی، کاشت، داشت (کودپاشی سرک، وجین و سله شکنی، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها) و برداشت محصول، نیاز است که ماشین‌ها به دفعات زیاد در سطح مزرعه رفت و آمد نمایند. با توسعه بکارگیری ماشین در مزرعه، فشردگی خاک در زیر چرخ‌ها، بویژه در خاک‌های رسی، به یک مشکل اساسی تبدیل شده و ظرفیت تولید محصول در مزارع را با تهدید جدی روبرو ساخته است. برخی اثرات نامطلوب فشردگی خاک در زیر چرخ ماشین‌ها به شرح زیر است:

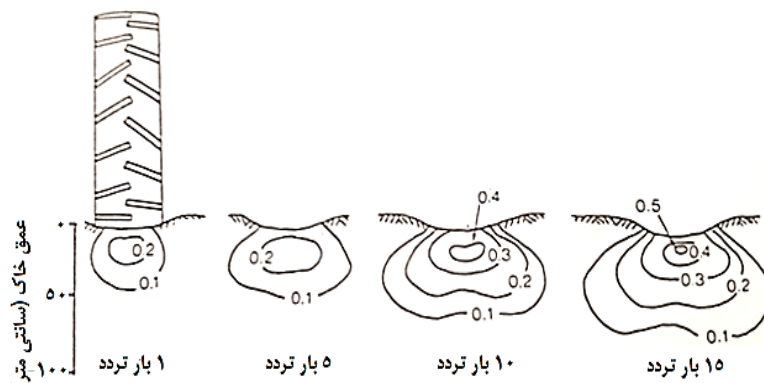
- کاهش نفوذپذیری خاک و ایجاد ماندابی در مزرعه (خفگی بوته‌ها)
- ایجاد روان آب سطحی و افزایش فرسایش آبی
- کاهش عمق نفوذ ریشه گیاه
- کاهش بهره‌وری نهاده‌های مصرفی
- افزایش مصرف سوخت به دلیل افزایش مقاومت کششی خاک، ناهمواری مسیر تردد و افزایش لغزش چرخ‌ها
- افزایش آلودگی زیست محیطی در اثر هدردهی کود و مصرف سوخت بیشتر

اثر تعداد رفت و آمد ماشین بر ایجاد و گسترش فشردگی خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، بیشترین فشردگی خاک در زیر چرخ ماشین‌ها در عبور اول ایجاد می‌شود و با افزایش تردد

1 - Antille et al.

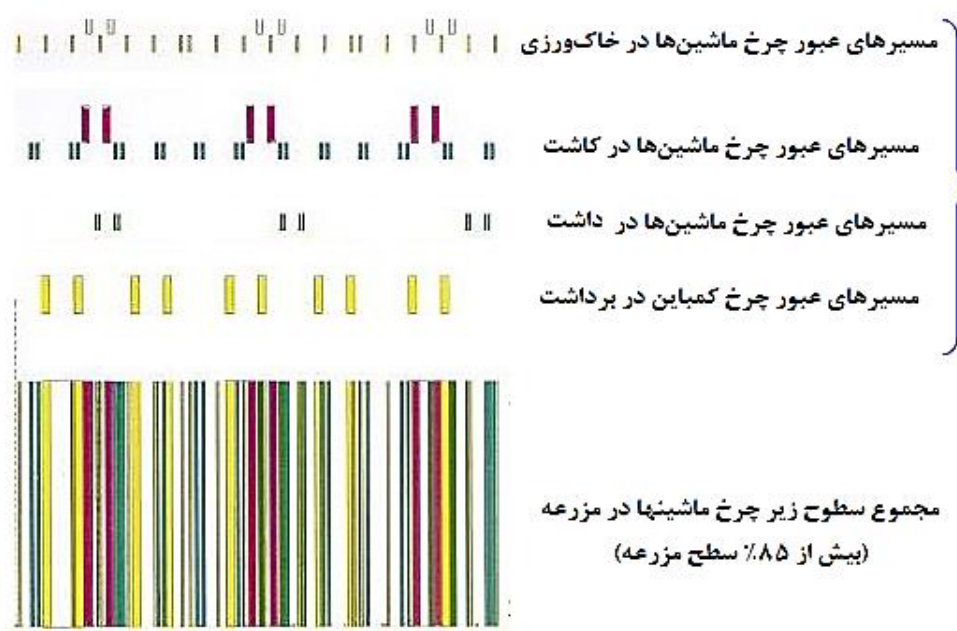
2 - Bennett et al.

از همان مسیر، فشردگی خاک با شدت کمتری گسترش می‌یابد. بر این اساس، اگر در هر بار رفت و آمد در سطح مزرعه، چرخ تراکتور، کمباین و دیگر ماشین‌ها و ادوات از مسیرهای جدیدی عبور داده شود که چرخ‌ها قبلاً از روی آن عبور نکرده‌اند، سطح بیشتری از مزرعه به فشردگی زیاد ناشی از تردد اول دچار خواهد شد.



شکل ۱- با افزایش تردد چرخ‌ها از یک مسیر ثابت، پیاز فشردگی خاک عمدتاً به صورت عرضی گسترش می‌یابد (مکی، ۱۹۸۵)

بر اساس گزارش دانشمندان مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت (سیمیت^۱)، در روش کشاورزی مرسوم، در ۴ بار تردد ماشین‌ها در مزرعه برای عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت گندم، بیش از ۸۵ درصد و در روش بی‌خاک‌ورزی حدود ۵۰ درصد از سطح مزرعه حداقل برای یکبار در زیر چرخ تراکتور، کمباین و دیگر ادوات قرار گرفته و به فشردگی ناشی از تردد اول که دارای بیشترین آسیب است دچار می‌شوند.



شکل ۲- سطوح قرار گرفته در زیر چرخ ماشین‌ها در مزرعه (بیش از ۸۵ درصد سطح مزرعه حداقل برای یکبار در زیر چرخ تراکتور، کمباین و دیگر ادوات قرار گرفته و به فشردگی شدید ناشی از تردد اول دچار می‌شوند)

منبع عکس: Dr. McHugh, CIMMYT (Iran-2016)

وظیفه‌ی ذاتی مدیریت مکانیزاسیون کشاورزی، ایجاد فناوری‌های مورد نیاز بخش کشاورزی و ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی برای افزایش بهره‌وری نهاده‌ها با استفاده از فناوری‌های روز و دستیابی به تولید پایدار است. اثرات

- زیانبار فشردگی خاک، بازنگری در روش کاربرد و تردد ماشین‌ها در سطح مزرعه را گریزناپذیر ساخته است. در این راستا، برخی راهکارهای مدیریت مکانیزاسیون برای کاهش اثر چرخ ماشین‌های کشاورزی بر فشردگی خاک عبارتند از:
- ۱- استفاده از ماشین‌های کوچکتر و سبکتر (نیاز به تعداد از یک نوع ماشین برای انجام بموقع کار در مزرعه)
 - ۲- استفاده از چرخ‌های مناسب برای کاهش فشار ماشین بر سطح خاک (اصلاح شکل، عمق و آرایش آج لاستیک‌ها و استفاده از لاستیک‌های پهن، چرخ‌های شنی و ...)
 - ۳- توسعه کشاورزی حفاظتی (کاهش تردد ماشین‌ها در مزرعه و توسعه ماشین‌های مناسب برای کار در بقایا)
 - ۴- انجام تردد هر ماشین از مسیر حرکت ماشین‌های قبلی در مزرعه با ایجاد راهروهای ثابت یا کشاورزی با ترافیک کنترل شده

تعریف کشاورزی با تردد در راهروهای ثابت

کشاورزی با تردد در راهروهای ثابت یا کشاورزی با ترافیک کنترل شده^۱ درون مزرعه، یک روش کاربرد ماشین‌ها است که در آن سطوح رفت و آمد ماشین‌ها در مزرعه با حرکت در مسیرهای ثابت یا دائمی به حداقل ممکن می‌رسد. در این روش جدید مدیریت مکانیزاسیون، تهیه و بکارگیری ماشین‌ها در مزرعه به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شود که چرخ‌های هر ماشین بتواند بر روی مسیر عبور چرخ ماشین‌های قبلی حرکت کند.

به عبارت دیگر، کشاورزی با ترافیک کنترل شده (CTF)، یک سیستم تولید محصول است که در آن سطوح کشت شده و مسیرهای رفت و آمد ماشین در درون مزرعه به طور واضح و دائمی از هم جدا شده‌اند. در این سیستم، عرض کار تمامی ماشین‌ها یکسان بوده و یا مضربی از یک عرض معین هستند. همچنین مسیر عبور چرخ همه ماشین‌ها به مسیرها یا راهروهای ثابت محدود می‌شود (بیکر و ساکتون، ۲۰۰۷). در این روش، سطح مزرعه به دو بخش مجزا تقسیم می‌شود که عبارتند از: ۱) سطوح نرم بدون تردد و فشرده نشده برای توسعه ریشه و رشد گیاه و ۲) مسیرهای دائمی عبور چرخ‌ها که سطوح فشرده شده هستند (ایسبیستر و همکاران، ۲۰۱۳) (شکل‌های ۳ تا ۷).



شکل ۳- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت محصول جدید (حرکت چرخ تراکتور در مسیر چرخ کمباین محصول قبل)



شکل ۴- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت محصول جدید (حرکت چرخ تراکتور در مسیر چرخ کمباین محصول قبل)



شکل ۵- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات داشت (حرکت چرخ تراکتور در مسیر تردد ماشین‌های مورد استفاده در عملیات قبلی)



شکل ۶- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات داشت (حرکت چرخ تراکتور در مسیر تردد ماشین‌های قبلی)



شکل ۷- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات برداشت (حرکت چرخ تراکتور و ترکیب حمل دانه در مسیر تردد کمباین در مزرعه)

تاریخچه «کشاورزی با تردد در راهروهای ثابت یا ترافیک کنترل شده»

هر چند اصول و مزایای کاهش تردد در مزرعه قبل از سال ۱۳۵۹ خورشیدی به خوبی شناخته شده بود و مورلینگ^۱ در مقاله "مزایا و معایب ترافیک کنترل شده" این روش مدیریت ماشین‌ها را توضیح داده بود، اما این موضوع در سال ۱۳۶۱ (۳۶ سال پیش) به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مطرح شد و در حدود سال‌های ۸۰-۱۳۷۰ تعدادی از محققین استرالیایی کشاورزان را تشویق کردند که این روش را آزمایش کنند و پس از آن، روش تردد در راهروها یا مسیرهای ثابت به سرعت در کل قاره استرالیا ترویج شود و هم اکنون در حدود ۱۳ درصد از سطح زیر کشت محصولات کشاورزی استرالیا از این روش استفاده می‌شود. تحقیق در خصوص کشاورزی با ترافیک کنترل شده از سال ۲۰۰۰ به بعد به طور جدی مورد توجه محققین دنیا قرار گرفته است (چامن^۲، ۲۰۱۵).

1 - Morling

2 - Chamen

مزایای تردد در مسیرهای ثابت در مزرعه (کشاورزی با ترافیک کنترل شده):

هرچند اثرات استفاده از روش تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت در مزرعه تحت تاثیر نوع خاک، شرایط اقلیمی، سیستم زراعی و سطح مکانیزاسیون مزرعه می‌تواند متفاوت باشد، اما به طور کلی مهمترین اثرات این روش مدیریت کاربرد ماشین‌ها به شرح زیر است:

- بهبود در راندمان مصرف آب (با توسعه بهتر ریشه در خاک بدون فشردگی و ۲۰-۴۰ درصد افزایش در آب در دسترس گیاه)

- افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش خطر آب ماندگی در مزرعه با ۲۰-۴۰ درصد افزایش در نفوذ باران (شکل ۸) کاهش در مصرف و بهبود در بازدهی بذر، کود و سم

- ۳۰-۱۰ درصد افزایش در عملکرد محصول

- سرمایه‌گذاری کمتر به علت نیاز به ماشین‌های سبکتر و ارزانتر (به علت محکم و هموار بودن خاک مسیرهای ثابت تردد، مقاومت غلتشی و لغزش چرخ کمتر شده و لذا به توان کششی کمتری برای کشیدن ماشین‌ها نیاز است)

- تا ۵۰٪ کاهش در مصرف سوخت برای عملیات خاک‌ورزی (کاهش مقاومت کششی خاک-کاهش لغزش چرخ‌ها)

- افزایش ظرفیت کاری ماشین‌ها (به علت امکان سرعت پیشروی بیشتر در مسیرهای نسبتاً هموار و محکم مسیرهای تردد ثابت)

- بهبود امکان استفاده از کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی (به دلیل فشردگی نداشتن لایه سطحی خاک)

- بهبود سلامت محیط زیست (با بیش از ۴۰ درصد کاهش در مصرف سوخت و دیگر نهاده‌ها)



شکل ۸- اثر رفت و آمد ماشین‌ها در سطح مزرعه بر نفوذپذیری خاک و آب‌ماندگی در مزرعه پس از بارندگی

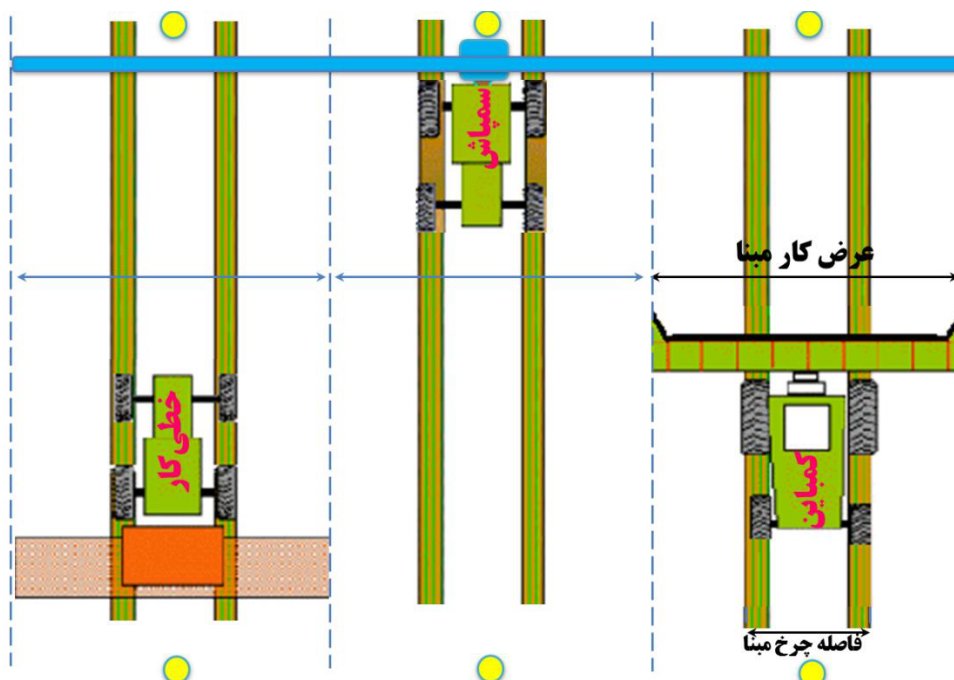
منبع عکس: Dr. McHugh, CIMMYT (Iran-2016)

اصول و نکات مهم در بکارگیری روش تردد در مسیرهای ثابت در مزرعه:

(۱) فاصله بین چرخ‌های همه‌ی ماشینهای مورد استفاده در مزرعه بایستی یکسان باشد تا چرخ‌های هر ماشین بتواند بر روی مسیر عبور چرخ ماشین‌های قبلی حرکت کند. این فاصله به عنوان **"فاصله چرخ مبنا"** در نظر گرفته می‌شود (شکل ۹).

نکته: معمولا در سیستم‌های زراعی، فاصله بین چرخ‌های ماشینی که دارای بیشترین فاصله چرخ است (کمباین) به عنوان **"فاصله چرخ مبنا"** در نظر گرفته شده و بر اساس آن، تراکتورها و ادواتی انتخاب و خریداری می‌شوند که فاصله بین چرخ آنها با **"فاصله چرخ مبنا"** یکسان باشد.

(۲) عرض کار ماشین‌های مزرعه (خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت) بایستی یا با هم برابر باشد و یا مضربی از یک عدد ثابت باشد. این عرض کار به عنوان **"عرض کار مبنا"** در نظر گرفته می‌شود (شکل ۹). مثلا اگر عرض کار کارنده ۳ متر باشد و به عنوان **"عرض کار مبنا"** انتخاب شود، عرض کار کودپاش، سمپاش و کمباین بایستی حداقل ۳ متر و یا مضربی از ۳ باشد (۶، ۹، ۱۲ یا ...). باشد.



شکل ۹- عرض کار و فاصله چرخ مبنا و راهروهای ثابت رفت و آمد تراکتور، کمباین و دیگر ماشین‌ها در سیستم ترافیک کنترل شده (در این شکل، ماشین کاشت دارای ضریب ۱ از عرض مبنا، ماشین سمپاش دارای ضریب ۳ از عرض مبنا و کمباین دارای ضریب ۱ از عرض مبنا)

منبع: <http://www.controlledtrafficfarming.com/images/tractorconfiguration.gif>

انواع ترافیک کنترل شده در مزرعه :

(۱) ایجاد راهروهای دائمی (بیش از یک فصل)

(۲) ایجاد راهروهای موقت (فصلی)

راهروهای ثابت دائمی (بیش از یک فصل)

هنگامی است که مسیرهای تردد ماشین‌ها در مزرعه برای چند سال پی در پی ثابت و دست نخورده باقی بماند. این سیستم برای محصولات دیم و بی‌خاک‌ورزی براحتی قابل استفاده است.

راهروهای ثابت موقت (فصلی)

هنگامی است که مسیرهای تردد ماشین‌ها در مزرعه فقط برای یک محصول یا یک فصل ثابت و دست نخورده باقی بماند و در کشت بعدی رعایت نشود و مسیرهای تردد ماشین‌ها تغییر کند.

درجات ترافیک کنترل شده در مزرعه:

درجه‌ی ترافیک کنترل شده در مزرعه بستگی دارد به سهمی از عملیات ماشینی که با استفاده از راهروهای ثابت در مزرعه انجام می‌شود. هر کدام از درجات ترافیک کنترل شده می‌تواند در هر دو حالت راهروهای ثابت دائمی و موقت مورد استفاده قرار گیرد. قابل توجه است که هرچه تعداد بیشتری از عملیات ماشینی مورد نیاز برای تولید محصول از مسیر راهروهای ثابت انجام شود، اثرات مفید استفاده از راهروهای ثابت بیشتر خواهد شد. انواع درجات ترافیک کنترل شده در مزرعه عبارتند از:

(۱) ترافیک کنترل شده کامل

در ترافیک کنترل شده کامل، رفت و آمد همه ماشین‌های مورد استفاده در سطح مزرعه (خاک‌ورزی، کاشت، داشت، برداشت) در راهروهای ثابت انجام می‌شود.

نکته ۱: ترافیک کنترل شده کامل مستلزم سازگاری و تطبیق همه‌ی تراکتورها، ادوات و کمباین‌های مورد استفاده در مزرعه از نظر فاصله‌ی چرخ‌ها و عرض کار آنها می‌باشد (تطبیق با فاصله‌ی چرخ مبنا و عرض کار مبنا).

نکته ۱: برای اجرای ترافیک کنترل شده کامل، تجهیز ماشین‌ها به سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) برای عبور دادن دقیق همه ماشین‌ها در مسیرهای تعیین شده (راهروهای ثابت)، می‌تواند کمک چشمگیری نماید (شکل‌های ۱۰ تا ۱۲).

(۲) ترافیک کنترل شده محدود

در ترافیک کنترل شده محدود، تنها برخی از عملیات ماشینی در مزرعه از طریق تردد در راهروهای ثابت انجام می‌شود و نه همه‌ی آنها. این عملیات می‌تواند شامل ترکیبی از دو یا چند عملیات ماشینی پی در پی یا مجزا باشد. در ترافیک کنترل شده محدود، هدایت ماشین‌ها در مسیرهای تعیین شده توسط راننده و به صورت چشمی انجام می‌شود.

نمونه‌ای از ترتیب عملیات ماشینی در ترافیک کنترل شده محدود:

- عملیات کاشت و داشت: شامل ماشین‌های کارنده (بذرکار یا بذرپاش)، پاشش کود سرک، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها

- عملیات داشت و برداشت: مثلاً شامل ماشین‌های پاشش کود سرک، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و برداشت با کمباین
- فقط عملیات مختلف داشت: مثلاً شامل ماشین‌های پاشش کود سرک، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها
- فقط عملیات برداشت: شامل کمباین و تریلر حمل دانه (شکل ۱۳)
- نکته: در صورت عدم تطابق چرخ یک ماشین با دیگر ماشین‌های مورد استفاده در مزرعه، تلاش شود که حداقل یک چرخ ماشین روی مسیر تردد ماشین‌های قبلی قرار گیرد
- نکته: در سیستم تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت، برای کاهش احتمال فرسایش آبی خاک و کسب بیشترین سودمندی بهتر است موارد زیر رعایت شود:
 - بقایای گیاهی در سطح مزرعه حفظ شود
 - از روش بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی استفاده شود
 - اصول زراعت و مدیریت خاک رعایت شود



شکل ۱۰- هدایت ماشین‌ها در مزرعه به کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)



شکل ۱۱- هدایت ماشین‌ها در مزرعه بدون استفاده از راننده و به کمک ناوبری خودکار مجهز به سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)



شکل ۱۲- هدایت ماشین‌ها در مزرعه بدون استفاده از راننده و به کمک ناوبری خودکار مجهز به سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)



شکل ۱۳- حرکت چرخ تراکتور و تریلر حمل دانه در مسیر چرخ کمباین در مزرعه در روش استفاده از راهروهای ثابت

محدودیت‌ها و مشکلات ترافیک کنترل شده در مزرعه:

- اجبار برای رعایت فاصله چرخ مبنا و عرض کار مبنا
- ماشین‌های مرسوم برای این کار طراحی نشده‌اند و لذا بهینه‌سازی ماشین‌های موجود و یا بازطراحی ماشین‌های جدید ضروری است.
- نیاز به سرمایه‌گذاری برای بهینه‌سازی ماشین‌های موجود یا خرید ماشین‌های جدید و سازگار
- افزایش امکان فرسایش آبی در مسیرهای تردد لخت و فشرده، بویژه در اراضی شیب‌دار (نیاز به حفظ بقایا)
- تشخیص و نگهداری مسیرهای تردد، بویژه در مناطق پرباران، مشکل است

نکات مهم در بهینه‌سازی و طراحی ماشین‌های سازگار برای راهروهای ثابت (ترافیک کنترل شده)

- ایجاد قابلیت تغییر در عرض اکسل تراکتور و دیگر ماشین‌ها (شکل ۱۴)
- ایجاد قابلیت تغییر در نوع لاستیک تراکتور و دیگر ماشین‌ها
- ایجاد قابلیت تغییر در عرض کار ماشین‌ها (شاسی تلسکوپی)
- ایجاد قابلیت تغییر در طول لوله تخلیه مخزن کمباین (شکل ۱۵)



شکل ۱۴- افزایش طول اکسل تراکتور با قرار دادن قطعات رابط برای ایجاد امکان حرکت چرخ تراکتور از راهروهای ثابت



(ب)

(الف)

شکل ۱۵- افزایش طول لوله تخلیه کمباین (الف) و قرار دادن ناودانی روی تریلر حمل دانه (ب) برای رسیدن لوله تخلیه کمباین به مخزن تریلر و ایجاد امکان حرکت چرخ تریلر در مسیر چرخ‌های کمباین در مزرعه

مراحل اجرای این برنامه و شرایط مزارع و ماشین‌های مورد استفاده در پایلوت‌ها

- انتخاب نوع ترافیک کنترل شده در مزرعه (دائمی-موقت) و درجه ترافیک کنترل شده (کامل-محدود) بر اساس نوع و ترتیب عملیات ماشینی، ماشین‌های در دسترس و امکان‌پذیر بودن تطبیق فاصله چرخ و عرض کار ماشین‌ها (تراکتور، کمباین و ادوات) با فاصله چرخ مبنا و عرض کار مبنا
- استفاده از زیرشکن قبل از هرگونه عملیات ماشینی (در صورت وجود سخت‌لایه قبلی در زیر عمق خاک‌ورزی)
- استفاده از تسطیح اساسی لیزری در مزارع آبی پایلوت (در صورت تسطیح نامناسب زمین)
- مساحت هر کدام از مزارع انتخاب شده حداقل دو هکتار باشد
- تقسیم‌بندی هر کدام از مزارع پایلوت به دو قسمت یک هکتاری و اختصاص یک قسمت به روش تردد در راهروهای ثابت (کشاورزی با ترافیک کنترل شده) و قسمت دوم به روش تردد مرسوم (تردد در مسیرهای تصادفی) (شکل ۱۶)



شکل ۱۶- تقسیم‌بندی هر کدام از مزارع پایلوت به دو قسمت برای ایجاد امکان مقایسه دو روش تردد تصادفی و کنترل شده ماشین‌ها در مزرعه

شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در هر کدام از مزارع پایلوت:

- تعیین فشردگی خاک قبل از کاشت (برای بررسی ضرورت زیرشکن و تغییرات ثانوی فشردگی)
- تعیین مقدار/درصد بقایای برجای مانده از محصول قبل در مزرعه (قبل از خاک‌ورزی و پس از کاشت)
- اندازه‌گیری میزان آب مصرفی در هر قطعه
- شمارش تعداد مسیرهای رفت و برگشت تراکتور و ماشین‌ها در مزرعه برای هر عملیات (ترافیک لاین)
- تعیین فشردگی خاک پس از برداشت (برای بررسی تغییرات فشردگی خاک در اثر تردد ماشین‌ها)
- اندازه‌گیری عملکرد محصول
- شاخص‌های بالا در هر دو قسمت (با و بدون ترافیک کنترل شده) اندازه‌گیری شود

منابع:

- Antille, D.L., Bennett, J.M., Jensen, T.A., 2016. Soil compaction and controlled traffic considerations in Australian cotton-farming systems. *Crop and Pasture Science*. 67 (1): 1–28.
- Bennett, J.M., Woodhouse, N.P., Keller, T., Jensen, T.A., Antille, D.L., 2015. Advances in cotton harvesting technology: a review and implications for the john deere round baler cotton picker. *Journal of Cotton Science*. 19 (2): 225–249.
- Baker, C.J. and Saxton, K.E. 2007. No Tillage seeding in conservation agriculture. 2nd edn, CAB International and FAO. Rome.
- Chamen, T. 2015. Controlled Traffic Farming – from Worldwide Research to Adoption in Europe and its Future Prospects. *Acta Technologica Agriculturae* 3. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 64-73.
- Isbister, B., Blackwell, P., Riethmuller, G., Davies S., Whitlock A. and Neale, T. 2013. Controlled Traffic Farming Technical Manual. Department of Agriculture and food, Western Australia.
- McKEYS, E. 1985. Soil cutting and tillage. Elsevier. Amsterdam. Oxford. New York. Tokyo. P 218.