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

نشریه فنی :

# ایجاد راهروهای ثابت برای رفت و آمد ماشین‌ها درون مزرعه

نگارنده: الیاس دهقان

سال ۱۳۹۷

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵ -۳۱۵۸۵، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

**بسم الله الرحمن الرحیم**

**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
**و مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی**

**نشریه فنی**:

# ایجاد راهروهای ثابت برای رفت و آمد ماشین‌ها درون مزرعه

**تهیه و تدوین:**
**الیاس دهقان**

**سال انتشار:**
**۱۳۹۷**

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

| | |
|---|---|
| **عنوان نشریه:** | ایجاد راهروهای ثابت برای رفت و آمد ماشین‌ها درون مزرعه |
| **نگارنده:** | الیاس دهقان |
| **ناشر:** | مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی |
| **سال انتشار:** | ۱۳۹۷ |
| **داور و ویراستار:** | افشین ایوانی، سهراب سهرابی، مرتضی بحرانی |
| **صفحه‌آرا:** | بهاره محمدی و سمیه وطن دوست |

**مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.**
**نشریه فنی حاضر با شماره ۵۵۱۲۸ طی نامه مورخ ۱۳۹۷/۱۲/۰۴ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده است.**

**آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،**
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

**تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۲۶)**

**پایگاه اطلاعاتی مؤسسه:** www.aeri.ir

**مخاطبان نشریه:**

کلیه مدیران، تولیدکنندگان ماشین‌های کشاورزی، کشاورزان و کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها

**اهداف آموزشی:**

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با

- تعریف کشاورزی با تردد در مسیرهای ثابت درون مزرعه (ترافیک کنترل شده)
- مزایای تردد در مسیرهای ثابت درون مزرعه
- پیش‌نیازهای اجرای تردد در مسیرهای ثابت درون مزرعه
- نکات مهم در خرید ماشین‌های جدید سازگار با روش ترافیک کنترل شده
- برخی راهکارهای بهینه‌سازی و انطباق ماشین‌های موجود با روش تردد در مسیرهای ثابت درون مزرعه

آشنا خواهید شد:

## فهرست مطالب

**عنوان** **شماره صفحه**


خلاصه ..... ۱
مقدمه ..... ۲
رابطه‌ی فشردگی خاک با تردد ماشین‌ها در مزرعه ..... ۲
آثار زیانبار فشردگی خاک مزرعه ..... ۵
راهکارهای کاهش فشردگی خاک مزرعه در زیر چرخ‌ها ..... ۶
تعریف روش تردد در راهروهای ثابت درون مزرعه ..... ۷
تاریخچه کشاورزی با ترافیک کنترل شده درون مزرعه ..... ۹
مزایای تردد ماشین‌ها در مسیرهای ثابت درون مزرعه ..... ۱۰
اصول و نکات مهم در بکارگیری روش تردد در مسیرهای ثابت در مزرعه ..... ۱۱
انواع ترافیک کنترل شده در مزرعه ..... ۱۲
راهروهای موقت (فصلی) ..... ۱۳
راهروهای دائمی(بیش از یک فصل) ..... ۱۳
درجات ترافیک کنترل شده در مزرعه ..... ۱۳
ترافیک کنترل شده محدود ..... ۱۳
ترافیک کنترل شده کامل ..... ۱۵
محدودیت‌ها و مشکلات ترافیک کنترل شده در مزرعه ..... ۱۷
نکات مهم در بهینه‌سازی و طراحی‌ماشین‌های‌سازگار برای‌تردد در راهروهای ثابت(ترافیک‌کنترل شده) ..... ۱۷
نکات مهم رفت و آمد ماشین‌ها از راهروهای ثابت درون مزرعه ..... ۱۸
مراحل و شرایط لازم برای اجرای روش تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت ..... ۱۹
فهرست منابع ..... ۲۰

## خلاصه

هدف بزرگ کشاورزی هوشمند، تولید بیشترین مقدار محصول با مصرف کمترین مقدار نهاده، حفظ سلامت محیط زیست و پایداری در کشاورزی است. موفقیت کشاورزی هوشمند و دقیق کاملاً به فناوری و روش‌های مدیریت آن وابسته است. یکی از بزرگ‌ترین مشکلات استفاده از ماشین در مزرعه، ایجاد فشردگی خاک در زیر چرخ‌های تراکتور و دیگر ماشین‌های کشاورزی است. انجام به‌موقع عملیات کشاورزی مستلزم افزایش ظرفیت کاری ماشین‌ها و به‌کارگیری ماشین‌هایی با وزن بیشتر است و این افزایش وزن باعث افزایش فشردگی خاک در زیر چرخ تراکتور و ماشین‌ها می‌شود. هر چند افزایش تردد ماشین‌ها در یک مسیر مشخص در سطح مزرعه باعث افزایش فشردگی خاک در زیر چرخ‌ها می‌شود، اما بیشترین فشردگی خاک در یک مسیر، در تردد اول چرخ ماشین‌ها ایجاد می‌شود.

در روش کشاورزی مرسوم، اگر هر کدام از عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت گندم در یک بار عبور ماشین مربوطه انجام شود، در مجموع با ۴ بار تردد ماشین‌ها در مزرعه بیش از ۸۵ درصد (در روش بی‌خاک‌ورزی نیز حدود ۵۰ درصد) از سطح مزرعه حداقل برای یک‌بار در زیر چرخ این ماشین‌ها قرار گرفته و به فشردگی ناشی از تردد اول که دارای بیشترین آسیب است دچار می‌شوند.

برای کاهش اثر چرخ ماشین‌های کشاورزی بر فشردگی خاک راهکارهای گوناگونی وجود دارد. یکی از این راهکارهای نوین، ایجاد راهروهای ثابت برای تردد ماشین‌ها برای انجام عملیات در سطح مزرعه می‌باشد. و تردد هر ماشین از مسیر حرکت ماشین‌های قبلی می‌باشد. این روش جدید در دنیا با عنوان "کشاورزی با ترافیک کنترل شده" شناخته می‌شود. در این روش نوین، مدیریت تهیه، به‌کارگیری و حرکت ماشین‌ها در مزرعه به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شود که چرخ‌های هر ماشین بر روی مسیر عبور چرخ ماشین‌های قبلی حرکت کند. ترویج این روش در کنار کشاورزی حفاظتی، می‌تواند به کاهش فشردگی خاک در اثر رفت و آمد ماشین‌های کشاورزی در سطح مزرعه کمک چشمگیری نماید.

## مقدمه

افـزایش جمعیـت و نیـاز روزافـزون بـه غـذا، گـذر از کشـاورزی سـنتی و گسـترش کشـاورزی صـنعتی را در دهـه‌هـای گذشـته گریزناپـذیر سـاخت. یکـی از برجسـته‌تـرین وجــوه تمــایز کشــاورزی صــنعتی و ســنتی، مکــانیزه شــدن کشــاورزی و اســتفاده روزافزون از ماشین در فراینـد تولیـد اسـت. در سـال‌هـای اخیـر روش‌هـا و فنـاوری‌هـای مورد استفاده در تولید و فـرآوری محصـولات کشـاورزی بسـیار دگرگـون شـده و دنیـا بـا شتاب فـراوان در حـال گـذر از کشـاورزی صـنعتی و ورود بـه دوران کشـاورزی هوشـمند اسـت. هـدف بـزرگ کشـاورزی هوشـمند، تولیـد بیشـترین مقـدار محصـول بـا مصـرف کمتـرین مقـدار نهـاده، حفـظ سـلامت محـیط زیسـت و پایـداری در کشـاورزی اسـت. موفقیـت کشـاورزی هوشـمند و دقیـق کـاملاً بـه فنـاوری و روش‌هـای مـدیریت آن در کشاورزی وابسته است.

یکـی از بـزرگ‌تـرین مشـکلات اسـتفاده از ماشـین در مزرعـه، ایجـاد فشـردگی خـاک در زیـر چـرخ‌هـای تراکتـور و دیگـر ماشـین‌هـای کشـاورزی اسـت. در کشـاورزی پیشرفته، دستیابی بـه بیشـترین بهـره‌وری نهـاده‌هـا و تولیـد محصـول بیشـتر، بـا انجـام به موقع و دقیـق عملیـات توسـط ماشـین‌هـای مناسـب در سـطح مزرعـه ممکـن اسـت. انجام به‌موقع عملیـات خـود مسـتلزم افـزایش ظرفیـت کـاری ماشـین‌هـا و بـه‌کـارگیری ماشـین‌هـایی بـا وزن بیشـتر اسـت و ایـن افـزایش وزن بـه‌طـور چشـمگیری باعـث افزایش فشردگی خاک در زیـر چـرخ تراکتـور و ماشـین‌هـا مـی‌شـود (بنیـت و همکـاران، ۲۰۱۵) و حساسیت خاک در برابر فشـردگی خـاک در زیـر چـرخ تراکتـور و ماشـین‌هـا بـا افـزایش درصـد رس شـدیدتر مـی‌شـود (آنتیـل و همکـاران، ۲۰۱۶). بـر ایـن اسـاس یافتن راهکارهایی برای مدیریت کـاربرد ماشـین‌هـا در مزرعـه بـه‌منظـور ایجـاد کمتـرین فشردگی در زیر چرخ‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است.

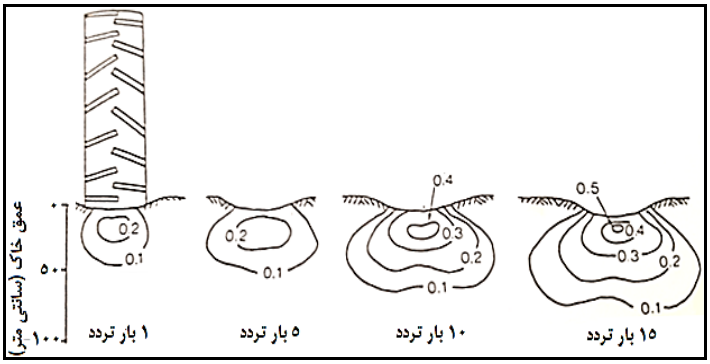
## رابطه فشردگی خاک با تردد ماشین‌ها در مزرعه

فشار برابر است با نیرو بر واحد سطح و فشرده شدن خاک عبارت است از افزایش جرم حجمی خاک تحت تأثیر فشار وارده بر سطح آن. فشار وارد شده بر خاک می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی و غیرطبیعی باشد. ضربه قطرات باران و تغییرات دوره‌ای در محتوای رطوبتی خاک از جمله عواملی هستند که به‌صورت طبیعی باعث افزایش فشردگی خاک مزرعه شده و نوع پوشش گیاهی، میزان مواد آلی خاک، و بافت خاک می‌تواند بر حساسیت و شدت فشردگی خاک اثر بگذارد. رفت و آمد دام و ماشین‌ها نیز از جمله عواملی هستند که به شدت باعث فشردگی غیرطبیعی خاک می‌شوند.

**بیشترین فشردگی خاک در زیر چرخ ماشین‌ها در عبور اول ایجاد می‌شود و با افزایش تردد از همان مسیر، فشردگی خاک با شدت کمتری گسترش می‌یابد.**

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، با افزایش تعداد رفت و آمد چرخ ماشین‌ها از یک مسیر در مزرعه میزان فشردگی بیشتر می‌شود، اما فشردگی ایجاد شده زیر چرخ ماشین‌ها در عبور اول از دفعات بعدی به مراتب بیشتر می‌باشد.

**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.**

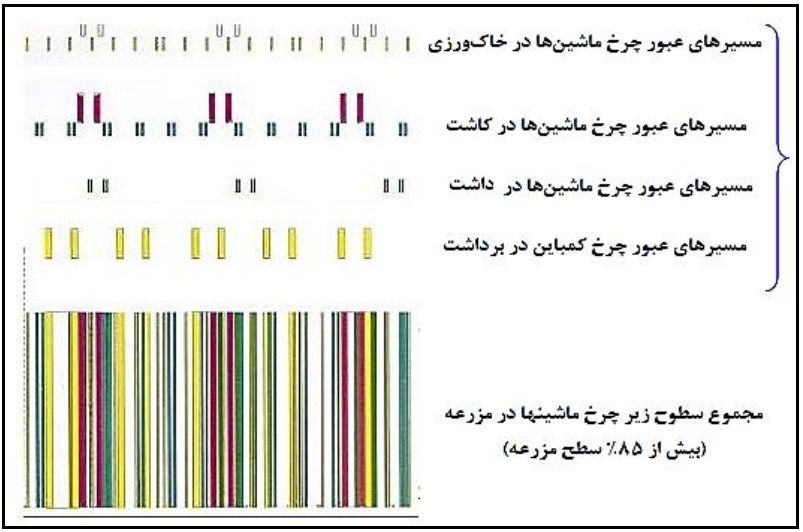



**شکل ۱- با افزایش تردد چرخ‌ها از یک مسیر ثابت، فشردگی خاک به شکل یک پیاز و بیشتر در عرضی گسترش می‌یابد (مکی، ۱۹۸۵)**

رفت و آمد ماشین‌ها در مزرعه در بیشتر مواقع برای انجام عملیات پیش‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی، پیش‌کاشت و کاشت، داشت (کوددهی سرکریا، تنک، وجین، سله شکنی، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها) و برداشت محصول انجام می‌شود.

دانشمندان سیمیت[1] (مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت) گزارش داده‌اند که در روش کشاورزی مرسوم، اگر هر کدام از عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت گندم در یک بار عبور ماشین مربوطه انجام شود، در مجموع با ۴ بار تردد ماشین‌ها در مزرعه بیش از ۸۵ درصد و در روش بی‌خاک‌ورزی حدود ۵۰ درصد از سطح مزرعه حداقل برای یک‌بار در زیر چرخ تراکتور، کمباین و دیگر اداوت قرار گرفته و به فشردگی ناشی از تردد اول که دارای بیشترین آسیب است دچار می‌شوند (شکل ۲).

1 - International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)




**شکل ۲- گستردگی 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 اداوت قرار گرفته و به فشردگی شدید ناشی از تردد اول دچار شده است. (منبع: Dr. McHugh,CIMMYT (Iran-۲۰۱۶)**

## آثار زیان‌بار فشردگی خاک مزرعه

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 به‌کارگیری ماشین در مزرعه، فشردگی خاک در زیر چرخ‌ها، به‌ویژه در خاک‌های رسی، به یک مشکل اساسی تبدیل شده و ظرفیت تولید محصول در مزارع را با تهدید جدی روبرو ساخته است.

برخی آثار زیان‌بار 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

## راهکارهای کاهش فشردگی خاک مزرعه در زیر چرخ‌ها

وظیفه ذاتی مدیریت مکانیزاسیون کشاورزی، ایجاد فناوری‌های مورد نیاز بخش کشاورزی و ارائه 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 به‌موقع 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 روش تردد در راهروهای ثابت درون مزرعه

روش نوین تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت درون مزرعه یا کشاورزی با ترافیک کنترل شده[1]، یک روش کاربرد ماشین در مزرعه است که در آن با حرکت دادن ماشین‌ها در مسیرهای ثابت یا دائمی، سطوح قرار گرفته زیر چرخ ماشین‌ها در مزرعه به حداقل ممکن می‌رسد.

در این **روش نوین**، مدیریت تهیه، به‌کارگیری و حرکت ماشین‌ها در مزرعه به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شود که **چرخ‌های هر ماشین 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 به‌طور 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 عبارت‌اند 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 ۶).

1 - Controlled Traffic Farming (CTF) Or Tramline Farming (TF)

**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 ٤- 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 ٥- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات داشت (حرکت چرخ تراکتور در مسیر تردد ماشین‌های قبلی)**

**شکل ٦- استفاده از روش رفت و آمد در راهروهای ثابت برای انجام عملیات برداشت (حرکت چرخ تراکتور و تریلر حمل دانه در مسیر تردد کمباین در مزرعه)**

## تاریخچه کشاورزی با ترافیک کنترل شده درون مزرعه

اصول و مزایای کاهش تردد در مزرعه قبل از سال ۱۳۵۹ خورشیدی به خوبی شناخته شده بود و مورلینگ[1] در مقاله "مزایا و معایب ترافیک کنترل شده" این روش مدیریت ماشین‌ها را توضیح داد. این موضوع در سال ۱۳۶۱ بود که به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مطرح شد، اما تحقیق در خصوص کشاورزی با ترافیک کنترل شده از سال ۱۳۷۹ به بعد به‌طور جدی مورد توجه محققین دنیا قرار گرفت (چامن[2]، ۲۰۱۵). در حدود سال‌های ۸۰-۱۳۷۰، محققین استرالیایی کشاورزان را تشویق کردند که این روش را آزمایش کنند. پس از آن، روش رفت و آمد ماشین‌ها در راهروهای ثابت درون مزرعه به سرعت در کل قاره استرالیا ترویج شد و هم اکنون برای حدود ۱۳ درصد از سطح زیر کشت محصولات کشاورزی این قاره از این روش استفاده می‌شود.

1 - Morling
2 - Chamen

## مزایای تردد ماشین‌ها در مسیرهای ثابت درون مزرعه

هرچند میزان دستیابی به اثرات خوب استفاده از روش کشاورزی با ترافیک کنترل شده یا تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت درون مزرعه، تحت تأثیر نوع خاک، شرایط اقلیمی، سیستم زراعی و سطح مکانیزاسیون مزرعه می‌تواند متفاوت باشد، اما به‌طور کلی مهم‌ترین اثرات این روش مدیریت کاربرد ماشین‌ها به شرح زیر است:

- افزایش راندمان مصرف آب (با توسعه بهتر ریشه در خاک بدون فشردگی و ۴۰-۲۰ درصد افزایش در آب در دسترس گیاه)
- افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش خطر آب ماندگی در مزرعه با ۴۰-۲۰ درصد افزایش در نفوذ باران (شکل ۷)
- 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 نیاز به توان کششی کمتر برای کشیدن ماشین‌ها.
- تا ۵۰٪ کاهش در مصرف سوخت برای عملیات خاک‌ورزی به دلیل کاهش مقاومت کششی خاک و 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 فشرده نشدن لایه سطحی خاک.
- بهبود سلامت محیط زیست، به دلیل بیش از ۴۰ درصد کاهش در مصرف سوخت و دیگر نهاده‌ها.

**شکل ۷- اثر رفت و آمد ماشین‌ها در سطح مزرعه بر نفوذپذیری خاک و آب‌ماندگی در مزرعه پس از بارندگی (منبع: سخنرانی دکتر Dr. McHugh,CIMMYT (Iran- ۲۰۱٦)**

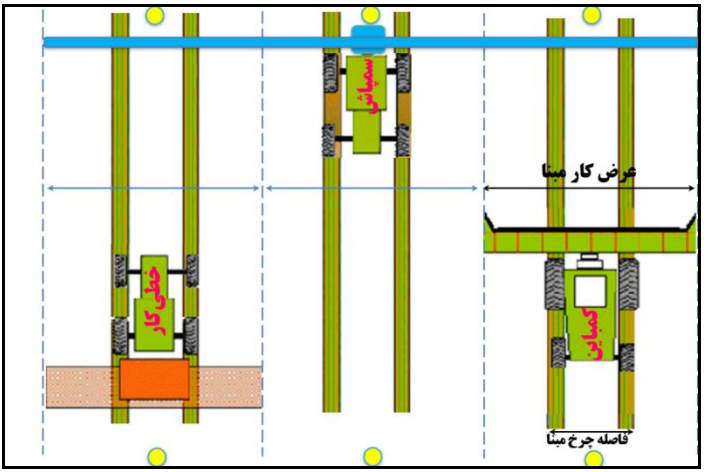
## اصول و نکات مهم در به‌کارگیری روش تردد در مسیرهای ثابت در مزرعه

۱) فاصله‌ی 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 ۸).

**نکته:** معمولاً 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 اداوتی 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 ۸). مثلاً اگر عرض کار کارنده به عنوان "عرض کار مبنا" برابر ۳ متر در نظر گرفته شود، عرض کار کودپاش،

سـمپاش و کمبـاین بایسـتی حـداقل ۳ متـر و یـا مضـربی از ۳ باشـد (۶، ۹، ۱۲ یـا ...) باشد.




**شکل ۸- عرض‌کار مبنا، فاصله چرخ مبنا و راهروهای ثابت برای رفت و آمد تراکتور، کمباین و دیگر ماشین‌ها درون مزرعه (در این شکل، ماشین‌های کاشت، سمپاش و کمباین به ترتیب دارای ضریب ۱، ۳ و ۱ از عرض مبنا هستند)**

**(منبع: http://www.controlledtrafficfarming.com/images/tractorconfiguration.gif)**

## انواع ترافیک کنترل شده در مزرعه

بسته بـه مـدت زمـان نگهـداری راهروهـا در سـطح مزرعـه و تعـداد فصـل اسـتفاده از آنهـا بـرای محصـولات پـی در پـی، راهروهـای ثابـت بـرای تـردد ماشـین‌هـا درون مزرعه به دو نوع کلی زیر تقسیم می‌شوند:

۱) ترافیک کنترل شده با ایجاد راهروهای موقت (یک فصل)

۲) ترافیک کنترل شده با ایجاد راهروهای دائمی (بیش از یک فصل)

- **راهروهای 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 مسیرهای تردد ماشین‌ها تغییر کند.

- **راهروهای دائمی (بیش از یک فصل)**

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

## درجات ترافیک کنترل شده در مزرعه

درجه 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 موقت و دائمی 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 عبارت‌اند از:

۱) ترافیک کنترل شده محدود
۲) ترافیک کنترل شده کامل

- **ترافیک کنترل شده محدود**

در ترافیک کنترل شده محدود، تنها برخی از عملیات ماشینی (نه همه آنها) از طریق راهروهای ثابت درون مزرعه انجام می‌شود. به عبارت دیگر، اگر در یک مزرعه، از بین ماشین‌های مورد استفاده از خاک‌ورزی تا برداشت محصول، ماشین‌های مربوط به دو یا چند عملیات از یک مسیر ثابت عبور داده شوند،

مـی‌گـوییم در آن مزرعـه از ترافیـک کنتـرل شـده محـدود اسـتفاده شـده اسـت. از عملیات ماشینی مورد نیـاز در یـک محصـول، هـر چقـدر رفـت و آمـد تعـداد بیشـتری از آنها از مسیرهای ثابت انجام شود بهتـر اسـت. ایـن عملیـات مـی‌توانـد شـامل ترکیبـی از دو یا چند عملیات ماشینی پی در پـی یـا مجـزا باشـد. در ترافیـک کنتـرل شـده محـدود، هدایت ماشین‌هـا در مسـیرهای تعیـین شـده غالبـاً توسـط رانـنـده و بـه صـورت چشـمی انجـام مـی‌شـود. نمونـه‌هـایی از عملیـات ماشـینی در ترافیـک کنتـرل شـده محـدود در زیر آورده شده است:

- انجام عملیات کاشت و داشـت در مسـیرهای ثابـت: شـامل ماشـین کاشـت بـذر، پاشـش کود سرک، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها
- انجام عملیات داشـت و برداشـت در مسـیرهای ثابـت: شـامل ماشـین‌هـای پاشـش کـود سرک، سمپاشی علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و برداشت با کمباین
- فقـط عملیـات داشـت: مـثلاً شـامل ماشـین‌هـای پاشـش کـود سـرک، سمپاشـی علیـه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها
- فقط عملیات برداشت: شامل کمباین و تریلر حمل دانه (شکل ۹)

**نکته:** در صورت عدم تطابق چرخ یـک ماشـین بـا دیگـر ماشـین‌هـای مـورد اسـتفاده در مزرعه، تلاش شود که حـداقل یـک چـرخ ماشـین روی مسـیر تـردد ماشـین‌هـای قبلـی قرار گیرد

**نکته:** در سیستم تردد ماشـین‌هـا در راهروهـای ثابـت، بـرای کـاهش احتمـال فرسـایش 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 ۹- حرکت چرخ تراکتور و تریلر حمل دانه در مسیر چرخ کمباین در مزرعه در روش استفاده از راهروهای ثابت**

- **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 همه تراکتورها، ادوات و کمباین‌های مورد استفاده در مزرعه از نظر فاصله چرخ‌ها و عرض کار آنها می‌باشد (تطبیق با فاصله چرخ مبنا و عرض کار مبنا).

**نکته ۲:** 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).

**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 سیستم ناوبری و هدایت 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)**

## 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 لخت و فشرده مسیر تردد چرخ‌ها، به‌ویژه در اراضی شیب‌دار. کشاورزی حفاظتی و حفظ بقایا این مشکل را کاهش می‌دهد.
- تشخیص و نگهداری مسیرهای تردد، به‌ویژه در مناطق پرباران، به صورت چشمی مشکل است

## نکات مهم در بهینه‌سازی و طراحی ماشین‌های سازگار

برخی اقداماتی که می‌تواند برای بهینه‌سازی و طراحی ماشین‌های سازگار با روش تردد در راهروهای ثابت مورد توجه تولیدکنندگان ماشین‌های کشاورزی و مالکین ماشین‌ها قرار گیرد به شرح زیر است:

- ایجاد قابلیت تغییر در عرض اکسل تراکتور و دیگر ماشین‌ها (شکل ۱۳)
- 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 ۱۴)

**شکل ۱۳- افزایش فاصله چرخ‌های تراکتور با قرار دادن قطعات رابط برای افزایش طول اکسل چرخ**

**(ب) (الف)**

**شکل ١٤- 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**

## نکات مهم رفت و آمد ماشین‌ها از راهروهای ثابت درون مزرعه

برای کاهش فشردگی خاک در اثر عبور چرخ‌های تراکتور و دیگر ماشین‌های کشاورزی، توجه به نکات زیر مهم است (ایسبیستر و همکاران، ۲۰۱۳):

- بهتر است در هر فصل یا از فصلی به فصل دیگر، مسیرهای تردد ماشین‌ها درون مزرعه ثابت و دائمی باشد
- تا حد امکان مسیر چرخ سایر ماشین‌ها با مسیر کمباین/تراکتور مورد استفاده در عملیات کشت یکسان باشد

- تلاش شود که عرض کار سمپاش‌ها مضربی از عرض کار بذرکار باشد
- در صورت عدم تطابق چرخ ماشین‌های داشت با ماشین کارنده، تلاش شود که در صورت امکان حداقل یک چرخ ماشین داشت روی مسیر چرخ ماشین کارنده قرار گیرد
- در هنگام برداشت محصول، در صورت عدم انکام عبور هر دو چرخ جلو کمباین از مسیر عبور ماشین‌های کاشت و داشت (عدم تطابق فاصله چرخ کمباین با دیگر ماشین‌های مورد استفاده)، تلاش شود که حداقل یک چرخ کمباین روی مسیر ماشین‌های کاشت و داشت قرار گیرد

## مراحل و شرایط لازم برای اجرای روش تردد ماشین‌ها در راهروهای ثابت

- **گام ۱:** انتخاب نوع ترافیک کنترل شده در مزرعه (دائمی یا موقت) بر اساس نوع محصولات مورد نظر در تناوب کشت و روش خاک‌ورزی.
- **گام ۲:** انتخاب یکی از درجات ترافیک کنترل شده کامل یا محدود. این انتخاب بر اساس نوع و ترتیب عملیات ماشینی، در دسترس بودن ماشین‌های سازگار و امکان‌پذیر بودن تطبیق عرض‌کار ماشین‌ها با عرض‌کار مبنا و تطبیق فاصله بین چرخ‌های تراکتور، ادوات و کمباین با فاصله چرخ‌مبنا و انجام می‌شود.
- **گام ۳:** استفاده از زیرشکن قبل از هرگونه عملیات ماشینی (در صورت وجود سخت لایه قبلی در زیر عمق خاک‌ورزی)
- **گام ٤:** انجام تسطیح اساسی لیزری در مزارع آبی (در صورت تسطیح نامناسب زمین)
- **گام ٥:** پرچم گزاری، یا علامت گزاریِ ورودی‌های مزرعه.

## فهرست 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. nd 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.