

نشریه فنی:

## خاک ورز کج ساق و استفاده بهینه از آن

علی اکبر صلح جو



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

خاک‌ورز کج‌ساق و استفاده بهینه از آن

تهیه و تدوین:

علی‌اکبر صلح‌جو

عضو هیأت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

سال انتشار:

۱۳۹۸



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



نوع نوشتار: نشریه فنی  
عنوان نوشتار: خاک‌ورز کج‌ساق و استفاده بهینه از آن  
نگارنده: علی اکبر صلح‌جو  
داوران و ویراستاران: صادق افضلی‌نیا، احمد شریفی  
صفحه‌آرا: صدیقه پردیس‌کیان  
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی  
شمارگان: محدود  
نوبت چاپ: اول  
سال انتشار: ۱۳۹۸



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۵۶۹۹۱ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

## مخاطبان نشریه:

کارشناسان، مروجان و کشاورزان پیشرو

## اهداف آموزشی:

### شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- معرفی خاک‌ورز کج‌ساق
- تنظیم دستگاه خاک‌ورز کج‌ساق
- اثر خاک‌ورز کج‌ساق در کاهش کلوخه در مزرعه
- اثر خاک‌ورز کج‌ساق در کاهش نیروی کشش مصرفی تراکتور
- اثر خاک‌ورز کج‌ساق در قابلیت افزایش سرعت پیشروی تراکتور در عملیات خاک‌ورزی
- اثر خاک‌ورز کج‌ساق در کاهش هزینه‌های خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر

آشنا خواهید شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	معرفی خاک‌ورز کج‌ساق
۳	تنظیم فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز کج‌ساق
۴	تنظیم عمق خاک‌ورزی
۵	اثرات مثبت استفاده از خاک‌ورز کج‌ساق
۵	کاهش کلوخه در مزرعه
۷	کاهش نیروی کشش مورد نیاز
۹	قابلیت افزایش سرعت پیشروی در زمان خاک‌ورزی
۱۰	حفظ رطوبت خاک در مزرعه
۱۲	کاهش به‌هم‌خوردگی خاک
۱۲	حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک
۱۳	کاهش هزینه‌های عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر
۱۴	نتیجه‌گیری
۱۵	منابع

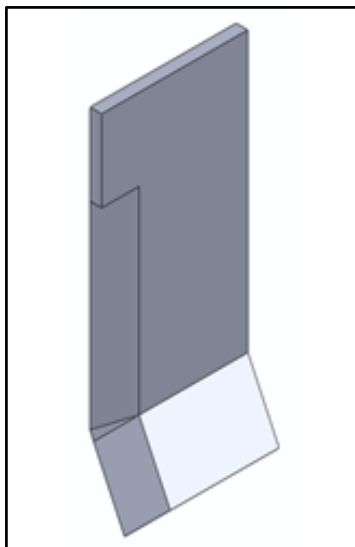
با توجه به خشکسالی‌های اخیر در کشور و سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی مبنی بر حفظ منابع آب و خاک و تاکید بر خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان یکی از راهکارهای موثر در حفظ این منابع، نیاز به ساخت خاک‌ورزی است که در شرایط خاک خشک، کلوخه کمتری ایجاد نماید. در حال حاضر برای انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر حدود ۷۰ درصد از مزارع کشور از گاواهن برگردان‌دار استفاده می‌شود. از طرف دیگر به علت خشکسالی‌های اخیر و کمبود آب آبیاری، کشاورزان مجبور به انجام عملیات خاک‌ورزی در شرایط خاک خشک هستند که باعث تولید کلوخه‌های بزرگ در مزرعه می‌شود که با سه تا چهار بار عملیات دیسک زنی نیز کلوخه‌ها به طور مناسب خرد نشده و بستر مناسبی برای بذر تهیه نمی‌شود. وجود کلوخه زیاد در مزرعه باعث می‌شود تا عملیات کاشت بذر به وسیله خطی‌کارها به خوبی انجام نشده و در نهایت باعث کاهش درصد سبز، عملکرد محصول و افزایش هزینه‌های تهیه بستر بذر گردد. اگرچه استفاده از خاک‌ورز مرکب در مقایسه با گاواهن برگردان‌دار باعث کاهش کلوخه در شرایط خاک خشک می‌شود، ولی این خاک‌ورز نیاز به نیروی کشش زیادی دارد. ضمن این‌که به هم‌خوردگی خاک در این روش نیز زیاد است. برای استفاده از خاک‌ورز مرکب نیاز به تراکتور با قدرت زیاد می‌باشد و معمولاً تراکتورهای چهار سیلندر سبک موجود در کشور که اکثر آن‌ها نیز فرسوده هستند، قادر به کشیدن این خاک‌ورز نیستند. بنابراین برای کاهش نیروی کشش مورد نیاز، کاهش کلوخه در مزرعه و همچنین کاهش به هم‌خوردگی خاک در شرایط خاک خشک، خاک‌ورز کج‌ساق ساخته شد. لذا در این نشریه، خاک‌ورز جدید کج‌ساق معرفی و مزایای کاربرد آن در مزرعه بیان می‌شود.

## معرفی خاک‌ورز کج‌ساق

خاک‌ورز کج‌ساق (شکل ۱) از نوع سوارشونده و برای کم‌خاک‌ورزی در عمق کار ۱۵-۱۰ سانتی‌متر ساخته شده و در شرایط مختلف رطوبتی خاک (۶-۷ درصد بر اساس وزن خشک) و سرعت‌های متفاوت پیشروی تراکتور (۱۰-۵ کیلومتر در ساعت) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طراحی خاک‌ورز کج‌ساق، برای کاهش نیروی کشش مورد نیاز و کاهش جایجایی خاک، سطح جلویی تیغه کج‌ساق زاویه دار انتخاب شده و ساق آن به صورت خارج از مرکز در نظر گرفته شده است. تیغه‌های کج‌ساق (شکل ۲) با ضخامت ۱۵ میلی‌متر ساخته شده و روی شاسی به‌همراه دو عدد چرخ تنظیم عمق نصب می‌شود. شاسی دستگاه به‌گونه‌ای طراحی شده است که می‌توان عمق کار تیغه و فاصله عرضی بین تیغه‌ها روی شاسی را تغییر داد.



شکل ۱- خاک‌ورز کج‌ساق



شکل ۲- تیغه خاک‌ورز کج‌ساق

### تنظیم فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز کج‌ساق

معمولاً تیغه‌های کج‌ساق با دو یا سه میل ابزار روی شاسی قرار می‌گیرند (شکل‌های ۱ و ۳). افزایش تعداد میل ابزارها از دو به سه عدد می‌تواند به عبور بهتر بقایای گیاهی از بین تیغه‌های کج‌ساق کمک نماید. برای تنظیم فاصله عرضی بین تیغه‌های خاک‌ورز کج-ساق، می‌توان با جابجایی کربی‌های متصل به ساق تیغه که بر روی شاسی خاک‌ورز کج-ساق قرار گرفته است، اقدام نمود (شکل ۱). با توجه به شرایط مزرعه (میزان بقایای گیاهی، نوع خاک، فشردگی خاک و غیره) و همچنین میزان خردشدن خاک، می‌توان فاصله بین تیغه‌های کج‌ساق را در محدوده ۲۰-۱۳ سانتی‌متر انتخاب نمود. برای مثال، در شرایط بقایای گیاهی زیاد و خاک سبک و غیر متراکم، می‌توان فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز کج-ساق را افزایش داد، ولی برای کاهش کلوخه در مزرعه باید فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز کج‌ساق را کاهش داد.





شکل ۳- خاکورز کجساق با سه میل ابزار

### تنظیم عمق خاکورزی

برای تنظیم عمق خاکورزی در خاکورز کجساق، از چرخ‌های کنترل عمق استفاده می‌شود (شکل ۱). از آنجایی که خاکورز کجساق برای روش کم خاکورزی طراحی و ساخته شده است، عمق خاکورزی آن نیز در حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. برای تنظیم عمق کاری مورد نظر، نیاز است تا هر دو چرخ کنترل عمق به یک اندازه باز یا بسته شوند. برای تغییرات ارتفاع قرارگیری چرخ‌های فوق از سطح زمین می‌توان از محور چرخ کنترل عمق که روی چرخ‌ها قرار گرفته است، استفاده نمود (شکل ۱). تیغه خاکورز کجساق به گونه‌ای طراحی شده است که با زاویه تمایل ۷۰ درجه و لبه تیز خود به راحتی در داخل خاک نفوذ کند و در عمق مورد نظر عملیات خاکورزی را انجام دهد.

## اثرات مثبت استفاده از خاک‌ورز کج‌ساق

استفاده از خاک‌ورز کج‌ساق در مزرعه دارای مزایایی به شرح زیر است:

### - کاهش کلوخه در مزرعه

میزان کلوخه‌ای شدن بستر بذر به عوامل مختلفی از جمله بافت خاک، رطوبت خاک، فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز و سرعت پیشروی تراکتور بستگی دارد. نتایج تحقیقات انجام گرفته بر روی خاک‌ورز کج‌ساق در خاک لوم رسی سیلت دار نشان می‌دهد که فاصله بین تیغه‌های کج‌ساق، سرعت پیشروی تراکتور و درصد رطوبت خاک در زمان خاک‌ورزی بر میزان کلوخه‌های ایجاد شده در مزرعه مؤثر هستند (صلح جو، ۱۳۹۷). با افزایش سرعت پیشروی و رطوبت خاک و همچنین با کاهش فاصله بین تیغه‌های خاک‌ورز کج‌ساق، میانگین قطر کلوخه‌های ایجاد شده در مزرعه کاهش می‌یابد. بیشترین میانگین قطر کلوخه‌های ایجاد شده حاصل از کارکرد خاک‌ورز کج‌ساق با  $18/72$  میلی‌متر در شرایط خاک خشک (رطوبت ۱۰-۷ درصد) حاصل می‌شود که در مقایسه با میانگین قطر کلوخه‌های  $38/4$  میلی‌متر حاصل از عملیات خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در رطوبت ۱۳-۱۰ درصد (صلح جو و همکاران، ۱۳۸۰)، عملکرد بهتری در کاهش کلوخه‌ها دارد. همچنین میانگین قطر کلوخه‌های ایجاد شده حاصل از کارکرد گاوآهن قلمی در رطوبت  $9/3$  درصد،  $47/6$  میلی‌متر گزارش شده است (رحمتیان و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین می‌توان از خاک‌ورز کج‌ساق در شرایط خاک خشک نیز استفاده نمود که نسبت به روش مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار و دیسک) و گاوآهن قلمی، بستر بذر مناسب‌تری را ایجاد می‌نماید (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).



شکل ۴- کلوخه ایجاد شده به وسیله گاواهن برگردان دار



شکل ۵- کلوخه ایجاد شده به وسیله گاواهن برگردان دار و دیسک



شکل ۶- کلوخه ایجاد شده به وسیله خاک‌ورز کج‌ساق در شرایط خاک خشک

#### - کاهش نیروی کشش مورد نیاز

با افزایش رطوبت خاک، نیروی کشش مورد نیاز برای خاک‌ورز کج‌ساق کاهش می‌یابد، ولی با افزایش سرعت پیشروی، نیروی کشش مورد نیاز برای خاک‌ورز کج‌ساق افزایش می‌یابد (صلح جو، ۱۳۹۷). از طرف دیگر کمترین نیروی کشش مورد نیاز خاک‌ورز کج‌ساق زمانی حاصل می‌شود که فاصله بین تیغه‌های کج‌ساق ۲۰ سانتی‌متر باشد. بنابراین برای کاهش نیروی کشش مورد نیاز، می‌توان از سرعت پیشروی ۵ کیلومتر در ساعت، رطوبت خاک ۱۶-۱۳ درصد و فاصله تیغه ۲۰-۱۲ سانتی‌متر استفاده نمود (صلح جو، ۱۳۹۷). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بیشترین نیروی کشش مورد نیاز برای یک تیغه کج‌ساق با سرعت پیشروی ۱۰ کیلومتر در ساعت و در خاک خشک (۷-۱۰ درصد)، ۰/۵۱۶ کیلونیوتن است که کمتر از نیروی کشش مورد نیاز برای یک تیغه ساده با زاویه

تمایل ۷۰ و ۹۰ درجه و با سرعت پیشروی ۶ کیلومتر در ساعت ( به ترتیب با میزان ۱/۶ و ۱/۲ کیلونیوتن) است (عباس پور و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین نیروی کشش مورد نیاز برای یک تیغه گاو آهن قلمی با سرعت ۵ کیلومتر در ساعت، ۵/۵ کیلو نیوتن گزارش شده است (رحمتیان و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین خاکورز کجساق در مقایسه با گاو آهن قلمی به خوبی نیروی کشش مورد نیاز را کاهش می دهد. این ویژگی خاکورز کجساق زمانی بیشتر حائز اهمیت است که در شرایط خاک خشک (۱۰-۷ درصد)، نیروی کشش مورد نیاز را کاهش داده است. این کاهش نیروی کشش ناشی از شکل هندسی تیغه کجساق است که به هم خوردگی خاک و جابجایی خاک را کاهش می دهد. نتایج نشان می دهد که شکل هندسی تیغه اثر مهمی در کاهش نیروی کشش مورد نیاز دارد. همچنین خاکورز کجساق به دلیل نیاز به نیروی کشش کمتر، قابلیت کارکرد با تراکتورهای سبک چهار سیلندر را دارد و به راحتی می تواند در مزارع کوچک استفاده شود (شکل ۷).



شکل ۷- قابلیت کارکرد خاکورز کج ساق با تراکتور سبک چهار سیلندر در مزرعه

#### – قابلیت افزایش سرعت پیشروی در زمان خاکورزی

خاکورز کج ساق می تواند با افزایش سرعت پیشروی تا ۱۰ کیلومتر در ساعت، زمان انجام عملیات خاکورزی را کاهش داده و از طرف دیگر با کاهش نیروی کشش مورد نیاز نسبت به گاواهن برگردان دار، باعث کاهش مصرف سوخت گردد. این موضوع می تواند

باعث کاهش هزینه‌های کشاورزان و همچنین کاهش اثرات منفی زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد سوخت گردد. همچنین از مزایای دیگر خاک‌ورز کج‌ساق، می‌توان به قابلیت کارکرد آن با تراکتورهای سبک چهار سیلندر اشاره نمود که برای مزارع کوچک مناسب است.

#### – حفظ رطوبت خاک در مزرعه

انتقال خاک مرطوب زیرین به سطح خاک باعث تلفات رطوبتی خاک شده و می‌تواند باعث کاهش درصد سبز محصول گردد (شکل ۸). معمولاً خاک‌ورزهایی که قابلیت مخلوط کردن لایه‌های خاک در آن‌ها کم است، می‌توانند از انتقال خاک مرطوب لایه‌های زیرین به سطح خاک جلوگیری نمایند. در این خصوص استفاده از خاک‌ورز کج‌ساق با قابلیت کاهش مخلوط کردن لایه‌های خاک، می‌تواند مناسب باشد.

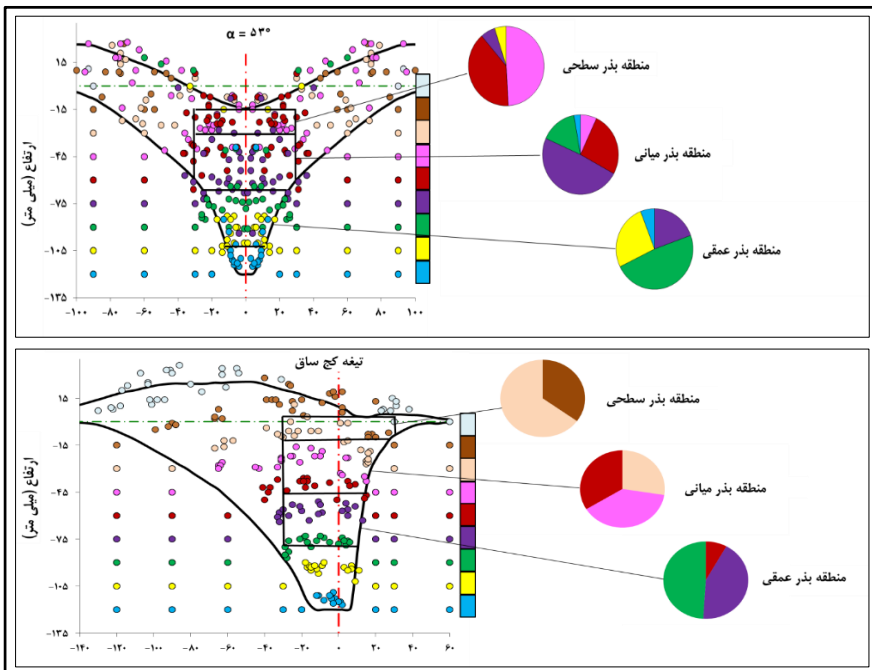


شکل ۸- تلفات رطوبتی خاک حاصل از انتقال خاک مرطوب لایه‌های زیرین به سطح خاک به وسیله خاک‌ورز مرکب

از دیگر مزایای خاک‌ورز کج‌ساق، حفظ رطوبت خاک در لایه‌های زیرین خاک و منطقه بذر است (شکل ۹). این خصوصیت خاک‌ورز کج‌ساق به ویژه برای مناطق دیم که

## خاک‌ورز کج‌ساق و استفاده بهینه از آن

حفظ رطوبت خاک از اساسی‌ترین کارها می‌باشد، بسیار مهم است. شکل ۹ کاهش به هم‌خوردگی لایه‌های مختلف خاک را در تیغه کج‌ساق در مقایسه با یک تیغه ساده نشان می‌دهد. از این ویژگی تیغه کج‌ساق در زمانی استفاده می‌شود که خاک زیرین مرطوب است و می‌خواهیم رطوبت را در منطقه بذر حفظ کنیم. پس از شکست خاک توسط تیغه‌های مرسوم، خاک بر روی تیغه‌ها بالا آمده و به عمق‌های دیگر انتقال پیدا می‌کند که باعث افزایش به هم‌خوردگی لایه‌های مختلف خاک می‌شود، ولی در تیغه کج‌ساق، پس از شکست خاک توسط تیغه، خاک کمتری بر روی تیغه بالا آمده و به لایه‌های دیگر انتقال پیدا می‌کند که در نهایت باعث کاهش به هم‌خوردگی لایه‌های مختلف خاک می‌شود (شکل ۹). علت این امر، تیزبودن تیغه و شکل هندسی خاص تیغه کج‌ساق است.



شکل ۹- اثر نوع تیغه در جابجایی لایه‌های خاک به مناطق سه‌گانه بذر. تیغه باریک با زاویه تمایل ۵۳ درجه (شکل بالا) و تیغه کج‌ساق (شکل پایین) (Solhjou et al., 2012 and 2014)



- کاهش به هم خوردگی خاک

تیغه کج ساق طوری طراحی شده است که حداقل به هم خوردگی را در خاک ایجاد نماید (شکل ۹). کاهش مخلوط شدن لایه های خاک از یک طرف باعث حفظ رطوبت خاک در منطقه بذر شده و از طرف دیگر باعث کاهش جابه جایی بذر علف های هرز از عمق خاک به لایه سطحی خاک شده و احتمال سبز شدن آنها را کاهش می دهد. از دیگر مزایای کاهش به هم خوردگی خاک، می توان به کاهش نیروی کشش مورد نیاز و همچنین حفظ تسطیح نسبی زمین اشاره نمود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- حفظ تسطیح نسبی زمین بعد از عملیات خاک ورزی با خاک ورز کج ساق

- حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک

در کشاورزی حفاظتی نیاز است تا بعد از عملیات کاشت، پوشش حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک با بقایای گیاهی حفظ شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک ضمن جلوگیری

از فرسایش خاک، باعث جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به سطح خاک شده که نتیجه آن حفظ بیشتر رطوبت خاک در منطقه بذر، افزایش درصد سبز محصول و پایداری محصول در برابر تنش‌های آبی است. خاک‌ورز کج‌ساق این قابلیت را دارد که ضمن انجام عملیات خاک‌ورزی، حدود ۶۸ درصد بقایای گیاهی را در سطح خاک حفظ نماید (شکل ۱۰). این ویژگی خاک‌ورز کج‌ساق می‌تواند به حفظ رطوبت خاک در مزرعه و کاهش فرسایش خاک کمک نماید.

### - کاهش هزینه‌های عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر

باتوجه به خشک‌سالی‌های اخیر در کشور و انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر در شرایط خاک خشک با گاوآهن برگردان‌دار، کلوخه‌های بزرگی در مزرعه ایجاد می‌شود که برای خردکردن آنها نیاز به انجام چند بار (سه تا چهار بار) عملیات دیسک می‌باشد. حتی بعد از چند بار دیسک‌زنی نیز کلوخه‌ها به طور کامل خرد نشده و بستر مناسبی تهیه نمی‌شود. بعضی از کشاورزان به علت عدم کارایی مناسب خطی کارها در زمین‌های دارای کلوخه، به‌جای کاشت گندم با خطی‌کار، از کودپاش سانتریفیوژ برای توزیع بذر در مزرعه استفاده می‌کنند. در این صورت مجبور هستند مقدار بذر مصرفی را نیز به حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش دهند که تقریباً بیش از دو برابر مقدار بذر مصرفی با خطی‌کارها می‌باشد؛ بنابراین برای کشاورزانی که از خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان-دار و دیسک) استفاده می‌کنند، از یک طرف هزینه‌های خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر افزایش می‌یابد و از طرف دیگر هزینه بذر مصرفی آنها بیشتر می‌شود. همچنین یک بار عملیات دیسک نیز برای زیر خاک کردن بذرها به هزینه کشاورزان اضافه می‌شود.

در صورتی که اگر از خاک‌ورز کج‌ساق برای عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر در شرایط خاک خشک استفاده شود، هزینه‌های عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر به یک بار عبور خاک‌ورز کج‌ساق با تراکتور سبک چهارسیلندر در مزرعه کاهش می‌یابد. از طرف

دیگر پس از انجام عملیات خاک‌ورزی با خاک‌ورز کج‌ساق، بستر بذر مناسبی تهیه می‌شود (بدون کلوخه) که می‌تواند شرایط کاشت با خطی‌کار را فراهم نموده و میزان بذر مصرفی را حداقل به نصف (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش دهد؛ بنابراین استفاده از خاک‌ورز کج‌ساق می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر و همچنین کاهش هزینه‌های بذر مصرفی شود.

### نتیجه‌گیری

برای کاهش کلوخه ایجاد شده به وسیله خاک‌ورز کج‌ساق می‌توان از فاصله کم بین تیغه‌های کج‌ساق (۱۲ سانتی‌متری)، سرعت پیشروی ۱۰ کیلومتر در ساعت و محدوده رطوبتی ۱۶-۱۰ درصد خاک استفاده نمود. همچنین برای کاهش نیروی کشش مورد نیاز می‌توان از سرعت پیشروی ۵ کیلومتر در ساعت و فاصله ۲۰ سانتی‌متری بین تیغه‌های کج‌ساق و در محدوده رطوبتی ۱۶-۱۳ درصد استفاده نمود. یافته‌ها نشان می‌دهد که در خاک‌ورز جدید کج‌ساق، قابلیت افزایش سرعت پیشروی در عملیات خاک‌ورزی به همراه کاهش کلوخه ایجاد شده و همچنین کاهش نیروی کشش مورد نیاز وجود دارد و می‌تواند باعث بهبود شرایط کاری و کاهش زمان تهیه بستر بذر شود؛ بنابراین خاک‌ورز کج‌ساق با قابلیت افزایش سرعت پیشروی تراکتور، می‌تواند از یک طرف زمان انجام عملیات خاک‌ورزی را در مزرعه کاهش داده و از طرف دیگر با کاهش نیروی کشش مورد نیاز نسبت به تیغه‌های مرسوم، میزان مصرف سوخت تراکتور را نیز کاهش دهد. این موضوع می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های تهیه بستر بذر برای کشاورزان، باعث کاهش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد سوخت نیز گردد.

در این راستا پیشنهاد می‌شود:

- ۱) برای کاهش نیروی کشش مورد نیاز و کاهش کلوخه‌ای شدن بستر بذر در شرایط خاک خشک از خاک‌ورز کج‌ساق در تهیه بستر بذر استفاده گردد.

- ۲) برای کاهش کلوخه در بستر بذر و کاهش نیروی کشش مورد نیاز، سرعت حرکت تراکتور در محدوده ۷-۱۰ کیلومتر در ساعت باشد.
- ۳) برای کاهش کلوخه ایجاد شده در بستر بذر و همچنین کاهش نیروی کشش مورد نیاز، از خاک ورز کج ساق در رطوبت ۱۶-۱۳ درصد استفاده شود.

## منابع

- رحمتیان، م.، کارپورفر، س. ح. و نعمت الهی، م. ا. ۱۳۹۷. پیش‌بینی عملکرد بهینه کارکرد تیغه‌ی قلمی به منظور دستیابی به کارایی مناسب در خاک‌ورز مرکب. مهندسی بیوسیستم ایران، ۱ (۴۹): ۸۲-۷۳.
- صلح جو، ع. ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر مقدار رطوبت خاک، سرعت پیشروی و فاصله بین عوامل خاک‌ورز کج‌ساق بر نیروی کشش مورد نیاز و میزان خردشدن خاک، گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۵۴۷۰۵، ۳۹ ص.
- صلح جو، ع. ا.، لغوی، م.، احمدی، ح. و روزبه، م. ۱۳۸۰. تاثیر درصد رطوبت خاک و عمق شخم بر میزان خردشدن خاک و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۲ (۶): ۱۲-۱.
- Abbaspour-Fard, M. H., Hoseini, S. A., Aghkhani, M. H. & Sharifi A. 2014. The behavior of tillage tools with acute and obtuse lift angles. Spanish Journal of Agricultural Research, 12 (1): 44-51.
- Godwin, R. J. 2007. A review of the effect of implements geometry on soil failure and implement forces. Soil and Tillage Research, 97, 331-340.
- Solhjou, A., Fielke, J. and Desbiolles, J. 2012. Soil translocation by narrow openers with various rake angles. Biosystems Engineering, 112, 65-73.
- Solhjou, A., Fielke, J., Desbiolles J. and Saunders, C. 2014. Soil translocation by narrow openers with various bent leg geometries. Biosystems Engineering, 127: 41-49.