

نگرشی بر تعامل مکانیزاسیون کشاورزی و زیست‌بوم^۱

مرتضی الماسی^۲ و نسیم حبیبی^۳

چکیده

انسان در دو قرن اخیر خواسته یا ناخواسته نتوانسته است هماهنگی^۴ با محیط و اصول حاکم بر طبیعت پایدار را رعایت کند. این امر بیش از هر چیز ناشی از پیدایش عصر صنعتی و شهریت‌گرایی با دستاورد غلبه انسان بر پدیده طبیعی و زیست‌بوم با استفاده از ابزار و تفکر تقلیل‌گرایی یا به نوعی نظریه‌های نظام‌مند و تقلیل‌گرا^۵ بوده است. فناوری‌های کنونی و آینده و آنچه به اصطلاح با نام مکانیزاسیون یا ماشینی کردن کشاورزی مرسوم شده است با اعمال سیاست‌های مختلفی در جهت افزایش رقابت برای بهره‌برداری از زمین، توسعه کاربری آن برای تولید محصول‌های زراعی و باغبانی، کشت متراکم و مداوم، تبدیل جنگل‌ها و دیگر منابع طبیعی به زمین‌های زراعی و نابودی مراتع منجر به بروز مسایل زیست‌محیطی و زوال منابع طبیعی شده است. با وجود پیشرفت‌هایی در زمینه‌های به‌نژادی، آبیاری، کنترل آفت‌ها، تلاش برای بهبود و اصلاح خاک و حاصلخیزی آن با استفاده از فناوری‌های نوین مانند کشاورزی دقیق و زیست‌فناوری، هنوز هم اقلیم^۶ و خاک از مهمترین عامل‌های تعیین‌کننده یک سامانه کشاورزی و منابع طبیعی پایدار هستند. مفاهیمی مانند کشاورزی پایدار، کشاورزی حفاظتی، کشاورزی آلی، کشاورزی دقیق و زیست‌فناوری در کشاورزی و غیره حاصل توجه به عوارض و ناهنجاری‌های گفته شده است. در این نوشتار تاریخچه مختصری از ابتدای پیدایش و استفاده از ماشین‌های کشاورزی و توسعه مکانیزاسیون، جنبه‌های مثبت و منفی کارکرد ماشین با تاکید بر جنبه‌های زیست‌محیطی و آینده فناوری‌های تولیدهای کشاورزی واکاوی شده است.

واژه‌های کلیدی: سوخت تجدیدپذیر، کشاورزی پایدار، فشرده‌گی خاک، ماشین‌های کشاورزی.

مقدمه

انسان در دو قرن اخیر، خواسته یا ناخواسته نتوانسته است همسازي و هنجار با محیط و اصول حاکم بر طبیعت و پایداری منابع تولید را رعایت کند. این امر بیش از هر عاملی متأثر از پیدایش عصر صنعتی، شهریت‌گرایی و دستاوردهای فناوری غلبه بر پدیده‌های طبیعی بوم‌نظام در جهت منافع زودگذر بوده است.

در کشاورزی و منابع طبیعی این روند به جایی رسیده است که ماهیت یکپارچه زیست‌نظام به مجموعه‌هایی پراکنده از اجزای ریزکنترل کاهش داده شده است. هدف این روال، تأمین هر چه بیشتر نیازهای روزمره یا میان‌مدت و تشدید مصرف‌گرایی به ویژه در کوتاه مدت بوده است. پیامد چنین غفلت و بی‌توجهی، کنش و برهمکنش ناهماهنگ اجزای زیست‌بوم، زوال تدریجی و گاهی

تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۲۲

۱- تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۲۰

۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: morteza.almassi@gmail.com

۳- به ترتیب استاد مدعو فرهنگستان علوم و استاد دانشگاه آزاد اسلامی و دانشجوی دکتری واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- Climate

۵- Systemic and mitigation theories

۶- Harmony

سریع کمی و کیفی منابع طبیعی است. استفاده از ابزار و فناوری‌های ماشینی در سطح وسیع و فشرده با تکیه بر مصرف "کارمایه" یا سوخت‌های فسیلی با هدف کاهش مشقت کاری، افزایش کمی و کیفی تولید و در نهایت سودآوری در کوتاه مدت بوده است. طبیعی است که به‌کارگیری ماشین جدا از جنبه‌های مثبت آن مانند جایگزینی نیروی انسانی و ارسال آن به صنعت و خدمات و در نهایت افزایش بهره‌وری در کوتاه مدت از عامل‌های بنیادین تولید (آب، خاک، نیروی انسانی و کارمایه)، دارای جنبه‌های منفی و ناهماهنگ با محیط هم بوده است. فشرده‌گی خاک، تشدید فرسایش، هدر رفتن نهاده‌ها و آلودگی منابع آب و هوا، تولید گازهای گلخانه‌ای و بسیاری از عامل‌های ناهنجار دیگر، حاصل انتخاب و استفاده نادرست از ابزار و ماشین در کشاورزی بوده است. کارمایه یا انرژی لازم برای به حرکت درآوردن و انجام عملیات مختلف تولید و ترابری در کشاورزی نیز خود بالقوه و با توجه به اهمیت ترکیبی آن از منابع آلاینده‌گی محیط بوده است. بنابراین باید متخصصان و کارشناسان به سوخت‌های پاک افزون بر مدیریت بهینه مصرف توجه کنند.

تاریخچه کاربرد ماشین در تولیدهای کشاورزی

سابقه تاریخی در جهان

سابقه استفاده از ابزار برای تأمین نیاز خوراک انسان به عهد باستان و تمدن‌های سومری و بابلی باز می‌گردد (۲). آنها مدت‌ها زندگی معیشتی خود را در تأمین غذا و نیازهای روزمره از نیروی عضلانی و سپس با رام کردن برخی جانوران و استفاده از ابزار بسیار ساده دستی و در دوران بعد با به‌کارگیری نیروی کششی دام تأمین می‌کردند (۱۵). آنچه ماشین‌های کشاورزی نامیده می‌شود، به اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ میلادی مربوط می‌شود (۹). به بیان دیگر، ریشه این اتفاق و پدیدار شدن ماشین در مزرعه‌ها به انقلاب صنعتی اروپا و آمریکا برمی‌گردد. انقلاب صنعتی و نیاز به نیروی انسانی و لزوم افزایش تولید برای خوراک، پوشاک و دیگر نیازهای جمعیت رو به رشد این کشورها، اختراع نیروی بخار و موتورهای بخار را در نقش نیروی محرکه به وجود آورد. به دنبال این پدیده آنچه به اصطلاح موتور کشنده یا تراکتور گفته می‌شود، ظهور پیدا کرد که همزاد لوکوموتیوهای بخار محسوب می‌شد (۹). نیروی محرکه موتورهای بخار به زودی جای دام‌های کششی را گرفت. به این موتورها نوعی پولی^۱ (فلکه یا قرقره) وصل می‌شد که می‌توانست بسیاری از وسایل و تجهیزهای ثابت مانند آسیاب، پمپ آب و به ویژه کار فرسایشی و نفربر خرمکوبی غلات را انجام دهد. موتورهای بخار در مقایسه با موتورهای امروزی (بنزینی، گازوئیلی، گازی و غیره) بسیار کم‌توان بودند، اما به دلیل بزرگی و نسبت چرخ دنده‌های بالای آنها، با وجود توان پایین، می‌توانستند نیروی کششی بالا با کشش بهتری را ارائه کنند. سرعت حرکت پایین و پیشروی کند، منجر به این باور در کشاورزان شد که تراکتور تنها در دو سرعت کند و سریع کار می‌کند. در مجموع می‌توان گفت حاصل اختراع موتور بخار در پایان قرن ۱۹ میلادی این بود که به جای صرف زمان و کارگر زیاد، عملیاتی مانند برداشت با داشتن تیغه‌های برنده بهتر و سریع‌تر انجام می‌شد و به صورت ردیفی روی زمین قرار داده می‌شد. به جای خرمکوبی با چوب یا حرکت دام و کشیدن استوانه‌های چوبی روی خرم، خرمکوب‌های مکانیکی برای جداسازی دانه از خوشه استفاده می‌شد. به دنبال این پدیده، نسل دوم ماشین‌ها که مشابه تراکتورهای امروزی بود در مزرعه‌ها حضور پیدا کردند (۴).

موتورهای احتراق داخلی (درون سوز)^۲

موتورهای احتراق داخلی یا درون‌سوز که ابتدا با نفت و بنزین کار می‌کردند یا دوگانه سوز بودند به صورت موتورهای مرسوم در تراکتور استفاده می‌شد. به مرور زمان و با اختراع دیزل، موتورهای گازوئیلی یا دیزلی گسترش و توسعه زیادی پیدا کردند. به ویژه کاربرد آنها در کمباین هنگام برداشت غلات بسیار چشمگیر بود و همچنان ادامه دارد. ناگفته نماند که افزون بر کاربرد موتورهای

احتراق داخلی در ماشین‌های کشاورزی و به ویژه تراکتور و کمباین‌های خودرو- خودگردان، اختراع هواپیما نیز تنها با پیدایش و توسعه موتورهای احتراق داخلی میسر شد. بنابراین، شروع دوره نوین کاربرد ماشین‌های کشاورزی را می‌توان به قرن ۱۹ میلادی و حدود سال‌های ۱۸۳۸ یا نزدیک به ۸۰ سال پیش دانست (۵، ۴).

ادوات و دنباله‌های^۱ کشاورزی

اگرچه ماشین‌هایی مانند تراکتور و کمباین و دیگر دستگاه‌های خودرو- خودگردان مهمترین وسیله در کشاورزی امروز هستند، اما ادوات و ماشین‌های دنباله‌بند با توجه به سابقه تاریخی آنها و برخی اثرهای سوء زیست‌محیطی اهمیت دارند. با ارجاع به منابع موجود در رابطه با سابقه تاریخی، پیدایش و توسعه آنها که به طور گسترده در کتاب‌های مربوط به مقوله مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون موجود است، در اینجا به اختصار به یکی از ماشین‌های بسیار مهم پرداخته می‌شود (۲، ۹).

خاک‌ورز^۲

سابقه استفاده از وسیله‌ای که گاواهن یا خیش نامیده می‌شود به هزار سال پیش بر می‌گردد که انسان با استفاده از قطعه چوبی با انتهای خمیده، خاک را با دست و سپس با دام شیار می‌داده است (۲، ۴، ۵، ۹) که هنوز نیز در برخی از نظام‌های کشاورزی و معیشتی رواج دارد. وظیفه این نوع وسیله و دیگر تجهیزهای مشابه آن آماده سازی خاک برای کاشت دانه است و سودمندی‌های آن پوک کردن خاک، حذف علف‌های هرز و بهبود خواص فیزیکی خاک برای رشد، توسعه و استقرار بذر است که نمود اصلی این وسایل همان گاواهن یا خیش است. اگرچه تا قبل از سال‌های ۱۸۳۸ و حتی دوران باستان از نوعی از این وسایل استفاده می‌شده است، اما در سال‌های ۱۸۳۸ تا ۱۹۰۶ در کشورهای آمریکا، آلمان و بریتانیا نوعی از این دستگاه به صورت کابلی و سپس کششی یا امروزه به صورت سوار شوند و روی تراکتور تولید می‌شود. گاواهن اگر چه در مدت هزاران سال تغییرهایی یافته اما همیشه یکی از وسایل بنیادی کشاورزی بوده است. این وسیله، همان‌طور که گفته شد، دارای مزایایی است اما به دلیل ساختار طراحی و امکان استفاده در شرایط نامطلوب به ویژه رطوبت خاک باعث بروز عامل‌ها و صدمه‌هایی به خاک می‌شود و در نهایت باعث پیدایش سخت‌لایه در عمق‌های مختلف خاک، نفوذ ناپذیری آب در خاک که منجر به فرسایش و بروز روان‌آب و نشست آب همراه با موادی مانند کودهای شیمیایی می‌شود و به طور کلی منبع عوارض زیست‌محیطی می‌شود. این مشکل‌ها در دهه شصت میلادی سازندگان و پژوهشگران را بر آن داشت تا توجه جهانیان را به استفاده درست از این وسیله، کاربرد انتخابی آن و جایگزینی آنها با روش‌هایی مانند خاک‌ورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی و دستگاه‌هایی مانند گاواهن‌های تیغه‌ای و سوک‌دار به جای برگردان‌دار، جلب کنند (۲، ۵).

سابقه ماشین‌های کشاورزی در ایران

اولین گاواهن فلزی برگردان‌دار دامی در زمان ناصرالدین شاه قاجار به ایران وارد شد و در ارومیه از آن استفاده شد. اولین نمایشگاه ماشین‌های کشاورزی در سال ۱۳۰۰ شمسی در تهران برگزار گردید و نمونه‌هایی از ماشین‌های کشاورزی به نمایش گذارده شد (۲، ۳). اولین تراکتور نفتی ساده به دستور رضاخان در سال ۱۳۰۸ شمسی برای مدرسه فلاحیت خریداری گردید تا دانشجویان بتوانند با شیوه کار آن آشنا و در مزرعه استفاده کنند. با وقوع جنگ جهانی دوم و دشواری‌های داد و ستد با کشورهای فروشنده و همچنین اثرهای این جنگ در امور داخلی کشور، در عمل این طرح متوقف و بهره‌برداری از آن نیز راکد ماند. پس از جنگ، کم‌کم سرمایه‌داران و بعضی از شرکت‌ها شروع به وارد کردن تراکتور در ایران کردند. ابتدا روستاییان از پذیرفتن تراکتور و ماشین‌های کشاورزی در مزرعه‌های خود خودداری می‌کردند و اعتقاد داشتند که برکت کشاورزی در سم گاوها است، اما به تدریج که با نتایج کار آنها آشنا شدند تا حدودی ماشین‌ها را پذیرفتند.

در سال ۱۳۱۶، شرکت شیار و ماشین‌های کشاورزی تشکیل شد. این شرکت ماشین‌های کشاورزی و تراکتورهای کشاورزی را وارد می‌کرد و با بستن قراردادهایی از طریق پیمانکاری برای صاحبان مزرعه‌ها کار می‌کرد. در سال ۱۳۲۵، دولت کمک‌هایی برای واردکنندگان تراکتور و ماشین‌های کشاورزی در نظر گرفت و بانک کشاورزی تعدادی تراکتور چرخ لاستیکی و کمباین وارد کرد و به اقساط کوتاه مدت به مالکان و صاحبان موسسه‌های کشاورزی فروخت.

آغاز فعالیت بنگاه توسعه ماشین‌های کشاورزی از سال ۱۳۳۱ در واقع سرآغاز ماشینی کردن کشاورزی ایران به شمار می‌رود. این موسسه از سال ۱۳۳۱ تا ۱۳۳۶ اقدام به وارد کردن تراکتور و ماشین‌های کشاورزی می‌کرد و آنها را اقساطی به فروش رساند، اما از سال ۱۳۳۶ تا ۱۳۴۵ بنگاه به طور مستقیم اقدام به وارد کردن تراکتور نمی‌کرد، بلکه اعتبار وامی به قسط‌های ۴ تا ۶ ساله به متقاضیان خرید تراکتور می‌داد تا آنها مطابق سلیقه و امکان‌های خود اقدام به خرید تراکتور و کمباین و سایر ادوات کشاورزی کنند(۲).

این شیوه کار سبب شد که به تدریج مارک‌های مختلف تراکتور و کمباین هرکدام به تعداد کمی وارد کشور شود و چون برای فروشندگان تامین لوازم یدکی و تعمیرگاه‌های لازم سودآور نبود، اغلب این وسایل در مدت کوتاهی از کار افتاده و بی‌استفاده می‌ماند. در سال ۱۳۴۵، قراردادی با کشور رومانی منعقد شد که در آن مقرر گردید تعدادی تراکتور با توان ۴۰ و ۶۵ اسب بخار یونیورسال و تعدادی گاواهن، دیسک، کودپاش، بذریاش، دروگر و سایر ادوات خریداری شده از طریق بنگاه توسعه ماشین‌های کشاورزی توسط عاملان فروش در اختیار کشاورزان گذارده شود. طبق این قرارداد مقرر شد که در مراکز عمده فروش، اقدام‌های لازم برای تاسیس نمایندگی‌های لوازم یدکی و تعمیرگاه‌های ثابت و سیار به عمل آید. به موازات این قرارداد، از سال ۱۳۴۶ اقدام به ساخت ساختمان کارخانه تراکتورسازی تبریز شد که از سال ۱۳۴۹ بهره‌برداری از آن آغاز شد و قطعه‌های تراکتور از رومانی وارد و در آن کارخانه مونتاژ گردید. این کارخانه از سال ۱۳۵۳ اقدام به وارد کردن تراکتورهای مسی‌فرگوسن کرد که در حال حاضر ساخت این تراکتورها در کارخانه تراکتورسازی تبریز انجام می‌گیرد(۲). در سال ۱۳۵۲ کارخانه جان‌دیر اراک به مونتاژ تراکتور، کمباین و سایر ادوات کشاورزی جان‌دیر پرداخت که این کارخانه نیز هم اکنون به ساخت کمباین ویپلر مشغول است(۱، ۲، ۳).

اثرهای مطلوب کاربرد ماشین در کشاورزی

دلیل‌های استفاده از ماشین

در مقدمه به طور اجمالی به دلیل‌های مهم توسعه کاربرد ماشین طی قرن‌ها اشاره شد. دلیل‌ها و نیازهای بشر، انسان را به اختراع و کاربرد ابزار مکانیکی واداشته که در منابع و کتاب‌های بسیار، به تفصیل شرح داده شده است(۲، ۶، ۱۴، ۱۵). البته این گسترش و نوآوری و توسعه کاربرد ابزار مکانیکی و الکترونیکی پیشرفته هنوز هم در کشاورزی پیشرفته و مکانیزه ادامه داشته و اثرهای بسیار مثبت و گاهی منفی خود را نشان داده است. به طور جامع اثرهای مثبت و مطلوب ماشین در کشاورزی را می‌توان در بحث‌های زیر خلاصه کرد.

بهبود کیفیت شرایط کار و تولید برای بهره‌برداری

از مهمترین اثرهای کاربرد ابزار و ماشین کشاورزی، بهبود شرایط کار و راحتی عملیات در زمان‌های سخت و گاهی خشن طبیعت است. سختی کارهایی مانند برش غلات، خرمن‌کوبی، درآوردن ژوخه‌هایی مانند چغندر و سیب زمینی از دل خاک برای کسانی که به این کار آشنایی دارند روشن است. انجام عملیات شیردوشی با استفاده از ماشین‌های پیشرفته و خودکار، تیمار دام و نیز کارهایی که از گذشته بسیار سخت و زمان‌بر و مشقت‌بار بوده، در دوران استفاده از ماشین و توسعه مکانیزاسیون بسیار راحت‌تر شده است.

مدیریت درست و بهینه انتخاب و کاربرد ماشین و مدیریت صحیح آنها به دلیل امکان و انجام به موقع کار و رسیدن به حد بهینه‌ای از عملکرد، بی‌شک سودآور خواهد بود. آماده‌سازی به موقع بستر کاشت، تیمار به موقع و برداشت در اوج عملکرد با استفاده از ماشین و بدون توقف همراه با دقت بالا، با اطمینان به افزایش درآمد و سودآوری بیشتری منجر خواهد شد.

ارتقاء کارایی کارگر و زمین

یک انسان، متوسط می‌تواند بیشینه ۰/۱۵ وات در ساعت انرژی برای کار پیوسته ارائه کند. این مقدار معادل ۰/۵ لیتر در ساعت دیزل است (۸). در مقابل یک تراکتور متوسط زراعی نیرویی معادل ۳ کیلووات در ساعت در برابر مصرف هر لیتر دیزل ارائه می‌کند. البته مقایسه‌ها نشان می‌دهند که چگونه ماشین می‌تواند جایگزینی بسیار مؤثر برای کارگر به ویژه با توجه به روند مهاجرت کارگر کشاورزی از مزرعه باشد. آمارهای طولانی مدت تولید ذرت در کشورهایی مانند آمریکا نشان می‌دهند که در سال ۱۸۸۵ میلادی برای تولید کمتر از نیم تن در هکتار ذرت، به حضور کمینه ۹۰ کارگر در ساعت نیاز بوده است. در حالی‌که در پایان قرن ۲۰، یعنی سال‌های نزدیک به ۲۰۰۰، برای تولید نزدیک به ۸ تن ذرت از یک هکتار زمین تنها به ۳۰ کارگر در ساعت نیاز بوده است (۸).

کیفیت محصول تولیدی

تأثیر کاربرد فناوری مکانیکی و ماشین در کشاورزی بر کیفیت محصول تولیدی از دو جنبه اهمیت دارد. یکی انجام به موقع عملیاتی مانند برداشت که محصول در نقطه بهینه کیفی خود است و دیگری امکان استفاده از تجهیزهای پیشرفته در نگهداری، جداسازی، بسته‌بندی و ترابری که همگی در ارتقا و حفظ کیفیت محصول تأثیر مثبت دارند.

کاهش هزینه تولید

با توجه به لزوم اقتصادی بودن تولید در مقیاس وسیع، بهره‌وری بیشتر نیروی انسانی در تولیدهای کشاورزی باعث کاهش هزینه تولید می‌شود. البته این رخداد زمانی اثر مثبت می‌دهد که مدیریت درست و دقیق در استفاده از ماشین و ابزار یا انتخاب مناسب، کاربرد صحیح و نگهداری و سرویس به موقع انجام گرفته باشد (۱۴). در جمع‌بندی این مطلب می‌توان به درستی ادعا کرد که کاربرد صحیح ماشین در تولید باعث ارتقای کمی و کیفی محصول، عملکرد بیشتر و سودآوری بالاتر از طریق عامل‌های زیر خواهد شد.

الف- افزایش بازده تولید با کاهش زمان کاری، افزایش بازده نیروی کار و سرمایه.

ب- افزایش عملکرد در کل تولید با افزایش سطح زیر کشت با به کارگیری ماشین‌های کارا و تیمار بهتر منابع تولید مانند خاک، آب و دیگر نهاده‌ها.

پ- انجام به موقع عملیات، بر اساس شرایط اقلیم و ویژگی‌های محصول و شرایط دیگر و کاهش هزینه انجام نشدن به موقع عملیات. در کنار این سودمندی‌ها، کاهش سختی کار، افزایش سطح رفاه تولیدکننده، داشتن زمان فراغت بیشتر و ماندگاری در محل و انگیزه بهتر برای کار که حاصل سرعت عمل و راحتی کار ماشین است نیز می‌تواند از جنبه‌های کاربرد ماشین در کشاورزی باشد (۲)، (۱۴).

جنبه‌های نامطلوب و ناسازگار ماشین و محیط

ماشین‌های کشاورزی، همان‌طور که در بخش‌های پیشین بیان شد، دارای جنبه‌های مثبت و عملیاتی بوده است. در صورت مدیریت صحیح افزون بر ارتقای سطح تولید هنجار با محیط زیست و دوام و پایداری متقابل، تولید را به دنبال خواهد داشت، اما به دلیل‌های متعدد و تأثیر عامل‌های غیرمستقیم در رابطه با انتخاب و کاربرد نادرست و بیش از حد و نابهنگام ماشین در عملیات و به

عبارت دیگر، کاربرد فراتر از نیاز بهینه صرف انرژی در عملیات تولید گاهی موجب بروز عوارض و ضایعات محیطی بسیار وخیمی نیز شده است.

شاید مهمترین جنبه نامطلوب، ناهنجار و ناسازگار بودن ماشین و محیط مسئله انرژی یا کارمایه ماشین و تجهیزهای مکانیکی کشاورزی و بخش‌های مربوط به آن است. سوخت که باعث به حرکت درآمدن و انجام کار توسط موتور و در نهایت انواع ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده در صنعت کشاورزی می‌شود، به دلیل ماهیت آلاینده‌سازی و در صورت استفاده فراتر از حد بهینه و نادرست باعث عوارض زیست‌محیطی به علت مصرف سوخت فسیلی می‌گردد. بنابراین ماشین به خودی خود در صورت انتخاب صحیح، مدیریت و به کارگیری با توجه به رطوبت مناسب خاک اثرهای منفی چندانی نمی‌تواند داشته باشد (در نقش اهرم و غیره) اما همان‌طور که گفته شد، سوخت‌های فسیلی مورد استفاده در موتور ماشین‌های کشاورزی در صورت بد مدیریت می‌تواند منشأ عوارض مخرب زیست‌محیطی باشد.

سوخت‌های فسیلی و اثرهای زیست‌محیطی

به طور قطع، تمامی تجهیزهای موتوری مورد استفاده در کشاورزی به ویژه در کشور از سوخت‌های فسیلی و به طور عمده سوخت دیزل استفاده می‌کنند و این نوع سوخت با وجود بازدهی و کاربری راحت آن از نظر انرژی، دارای عوارض و ناسازگاری‌هایی با محیط‌زیست است که تأثیر بر اولویت نظام‌های مختلف گذاشته و می‌گذارد. در حال حاضر، بازدهی انرژی^۱ در یک مجموعه دستگاه تراکتور و دنباله‌بند آن (که مرسوم‌ترین دنباله‌بند در کشور ما خاک‌ورز برگرداندار است) حاصل‌ضرب بازدهی موتور تراکتور در بازدهی انرژی نظام اتصال توان، بازدهی سامانه کشش که مجموعه چرخ و اجزای آن است و در نهایت بازدهی اتصال و دنباله‌بند تراکتور است (۱۰، ۱۳). حاصل‌ضرب این نظام مکانیکی از نظر بازدهی انرژی در شرایط معمول حدود ۰/۲ یا ۲۰٪ است. چنانچه افزون بر یک مجموعه سنگین از مجموعه‌های متفاوتی که در تولید معمول است استفاده شود، این بازدهی به ۰/۱٪ کاهش پیدا می‌کند که از نظر بازدهی انرژی بسیار ناچیز است (۹).

بنابراین در نظام مکانیزه کشاورزی کشور در مجموع ۳۰۰ هزار دستگاه تراکتور و گاواهن است که برآورد بازدهی آنها رقمی بسیار پایین و مقدار آفت یا پرت سوخت بسیار بالا خواهد بود (حتی در شرایط معمول). به هر حال، چنین زمینه‌ای از نظر پایین بودن بازدهی انرژی و اثرهای مخرب مصرف بیش از اندازه و سوخت غیرمفید اثرهای منفی بسیاری را در بر خواهد داشت.

گرمایش کره زمین - انتشار CO₂

از میان گازهایی که هنگام سوختن یا احتراق سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، مهمترین آنها گاز کربنیک است که هوا را در اتمسفر حبس می‌کند. در ۲۵۰ سال گذشته، احتراق سوخت‌های فسیلی حدود ۲۵٪ به مقدار گاز کربنیک موجود در هوا افزوده است (۱۳). بعضی سوخت‌های فسیلی باعث انتشار گاز متان (CH₄) و ترکیب‌های گازی اکسیده مانند Nitrous oxide نیز می‌شوند (۱۱، ۱۳).

منابع مستند در سال‌های متمادی نشان می‌دهد که میانگین دمای کره زمین از سال ۱۸۰۰ میلادی به بعد حدود ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سلسیوس افزایش داشته است. دانشمندان به دنبال تبادیل نظر و کاوش‌های علمی یافته‌اند که این افزایش نمی‌تواند منشأ طبیعی داشته باشد، بلکه چنین به نظر می‌رسد که نتیجه فعالیت‌های انسان است که همچنان این افزایش ادامه خواهد داشت. آنچه مسلم است این افزایش دمای کره زمین دارای عارضه‌های نامطلوبی بر زیست بوم و بارش‌ها و تاثیرهای نامطلوب اقلیمی در منطقه‌های مختلف

خواهد بود. سهمی هرچند کم از این افزایش دما حاصل سوزاندن سوخت‌های فسیلی در صنعت و خدمات کشاورزی مکانیزه و کاربرد موتورهای احتراقی با سوخت‌های فسیلی است که محاسبه‌پذیر است (۹، ۱۱، ۱۵).

آلودگی هوا^۱

سلامت بشر بستگی به هوای پاک دارد. آلاینده‌های مهم و خطرناک با احتراق سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شوند. مونو اکسید کربن (CO) و اکسید نیتروژن (NO_x)، اکسید گوگرد (SO_x) و دیگر هیدروکربن‌ها از آن جمله است. در کشاورزی عملیات مختلف تولید، با استفاده از انواع ماشین‌هایی که سوخت فسیلی به ویژه گازوئیل دارند، مسئول تولید بخشی از این گازها هستند. حاصل انتشار این گاز در محیط و هوا ترکیب آنها با ازن و تولید تروپوسفریک ازن است که مه‌دود^۲ یا دره‌می از دوده و مه می‌شود و عامل‌های نامطلوبی در محیط به وجود می‌آورد. استفاده زیاد و نامطلوب از سوخت‌های فسیلی و احتراق ناقص این سوخت در موتورهای فرسوده و وجود گوگرد در سوخت و دیگر کربوهیدرات‌ها از عامل‌های اصلی این آلاینده‌ها است (۷، ۱۱).

آلودگی زمین و آب

تولید، ترابری و استفاده از سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف هر کشور باعث ایجاد آلاینده‌هایی است که منابع آب و خاک را نیز در بر می‌گیرد. نمونه آن، نشت سوخت در ترابری، مصرف یا انتقال آن و حتی در مصرف روزانه در صنعت و کشاورزی به ویژه نشت آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی و اطراف آنها است. حاصل این نشت و نفوذ به منابع، از دست‌رفت منابع زیستی چه گیاهی و چه جانوری تا حد نابودی آنها خواهد بود. در کشاورزی تاثیر بروز این عامل‌ها بر کاهش تولید از نظر کمی و کیفی و مسئله پایداری و در نهایت افت وضعیت غذایی خواهد بود. البته افزون بر سوخت‌های فسیلی مایع، سایر سوخت‌های فسیلی مانند ذغال و حتی گازهای سوختی نیز عوارض مشابهی را می‌توانند با وارد کردن عناصری مانند گوگرد و ترکیب‌های نیتروژنه به وجود آورند (۱، ۶، ۱۳).

دیگر عامل‌های حاصل از کاربرد ماشین در رابطه با محیط زیست

در سال‌های اخیر اثرهای مخرب استفاده از سوخت‌های فسیلی بر ویژگی‌های زیست‌بوم و زیست‌نظام بسیار بحث، بررسی و پژوهش شده است. نتایجی در راه بهبود آن مفصل پیشنهاد شده و در عمل هم به حد قابل قبولی رسیده است. انتخاب سوخت مناسبتر، کاربرد بهتر، توسعه فناوری، سوخت‌های هیبریدی و دیگر فناوری‌های نوین از آن جمله است (۲). در این قسمت تلاش شده تا به جنبه‌های مدیریتی و کاربردی ماشین به طور مشخصتر پرداخته شود.

بیکاری یا اشتغال پنهان و کاربرد ماشین

این عامل اگر چه به نظر می‌رسد مستقیم با عامل‌های زیست‌محیطی کاربرد ماشین چندان در ارتباط نباشد، اما همچون تیغه دولبه‌ای است که همیشه مورد ابهام و سوال برانگیز بوده است. بنابراین نگاه به کاربرد ماشین در نقش عامل اشتغال‌زایی یا بیکاری، نگاهی موردی است، اما به هر حال مسئله‌ای است که بی‌ارتباط با مسائل زیست محیطی نیست. بسیار بدبینانه خواهد بود که گفته شود استفاده از ماشین و ورود فناوری ماشینی عامل اصلی مستقیم و حاد شدن وضعیت بیکاری شده است، زیرا اول اینکه بیکاری از زمان بسیار دور و حتی برای روستاییان و کشاورزان وجود داشته است، آنها گاه یک فصل به علت شرایط جوی یا یک برهه خاص را به علت عامل‌های دیگر خانه‌نشین می‌شدند اما از زمانی که کار، تعریف کلاسیک و مشخص پیدا کرد، بیکاری نیز در مقابل آن مفهوم پیدا کرد. دوم اینکه به طور یقین می‌توان گفت که مکانیزاسیون نوع و شکل فعالیت را در روستاها و برای کشاورزان تغییر داد به طوری که

کشاورزی که با دام و داس کار می‌کرد، به راننده تراکتور و مدیر کمباین تبدیل شد. سوم اینکه مکانیزاسیون نه تنها شکل بعضی از کارها را عوض کرد و برای مثال از شخم‌کن با دام، راننده تراکتور ساخت بلکه کارها و فعالیت‌های جدیدی نیز ایجاد کرد برای مثال، اپراتور تلمبه‌خانه، مدیر ایستگاه پمپاژ، تعمیرکار، آپاراتی و حتی تکنسین ساخت و ساز ماشین‌های کشاورزی و غیره (۲).
به نظر می‌رسد که مکانیزاسیون نه تنها نقش معنی‌داری در ایجاد بیکاری به طور اساسی و نه موارد خاص نداشته، بلکه با فراهم کردن فرصت‌های شغلی جدید مانند خدمات فنی و صنایع پس از برداشت روستایی باعث گسترش فعالیت و جذابیت و راحتی کار بهتر می‌شود. کشاورز به جای استفاده بیشتر از توان فیزیکی خود از توان فکری و مدیریتی خود بهره می‌برد (۲).

آلودگی‌های زیست‌محیطی^۱

آلودگی‌های زیست‌محیطی را می‌توان در زیر بخش‌های آلودگی آب، خاک، هوا و نیز آلودگی صوتی تحلیل کرد. بسیار روشن است که مکانیزاسیون با به کارگیری عمده سوخت فسیلی یکی از عامل‌های آلودگی‌های هوا و ایجاد گازهای گلخانه‌ای است. البته با توجه به محدودیت ماشین‌های کشاورزی در مقایسه با خودروها و کارخانه‌های دیگر، نقش آنها در این زمینه کمتر است. در مورد آلودگی‌های آب و خاک باید گفت به طور یقین فناوری نوین کشاورزی با به کارگیری انواع کودها و سم‌ها در مقادیر وسیع، نقش اساسی در این زمینه داشته است، اما مکانیزاسیون به معنای به کارگیری ماشین نقش مستقیمی در این زمینه نداشته بلکه حتی در زمینه کنترل و کاهش مصرف این آلاینده‌ها با جایگزینی و پخش صحیح آنها نقش کنترل‌کننده‌ای هم ایفا کرده است. برای مثال، کودکارها با الگوی پخش نواری و به تازگی الگوی پخش نواری در دو و حتی سه ژرفای مختلف رشد ریشه توانسته‌اند میزان مصرف کودها را کاهش معنی‌داری دهند و همان‌طور سم‌پاش‌های الکترواستاتیک یا میکرونر با صرفه‌جویی در مصرف سم‌ها و کولتیواتورها با حذف مکانیکی علف‌ها یا فناوری کشاورزی دقیق جدید که در آن مقادیر کود و سم را تنها بر اساس نیاز نقاط مختلف مزرعه پخش می‌کنند، همگی از نقش مکانیزاسیون در کنترل این آلاینده‌ها حکایت دارند، اما آلودگی صوتی یکی از کاستی‌های اساسی مکانیزاسیون است که تمام فناوری امروزه مکانیکی به آن مبتلا است و ماشین‌های کشاورزی به علت کشش، گشتاور و قدرت بیشتر دارای قطعه‌های بزرگتر بوده که این قطعه‌ها در ضمن حرکت و انجام کار صداهای بلندتر و دلخراش‌تری ایجاد می‌کنند (۲، ۹).

پودر شدن سطحی خاک و فرسایش ناشی از آن

مکانیزه شدن عملیات خاک‌ورزی و آسانی انجام آنها با به کارگیری ماشین، باعث گردید که محدودیت‌های به کارگیری آنها به کمینه‌ترین حالت ممکن برسد. نتیجه این امر انجام خاک‌ورزی شدید و تنوع ادوات خاک‌ورزی شدید و تعدد به کارگیری آنها به منظور تهیه زمین برای خاک‌ورزی در یک فصل است. این مسئله اگر چه در ابتدا به علت تهیه بستر مناسب برای تنزیدن بذرها و رشد ریشه‌ها باعث بهبود عملکرد گردید اما استمرار این کار افزون بر افزایش هزینه‌ها، مسائل جانبی از جمله پودر شدن لایه سطحی، فشردگی لایه‌های زیرین و تجزیه و کاهش مواد آلی را به دنبال داشت. پودر شدن لایه سطحی خاک ناشی از تخریب ساختار خاک در اثر نیروهای مکانیکی در ژرفای مرسوم خاک‌ورزی یعنی ۱۵ الی ۲۰ سانتیمتر است. در لایه‌های سطحی و قشری به علت اینکه نیروی فشار ناشی از چرخ‌ها و وزن ادوات روی آنها بیشتر است و به صورت خط‌های تراز حبابی شکل برای ژرفاهای پایین‌تر کاهش می‌یابد (۱۰، ۱۱).

فشردگی خاک^۲

مکانیزاسیون و تعدد به کارگیری ادوات و رفت و آمدها می‌تواند موجب فشردگی خاک شود. بر اساس آمارهای ارائه شده در سال ۱۹۸۸، کل وسعت خاک‌های متراکم شده در اثر عبور و مرور وسایل کندرو و ادوات در جهان، ۶۸ میلیون هکتار است. فشردگی یا متراکم شدن خاک به صورت نزدیک شدن ذره‌های خاک به یکدیگر تعریف شده است. در این فرایند، جرم مخصوص ظاهری خاک

افزایش یافته و فضای خالی بین ذره‌ها کاهش می‌یابد. تعداد زیادی از ویژگی‌های خاک، توسط این فرآیند زیرتأثیر قرار می‌گیرند که می‌تواند بر ارتباط میان خاک و گیاه تأثیر بگذارد. از سوی دیگر، از مهمترین مسائل مرتبط با ماشین‌های کشاورزی، موضوع فشردگی خاک در اثر عبور ماشین‌ها در مزرعه است. این موضوع به ویژه با پرقدرت شدن تراکتورها و به دنبال آن سنگین‌تر شدن آنها و سایر ادوات، حادث شده است. فشردگی لایه‌های سطحی خاک تا ژرفای ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتری که در اثر حرکت و عبور ادوات یا تراکتور به وجود می‌آید، پس از عملیات خاک‌ورزی از بین می‌رود اما آنچه باقی می‌ماند فشردگی در لایه‌های پایین‌تر از کف شیار شخم است. این فشردگی مجموع فشردگی ناشی از عبور ماشین‌های کشاورزی و فشار تیغه‌های خاک‌ورز است. پارامترهای خاک و ماشین هر دو بر فشردگی خاک تأثیر دارند. مهمترین پارامترهای خاک شامل میزان رطوبت، ساختمان و بافت خاک و جرم مخصوص اولیه آن و مهمترین پارامترهای ماشین شامل نوع وسیله، وزن آن، مساحت تماس با خاک، شکل مقطع تماس، تعداد عبور و سرعت حرکت است (۱۵، ۲).

تجزیه و کاهش مواد آلی خاک^۱

مکانیزاسیون و خاک‌ورزی مداوم، افزون بر پودر شدن لایه سطحی و فشردگی لایه‌های زیرین، باعث تجزیه و کاهش مواد آلی می‌گردد. خاک‌ورزی با جابه‌جایی ذره‌های خاک، بقایای سطحی و ریشه‌ها و آوردن لایه‌های زیرین به سطح و بردن لایه‌های سطحی به عمق باعث تجزیه سریع‌تر مواد آلی می‌گردد. به عبارتی دیگر؛ خاک‌ورزی باعث افزایش فاصله بین ذره‌های خاک و نفوذ بیشتر جریان هوا در نیمرخ آن می‌شود و با تشدید فعالیت ریزاندامواره‌های هوازی، روند اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی را افزایش می‌دهد. بررسی‌های زیادی در جهان صورت گرفته است که کاهش مواد آلی در اثر روش‌های خاک‌ورزی مداوم را نشان می‌دهند. نمونه آن کاهش ۵۰ درصدی مواد آلی در نتیجه کاربرد روش خاک‌ورزی مرسوم در برزیل در یک دوره ۱۵ ساله است. در مقابل، بررسی‌های دیگر نشان می‌دهند که روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی موجب حفظ بیشتر مواد آلی خاک می‌گردند به طوری که پژوهش‌های انجام یافته در ایران نشان می‌دهند که روش بی‌خاک‌ورزی در ژرفای صفر تا ۲۰ سانتیمتری باعث افزایش بسیار معنی‌دار مواد آلی خاک در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم در همین ژرفا شده است (۲).

بسیار روشن است که مهمترین راه حل برای حل این مشکل و مشکل‌های پودر شدن و فشردگی خاک، تجدید نظر در اعمال روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و مدیریت علمی خاک است. به اعمال خاک‌ورزی‌های حفاظتی، مدیریت صحیح پسماندها، جلوگیری از برنامه‌های تک‌کشتی و در مقابل اعمال تناوب و آیش و مواردی که پیش از این آمده است باید توجه جدی شود (۱۱، ۱۴، ۱۵).

نتیجه‌گیری و نگاهی به آینده ماشین‌ها در کشاورزی و مکانیزاسیون

بخش مهمی از مشکل‌های کشاورزی و محیط زیست در دهه‌های گذشته به دلیل نبود تعامل درست و استفاده نابه‌جا یا افراطی از روش‌ها و تجهیزهای مکانیکی و سوخت‌های فسیلی بوده است. بنابراین برای حل این مشکل، مفاهیمی مانند کشاورزی پایدار، کشاورزی آلی، منابع انرژی تجدیدپذیر و غیره به وجود آمده است. در رابطه با آینده مهندسی و تجهیزهای مکانیکی در تولیدهای کشاورزی نظر بر این است که اصول اولیه و ساختاری، طراحی و تولید انواع ماشین‌های کشاورزی در قرن گذشته، تغییرهای بنیادین و چشمگیری نداشته است. اگرچه ماشین‌هایی مانند کمباین برداشت (غلات) توانایی برداشت محصول را بهتر و سریعتر و دقیقتر دارند اما با اصول کار پیشینیان خود تفاوت چندانی ندارند. به عبارتی، همان عملیات برش، بوجاری، جداسازی و پاکسازی را انجام می‌دهند و به مخزن و محل انتقال تخلیه می‌کنند. حتی دستگاه‌های گران‌قیمت موجود در بازار کشورهای صنعتی که ارزشی بیش از ۲۵۰۰۰ دلار دارند هم از این اصول پیروی می‌کنند.

روال فناوری ماشین در کشاورزی تغییر خواهد یافت به ویژه نقش فیزیکی انسان در کاربرد آن کم و کمینه خواهد شد. پایش رایانه‌ای^۱، مکان‌یابی ماهواره‌ای^۲ و سیستم‌های خودفرمان‌گیر^۳ این امکان را فراهم خواهند آورد که تجهیزهای مکانیکی آینده در تولید محصول‌های کشاورزی دقیق‌تر، با کمکی کمتر، افت زمانی کمتر و مواد کمتری کار را انجام دهند. در آینده مسئله مصرف سوخت و کیفیت آن و نوع آن، با توجه به سوخت‌های فسیلی که به آنها اشاره شده به میزان زیادی بهبود خواهد یافت. استفاده از سوخت‌های جایگزین، سیستم‌های مکانیکی کاراتر از نظر بازده انرژی و به طور حتم هزینه افزایش خواهد یافت (۷).

مدیریت نهاده‌های انرژی و کمتر سازگار با محیط مانند سم‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی و دیگر نهاده‌ها می‌بایست روند بهتر و کاراتری در پیش بگیرند و در این رابطه نقش ابزار و ماشین‌های کشاورزی مهمتر، مؤثرتر با تنظیم و کاربری دقیقتر و روش کار ساده‌تر چشم‌گیر خواهد بود (۱۱، ۱۵).

مدیریت آب در حکم نماد اثرگذاری توسعه مکانیزاسیون و استفاده بهینه از منابع با در اختیار گرفتن سیستم‌های کاراتر و بهتر در کنترل مصرف و رعایت نیاز واقعی آب توسعه خواهد یافت، اما نقش مدیریت فکری انسان و تصمیم‌گیری درست بر اساس امکانات دقیق در شرایط و مدیریت منابع اصلی تولید، همچنان مهم و پررنگ خواهند بود. در این رابطه، گسترش برنامه‌ها و مدل‌هایی با عنوان‌های Open source که در حال حاضر نیز نمونه‌های آن مانند Open source Ag. Equipment که در حال افزایش است، مؤثر خواهد بود.

منابع

۱. الماسی، م.، ح. باخدا و م. امامی. ۱۳۹۱. اصول و فناوریهای بازیافت مواد زاید آلی، چاپ اول. واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی. تهران.
۲. الماسی، م.، ش. کیانی و ن. لویمی. ۱۳۹۳. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ پنجم، گفتمان اندیشه معاصر. تهران.
۳. الماسی، م.، ع. برقی و ت. توکلی. ۱۳۸۹. فرهنگ نوین کشاورزی و منابع طبیعی. جلد نهم. ماشینهای کشاورزی. موسسه انتشارات دانشگاه تهران و فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران. تهران.

4. Anonymous, Agricultural machinery. Retrieved from http://en.m.wikipedia.org/wiki/Agricultural_machinery.
5. Anonymous, Mechanization. Retrieved from <http://en.m.wikipedia.org/wiki/mechanization>.
6. Baker, C.J., K.E. Saxton and W.R. Ritchie. 2002. No-Tillage seeding science and practice; 2nd ed. CABI Publishing, New York, USA.
7. Ess, D.R. and T. Morgan. 2010. The Precision-Farming Guide for Agriculturalists: Deere & Company, 3rd ed. John Deere Publishing, Moline, USA.
8. Goldenberg, J. 2012. Energy, what everyone needs to know. Oxford University Press. New York, USA.
9. Kitani, Osamu., Jungbluth, Thomas., Peart, Robert, and Ramdani, Abdellah,. Handbook of Agricultural Engineering. 1999. Energy and Biomass engineering, vol. 5. CIGR. American Society of Agricultural Engineering.
10. Landerg, A. 2000. Farm Machinery. Framing Press, New York, USA.
11. Mansourifar, M. 2013. Optimization Crops Pattern In Variable Field Ownership. World App. Sci. J. 21(4): 20 -22.

12. Royal ,S□gol□ne. Paris Climate Change Conference (COP21/CMP11), 2016. United Nations, Paris, France.
13. Shirneshan, A. 2012. Effects of biodiesel and engine load on some emission characteristics of a direct injection diesel engine. *Curr. World Environ.* 7(2):15-20.
14. Siemens, J.C. and W. Bowers. 1999. *Machinery Management*, Deere & Company, 5th ed. John Deere Publishing, Moline, USA.
15. Torres, G.L, Benites, J, Vilela, A and Cabrera, A. 2003. *Conservation Agriculture*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

An Overview of Agricultural Mechanization and Ecosystem

M. Almassi¹ and N. Habibi²

In the past two centuries people intentionally or unintentionally failed in being in harmony with environment and the principles of sustainable nature. This is mostly due to the advent of the industrial age and modernity having achieved the domination of natural phenomena and ecosystems, using the tools and thinking of reductionism or system. Current and future technologies and the so-called agricultural mechanization or automation has become common in recent years by applying different policies to increase competition for the exploitation and development of land for crop and horticulture production. Intensive cultivation, mismanagement of forests and other natural resources, intensive grazing etc, has led to environmental problems and deterioration of natural resources. Despite significant improvement in the areas of plant breeding, irrigation, pest control, soil fertility and the use of new technologies such as precision agriculture and biotechnology. Climate and soil are still the most important determinants of sustainable agricultural systems. Concepts such as sustainable agriculture, conservation agriculture, organic farming, precision farming and agricultural biotechnology are the result of such inappropriate policies. In this article, a brief history of the inception and use of agricultural machinery and mechanization are presented. The positive and negative aspects of machine operation with an emphasis on environmental aspects will be discussed. Also envisage of the future mechanization system management will be reviewed.

Key words: Agricultural machinery, Renewable energy, Soil compaction, Sustainable agriculture.

1. Corresponding author, Email: morteza.almassi@gmail.com

2. Invited Scholar of Academy of Sciences and Professor, and Ph.D. Student, Azad University, Tehran, I.R. Iran, respectively.