

تأثیر به کارگیری ماشین آلات کشاورزی

مخصوص در توسعه کشت مخلوط

کیاوش آروین 

دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

 KIAVASHARVIN@UT.AC.IR

مقدمه

صنعتی شدن کشاورزی و فشار حداکثری بر منابع طبیعی برای تأمین غذا، آینده بشر و محیط زیست را تهدید می کند. کشاورزی مدرن تک کشتی مبتنی بر استفاده از مواد شیمیایی، تأثیری منفی بر سلامت انسان، اکوسیستم و کیفیت غذا دارد. مقدار زیادی انرژی برای تولید کودهای شیمیایی، آفت کش ها و علف کش ها مورد نیاز است. هم چنین مواد شیمیایی که در کشاورزی به کار می روند؛ می توانند موجب تخریب و اختلال در محیط زیست شود و به سلامتی انسان ها آسیب برساند (Yildirim & Ekinci, 2017).

کشاورزی رایج، براساس دو هدف در ارتباط با هم، یعنی به حداکثر رساندن توأم تولید و درآمد بنا نهاده است. به منظور دستیابی به این اهداف، مجموعه ای از عملیات، بدون توجه به علت وجودی و پیامدهای دراز مدت آن ها و بدون در نظر گرفتن پویایی بوم شناختی اکوسیستم های زراعی تکامل یافته اند. عدم رعایت اصول اکولوژیکی در تولید محصولات زراعی و نگرش تک بعدی و اقتصاد محور به کشاورزی منجر به تخریب منابع محیطی و کشاورزی رایج و افت کارایی انرژی شده است.



رشد اقتصادی بسیار سریع با تخریب محیط‌زیست همراه است که دارای اثراتی مانند: کاهش کیفیت آب، کاهش منابع تجدیدپذیر و از بین رفتن زیستگاه‌ها و گونه‌های بومی است. یکی از مهم‌ترین اثرات کشاورزی صنعتی، افزایش هزینه‌هایی چون تولید نهاده‌ها، به‌ویژه کود و علف‌کش‌ها، هزینه‌ی خاک‌ورزی، سوخت در قسمت‌های مختلف سیستم، دستمزد نیروی کار و هدر رفت انرژی می‌باشد. با نگرشی عمیق به تحولات پنجاه ساله‌ی اخیر، به مسئله‌ی اکولوژی یعنی رابطه‌ی موجودات زنده با محیط توجه نشده و بشر با دخل و تصرف‌های بی‌رویه و بیش از حد در محیط طبیعی، آن را از اعتدال خارج کرده و به‌صورت مخاطره‌انگیزی درآورده است. پایداری در کشاورزی به‌معنی توانایی حفظ تولید، همراه با استمرار حفظ منابع محیطی (آب، خاک، گونه‌های گیاهی و جانوری) می‌باشد. کشاورزی پایدار بر استفاده کارآمد از منابع، حفاظت از منابع غیر قابل تجدید، استفاده متعادل از ماشین‌آلات، کاربرد کنترل زیستی چرخش مواد غذایی و افزایش تنوع زیستی تأکید دارد. نظامی که باید از نظر اقتصادی سودمند، از نظر سیاسی قابل قبول، از نظر فناوری بوم‌سازگار، از نظر مدیریتی قابل اجرا، از نظر زیست‌محیطی سالم و از نظر اجتماعی قابل پذیرش و پویا باشد (Noshkam & Majnoun Hosseini, 2016).

کشاورزی پایدار

واژه‌ی پایدار بر شرایط یکنواخت و باثبات دلالت دارد. شرایط یکنواخت، افق‌های دوردست را دربرمی‌گیرد. کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان، کارایی بیشتری در استفاده از منابع دارد و با محیط در توازن است. به عبارتی کشاورزی پایدار باید از نظر اکولوژیکی مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و از نظر اجتماعی مطلوب باشد (Kouchaki & Najibnia, 2013).

کشاورزی پایدار با استفاده از اصول اکولوژی و مطالعه روابط بین موجودات زنده و محیط آن‌ها استوار می‌باشد. کشاورزی پایدار به صورت سیستم منسجم کشت و زرع که کاربرد خاص مکانی و طولانی مدت دارد؛ تعریف شده است (Ial, 2010). یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار، بازگرداندن تنوع به محیط‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. اهمیت تنوع فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دربردارد (VALIZADEGAN, 2015).

از نظر طرفداران آن، کشت مخلوط یک سیستم کشت پایدار، سازگار با محیط‌زیست و از نظر اقتصادی مناسب است. سیستم‌های کشت مخلوط پیچیده هستند (Khanal et al., 2021). در همین راستا یکی از مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده و مؤثر در افزایش تولید پایدار، سیستم کشت مخلوط گیاهان زراعی می‌باشد.

تعریف کشت مخلوط

زراعت مخلوط یعنی کشت بیش از یک گیاه در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی، به‌ترتیبی که یک گیاه در اکثر دوره‌ی رویش خود در مجاورت گیاه دیگر باشد. البته لزومی ندارد که این گیاهان هم‌زمان کاشت و برداشت شوند. بلکه می‌توان یک گیاه را هم‌زمان و یا قبل و یا بعد از آن برداشت کرد. باید در نظر داشت که با این تعریف نمی‌توان هر گیاهی را با گیاه دیگر کاشت. چون فقط گیاهان به‌خصوصی قابل کاشت با یکدیگر هستند (Mazaheri, 1994).

کشت مخلوط یک چندکشتی است که شامل کاشت دو یا چند گیاه در نزدیکی هم است. هدف اصلی کشت مخلوط، تولید محصول بیشتر در یک زمین با استفاده بهتر از منابعی است که به‌وسیله‌ی یک گیاه قابل استفاده نیست (Ouma & Jeruto, 2010).

اگر گیاهان بادقت انتخاب شوند؛ منافع زراعی بسیاری حاصل خواهد شد. به‌عنوان مثال گیاهان پوششی از پشتیبانی ساختاری سود خواهند برد. بعضی از گیاهان برای فراهم کردن مواد غذایی و برخی دیگر، علف‌های هرز را سرکوب می‌کنند. گیاهان سایه‌پسند، باید تحت سایه و حفاظت قرار بگیرند که در این صورت، فضای استفاده نشده می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. برای مثال در سیستم چند لایه‌ای مناطق گرمسیری، نارگیل لایه‌ی بالایی را اشغال می‌کند؛ موز لایه‌ی میانی و آناناس و زنجبیل یا علوفه لگومینوز، گیاهان دارویی و معطر پایین‌ترین لایه را اشغال می‌کنند.





در بسیاری از نقاط جهان، کشت مخلوط به‌عنوان یک عامل متداول در مدیریت بوم نظام زراعی به‌کار می‌رود. این کشت مزایای متعددی نسبت به کشت خالص است. از عمده‌ترین دلایل بالا بودن عملکرد و ثبات تولید در زراعت مخلوط، استفاده‌ی بهتر از منابع رشد است. به‌طور کلی کشت‌های مخلوط ممکن است به‌دلیل استفاده‌ی مؤثر از منابع موجود، میزان کمیت و کیفیت محصولات را افزایش داده و باعث سودآوری بیشتر گردد. منابع قابل دسترس گیاه شامل نور، آب و مواد غذایی است (Banik et al., 2006).

در حالت کلی، در این روش بیشتر به استراتژی‌هایی توجه می‌شود که استفاده بیشتر از زمین و افزایش تولید را مد نظر دارند. چندکشتی امکان استفاده از نظام‌های تلفیقی را نیز افزایش می‌دهد. به‌طوری‌که برخی از گیاهان زراعی فقط به‌منظور حمایت و فراهم‌آوردن شرایط رشد برای سایر گیاهان کشت می‌شوند.

کشت مخلوط گیاهان سازگار می‌تواند با ایجاد زیستگاه برای انواع حشرات و ارگانیس‌های خاک باعث تقویت تنوع زیستی شود. این شرایط در تک‌کشتی فراهم نیست. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از سیستم‌های کشاورزی پایدار مطرح می‌باشد. توجه اکولوژیست‌ها به این نظام به‌علت شباهت ساختاری آن به اکوسیستم‌های طبیعی از نظر تنوع گونه‌ای و پایداری زیستی است (Banik et al., 2006). نظام‌های چندکشتی از ثبات اکولوژیکی بالاتری نسبت به نظام‌های تک‌کشتی برخوردار می‌باشند، خطرپذیری تولید در سیستم‌های کشت مخلوط در سال‌های مختلف کمتر است. کشت مخلوط گیاهان زراعی به‌عنوان یک روش پایدار دارای مزایای بسیاری است. یکی از آن‌ها ثبات عملکرد است. امروزه ثبات عملکرد یک مؤلفه مهم در امنیت غذایی می‌باشد. مکانیسمی که موجب ثبات عملکرد در کشت مخلوط می‌شود؛ به‌این صورت است که اگر تولید یک گیاه زراعی با شکست مواجه شود یا رشد ضعیف‌تر و تولید کمتری داشته باشد؛ گیاه یا گیاهان زراعی دیگر کاهش عملکرد آن را جبران می‌کنند. این امر در تک‌کشتی گیاهان زراعی امکان‌پذیر نیست (Li et al., 2014; Moradi et al., 2017).

کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش کیفیت و امنیت غذایی، افزایش میزان بهره‌وری منابع، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌ها، کاهش قدرت رقابت علف‌های هرز، افزایش نسبت برابری زمین، افزایش راندمان تولید و افزایش تنوع و ثبات زیستی در دراز مدت می‌شود (Rusinamhodzi et al., 2012).

انواع کشت مخلوط

کشت مخلوط ردیفی

در این شیوه حداقل یکی از گیاهان در ردیف‌های منظم و مشخص کاشته شده و گیاهان دیگر ممکن است به صورت ردیفی و یا روی هر ردیف و یا به طور تصادفی با گیاه اول به طور همزمان کاشته شوند (شکل 1). برای مثال کشت مخلوط ردیفی ذرت و سویا که شامل ردیف‌هایی یک در میان از گیاهان ذرت و سویا است (Mazaheri, 1994).



شکل ۱. کشت مخلوط ردیفی ذرت با لوبیا

کشت مخلوط درهم

کاشت دو یا چند گیاه به‌طور همزمان بدون آرایش منظم ردیفی را کشت درهم گویند. از ابتدا بذرها یا گیاهان زراعی با هم مخلوط شده و سپس به صورت مکانیزه یا دستی در سطح مزرعه پخش می‌شوند. این روش بیشتر برای گیاهان علوفه‌ای، به ویژه غلات علوفه‌ای دانه ریز با لگوم‌های علوفه‌ای نظیر ماشک گل خوشه‌ای، شبدر و غیره انجام می‌گیرد (den Hollander et al., 2007).

کشت مخلوط نواری

پرورش هم‌زمان دو یا چند محصول زراعی در نوارهای مختلف با عرض کافی که کشت و کار جداگانه‌ای هریک از محصولات عملی بوده و از نظر زراعی اثر متقابل داشته‌باشد (شکل ۲). این نوع کشت مخلوط در سیستم‌های بسیار مدرن، به‌ویژه در مناطقی با استفاده‌ی فشرده از ماشین‌آلات، رواج بیشتری دارد. کشت مخلوط نواری در حفظ حاصل‌خیزی خاک و جلوگیری از فرسایش خاک بسیار خوب عمل می‌کند و در مناطق شیب‌دار باعث جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود (Mazaheri, 1994).



شکل ۲. کشت مخلوط لوبیا و ارزن کشت





کشت مخلوط تأخیری:

کشت دو یا چند گیاه زراعی است که در قسمتی از دوره‌ی رشد و نمو، با یکدیگر تداخل خواهند داشت (شکل ۳). در این روش کشت، معمولاً گیاه دوم پس از رسیدن گیاه اول به مرحله‌ی زایشی (قبل از برداشت گیاه اول)، کشت می‌شود.



شکل ۳. کشت مخلوط تأخیری ذرت و بادام‌زمینی در ردیف‌های کشت با نسبت ۲:۲، ۴:۴، ۶:۶ و ۸:۸

مزایای کشت مخلوط

افزایش عملکرد کل در واحد سطح :

نظام کشت مخلوط با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح، به‌عنوان یک راه‌حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (Agegnehu et al., 2006). از بهترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به‌دلیل استفاده‌ی بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و موادغذایی موجود در خاک است (Rühlemann & Schmidtke, 2015).

ثبات عملکرد، کاهش خطرات احتمالی و افزایش کیفیت محصول تولیدی:

یکی دیگر از مزایای کشت مخلوط، ثبات عملکرد و کاهش خطرات احتمالی در برابر شرایط نامساعد محیطی است. به‌طور کلی، سیستم‌های متنوع از ثبات بیشتری برخوردار هستند و کمتر دست‌خوش تغییرات می‌شوند. هدف از آزمایش‌های کشت مخلوط، افزایش عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصول می‌باشد و اکثر آزمایش‌های کشت مخلوط شامل گیاهان خانوادگی بقولات هستند.

می‌گیرد و از طرف دیگر بقایای گیاهی که در این نوع زراعت در خاک باقی می‌ماند؛ بیشتر و متنوع‌تر است. بنابراین، هوموس و مواد غذایی بیشتری در خاک فراهم شده و خاک حاصلخیزتر می‌شود (Hamzei & Seyedi, 2015).

معایب کشت مخلوط

باید در کشت مخلوط گیاهانی را انتخاب کرد که از نظر رشدی مکمل یکدیگر باشند و رشد هم‌زمان آن‌ها باعث ایجاد رقابت بین گونه‌ای شدید نشود. همچنین برهم‌دیگر اثرات آلوپاتی نداشته‌باشند. در نتیجه در کشت مخلوط پی‌بردن به روابط بین‌گونه‌ای بسیار مهم می‌باشد.

محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی

یکی از بزرگترین مشکلات کشت مخلوط استفاده از ماشین‌های کشاورزی موجود است. زیرا امروزه اکثر ماشین‌ها جهت کاشت، داشت و برداشت گیاه ویژه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند که احتمالاً کاربرد کمتری در کشت مخلوط دارند. در کشت مخلوط، منابع غذایی موجود به‌طور مؤثرتری در مکان و زمان معین مورد استفاده‌ی گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. در مناطقی که کشت مخلوط متداول است، باتوجه به نیازهای خاص گیاهان ترکیب‌شونده، فضاهای خالی بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها بهتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Mazaheri, 1994). به‌منظور ارائه‌ی تفسیر بهتر از این مسئله، می‌توان اظهار داشت که اگر نتوان اقدام به

گیاهان غیرلگوم مثل آفتابگردان از نظر ماده‌ی خشک دارای عملکرد بالا هستند؛ ولی از حیث پروتئین فقیرند. اما گیاهان بقولات از نظر میزان پروتئین در سطح بالا قرار دارند. لذا کشت مخلوط غیرلگوم‌ها و لگوم‌ها منجر به تولید محصول باکیفیت بالا خواهد شد. کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها اغلب موجب افزایش میزان پروتئین خام برداشت‌شده در هکتار نسبت به کشت خالص غیرلگوم‌ها می‌شود (Hauggaard-Nielsen et al., 2009).

بهبود کارایی استفاده از منابع موجود آب، نور، مواد غذایی، کارایی استفاده از زمین، بهبود حاصل‌خیزی خاک، کاهش خسارات ناشی از آفات و باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر در خاک نیز از مزایای دیگر کشت مخلوط است. حضور گیاهان مختلف با تفاوت در خصوصیات گیاه‌شناسی، زمان بسته شدن کانوپی، زمان رسیدگی، نوع برگ، مدیریت خاک و نیازمندی به عناصر غذایی باعث خواهد شد که مجموعه‌ی آفات و نیز علف‌های هرز در شرایط ناهمگنی قرار گرفته و نتوانند با محیط سازگار شوند. مطالعات نشان داده‌اند که کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها، تولید سیستم‌های کشت را بهبود می‌بخشد. پژوهشگران علت این امر را به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن و افزایش کارایی مصرف آب نسبت داده‌اند (Temesgen et al., 2015).

کشت مخلوط، محیط را برای زیست و ازدیاد انواع کنترل‌کننده‌های طبیعی، نظیر شکارگرها و پارازیت‌ها فراهم می‌کند. آن‌ها در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی نقش بسیار مهمی دارند (VALIZADEGAN, 2015). در کشت مخلوط حجم بیشتری از خاک مورد استفاده قرار





کرد؛ نمی‌توان انتظار داشت تا در کشاورزی مدرن جایگاهی داشته‌باشد. ولی با توجه به پیشرفت‌های سریع تکنولوژی، تولید ماشین‌آلات مخصوص کشت‌های مخلوط امری ممکن و قابل اجرا است.

ماشین‌آلات مورد استفاده در کشت مخلوط

بسیاری از کمپانی‌های بزرگ دنیا ماشین‌آلات پیشرفته‌ای را در جهت به‌کارگیری در کشت مخلوط تولید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، بسیاری از شرکت‌ها در حال حاضر تولیدات خاصی را برای محصولات علوفه‌ای یا پوششی ارائه می‌دهند و باعث می‌شود که ورودی‌های محصول گسترده‌تر در دسترس قرار گیرند. به‌طور مشابه، شرکت‌های ماشین‌آلات کشاورزی تجهیزاتی مانند واسطه‌گرها، متها و تقویت‌کننده‌ها را با تکنولوژی تازه و متغیری در جهت عملیات زراعی کشت مخلوط ارائه می‌دهند. ماشین‌آلات کشت مخلوط مجهز به دستگاه GIS در مزارع بزرگ، انقلاب بزرگی را در این عرصه به‌وجود آورند.

برداشت مکانیزه‌ی کشت مخلوط کرد؛ نمی‌توان انتظار داشت تا در کشاورزی مدرن جایگاهی داشته‌باشد. ولی با توجه به پیشرفت‌های سریع تکنولوژی، تولید ماشین‌آلات مخصوص کشت‌های مخلوط امری ممکن و قابل اجرا است.

محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی

یکی از بزرگ‌ترین مشکلات کشت مخلوط استفاده از ماشین‌های کشاورزی موجود است. زیرا امروزه اکثر ماشین‌ها جهت کاشت، داشت و برداشت گیاه ویژه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند که احتمالاً کاربرد کمتری در کشت مخلوط دارند. در کشت مخلوط، منابع غذایی موجود به‌طور مؤثرتری در مکان و زمان معین مورد استفاده‌ی گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. در مناطقی که کشت مخلوط متداول است، با توجه به نیازهای خاص گیاهان ترکیب‌شونده، فضاهای خالی بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها بهتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Mazaheri, 1994). به‌منظور ارائه‌ی تفسیر بهتر از این مسئله، می‌توان اظهار داشت که اگر نتوان اقدام به برداشت مکانیزه‌ی کشت مخلوط



شکل ۴. کارنده با ارتفاع زیاد همگام عبور روی گیاه سویا در اواسط تابستان با انجام کشت گیاه پوششی به‌صورت کشت مخلوط تأخیری

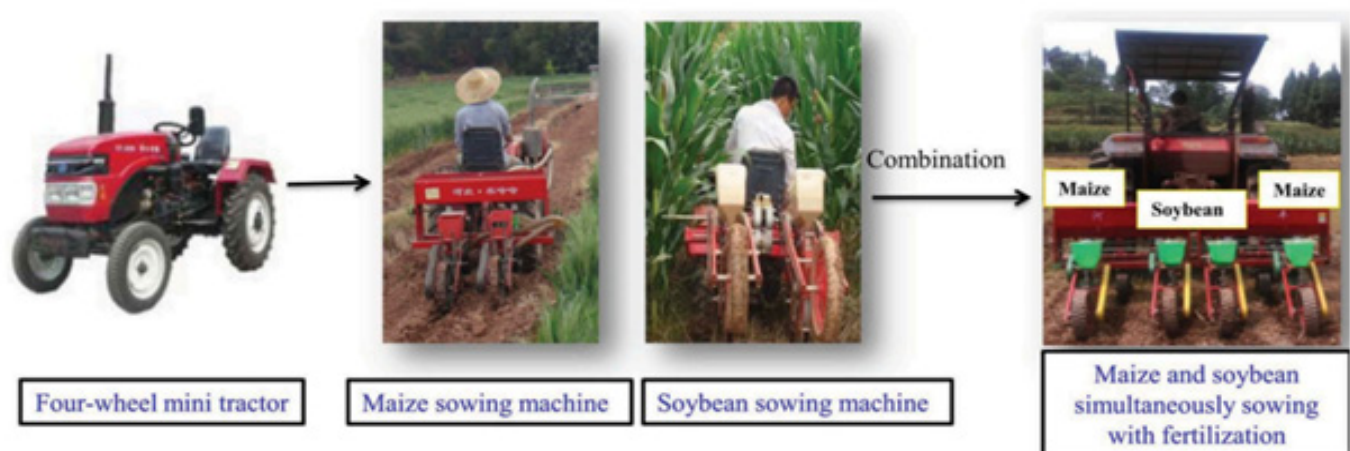
را برطرف کرده است (شکل ۴). در مقیاس کوچک‌تر، ماشین‌آلات سبک‌تر می‌توانند در بین ردیف‌ها قرار گیرند و بدون آسیب به محصولات دوم یا سوم، کار برداشت را انجام دهند (Bybee-Finley & Ryan, 2018).

کمپانی‌های بزرگ کانادایی و امریکایی بزرگترین تولیدکننده‌های ماشین‌آلات کشت مخلوط در دنیا هستند (Futurefarming, 2018).

افزایش مکانیزه‌شدن کشت مخلوط باعث افزایش راندمان این نوع سیستم در ایالات متحده شده است. تکنولوژی‌های مدرن، بسیاری از مشکلات مربوط به عملیات کشت مخلوط

انجام دهند (Bybee-Finley & Ryan, 2018). یکی از نوآوری‌هایی که در طراحی دستگاه کارنده برای کشت هم‌زمان ذرت و سویا انجام شده در شکل ۵ نمایش داده شده است. این طراحی باعث شده که کشت مخلوط نواری سویا-ذرت، رقابت مناسب بین گونه‌ای را حفظ کرده و عملکرد بالاتری نسبت به تک‌کشتی هر دو گیاه را به دست آورد. پیشرفت فناوری مانند کشت مکانیزه و برداشت محصولات در کشت مخلوط کلید موفقیت این سیستم است (Iqbal et al., 2019).

یکی از اقدامات برای رفع موانع در استفاده از ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط، حمایت شرکت‌های تولیدکننده از ایده‌پردازان در زمینه‌ی ساخت و طراحی ماشین‌آلات مخصوص و همچنین افزایش درخواست شرکت‌های تولید بذر برای استفاده از بذرهای به‌دست‌آمده از کشت مخلوط درهم، جهت استفاده برای علوفه‌ی دام و یا کشت گیاهان پوششی می‌باشد. به‌طور مشابه، شرکت‌های ماشین‌آلات کشاورزی تجهیزاتی مانند دستگاه‌های کارنده، برداشت‌کننده و سایر دستگاه‌های مخصوص را با فناوری جدید ارائه می‌دهند که به مزارع بزرگ اجازه می‌دهد تا کشت مخلوط را بدون محدودیت ماشین‌آلات



شکل ۵. دستگاه کارنده‌ی کشت مخلوط نواری سویا-ذرت





شکل ۶. طراحی ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط سویا-ذرت

به‌طور منظم است. جعبه‌های بذر واقع در دو پایانه برای کاشت ذرت است، درحالی‌که دو جعبه‌ی کاشت در وسط برای سویا است. F، نمایشگر استفاده از یک تراکتور مخصوص در کشت تأخیری ذرت-سویا است که سویا را در میان ردیف‌های ذرت کشت کرده و هم‌زمان به ذرت عملیات کوددهی را انجام می‌دهد. G برداشت‌کننده‌ی ذرت بدون آسیب به سویا است و در نهایت H، نشان‌دهنده‌ی دستگاه برداشت سویا بدون آسیب به ذرت است که میان ردیف‌های سویا کاشته‌شده است (DU et al., 2018).

طراحی ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط سویا-ذرت، مبتنی بر استفاده از نوآوری‌های نوین است که بر اساس آن چندین نوع ماشین‌آلات کشاورزی برای کاشت، کوددهی و برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۶). در شکل ۶، C نشان دهنده‌ی کشت مخلوط نواری معمولی ذرت-سویا است که در اکثر مناطق چین استفاده می‌شود. D، نشان‌دهنده‌ی سیستم کشت مخلوط تأخیری ذرت-سویا است که عمدتاً در سراسر جنوب غربی چین استفاده می‌شود، E، بیانگر عملیات کاشت هم‌زمان سویا و ذرت برای یک سیستم کشت مخلوط

نتیجه‌گیری

از کشورهای دنیا در گستره‌ی بیشتری قابل توسعه است. با این حال، برای روشن شدن مکانیسم‌های دقیق‌تر تولید پایدار در آینده‌ی نزدیک، باید تحقیقات بیشتری انجام شود. علاوه بر این، ماشین‌آلات کشاورزی بیشتری برای مناطق مختلف کاشت هنوز توسعه نیافته است. بنابراین، برای روشن شدن مکانیسم‌های دقیق این سیستم در طیف وسیع، باید تحقیقات چندرشته‌ای انجام شود. این امر مستلزم همکاری بین گروه‌های تحقیقاتی علاقه‌مند، دانشجویان، دانشمندان و هم‌چنین نیازمند حمایت مالی توسط شرکت‌های تولیدکننده‌ی ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد.

کشت مخلوط یک سیستم کشت پایدار، سازگار با محیط‌زیست و از نظر اقتصادی مورد قبول است. برای دستیابی به مزایای کشت مخلوط مانند ثبات عملکرد، کاهش خطرات احتمالی، افزایش کیفیت محصول تولیدی، بهبود کارایی استفاده از منابع موجود آب، نور، مواد غذایی، کارایی استفاده از زمین، بهبود حاصل‌خیزی خاک، کاهش خسارات ناشی از آفات و باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر، نیاز به تحقیقات گسترده‌تری در طیف وسیعی از محیط‌ها وجود دارد. با استفاده از انواع مختلف ماشین‌آلات و با توجه به نوع سیستم کشت مخلوط و گیاهان مورد استفاده، کشت مخلوط مانند بسیاری

Reference:

1. Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25(3), 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>.
2. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010>.
3. Bybee-Finley, K., & Ryan, M. (2018). Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes. *Agriculture*, 8(6), 80. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>.
4. den Hollander, N. G., Bastiaans, L., & Kropff, M. J. (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. *European Journal of Agronomy*, 26(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.005>.
5. DU, J., HAN, T., GAI, J., YONG, T., SUN, X., WANG, X., YANG, F., LIU, J., SHU, K., LIU, W., & YANG, W. (2018). Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(4), 747–754. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61789-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61789-1).
6. Fletcher, A. L., Kirkegaard, J. A., Peoples, M. B., Robertson, M. J., Whish, J., & Swan, A. D. (2016). Prospects to utilise intercrops and crop variety mixtures in mechanised, rain-fed, temperate cropping systems. *Crop and Pasture Science*, 67(12), 1252. <https://doi.org/10.1071/CP16211>.
7. Hamzei, J., & Seyed, M. (2015). Study of Canopy Growth Indices in Mono and Intercropping of Chickpea and Barley Under Weed Competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 75–90.
8. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., & Jensen, E. S. (2009). Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113(1), 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.009>.





9. Iqbal, N., Hussain, S., Ahmed, Z., Yang, F., Wang, X., Liu, W., Yong, T., Du, J., Shu, K., Yang, W., & Liu, J. (2019). Comparative analysis of maize–soybean strip intercropping systems: a review. *Plant Production Science*, 22(2), 131–142. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1541137>.
10. Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O'Leary, G. J. (2021). Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. *Agriculture*, 11(5), 453. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>.
11. Kouchaki, A., & Najibnia, S. (2013). Exploring the role of diversity in sustainable agriculture: proceedings of symposium (in persian). Ferdowsi University Mashhad.
12. Lal, R. (2010). A dual response of Conservation Agriculture to Climate Change: Reducing CO₂ Emissions and the carbon sink. *Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture: Towards Agro-Environmental Climate and Energetic Sustainability*, 3–18.
13. Li, L., Tilman, D., Lambers, H., & Zhang, F. (2014). Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New Phytologist*, 203(1), 63–69. <https://doi.org/10.1111/nph.12778>.
14. Mazaheri, D. (1994). *Intercropping* (in persian). University of Tehran Press.
15. Moradi, R., Koocheki, A., & Nasiri Mahallati, M. (2017). Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of Nitrogen (in persian). *Journal of Crop Production and Processing*, 7(2), 47–59. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.7.2.47>.
16. Noshkam, A., & Majnoun Hosseini, N. (2016). *Supplemental Aronomy* (in persian). Etko Organization.
17. Ouma, G., & Jeruto, P. (2010). Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 1098–1105. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.1098.1105>.
18. Rühlemann, L., & Schmidtke, K. (2015). Evaluation of monocropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture. *European Journal of Agronomy*, 65, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.01.006>.
19. Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangara, J., & Giller, K. E. (2012). Maize–grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.014>.
20. Temesgen, A., Fukai, S., & Rodriguez, D. (2015). As the level of crop productivity increases: Is there a role for intercropping in smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 180, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.06.003>.
21. VALIZADEGAN, O. (2015). Evaluation of insect's fauna diversity and agronomical yield, in intercropping coriander and faba bean. *J. Crop. Improv*, 1(17), 69–80.
22. www.futurefarming.com. (2018). Canadian Monster Drill Clean Seed Offers New Level of Seed Accuracy. [Www.Futurefarming.Com](http://www.Futurefarming.Com).
23. Yildirim, E., & Ekinci, M. (2017). Intercropping Systems in Sustainable Agriculture. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 100–110.
23. Youngerman, C. Z., DiTommaso, A., Curran, W. S., Mirsky, S. B., & Ryan, M. R. (2018). Corn Density Effect on Interseeded Cover Crops, Weeds, and Grain Yield. *Agronomy Journal*, 110(6), 2478–2487. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.01.0010>