

توصیه‌های فنی در خصوص کاربرد ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری در شالیزار

روح‌اله یوسفی^{۱*}

۱- استادیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: r.yousefi1348@gmail.com

چکیده

مکانیزاسیون یکی از عوامل اصلی در توسعه کشاورزی برنج محسوب می‌شود. روند توسعه مکانیزاسیون برنج تا حدود زیادی تابع چگونگی به‌کارگیری و استفاده از ماشین‌های زراعی برنج است. یکی از مراحل اساسی در تولید این محصول، عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. خاک‌ورزی در اراضی شالیزاری، نقشی تعیین‌کننده در موفقیت نظام تولید این محصول راهبردی دارد. برخلاف اراضی خشکه‌زاری که هدف اصلی خاک‌ورزی در آن‌ها، بهبود ساختمان خاک، افزایش تهویه و تسهیل نفوذ ریشه در لایه‌های عمیق‌تر است، در شالیزارها مدیریت هم‌زمان آب، خاک و ماشین‌آلات اهمیت ویژه‌ای دارد. شرایط خاص شالیزارها شامل اشباع دائمی، بافت رسی، لایه سخت در عمق کم و بقایای گیاهی حجیم، الزامات فنی و مدیریتی منحصر به فردی را برای عملیات خاک‌ورزی تعیین می‌کند. در شالیزار، خاک‌ورزی صرفاً به معنای برگرداندن خاک نیست، بلکه فرایندی مهندسی‌شده برای ایجاد بستری یکنواخت، حفظ لایه غیرقابل نفوذ کف مزرعه، مدیریت بقایای گیاهی، کنترل علف‌های هرز و فراهم کردن شرایط مناسب برای نشاکاری است. انتخاب نادرست و عدم به‌کارگیری صحیح ماشین و زمان‌بندی نامناسب اجرای عملیات، می‌تواند موجب تخریب لایه سخت، افزایش تلفات آب، به‌گل نشستن ماشین‌ها و در نهایت کاهش عملکرد شود. از منظر فنی، استفاده اصولی از ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری در شالیزار نقشی تعیین‌کننده در افزایش کارایی نشاکاری، یکنواختی بستر کاشت و مدیریت صحیح ارتفاع آب دارد. تنظیم دقیق اجزای ماشین‌های خاک‌ورزی تأثیر بسزایی در کیفیت عملیات و موفقیت نهایی نشاکاری خواهد داشت. بنابراین، رعایت دقیق دستورالعمل‌های فنی و توصیه‌های ترویجی در خصوص کاربری صحیح این ماشین‌آلات، امری ضروری برای دستیابی به حداکثر بهره‌وری در تولید برنج محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: پادلینگ، تراکتور، خاک‌ورزی، شالیزار، گاواهن دوار

بیان مساله

مکانیزاسیون یکی از عوامل کلیدی در توسعه کشاورزی برنج محسوب می‌شود و میزان موفقیت آن تا حد زیادی به نحوه به‌کارگیری صحیح ماشین‌آلات زراعت برنج بستگی دارد. عملیات خاک‌ورزی به‌عنوان یکی از مراحل اساسی تولید این محصول، نقشی تعیین‌کننده در هزینه‌های کشت، عملکرد محصول و سود خالص دارد. در اراضی شالیزاری، به‌دلیل شرایط ویژه‌ای همچون بافت غالباً رسی، اشباع دائمی خاک، وجود لایه سخت در عمق کم و حجم بالای بقایای گیاهی، مدیریت هم‌زمان آب، خاک و ماشین‌آلات اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در چنین شرایطی، خاک‌ورزی صرفاً به‌معنای برگرداندن خاک نیست، بلکه فرایندی مهندسی‌شده برای ایجاد بستری یکنواخت، حفظ لایه غیرقابل نفوذ، مدیریت بقایا، کنترل علف‌های هرز و فراهم کردن شرایط مناسب برای نشاکاری است.

در بخش قابل توجهی از اراضی شالیزاری، استفاده از تیلر به‌همراه ماشین‌های خاک‌ورزی دنباله‌بند آن به‌دلیل عرض کار کم، سرعت عملیاتی پایین و افزایش هزینه و زمان اجرا، معمولاً مقرون‌به‌صرفه نیست. این موضوع، توجه بیشتری را برای انتخاب ادوات مناسب‌تر و کارآمدتر ضروری می‌سازد. در این میان، ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری به‌دلیل داشتن عرض کار بیشتر، توانایی اجرای عملیات در زمان کوتاه‌تر و تناسب بهتر با شرایط عملیاتی شالیزار و مساحت مزرعه، می‌توانند راهکار مؤثرتری

برای انجام عملیات خاک‌ورزی باشند. هرگونه بی‌توجهی به زمان‌بندی عملیات، انتخاب نادرست ماشین، تنظیم نبودن ادوات یا مهارت ناکافی کاربر، می‌تواند موجب تخریب لایه سخت، افزایش تلفات آب، به‌گل‌نشستن ماشین‌ها، کاهش کارایی نشاکار و در نهایت افت عملکرد محصول شود. از دیدگاه فنی، استفاده صحیح و اصولی از ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری در شالیزار تأثیر مستقیمی بر یکنواختی بستر کاشت، تثبیت ارتفاع آب و افزایش کارایی نشاکار دارد. از این‌رو، درک صحیح اصول فنی و ارائه راهکارهای کاربردی برای انتخاب، تنظیم و به‌کارگیری ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری متناسب با ویژگی‌های شالیزار، امری ضروری است. این مقاله با هدف کمک به شالی‌کاران، مهم‌ترین توصیه‌های فنی و راهکارهای عملی مرتبط با کاربرد ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری را ارائه می‌کند.

معرفی راهکار

آماده‌سازی زمین شالیزار پیش از کاشت نشا برنج، فرایندی چندمرحله‌ای شامل: خاک‌ورزی اولیه (شخم)، گل‌آب کردن (پادلینگ) و ماله‌کشی یا تسطیح‌نهایی است. هدف نهایی این فرایند، ایجاد بستری مناسب، نرم و یکنواخت برای استقرار نشا و حصول اطمینان از رشد بهینه گیاه است. با توجه به خصوصیات منحصربه‌فرد خاک‌های شالیزاری، وضعیت رطوبتی موجود و محدودیت‌های مربوط به ماشین‌آلات، اجرای این مراحل باید با دقت و بر اساس توالی از پیش تعیین‌شده صورت پذیرد. هر مرحله از آماده‌سازی، بسترساز اجرای صحیح مرحله بعدی است. در اجرای هر مرحله از عملیات خاک‌ورزی، از ماشین‌آلات متنوعی استفاده می‌شود. هر دستگاه، بسته به نوع کاربری، طراحی، ساختار و مساحت قطعه، نیازمند تنظیمات ویژه‌ای است. تنظیمات دقیق ماشین‌آلات، نقشی اساسی در دستیابی به اهداف مورد انتظار از خاک‌ورزی ایفا می‌کند. در ماشین‌های خاک‌ورزی مورد استفاده با تراکتور، تنظیماتی نظیر تراز بودن دستگاه، عمق کار، عرض کار و سرعت پیشروی، از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که باید با دقت تنظیم شوند. با درک عمیق و اجرای صحیح تنظیمات هر یک از ماشین‌های خاک‌ورزی، می‌توان ضمن اطمینان از کاربری صحیح و بهینه دستگاه‌ها، به اهداف مدنظر در فرایند خاک‌ورزی دست یافت و بستری مناسب برای کاشت نشا برنج فراهم نمود.

اتصال ماشین‌های خاک‌ورزی سوارشونده به تراکتور

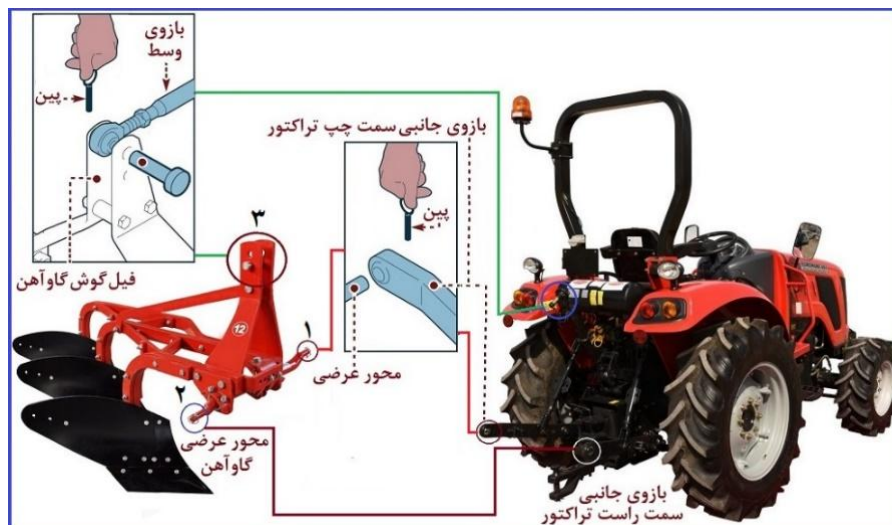
پیش از انجام هرگونه تنظیم، لازم است ماشین به منبع قدرت (تراکتور) متصل شده و در وضعیت کاری قرار گیرد، سپس تنظیمات لازم روی آن انجام شود. ماشین‌های خاک‌ورزی مورد استفاده در شالیزار از نظر اتصال به تراکتور ترجیحاً سوار شونده هستند، این ماشین‌ها به سیستم اتصال سه‌نقطه تراکتور متصل می‌شوند و در هنگام حمل‌ونقل، کل وزن دستگاه توسط تراکتور تحمل می‌شود. اتصال یکپارچه این ماشین‌ها به تراکتور، مانورپذیری بالا، سهولت عقب‌بری و حمل‌ونقل سریع را فراهم می‌کند. اتصال صحیح دستگاه از نظر ایمنی و کیفیت شخم اهمیت زیادی دارد. روش اتصال کلیه ماشین‌های سوارشونده خاک‌ورزی مورد استفاده در شالیزار به تراکتور، مشابه یکدیگر است. مراحل اتصال مطابق شکل (۱) به ترتیب زیر انجام می‌شود (شکل ۱):

- ۱- اتصال بازوی سمت چپ: با نزدیک کردن تراکتور به ماشین، بازوی پایینی سمت چپ (زمانی که از پشت به تراکتور نگاه می‌کنیم) را به میله عرضی ماشین متصل نموده و پین آن را انداخته و قفل کنید.

- ۲- اتصال بازوی سمت راست: در صورت هم‌راستا نبودن بازوی سمت راست با محل اتصال ماشین، طول آن را با کوتاه و بلند کردن طول بازوی رابط سمت راست تراکتور تنظیم کرده و پس از برقراری اتصال، پین آن را انداخته و قفل کنید.

- ۳- اتصال بازوی وسط: در نهایت، بازوی میانی را متصل کنید.

نکته: فرایند جداسازی دستگاه، دقیقاً برعکس مراحل بالاست؛ یعنی ابتدا بازوی وسط، سپس بازوی سمت راست و در نهایت بازوی سمت چپ جدا می‌شود.



شکل ۱- نحوه اتصال ماشین سوارشونده به تراکتور

تنظیمات ماشین خاک‌ورزی تراکتوری

تنظیم و تراز کردن ماشین‌های خاک‌ورزی سوارشونده به تراکتور: یکی از تنظیمات مشترک در ماشین‌های خاک‌ورزی متصل به تراکتور، تراز کردن دستگاه است. حفظ تراز دستگاه از جهت کیفیت کار با اهمیت است. تراز بودن ماشین باعث می‌شود عمق کار در سراسر عرض کار یکسان باشد. ماشین باید هنگام کار در دو جهت طولی و عرضی تراز باشد تا عمق کار همه خیش‌ها یکسان بماند (شکل ۲).



شکل ۲- کنترل و تراز کردن ماشین‌های خاک‌ورزی تراکتوری

الف) کنترل تراز طولی: برای تشخیص تراز طولی، هنگامی که ماشین در شرایط کار قرار دارد، تراکتور را متوقف کرده و در فاصله‌ی چندمتری از ماشین و عمود بر راستای حرکت آن (از پهلو) چمباتمه زده و ضلعی از شاسی را که شاخص طول آن است را مشاهده نمایید. اگر طول شاسی با سطح زمین موازی باشد (در حد دقت چشم)، تراز طولی برقرار است. چنانچه عدم‌تراز مشاهده شود، دستگاه از حالت کار خارج شده و روی زمین قرار داده شود. سپس با کوتاه یا بلند کردن طول بازوی میانی تراکتور، تراز طولی تنظیم شود (شکل ۲).

ب) کنترل تراز عرضی: برای تشخیص تراز عرضی، هنگامی که دستگاه در حالت کار قرار دارد، تراکتور متوقف شود. سپس در فاصله چندمتری از پشت دستگاه چمباتمه زده و ضلع شاخص عرضی شاسی بررسی شود. موازی بودن این ضلع با سطح خاک نشان‌دهنده برقراری تراز عرضی است. اگر تراز عرضی برقرار نباشد، با کوتاه یا بلند کردن بازوی رابط سمت راست تراکتور تراز تصحیح شود (شکل ۲).

در صورتی که هر دو بازوی رابط، قابلیت تنظیم داشته باشند، تفاوتی ندارد کدام یک تغییر داده شود؛ کافی است طول نهایی هر دو بازو برابر باشد تا تراز عرضی برقرار شود.

تنظیم عمق کار

عمق شخم در گاواهن‌های برگردان‌دار، از طریق تغییر طول بازوی میانی (بازوی وسط) در سیستم هیدرولیک تراکتور و با حفظ تراز طولی دستگاه تنظیم می‌شود. همچنین، چرخ میزان (چرخ تثبیت عمق)، ضمن حفظ تعادل گاواهن، نقش اصلی را در یکنواخت نگه‌داشتن عمق شخم ایفا می‌کند. ارتفاع این چرخ باید پیش از آغاز عملیات و متناسب با عمق شخم مورد نظر، تنظیم شود (شکل ۳).



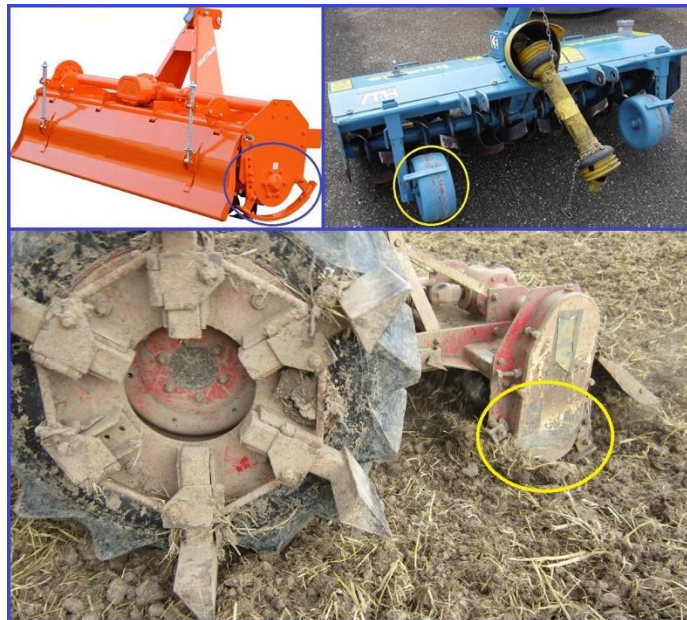
شکل ۳- بازوی وسط و چرخ میزان (چرخ تثبیت عمق)

توجه: اکثر تراکتورهای امروزی به سیستم کنترل کشش (کنترل عمق شخم) مجهز هستند که امکان تنظیم خودکار عمق کار را متناسب با بافت خاک فراهم می‌آورد (شکل ۴).



شکل ۴- اهرم هیدرولیک کنترل عمق شخم

در گاواهن‌های دوار (روتیواتور) که قدرت دورانی را از محور توان‌دهی تراکتور دریافت می‌کنند، به دلیل وجود مقاومت کششی منفی، مکانیزم کنترل عمق و کنترل کشش تراکتور عملاً کارایی ندارد. برای تنظیم میزان نفوذ تیغه‌ها در خاک و تثبیت عمق کار، از یک جفت کفشک یا چرخ در طرفین دستگاه استفاده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- تنظیم عمق کار با کفشک یا چرخ

در گاواهن دیسکی دوار، عمق شخم از طریق تنظیم کشش فنر و فشار بر چرخ شیار عقب (چرخ هدایت‌کننده) تعیین می‌شود. در خاک‌های سبک و سست، لازم است فشار فنر افزایش یابد تا بتواند بخشی از وزن گاواهن را مهار کند. در غیراین صورت، گاواهن عمیق‌تر در خاک فرو رفته و عمق شخم افزایش می‌یابد. برعکس، در خاک‌های سخت، باید فشار فنر را کاهش داد تا وزن بیشتری به دیسک‌ها منتقل شده و نفوذ گاواهن در خاک تسهیل شود (شکل ۶).



شکل ۶- تنظیم عمق شخم در گاواهن دیسکی دوار

تنظیم عرض کار

عرض کار گاواهن‌های برگردان‌دار سوارشونده از طریق تنظیم محور اتصال جلویی گاواهن که به دو بازوی جانبی هیدرولیک متصل است، قابل تغییر می‌باشد. جابه‌جایی این محور، زاویه امتداد حرکت را نسبت به امتداد طولی گاواهن تغییر می‌دهد. در گاواهن‌های شالیزار، این تغییر زاویه از طریق جابه‌جایی نقطه اتصال بازوی اتصال سمت چپ گاواهن (از دید جلو) به بازوی سمت راست تراکتور (از دید پشت) صورت می‌گیرد (شکل ۷).



شکل ۷- تنظیم عرض کار در گاواهن برگردان‌دار

در گاواهن‌های دیسکی دوآر، برای تغییر عرض کار، باید زاویه برش بشقاب‌ها نسبت به خط کشش تراکتور تنظیم شود. این تنظیم از طریق سوراخ‌های تعبیه‌شده در محل اتصال بازوهای پایین ماشین صورت می‌گیرد تا علاوه بر تنظیم عرض کار، تراکتور بتواند در طول مسیر شخم، به‌صورت مستقیم حرکت کند (شکل ۸).



شکل ۸- سوراخ‌های روی نقاط اتصال پایینی گاواهن برای تنظیم زاویه‌ی برش بشقاب‌ها

تنظیم سرعت پیش‌روی تراکتور

تغییر سرعت پیش‌روی تراکتور رابطه معکوس با شدت خاک‌ورزی دارد. در گاواهن‌های دوآر (روتیواتور) در صورت ثابت بودن سایر تنظیمات (ارتفاع درپوش و تعداد دور روتور)، افزایش سرعت پیش‌روی تراکتور سبب افزایش اندازه‌ی لقمه‌های خاک جدا شده از زمین و در نهایت سبب افزایش اندازه‌ی کلوخ‌های به‌جا مانده خواهد شد (شکل ۹). به عبارتی دیگر، شدت خاک‌ورزی کمتر خواهد شد.



شکل ۹- اندازه برش خاک

در گاواهن‌های دیسکی دوآر سرعت حرکت تراکتور باید متناسب با سرعت چرخش بشقاب‌های گاواهن تنظیم شود تا شخم مطلوب و مناسب انجام شود. اگر سرعت حرکت تراکتور نسبت به چرخش بشقاب‌های دستگاه بیشتر باشد، شخم نامطلوب بوده و فشار زیادی به دستگاه و تراکتور وارد خواهد شد و همچنین اگر سرعت حرکت تراکتور نسبت به چرخش بشقاب‌های گاواهن کمتر باشد، باعث گرم شدن بشقاب‌ها و همچنین ساییدگی سریع آن‌ها خواهد شد.

تنظیم دور محور روتور

در گاواهن‌های دوآر (روتیواتور) در صورت ثابت بودن سرعت پیش‌روی تراکتور و ارتفاع درپوش، هر چه سرعت دورانی محور روتور افزایش یابد، شدت خاک‌ورزی یا شدت خرد شدن خاک افزایش خواهد یافت و بالعکس.

تنظیم ارتفاع درپوش

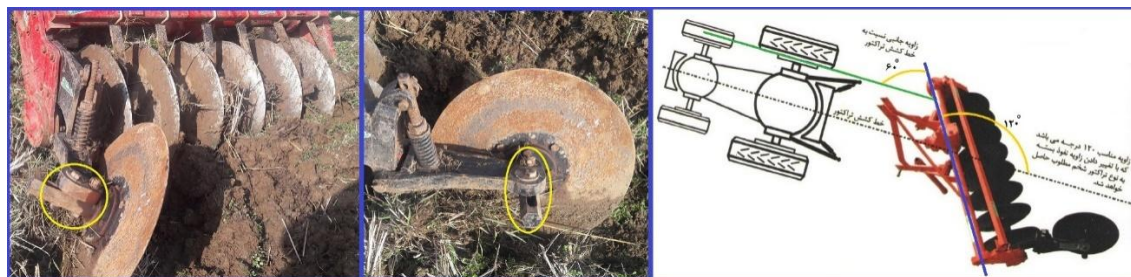
در گاواهن‌های دوآر (روتیواتور) هرچه درپوش پشت گاواهن پایین‌تر قرار گیرد، منجر به پودر شدن بهتر خاک، مخلوط شدن مطلوب کاه و کلش با خاک و ایجاد سطح خاک صاف‌تر و یکنواخت‌تر می‌شود. اما با افزایش ارتفاع درپوش، خاک بریده شده توسط تیغه‌ها، به هم فشار نیاورده و پودر نمی‌شود. در نتیجه کلوخ‌ها، روی سطح خاک باقی می‌مانند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- تنظیم ارتفاع درپوش

تنظیم خط کشش تراکتور

در قسمت انتهایی گاواهن دیسکی دوآر، یک چرخ هدایت‌کننده (چرخ شیار عقب) تعبیه شده است. بسته به نوع خاک و تراکتور، لازم است زوایای عمودی و جانبی این چرخ نسبت به خط کشش تنظیم شوند (شکل ۱۱). این تنظیمات بر اساس نوع خاک متغیر است. در خاک‌های سخت، زاویه شیب چرخ باید افزایش یابد و در خاک‌های سبک و سست، زاویه شیب چرخ باید کاهش یابد. در صورت تنظیم نامناسب چرخ هدایت‌کننده، گاواهن تمایل به انحراف از مسیر مستقیم پیدا کرده و کنترل تراکتور در خط شیار غیرممکن خواهد شد.



شکل ۱۱- تغییر زاویه‌ی چرخ شیار عقب و نحوه‌ی قرارگیری صحیح گاواهن نسبت به تراکتور (شکل سمت راست)

توصیه‌های ترویجی

شخم اول (پایزه)

- توصیه می‌شود شخم اول بلافاصله پس از برداشت برنج یا قبل از شروع فصل سرما و یخبندان زمستانه انجام شود.
- معمولاً برای انجام عملیات شخم اولیه، خاک مزرعه خشک (در حد گاورو) یا کاملاً اشباع از آب باشد تا با مشکل خاک‌چسبی ادوات خاک‌ورز مواجه نشویم و همچنین کار اختلاط بقایای گیاهی با خاک بهتر انجام شود.
- در صورت کمبود رطوبت، توصیه می‌شود ۳ تا ۷ روز پیش از اجرای شخم، مزرعه آبیاری شود تا ضمن تأمین رطوبت کافی، از چسبندگی خاک به ماشین جلوگیری شود (نصیری و دیگران، ۱۴۰۰).
- توصیه می‌شود در خاک‌های دارای بقایای فراوان، از ادوات دوآر استفاده شود. این ادوات موجب خردشدگی بهتر بقایا و یکنواختی بیشتر در اختلاط با خاک می‌شوند (محمدشریفی و علیزاده، ۱۳۸۲).
- توصیه می‌شود عمق کار در شخم اول بین ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر باشد (نصیری و دیگران، ۱۴۰۰؛ آقاگل‌زاده و رعیت‌پناه، ۱۳۹۷).
- توصیه می‌شود شخم اول در راستای شمال-جنوب انجام شود تا توزیع یکنواخت خاک و بقایای گیاهی فراهم شود (نصیری و دیگران، ۱۴۰۰).

گل‌آب کردن یا پادلینگ

- پادلینگ، پس از شخم و مرزگیری، ۵ تا ۷ روز پیش از نشاکاری انجام می‌شود.
- در پادلینگ، خاک باید غرقاب سبک، نرم و بدون کلوخه‌های درشت باشد تا ادوات بتوانند به راحتی عبور کنند.
- در شرایط پادلینگ، ساختار خاک به طور کامل تخریب شده و لایه گل‌مانند ایجاد می‌شود که ممکن است ساختار ناپایداری داشته باشد، بنابراین مدیریت صحیح رطوبت در این مرحله ضروری است (یوسفی مقدم و دیگران، ۱۳۸۷).
- توصیه می‌شود عمق پادلینگ بین ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر تنظیم شود. عمق بیشتر نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شود، بلکه هزینه عملیات را نیز بالا می‌برد (مرزی نوحدانی و دیگران، ۱۳۹۴).

تسطیح و ماله‌کشی و غرقاب نهایی

- توصیه می‌شود تسطیح نهایی پس از مرزگیری و پادلینگ نهایی، ۲ تا ۵ روز پیش از نشاکاری انجام شود. رعایت فاصله زمانی مناسب تا نشاکاری، موجب تثبیت وضعیت رطوبتی خاک و بهبود استقرار نشا می‌شود.
- توصیه می‌شود در تسطیح و ماله‌کشی، خاک خمیری، مرطوب و یکنواخت باشد تا ماله بتواند به راحتی سطح مزرعه را هموار کند.
- تسطیح دقیق و یکنواخت، نه تنها میزان مصرف آب را کاهش می‌دهد، بلکه تاثیر مستقیم بر کیفیت نشاکاری و یکنواختی رشد گیاه دارد.

- پس از اتمام تسطیح نهایی، شالیزار غرقاب شود. این کار از سله بستن خاک‌های رسی شالیزاری جلوگیری کرده و مانع از نیاز به تکرار عملیات آماده‌سازی زمین می‌شود.

فهرست منابع

- آقاگل‌زاده، ح. و رعیت‌پناه، غ. ۱۳۹۷. ماشین‌های زراعی برنج. انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی.
- امیری لاریجانی، ب.، آقاگل‌زاده، ح. و رمضانپور، ی. ۱۳۸۹. راهنمای آماده‌سازی زمین و کاشت برنج (جلد ۲). نشر آموزش کشاورزی. ص ۱۷۰.
- محمدشریفی، م. و علیزاده، م. ر. ۱۳۸۲. مطالعه اثر شخم دوم بر جمعیت علف‌های هرز در زراعت برنج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۴، شماره ۲. ص ۴۶۵-۴۷۰.
- مرزی نوح‌دانی، م.، مصطفی‌زاده فرد، ب.، موسوی، ف.، یزدانی، م. ر. و علیزاده، م. ر. ۱۳۹۴. اثر ادوات مختلف خاک‌ورزی بر منحنی مشخصه رطوبتی خاک غالب شالیزار در استان گیلان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره ۷۲. ص ۱۸۷-۱۷۷.
- نصیری، م.، خسروی، و.، عمواقلی طبری، م.، محمدیان، م.، رستمی، م. و عمرانی، م. ۱۴۰۰. مدیریت فنی تولید محصول برنج. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور. ص ۴۳.
- یوسفی مقدم، س.، موسوی، ف.، مصطفی‌زاده فرد، ب.، یزدانی، م. ر. و همت، ع. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف پادلینگ بر تغییرات رطوبت و چگالی حجمی سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۲. شماره ۲. ص ۳۸۲-۳۹۳.