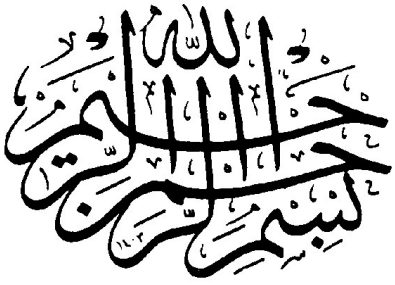
بسم الله الرحمن الرحيم

موسسه تحقیقات
فنی و مهندسی کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی
معاونت ترویج

راهنمای
خاک‌ورزی حفاظتی
و کاربرد آن

نگارندگان:
محمدیونسی الموتی
علی‌اکبر صلح جو
احمد شریفی
ارژنگ جوادی
سیدرضا اشرفی زاده
اورنگ تاکی

۱۳۹٤

عنوان و نام پدیدآور	:	راهنمای خاک‌ورزی حفاظتی و کاربرد آن/مولف محمد یونسی‌الموتی...[و دیگران] ؛ تهیه شده در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی.
مشخصات نشر	:	کرج: سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی،معاونت ترویج نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۸۳ ص.
شابک	:	978-964-520-286-4
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	مولف محمد یونسی‌الموتی ، عل اکبر صلح‌جو ، احمد شریفی، ارژنگ جوادی ، سیدرضا اشرفی‌زاده ، اورنگ تاکی.
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۶۹. موضوع : خاک -- حفاظت
موضوع	:	خاک – فرسایش شناسه افزوده : یونسی الموتی، محمد
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی
شناسه افزوده	:	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج . نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	:	S۶۲۶/۲ر ۱۳۹۴ رده بندی دیویی:۴ / ۶۳۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۰۲۰۲۹۲

ISBN 978-964-520-286-4

شابک:۴-۲۸۶-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸

راهنمای خاک‌ورزی حفاظتی و کاربرد آن

نگارندگان: محمدیونسی الموتی، علی‌اکبر صلح جو، احمد شریفی، ارژنگ جوادی، سیدرضا اشرفی زاده، اورنگ تاکی

تهیه شده در: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

صفحه آرا: نادیا اکبریه

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۸۰۰۰۰ ریال

هماهنگی وآماده‌سازی چاپ: معاونت ترویج –نشر آموزش کشاورزی

حق چاپ © محفوظ

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

۱۳ - ۹۴ ک به تاریخ ۹۴/۸/۹ می‌باشد.

کرج :کیلومتر ۷ جاده ماهدشت، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

معاونت ترویج –نشر آموزش کشاورزی تلفن: ۳۶۷۰۵۰۲۵-۰۲۶

سخن ناشر

هدف از خاک‌ورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و در نتیجه حفظ و ارتقاء کربن آلی خاک، کاهش مصرف آب و حفظ پایدار خاک برای نسل‌های آتی است. هر گونه تلاش در کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی، کاهش عمق شخم و یا سست و لق کردن خاک بدون زیر رو (برگرداندن) کردن آن، خاک‌ورزی حفاظتی محسوب می‌شود. در این سیستم تمامی یا قسمتی از پس‌مانده‌های محصول قبلی (حداقل ۳۰ درصد) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار و کاهش فرسایش آبی می‌شود، همچنین کاهش شدت برهم زدن خاک در سیستم خاک‌ورزی از خردشدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودرشدن آن جلوگیری می‌کند و باعث کاهش فرسایش بادی می‌شود.

علاوه بر موارد فوق در خاک‌ورزی مرسوم شش تا هفت نوبت تردد در مزرعه برای کشت، هزینه بسیاری دارد و این در حالی است که در خاک‌ورزی حفاظتی ادوات خاک‌ورزی فقط یک تا دو نوبت به سطح مزرعه می‌روند، که کاهش هزینه کاشت را در پی دارد.

هندبوک حاضر با هدف معرفی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به منظور توسعه دانش در این خصوص برای کارشناسان مسئول پهنه‌ها، تکنسین‌های اجرایی و کشاورزان پیشرو تدوین شده است.

ضمن تشکر و قدردانی از کلیه دست اندرکاران این کتاب خصوصاً همکاران موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر ترویج و منابع طبیعی و نشر آموزش کشاورزی از متخصصان امر تقاضا داریم هرگونه نظر و پیشنهاد خود را به آدرس دفتر مذکور –کرج: صندوق پستی۴۴۱۴-۳۱۸۵۸ و یا به آدرس ایمیل nashreamozesh@yahoo.com ارسال فرمایند.

کاظم خاوازی

معاون ترویج

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه ۱

فصل دوم

مروری بر منابع ۴

فصل سوم

سیستم های خاک‌ورزی ۲۳
خاک‌ورزی مرسوم ۲۳
برخی از مشکلات خاکورزی مرسوم در اثر استفاده از گاوآهن برگردان‌دار ۲۴
کلوخه‌ای شدن خاک ۲۴
نیاز به وقت و انرژی زیاد ۲۵
تخریب ساختمان خاک ۲۶
به‌هم زدن تسطیح زمین ۲۷
مصرف زیاد آب ۲۷
فرسایش بادی و آبی ۲۸
ایجاد لایه سخت در کفه شخم ۲۹
کاهش مواد آلی خاک و آلودگی هوا ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی ۳۰
مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک ۳۱
خاک‌ورزی حفاظتی ۳۴
انواع خاک‌ورزی حفاظتی ۳۴
بی خاک‌ورزی ۳۵
حداقل خاک‌ورزی ۳۷

کاهش خاک‌ورزی ۳۸
خاک‌ورزی پشته ای ۳۸
سیستم کاشت روی پشته های بلند و عریض ۴۰
روش‌های خاک‌ورزی ۴۱
روش‌های آبیاری ۴۳
روش‌های مدیریت بقایای گیاهی ۴۶
خاک‌ورزهای مرکب ۵۱
مزایای استفاده از خاک‌ورزی‌های مرکب ۵۲
معرفی برخی از مهمترین ماشین‌های مورد استفاده در خاک‌ورزی حفاظتی ۵۳
مدیریت علفهای هرز در سیستم های خاک ورزی حفاظتی ۵۸
ضرورت های عملی در بکارگیری و اجرای خاک ورزی حفاظتی ۶۲
نکات ضروری برای کشاورزانی که تصمیم به کاشت مستقیم گندم پاییزه دارند ۶۳
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۶۷
منابع مورد استفاده ۶۹

فصل اول

مقدمه

خاک‌ورزی به آن دسته از علمیات مکانیکی گفته می‌شود که برای بهم‌زدن خاک به منظور پرورش گیاهان زراعی انجام می‌گیرد. هدف از خاک‌ورزی ، فراهم آوردن محیطی مناسب جهت سبز شدن بذر، رشد و نمو ریشه، کنترل علف‌های هرز، کنترل فرسایش خاک و کنترل رطوبت خاک است.

حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر اجرای عملیات خاک‌ورزی شدید و نامناسب دچار فرسایش و تخریب شده است. به موازات مسئله فرسایش، کاهش ماده آلی خاک که در اثر عوامل مختلفی رخ می‌دهد، به چالش دیگر کشاورزی تبدیل شده است. میزان ماده آلی در اکثر نواحی کشور زیر یک درصد بوده و این امر می‌تواند

پیامدهای منفی قابل توجهی برای کشاورزی به بار آورد. یکی از اصول کشاورزی حفاظتی و به عبارتی خاک‌ورزی حفاظتی بر حفظ مقدار کافی بقایای گیاهی در سطح خاک، تردد کمتر در زمین و دستکاری کمتر خاک استوار است. فشردگی خاک باعث افزایش مقاومت و جرم مخصوص ظاهری، کاهش خلل و فرج و نفوذ آب در خاک می‌شود. همچنین یک خاک متراکم مانع از طویل شدن ریشه و نفوذ آن به عمق‌های پایین‌تر خاک می‌شود. این اثرات در زمان‌های خشکی خاک تشدید شده و نهایتاً می‌تواند منجر به کاهش تولید در خیلی از محصولات کشاورزی شود . یکی از روش‌های کنترل فشردگی خاک، کنترل تردد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی در مزرعه است. در این راستا لازم است به گونه‌ای عمل شود که چرخ تراکتور هرسال از یک مسیر عبور کرده و از تردد در نواحی رشد اجتناب شود. استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی مرسوم، سبب افزایش تراکم و فشردگی خاک در لایه زیرین شخم می‌شود و معمولا اثر آن با استفاده از عملیات خاک‌ورزی متداول از بین نمی‌رود. بقایای گیاهی می‌توانند سرعت نفوذ آب در خاک را کنترل و از طرف دیگر به عنوان یک عایق عمل کرده، باعث کاهش تبخیر آب از سطح خاک شوند بنابراین استفاده از روش‌های خاک‌ورزی که بقایای گیاهی

را در سطح خاک نگه می‌دارند به خصوص در شرایط خشکسالی جهت حفظ رطوبت خاک از اهمیت بالای برخوردار است. کاهش تردد و استفاده حداقل از ادوات و ماشینهای کشاورزی و حفظ بقایا و کاه و کلش کشت قبل در مزرعه از جمله اهداف برنامه کشاورزی پایدار می‌باشد. با انجام و اعمال مدیریت کشت و کار با حداقل کاربرد ماشین در مزرعه علاوه بر صرفه‌جوئی در زمان و هزینه ها، کاهش استهلاک و انرژی مصرفی، کاهش فشردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک را بدنبال خواهد داشت. یکی از روش‌های مناسب خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر جهت کاشت محصولات زراعی، استفاده ازخاک ورزی حفاظتی است که از مزایای آن می‌توان به کاهش فرسایش خاک، حفظ ساختمان خاک، افزایش ماده آلی خاک، حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های خاک ورزی اشاره نمود. امروزه با رشد سریع جمعیت از یک طرف و حفظ منابع خاک و آب از طرف دیگر، نیاز است تا جهت تهیه غذای جمعیت فعلی و حفظ منابع جهت نسل‌های آینده از خاک ورزی حفاظتی استفاده نمود.

فصل دوم

مروری بر منابع

استقرار گیاه اغلب به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت بستر بذر است. عملیات خاک‌ورزی ممکن است از طریق تخریب ساختمان خاک و ریز کردن خاک‌دانه‌ها و نهایتاً مسدودکردن آبراهه‌های طبیعی باعث کاهش نفوذ و قابلیت نگهداری آب و فرسایش خاک شود. کیفیت شخم از طریق بررسی وزن مخصوص ظاهری خاک و نحوه توزیع مواد آلی انجام می‌گیرد. وزن مخصوص ظاهری خاک‌های شخم خورده غالبا کمتر از خاک‌های شخم نخورده یا کمتر شخم خورده است (Carter and Colwiick, 1971). البته در این رابطه نباید نوع و نحوه وسایل بکار رفته در خاک‌ورزی را از نظر دور داشت، زیرا تردد ماشین‌ها و ادوات سنگین موجب ایجاد یک لایه سخت در زیر قسمت

شـخم خـورده و بـا فـشردن خـاک، باعـث افـزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شـود. نتیجـه ایـن عمـل کـاهش نفوذپذیری خاک، کم شـدن توسـعه ریـشه‌هـای گیـاه و کـاهش عملکرد محصول است (Lindstorm and Onstad, 1984). اخـتلاف موجـود در خـواص فیزیکـی خـاک ناشـی از روش‌های خاک‌ورزی، عموما ناپایـدار بـوده و خلـل و فـرج ایجاد شده در اثر خاک‌ورزی پس از بارندگی یـا آبیـاری از بـین مـی‌رود (Hamblin, 1985, Ahuja *et al.*, 1998). محققان زیادی در بررسی و مقایسه کشت بدون خاک‌ورزی با خاک‌ورزی مرسوم (استفاده از گاوآهن برگرداندار)، وزن مخصوص ظاهری و نفوذ پذیری بیشتر و خلـل و فـرج کمتـر خاک را در طول رشد گیاه گزارش نموده‌اند (Logsdon *et al.*, 1985, Vyn and Raimbault, 1993, Cassel *et al.*, 1995, Hill, 1990, younesi and Navabzaden. 2007, and younesi Navabzadeh 2007,). مقاومـت به نفوذپذیری یک معیار معمول برای سنجش مقاومت خاک است که افزایش آن، مانع رشد و توسعه ریشه گیاه مـی‌شـود (Voorhees *et al.*, 1975, Taylor and Ratliff, 1969, Singh *et al.*, 1992). کـاهش رشـد گیـاه و در نتیجـه کاهش عملکرد محصول به میزان مقاومت نفوذپذیری خاک بـستگی دارد (Philips and Kirkham, 1962, Croissant *et al.*, 1991). مقاومت به نفوذپذیری در لایـه

۱۰-۰ سانتی‌متری خاک، در مزرعه بدون خاک‌ورزی بیشتر از مزرعه‌ای بود که با گاوآهن قلمی خاک‌ورزی شده بود (Erbach *et al.*, 1992). بررسی میزان مقاومت به نفوذپذیری در یک تناوب گندم-سورگوم نشان داد که مقاومت به نفوذپذیری در کشت بدون خاک‌ورزی بیشتر از کم خاک‌ورزی است (Unger and Jones, 1998). وجود بقایای گیاهی در سطح خاک در روش بی‌خاک ورزی عامل اصلی در کنترل فرسایش خاک، دفع انرژی باران، کاهش آبدوی سطحی و افزایش نفوذپذیری می‌باشد (Smith and Lilard, 1976). بقایای گیاهی در یک محیط اشباع از بخار آب می‌تواند ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن خود آب جذب کند، در صورتی‌که تحت همان شرایط مواد رسی فقط ۱۵ تا ۲۰ درصد آب جذب می‌نمایند (Arshad, 1999). بنابراین باقی نگه داشتن بقایای گیاهی در سطح خاک برای فراهم آوردن محیطی مناسب برای نفوذ آب در خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، ایجاد ساختمان مناسب و با به دام انداختن برف در سطح مزرعه در ذخیره آب مخصوصاً در مناطق دیم می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Triplett, *et al*., 1968, Unger and Mccalla, 1980, younesi and Mohammadi, 2015, younesi et al, 2015). نتایج تحقیقات انجام گرفته در مورد استفاده

از مالچ کلشی در مرکز و شمال فلات بزرگ امریکا نشان داد که اصلی‌ترین دلیل کاهش ذخیره باران در خاک، تولید کم بقایای گیاهی توسط محصولات دیم است (Unger, 1978).

برای مدیریت بقایا، سیستم خاک‌ورزی تناوبی همزمان با تناوب محصول به عنوان یک راه حل مطرح است (صادق زاده،۱۳۹۲). موفقیت در استفاده از سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به شرایط اقلیمی، نوع خاک، نوع محصول و روشهای مدیریت اعمال شده بستگی دارد (محمدی گل و همکاران، ۱۳۸۹). باتوجه به امکان صرفه‌جویی در مصرف آب ، افزایش مواد آلی خاک، بهبود ساختمان خاک، تعدیل درجه حرارت خاک و پیش رس کردن محصول می‌توان از سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان جایگزینی مطلوب برای خاک‌ورزی مرسوم به خصوص در کشت های تابستانه، استفاده کردد (تاکی، ۱۳۸۸).

در مناطق نیمه خشک جنوب دشت بزرگ در امریکا به منظور مقایسه بی‌خاک‌ورزی، مدیریت مالچ کلشی و تأثیر این روش‌ها در سیستم‌های تناوب آیش-گندم، گندم-گندم، گندم- ذرت خوشه‌ای و آیش- ذرت خوشه‌ای بررسی‌هایی انجام گرفت. نتایج نشان داد که به هنگام کاشت محصول بعدی، میزان آب در خاک در سیستم

تناوب گندم- ذرت خوشه‌ای برابر ۱۵ میلی‌متر و در سیستم آیش- گندم برابر با ۲۹ میلی‌متر بود. در این بررسی عملکرد محصول تحت تأثیر مدیریت کلشی در سیستم‌های مختلف تناوب قرار نگرفت، زیرا رطوبت ذخیره شده در روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به تبخیر سالیانه اندک بود. در صورتی‌که عملکرد دانه محصول تحت تأثیر روش‌های مختلف تناوب بود (Jones and Popham, 1997). بررسی‌های انجام یافته در وارا در استرالیا، در رابطه با فواید تناوب نخود-گندم نسبت به تناوب گندم-گندم حاکی از افزایش عملکرد دانه گندم به میزان ۴۰ درصد، پروتئین دانه گندم به میزان ۱۴ درصد بود. در همین بررسی بازده استفاده آب از ۹/۲ کیلوگرم دانه در هکتار به ازا یک میلی‌متر آب در سیستم تناوب گندم- گندم به ۱۱/۷ کیلوگرم دانه در هکتار در سیستم تناوب نخود- گندم افزایش نشان می‌دهد. در همین رابطه میزان ازت خاک در سیستم تناوب نخود-گندم افزایش قابل توجه‌ای داشت (Durutan, *et al*., 1968).

به منظور بررسی چگونگی تأثیر روش بی‌خاک‌ورزی و روش خاک‌ورزی متداول بر روی عملکرد بیولوژیکی و میزان ازت در تناوب حبوبات- غلات آزمایشاتی در آلبرتا در کانادا از سال ۱۹۸۶ الی ۱۹۹۲ در دو منطقه به مورد اجرا

گذاشته شد. تیمارها شامل دو دوره ۴ ساله تناوب با محصولات ثابت و روش‌های خاک‌ورزی متفاوت، ۴ تیمار تناوب‌های حبوبات – جو و تناوب جو- جو با تلفیق عملیات خاک‌ورزی و اعمال ازت بودند. بر اساس نتایج به دست آمده در تناوب حبوبات- جو، عملکرد محصول جو در روش بی‌خاک‌ورزی همانند عملکرد آن در تناوب جو- جو با اعمال کود ازت بود. در تناوب حبوبات- جو عدم استفاده از علفکش به دلیل رقابت علفهای هرز کاهش عملکردی به میزان ۲۴ درصد نسبت به روش‌های دیگر مشاهده شد. در کل تناوب بر اساس حبوبات موجب تولید ازت برابر با سیستم غلات-غلات در طی ۴ دوره تناوب شد (Izaurralde *et al*., 1978).

برای بررسی اثرات خاک‌ورزی، تناوب و کود شیمیایی، آزمایش مزرعه‌ای از سال ۱۹۸۸ لغایت ۱۹۹۴ در آب و هوای مدیترانه‌ای در اسپانیا به مورد اجرا گذاشته شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل بی‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی متداول و تناوبها شامل آیش- گندم، گندم- گندم، گندم- نخود، گندم- آفتابگردان و باقلا – گندم بودند. بر اساس نتایج، در سال‌های خشک عملکرد گندم در روش بی‌خاک‌ورزی از روش‌های دیگر بیشتر بود. بر عکس روش خاک‌ورزی متداول در سال‌های پر باران نتیجه بهتری داشت.

همچنین در این بررسی اثرات متقابل خاک‌ورزی و تناوب در سال‌های خشک معنی‌دار بوده به طوریکه به ترتیب تناوب نخود- گندم، باقلا- گندم، آیش- گندم نسبت به روش خاک‌ورزی متداول از عملکرد بالاتری برخوردار بودند (Lopez *et al.*, 1996). آزمایش دیگری در طول ۸ فصل زراعی به منظور بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی متداول در زمان‌های مختلف (زود- متوسط- دیر) و روش بی‌خاک‌ورزی در دو مرحله زمانی زود و دیر در تناوب غلات- حبوبات (عدس) در مرکز تحقیقات مناطق خشک ایکاردا به اجرا در آمد. نتایج حاصله حاکی از آن است که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی محصول (گندم و عدس) در سیستم بی‌خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری با روش متداول خاک‌ورزی نداشته ولی برتری روش بی‌خاک‌ورزی در تقلیل هزینه‌ها مشهود بود (Anonymous, 1992). دستاورد سایر محققین در رابطه با اثرات بلند مدت تناوب‌های زراعی مختلف و روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بیانگر افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم به میزان ۷۸٪ در روش خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم است (Mejahed and Sander, 1998). بررسی‌های انجام شده در جنوب آیداهو در امریکا نشان می‌دهد که استفاده از ادوات خاک‌ورزی که ته ساقه‌های

گندم را در روی خاک باقی می‌گذارند موجب افزایش رطوبت ذخیره شده در حدود ۴ سانتی‌متری خاک می‌شود. بررسی دیگری در کانادا نیز حاکی از ذخیره نزولات زمستانه به میزان ۳۷ درصد در اراضی که در آن‌ها ته ساقه‌های گندم موجود بوده می‌باشد (Brengle, 1982).

اثرات خاک ورزی بر عملکرد محصول در تناوب گندم – نخود در اراضی دیم آذربایجان شرقی بررسی شد. سیستم‌های خاک‌ورزی شامل ۱- شخم با گاوآهن برگرداندار + دیسک به عنوان خاک‌ورزی مرسوم ۲- شخم با گاوآهن قلمی+ دیسک به عنوان کم‌خاک‌ورزی ۳- پنجه غازی به عنوان کم خاک‌ورزی و۴- بدون خاک‌ورزی با بقایای محصول قبلی بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد گندم با پنجه غازی حاصل شد در صورتیکه بیشترین عملکرد نخود با روش بدون خاک‌ورزی با و بدون بقایا بدست آمد. عملکرد گندم و نخود در روش خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی به ترتیب ۱۴ و ۲۷ درصد بیشتر از خاک ورزی مرسوم بود (Hemmat and Eskandari, 2004).

در تحقیقی اثر پنج روش خاک‌ورزی برعملکرد و اجزا عملکرد گندم در تناوب گندم-گندم در یک خاک لومی رسی در شمال غرب ایران (آذربایجان شرقی) به مدت سه سال مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های

مختلف خاک‌ورزی اثر معنی‌دار بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم در ۲ سال داشته است. متوسط عملکرد گندم در سه فصل زراعی در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، گاوآهن قلمی، پنجه غازی، بدون خاک‌ورزی (با بقایای ایستاده) و بدون خاک‌ورزی (با بقایای کامل) به ترتیب ۱۰۰۰ ، ۱۱۰۰، ۱۲۰۰، ۱۳۰۰و ۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. متوسط عملکرد دانه گندم در روش خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی و بدون خاک‌ورزی (با بقایای کامل)، بطور معنی‌داری ۴۲-۲۵ درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار) بود. تعداد بوته در متر مربع در روش‌های خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی و بدون خاک‌ورزی به طور معنی‌داری افزایش یافت ولی تعداد دانه در خوشه و طول خوشه تنها در روش بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم افزایش یافت. روش‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری روی وزن هزار دانه نداشتند (Hemmat and Eskandari, 2006).

در آزمایشی طولانی مدت (۱۹ سال) اثر چهار روش خاک‌ورزی بر عملکرد محصول و خواص خاک در یک خاک لومی سیلتی در تناوب نخود سبز-گندم مطالعه شد. روش‌های خاک ورزی اولیه شامل (T1) گاوآهن برگرداندار در پاییز بعد از گندم و نخود (T2) روتیواتور در

پاییز بعد از گندم و پنجه غازی درپاییز بعد از نخود (T3) گاوآهن برگرداندار در بهار بعد از گندم و گاوآهن برگرداندار در پاییز بعد از نخود (T4) بدون خاک‌ورزی بعد از گندم و پنجه غازی در پاییز بعد از نخود بودند. نتایج حاکی از عدم اختلاف در عملکرد (نخود و گندم) در چهار روش خاک‌ورزی بود. از نقطه نظر فرسایش تیمارهای (T3) و (T4) نسبت به(T1) و (T2) برتری داشتند، زیرا پوشش سطحی در زمستان ایجاد کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که سیستم مرسوم شخم با گاوآهن برگردانـدار در پاییز بعد از نخود و گندم می‌تواند بدون کاهش عملکرد دیگر روش‌های خاک‌ورزی جایگزین شود (Pikul *et al*., 1993).

در تحقیقی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم و برخی خواص فیزیکی خاک در تناوب نخود – گندم در اراضی دیم استان همدان بررسی شد. سیستم‌های خاک‌ورزی شامل :T1- گاوآهن برگردانـدار+ دیسک به عنوان خاک‌ورزی مرسوم T2- گاوآهن قلمی + غلطک به عنوان کم خاک‌ورزی T3- هرس دوار عمودی(سیکلوتیلر)+ غلطک به عنوان کم‌خاک‌ورزی T4 - پنجه‌غازی + غلطک به عنوان کم خاک‌ورزی T5- کاشت مستقیم با عمیق‌کار به عنوان بی‌خاک‌ورزی بود.

نتایج نشان داد که اثر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ اب به خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و تیمار T2 کمترین جرم ویژه ظاهری و بیشترین سرعت نفوذ آب به خاک را در بین تیمارها داشت. نتایج سه ساله نشان داد که اثر روش‌های مختلف خاک ورزی بر عملکرد دانه و کاه معنی‌دار نبود. متوسط عملکرد دانه گندم در سه سال فصل زراعی برای تیمار T2 (۱۰۵۰کیلو گرم در هکتار)، T3 (۱۰۳۰ کیلو گرم در هکتار)، T4 (۹۸۲کیلو گرم در هکتار)، T5 (۹۷۴ کیلو گرم در هکتار) و T1 (۹۳۲ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج تحقیق نشان داد که سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی باعث افزایش جزیی در عملکرد دانه گندم نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شده است (حیدری، ۱۳۹۱).

بررسی‌های مختلف نشان داده است که روش خاک‌ورزی مرسوم با وجود مزایای مشخص و مهم، دارای مشکلاتی مانند هزینه‌ی بالای تهیه‌ی زمین، مصرف زیاد سوخت، افزایش آلودگی محیط زیست، کاهش مواد آلی خاک، برهم خوردن تسطیح خاک در اثر شخم و نیاز به تسطیح مجدد، متراکم ساختن خاک و نیاز به زمان طولانی و یا ناوگان گسترده‌ی ماشین‌ها و ادوات برای خاک‌ورزی می‌باشد که می‌توان در شرایطی با به‌کارگیری روش‌های

مناسب، مانند خاک‌ورزی کاهش یافته، این مشکلات را کاهش داد (Emmanuel, *et al.*, 2002). به موقع انجام نشدن عملیات کاشت در اثر کمبود ماشین‌ها باعث از دست رفتن بخشی از محصول و کاهش درآمد می‌شود (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). هدف از خاک‌ورزی صحیح فراهم آوردن محیطی مناسب برای جوانه‌زدن، رشد ریشه، کنترل علفهای هرز، کنترل فرسایش و رطوبت خاک، جلوگیری از رطوبت بیش از حد و کاهش استرس ناشی از کمبود رطوبت است. بزرگترین دگرگونی در روش‌های خاک‌ورزی تغییر جهت آن به سمت خاک‌ورزی حفاظتی بوده است. این تغییر جهت در پاسخ به نگرانی برای کاهش هزینه انرژی، فرسایش خاک، مصرف کود شیمیایی و علف‌کش‌ها، آلودگش آب‌ها و هزینه‌های انجام مجموعه عملیات بوده است (آسودار و سبزه زار، ۱۳۸۷، اسدی و افیونی، ۱۳۸۵). بیش از نیمی از انرژی مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی صرف خاک‌ورزی می‌شود. کم‌خاک‌ورزی با صرف انرژی کمتر، رژیم مطلوب‌تر فیزیکی وآبی را برای گیاه فراهم می‌کند و فعالیت میکروفلوری را که در سنتز هوموس شرکت دارد، افزایش می‌دهد (چاجی و همکاران، ۱۳۸۵).

استفاده از خاک‌ورزی مرسوم، عملیاتی زمان‌بر بوده و کشاورزان را با محدودیت زمانی درنظام دو کشتی مواجه می‌سازد. انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه، ثانویه، مرزکشی و نهرکنی به حداقل یک هفته پس از برداشت محصول اول و کاشت محصول دوم زمان نیاز دارد. این در حالی است که هر روز استقرار دیرتر از تاریخ توصیه کاشت محصول دوم (پس از برداشت محصول اول) موجب کاهش در عملکرد نهایی آن خواهد شد. خاک‌ورزی حفاظتی زمان آماده سازی بستر بذر را نسبت به روش مرسوم به یک پنجم تا یک دهم کاهش داده که علاوه بر مزایای اقتصادی این روش آماده‌سازی زمین، کشت پاییزه را نیز تسریع می‌بخشد (حبیبی اصل و دهقان، ۱۳۹۱).

هدف از خاک‌ورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی موجود در سطح خاک می‌باشد. هرگونه تلاش در کم کردن شدت و یا تعداد عملیات خاک‌ورزی، کاهش عمق شخم و یا سست و لق کردن خاک بدون زیر و رو (برگرداندن) کردن آن، خاک‌ورزی حفاظتی محسوب می‌گردد. در این سیستم بقایای محصول قبلی تماماً یا قسمتی از آن (پوشش حداقل ۳۰ درصد سطح خاک) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک

سطح خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار و کاهش فرسایش آبی می گردد. همچنین کاهش شدت برهم‌زدن خاک در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی از خردشدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودرشدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می‌گردد (Bertol, et al., 2004). در یک آزمایش تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر فاکتورهای فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی محصول چغندرقند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کمترین قطر متوسط کلوخه‌ها (MWD) مربوط به روش هرس بشقابی بود (شهربانونژاد و شریفی، ۱۳۸۱).

یک سیستم زراعی شامل بی یا کم خاک ورزی، تناوب و بازگشت بقایای گیاهی به خاک در سطح وسیع می‌تواند در مقایسه با روش های زراعی مرسوم، میزان بیوماس و تنوع فعالیت مایکرو فلور خاک را افزایش دهد (Bram *et al.*, 2007). خاک‌هایی که مقدار ماده‌ی آلی در آنها اندک است حساسیت زیادی به عملیات خاک‌ورزی پی در پی و شدید دارند (Free, 1960). عملیات خاک‌ورزی نامناسب، تشدید اکسیداسیون مواد آلی با شخم

متناوب، از بین بردن بقایای گیاهی و خشک شدن متوالی خاک از دلایل کاهش مواد آلی خاک هستند (Tisdall and Oades, 1982). خرد کردن بقایای گیاهی کشت قبلی و استفاده از سیستم های کم خاک ورزی باعث افزایش ذخیره رطوبتی در خاک، پایداری عملکرد گندم و همچنین کاهش هزینه خاک ورزی می‌شود (اسدی و افیونی، ۱۳۸۵، جوادی و شهیدزاده، ۱۳۸۵)

در صورت حفظ بقایای گیاهی پس از برداشت محصول، این بقایا بر اثر تجزیه میکروبی ۸۰٪ به دی اکسید کربن و ۲۰٪ آن به ماده آلی تبدیل می شود. ولی با سوزاندن بقایا ، ۶۰٪ آن دی اکسید کربن و ۴۰٪ دیگر خاکستر می شود با تجزیه میکروبی این ۴۰٪ خاکستر، ۳۲٪ دی اکسید کربن شده و تنها ۸٪ بقایای محصول به ماده آلی تبدیل می‌شود (Swan *et al.*, 1994). خردکردن و مخلوط کردن بقایای گیاهی ذرت و گندم با خاک در اثر گذشت زمان باعث افزایش کربن آلی خاک می‌شود. مواد آلی خاک حاصل تجزیه میکروبی ترکیبات گیاهی است. بقایای گیاهی ذرت به دلیل حجم زیاد و خشبی بودن آنها در تخلیه زمین و کاشت محصول بعد ایجاد مشکل می‌کنند و بنا بر این باید به طریقی خرد و با خاک مخلوط شوند. خرد کردن و اختلاط بقایا با خاک در حاصلخیزی، افزایش ماده آلی و

بهبود ساختمان خاک موثر است (حیدر پور و همکاران، ۱۳۸۹). بیشترین راندمان مصرف سوخت و انرژی به ترتیب از بکارگیری دیسک، رتیواتور، گاوآهن بشقابی و گاوآهن برگردان‌دار در عملیات تهیه بستر بذر به دست آمد (Kheiralla *et al.*, 2004). کنترل علف‌های هرز و گیاهان زراعی ناخواسته احتمالاً مفیدترین و گسترده‌ترین نقش خاک‌ورزی است (Stobbe, 1990). تجربه نشان داده است که در خاک‌هایی که دچار مشکلات خاصی مانند وجود لایه‌های سخت یا فشردگی زیاد نباشند و علف‌های هرز از راه‌های دیگری غیر از خاک‌ورزی کنترل شوند، معمولاً خاک‌ورزی باعث افزایش قابل توجه عملکرد نمی‌شود. همچنین تحقیقات در سال‌های اخیر بارها نشان داده‌اند که عملیات خاک‌ورزی در دفعات زیاد بندرت مفید است و اغلب علاوه بر اینکه پر هزینه و انرژی خواه هستند، اثرات منفی نیز دارند (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷).

با بررسی اثرات روش‌های مستقیم کاشت، بی‌برگردان‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد دانه گندم آبی در یک خاک لوم رسی مشخص شد که روش شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی‌متر می‌تواند جایگزین روش خاک‌ورزی مرسوم شود (همت و اسدی خشویی، ۱۳۷۶). بررسی روش‌های خاک‌ورزی مرسوم

(گاوآهن برگردان‌دار+ دیسک) وگاوآهن قلمی+ دیسک در شرایط با و بدون استفاده از ساقه خردکن ذرت در کشت گندم نشان داد که بیشترین عملکرد از روش خاک‌ورزی مرسوم+ ساقه خردکن به دست می‌آید (روزبه و همکاران، ۱۳۷۹). با مقایسه‌ی روش‌های خاک‌ورزی با پنجه‌غازی، دیسک و بی‌خاک‌ورزی تحت آبیاری شیاری بر روی گندم، مشخص شد که خاک‌ورزی با پنجه‌غازی بیشترین عملکرد را تولید می‌کند (Unger, 1977).

نتایج تحقیقات انجام شده در خاک‌های رسی شمال غرب مکزیک نشان داد که میزان مصرف بذر در روش کشت روی پشته ۶۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار و نصف مصرف بذر در روش مرسوم (پخش در سطح و یا کرگیت) است (Aquino, 1998). طی آزمایش دو ساله برای تعیین روش یا روش‌های مناسب تهیه زمین برای کشت گندم در بقایای برنج در استان خوزستان، مشخص شد که بین روشهای کم خاک‌ورزی، استفاده از دو بار هرس بشقابی در بقایای برنج ارجحیت دارد. با استفاده از هرس بشقابی بیش از ۴۰ درصد بقایا در سطح خاک باقی‌ماندند. همچنین درصد کاهش طول بقایا ۵۲ درصد و قطر متوسط کلوخ‌ها ۵۷ میلی‌متر بود که با رتیواتور در یک گروه قرار داشت (حبیبی اصل و گیلانی، ۱۳۹۰).

فصل سوم

سیستم‌های خاک‌ورزی

به طور کلی سیستم‌های خاک ورزی را می‌توان به دو دسته عمده خاک‌ورزی مرسوم و خاک ورزی حفاظتی تقسیم‌بندی کردد.

خاک‌ورزی مرسوم

عملیات خاک‌ورزی در اکثر مناطق ایران بوسیله گاوآهن برگردان‌دار و بدون وجود بقایای گیاهی انجام می‌شود. به کارگیری گاوآهن برگردان‌دار در کشاورزی ایران با ورود تراکتور در دهه ۴۰ خورشیدی بتدریج مرسوم و همچنان به عنوان رایج‌ترین وسیله مورد استفاده کشاورزان است.

توانایی این گاوآهن در برگرداندن خاک، این وسیله را به گونه‌ای چشمگیر از بقیه گاوآهن‌ها متمایز ساخته است. این وسیله قابلیت امکان دفن بقایای گیاهی را در عمقی پایین‌تر از عمق بستر بذر فراهم و با زیر و رو کردن خاک، هوادهی و مخلوط شدن مواد غذایی با لایه زیرین خاک، توسعه ریشه را امکان پذیر می‌سازد. برگرداندن خاک همچنین با دفن بذور علف‌های هرز تاثیر به سزایی در کاهش جمعیت علف‌های هرز در کشت محصول بعدی ایفا می نماید.

با وجود همه مزایایی که گاوآهن برگردان‌دار نسبت به بقیه گاوآهن‌ها دارد ولی استفاده دائمی از آن مخصوصا در مناطق خشک مشکلاتی را نیز به همراه داشته است. این مشکلات در بسیاری از مواقع بر مزایای آن پیشی گرفته و لزوم استفاده مداوم آنرا با مشکل مواجه ساخته‌است.

برخی از مشکلات خاک‌ورزی مرسوم

کلوخه‌ای شدن خاک

خشک بودن خاک در مناطق خشک به علت محدودیت منابع آب در زمان شخم از یک سو و نیاز به تسریع در کشت محصول بعدی از سوی دیگر موجب انجام عملیات خاک‌ورزی در رطوبت نامناسب می‌شود که این امر سبب

ایجـاد کلوخـه‌هـای بـزرگ و سـخت مـی‌گـردد. وجـود کلوخه‌های بزرگ و سخت بعد از انجام شخم یکی از موانـع کشت مکانیزه محصولات زراعی است.

نیاز به وقت و انرژی زیاد

اسـتفاده از گـاوآهـن برگـردان‌دار بـرای انجـام عملیـات خاک‌ورزی نیاز به وقت و انـرژی زیـاد دارد، یعنـی سـرعت انجام کار این گاوآهن کم و میزان مـصرف انـرژی آن زیـاد است. علاوه بر این در مناطق خـشک عملیـات آمـاده‌سـازی بـستر بـذر جهـت کـشت مکـانیزه محـصولات بـه علـت کلوخه‌های ایجاد شده بعد از شخم، زمان و انرژی مورد نیـاز برای تهیه بستر بذر را افزایش می‌دهد.

مطالعات انجام شده در منطقه ای از اصفهان در خاکی بـا رطوبت متوسط ۱۱ درصـد نـشان داد کـه شـخم بـا گـاوآهن برگردان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری و آماده‌سازی بـستر بـذر با ۲ بار دیسک زدن و کاشت با خطی کار با یک تراکتور بـا قدرت متوسط (MF-285) بـه ۲۵ لیتـر سـوخت و ۸ سـاعت زمان به ازای یک هکتار نیاز دارد. البته بایستی توجـه داشـت که معمولاً عملیات خاک‌ورزی بخصوص در فـصل تابـستان در رطوبت پایین‌تر انجام می‌گردد، که ایـن امـر زمـان انجـام خاک‌ورزی و سوخت مصرفی را افزایش می‌دهد.

هزینه زیاد

به طور متوسط حدود یک دوم تا یک سوم هزینه‌های عملیات ماشینی محصولات زراعی در ایران مربوط به عملیات خاک‌ورزی است. در صورت حذف یا کاهش این عملیات می‌توان به کاهش هزینه عملیات ماشینی کمک کرد.

تخریب ساختمان خاک

انجام عملیات خاک‌ورزی به روش رایج، کاری سنگین و پر هزینه است به طوری که حدود ۱۰۰۰ مترمکعب خاک توسط گاوآهن برگردان‌دار (به عمق ۲۰ و عرض کار ۱۰۰ سانتی متر) در یک ساعت جابجا می‌شود. این میزان جابجایی خاک برای شخم یک هکتار زمین زراعی حدود ۳۵۰۰ مترمکعب می‌باشد. انجام عملیات تکمیلی در آماده‌سازی بستر بذر (خاک‌ورزی ثانویه) و مبارزه با علفهای هرز(ماشین‌های وجین‌کن) نیز شدت عملیات خاک‌ورزی را افزایش می‌دهد که این امر در طی سالیان متوالی باعث تخریب ساختمان خاک و جلوگیری از تشکیل خاکدانه‌ها خواهد شد.

به هم‌زدن تسطیح زمین

استفاده از گاوآهن برگردان‌دار نیاز به راننده تراکتوری ماهر دارد، تا بتواند تنظیمات آن را رعایت کند. عدم رعایت این تنظیمات به مرور باعث به هم زدن تسطیح اراضی می‌شود. یکی از دلایل پایین‌بودن راندمان آبیاری، ناهمواریهای ایجاد شده در اثر استفاده از گاوآهن برگردان‌دار است. هر چند عملیات زراعی با گاوآهن برگردان‌دار شرایط فیزیکی مناسب از نظر تهویه و نگهداری آب را فراهم می‌سازد ولی آبیاری‌های سنگین که به علت عدم تسطیح اراضی و کلوخه‌ایی بودن سطح خاک قبل از رسیدن گیاه به مرحله توسعه ریشه صورت می‌گیرد شرایط فیزیکی ایجاد شده بعد از خاک‌ورزی را از بین برده و خاک به شرایط اولیه خود قبل از شخم برمی‌گردد.

مصرف زیاد آب

کمبود آب یکی از مشکلات زراعت در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. هر روشی که بتواند در حفظ رطوبت خاک و افزایش کارایی آبیاری کمک کند منجر به افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی در این مناطق خواهد شد. کاهش شدت تبخیر به خصوص در فصل تابستان، با

نگهداری بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک می‌تواند به حفظ رطوبت خاک کمک کند. خاک‌ورزی مرسوم به علت عدم امکان مدیریت بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک، شرایط محیطی را برای حفظ رطوبت خاک فراهم نمی‌سازد. شخم رایج، باعث آمدن خاک مرطوب زیرین به سطح و اتلاف رطوبت ذخیره شده خاک می‌گردد. همچنین افزایش زبری سطح خاک پس از عملیات خاک‌ورزی مرسوم عامل کاهش راندمان آبیاری می‌باشد.

فرسایش بادی و آبی

همانطورکه قبلا ذکر شد تهیه بستر کاشت به روش خاک‌ورزی مرسوم عملیاتی سنگین می‌باشد که باعث جابجایی زیاد ذرات خاک و پودر شدن آنها می‌گردد. خشک بودن خاک در فصل تابستان در مناطق خشک و شخم آن با گاوآهن برگردان‌دارباعث بوجود آمدن کلوخه‌های بزرگ می‌شود، نرم‌کردن این کلوخه‌ها جهت کشت مکانیزه نیاز به تردد زیاد ادوات خاک‌ورزی ثانویه دارد که منجر به پودرشدن ذرات خاک و جابجایی آنها با جریان باد می‌گردد که فرسایش بادی را به دنبال دارد. در

سال‌های اخیر به منظور تسریع در عملیات خاک‌ورزی ثانویه اقدام به واردات و ساخت کمبینات، روتوتیلر و سیکلوتیلر و ترویج آن در داخل کشور شده است ولی استفاده از این ادوات فعال به علت شرایط خشک خاک باعث افزایش شدت فرسایش بادی گردیده‌است و افزایش غبار محلی در هوای شهرهای مجاور این اراضی را به همراه داشته است. همچنین ذرات پودر شده خاک در سیستم خاک‌ورزی مرسوم در اثر آبیاری سطحی جابجا می‌شود و تجمع ذرات در قسمتهای گود زمین را به همراه دارد. این تجمع ذرات ریز سله بستن سطحی و فرسایش آبی را در مناطق شیب‌دار به دنبال دارد. فرسایش خاکهای زراعی در مناطق خشک باعث نابودی و غیر قابل استفاده بودن خاک برای نسل‌های آینده می شود.

ایجاد لایه سخت در کفه شخم

استفاده مداوم از گاوآهن برگردان‌دار در تهیه بستر بذر در یک عمق ثابت و تماس تیغه آن با این قسمت خاک به تدریج یک لایه سخت و غیر قابل نفوذ در زیر کف شخم ایجاد می‌گردد که ممکن است مشکلاتی در نفوذ و تغذیه ریشه گیاه ایجاد نماید شکستن این لایه سخت با

ادواتی نظیر زیر شکن بعد از چندین سال توصیه می‌گردد که هزینه اضافی در بر خواهد داشت.

کاهش مواد آلی خاک و آلودگی هوا ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی

بقایای محصولات زراعی معمولا توسط کشاورزان یا از مزرعه خارج می شوند یا مورد چرای دام قرار می گیرند و یا سوزانده می‌شوند. وجود بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی، کار با تراکتور جهت شخم را (به علت عدم درگیری مطلوب چرخ‌های عقب با خاک) مشکل می‌کند و حرکت تراکتور را مختل می‌سازد. کشاورزان برای رفع مزاحمت بقایای گیاهی، راحت‌ترین روش یعنی سوزاندن آنرا انتخاب می‌کنند.

سوزاندن بقایای گیاهی که یکی از منابع تأمین مواد آلی خاک می‌باشد. باعث فقیرتر شدن خاک مناطق خشک از مواد آلی و رسیدن میزان آن به کمتر از یک درصد در خاک‌های ایران شده‌است و به طور کلی آلودگی‌های زیست محیطی، تصادفات جاده‌ای و کاهش حاصلخیزی خاک از عوارض سوزاندن بقایای گیاهی است (شکل ۱).

شکل ۱- سوزاندن بقایای گیاهی محصول قبل در مزرعه

مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک

یکی دیگر از روش‌های خاک ورزی مرسوم، مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک است. معمولاً ابتدا بقایای گیاهی بوسیله دیسک یا ساقه خردکن به قطعات کوچکتر، خردشده و سپس با انجام عملیات شخم در زیرخاک مدفون می‌گردند (شکل۲). یکی از روش‌های مناسب جهت خردکردن بقایای گیاهی، استفاده از کمباین های مجهز به ساقه خردکن می‌باشد که هم‌زمان با عملیات برداشت محصول، بقایای گیاهی را خرده کرده و در سطح مزرعه توزیع می‌کند (شکل ۳). در صورتی‌که حجم بقایای گیاهی زیاد باشد و یا جهت مصرف دام مورد نیاز باشد می‌توان

قسمتی از بقایای گیاهی را از زمین خارج کرد. جهت این کار می‌توان حجم زیادی از بقایای گیاهی را که از پشت کمباین به روی سطح مزرعه می ریزد را بوسیله بیلر جمع آوری و سپس از مزرعه خارج نمود (شکل۴). از مزایای مخلوط‌کردن بقایای گیاهی با خاک ورزی مرسوم، افزایش درصد ماده آلی خاک، حفظ رطوبت خاک، افزایش دور آبیاری و جلوگیری از آلودگی محیط زیست است و از معایب این سیستم می‌توان به تردد زیاد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، افزایش هزینه خاک ورزی جهت تهیه بستر بذر و زمان طولانی موردنیاز جهت تهیه بستر بذر اشاره نمود (بویژه جهت کشت‌های متوالی که زمان کمی جهت تهیه بستر بذر وجود دارد).

شکل ۲- مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک

شکل ۳- کمباین مجهز به ساقه خردکن

شکل ۴- جمع آوری بقایای گیاهی بوسیله بیلر

با توجه به شرایط اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک و وجود مشکلاتی نظیر محدودیت منابع آب، فقیربودن خاک‌های این مناطق از مواد آلی و آسیب‌پذیر بودن ساختمان آنها و معایب دیگر اشاره شده در استفاده از خاک‌ورزی مرسوم، لزوم توجه به خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان یک سیستم جایگزین بایستی مورد توجه کشاورزان قرار گیرد.

خاک‌ورزی حفاظتی

خاک‌ورزی حفاظتی به هر گونه عملیات خاک ورزی و کاشت گفته می‌شود که پس از کاشت، حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک به وسیله بقایای گیاهی پوشیده شده باشد (شکل۵). از طرف دیگر تعدادی از محققین معتقدند که در خاک ورزی حفاظتی نیاز است تا حداقل به هم خوردگی خاک با در نظر گرفتن تولید پایدار و همچنین ماگزیموم کردن پوشش بقایای گیاهی در سطح خاک به وسیله مدیریت محصول و چراندن بقایا به وسیله دام را در نظر گرفت (Derpsch et al., 2014). در اثر استفاده از خاک ورزی حفاظتی، فرسایش آبی و بادی کاهش، درصد ماده آلی خاک افزایش، حفظ رطوبت خاک افزایش و هزینه عملیات خاک‌ورزی کاهش می‌یابد. در قبل از اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی بهتر است از تسطیح لیزری استفاده گردد و در صورت وجود تراکم خاک در مزرعه از زیرشکنی خاک استفاده شود.

انواع خاک‌ورزی حفاظتی

به‌طور کلی خاک‌ورزی حفاظتی را می‌توان به چهار گروه زیر استفاده تقسیم‌بندی کرد:

- بی خاک‌ورزی

- حداقل خاک ورزی
- کاهش خاک‌ورزی
- خاک‌ورزی پشته‌ای.

شکل ۵- باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح مزرعه

بی خاک ورزی

در روش بی خاک‌ورزی، خاک از زمان برداشت محصول قبلی تا کاشت محصول بعدی، دست نخورده باقی می‌ماند مگر جهت قراردادن بذر و کود در داخل خاک. در این روش کارنده مستقیماً وارد زمین شده و با ایجاد شکافی در داخل خاک، بذر و کود را در داخل خاک قرار می‌دهد. کنترل علف‌های هرز در روش بی‌خاک‌ورزی از طریق علف‌کش‌ها و در ابتدای کاشت انجام می‌شود ولی ممکن است از عملیات خاک ورزی نیز جهت کنترل علف های

هـرز اسـتفاده گـردد. بـی خـاک‌ورزی، نـوین‌تـرین سیـستم خاک‌ورزی در جهان است و روزبـروز بـر سـطح زیرکـشت محصولات با این روش افزوده می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱- مساحت زیر کشت بی خاک ورزی در کشورهای مختلف جهان (Friedrich *et al.*, 2012)

نام کشور	مساحت (هکتار)
آمریکا	۲۶/۵۰۰/۰۰۰
آرژانتین	۲۵/۵۵۳/۰۰۰
برزیل	۲۵/۵۰۲/۰۰۰
استرالیا	۱۷/۰۰۰/۰۰۰
کانادا	۱۳/۴۸۱/۰۰۰
روسیه	۴/۵۰۰/۰۰۰
چین	۳/۱۰۰/۰۰۰
پاراگوئه	۲/۴۰۰/۰۰۰
قزاقزستان	۱/۶۰۰/۰۰۰
بولیوی	۷۰۶/۰۰۰
اروگوئه	۶۵۵/۱۰۰
اسپانیا	۶۵۰/۰۰۰
اوکراین	۶۰۰/۰۰۰
آفریقای جنوبی	۳۶۸/۰۰۰

ادامه جدول ۲-

نام کشور	مساحت (هکتار)
ونزوئلا	۳۰۰/۰۰۰
فرانسه	۲۰۰/۰۰۰
زامبیا	۲۰۰/۰۰۰
شیلی	۱۸۰/۰۰۰
زولاند نو	۱۶۲/۰۰۰
فلاند	۱۶۰/۰۰۰
موزامبیک	۱۵۲/۰۰۰
انگلستان	۱۵۰/۰۰۰
زیمباوه	۱۳۹/۳۰۰
کلمبیا	۱۲۷/۰۰۰
دیگر کشورها	۴۰۹/۴۴۰
جمع	**۱۲٤,۷۹٤,۸٤۰**

حداقل خاک‌ورزی

در این روش خاک ورزی، جهت تهیه بستر بذر از حداقل عمیات خاک‌ورزی استفاده می‌شود. در این سیستم خاک‌ورزی به منظور کاهش انرژی مصرفی، حفظ ساختمان خاک و رطوبت خاک تعداد عملیات و یا شدت انجام عملیات کاهش می‌یابد. در این روش پس از کاشت، ۱۵ تا ۳۰ درصد سطح خاک با بقایای گیاهی پوشیده می‌شود.

کنتـرل علـف‌هـای هـرز بـا اسـتفاده از علـف‌کـش‌هـا و یـا خاک ورزی انجام می‌گیرد، ولـی در اواخـر دوره رشـد نیـز معمولاً از علف‌کش‌ها استفاده می شود.

کاهش خاک‌ورزی

استفاده از روش های خاک ورزی کـه باعـث کـم شـدن عملیـات خـاک‌ورزی نـسبت بـه روش خـاک‌ورزی مرسـوم گـــردد را کـــاهش خـــاک‌ورزی گوینـــد. در ایـــن روش خاک ورزی معمـولاً تعـداد و شـدت عملیـات خـاک‌ورزی نـسبت بـه خـاک‌ورزی مرسـوم کـاهش و بقایـای گیـاهی بـا خاک مخلوط می‌گردد. معمولاً جهت کنترل علف‌های هـرز از علف‌کش‌ها و در مراحل رشد محصول استفاده می‌شود.

خاک‌ورزی پشته‌ای

در ایـن روش خـاک ورزی، خـاک از زمـان برداشـت محصول تا زمان کاشت گیاه بعدی، بجز برای اضـافه نمـودن عناصر غذایی دست نخورده باقی می‌ماند. تهیه بستر بـذر در زمان کاشت و با استفاده از پنجه غـازی‌هـا، شـیار بـازکن‌هـا، کولتیواتورهـا و یـا ردیـف‌سـازها انجـام مـی‌شـود. کنتـرل علـف‌هـای هـرز معمـولاً بـا اسـتفاده از علـف‌کـش‌هـا و

کولتیواتورها انجام می‌گیرد. در روش خاک ورزی پشته‌ای، محل کاشت و قرار دادن بذر را از محیط اطراف آن، مرتفع‌تر می‌سازند. بطوری‌که پشته‌هایی به ارتفاع ۱۵-۱۰ سانتی‌متر ایجاد شده تا بعداً بذر در آن قرار گیرد (صلح جو، ۱۳۸۱). خاک مورد نیاز جهت ساخت پشته ها از سطح بین ردیف‌ها برداشته می شود و بقایای سرپا (ایستاده) را نیز جهت تسهیل در کاشت، خردکرده و به داخل جوی‌ها می‌ریزند. در زمان کاشت ابتدا خاک سطح بالایی پشته‌ها خراشیده و همراه با بقایای گیاهی به داخل جویچه‌ها ریخته شده و پس از آن عملیات کاشت انجام می شود. از مزایای روش خاک ورزی پشته‌ای می‌توان به کنترل فرسایش، بهبود وضعیت زهکشی و گرم شدن سریع‌تر خاک، کاهش تراکم خاک، حفظ رطوبت خاک و همچنین کاهش هزینه خاک ورزی جهت تهیه بستر بذر اشاره نمود (صلح جو، ۱۳۸۶ و Limon-ortega et al., 2006).

پوشش بقایای سطحی در روش‌های خاک ورزی حفاظتی موجب عایق شدن و کاهش دمای خاک در حین دوره گرم شدن می‌شود. این بدین معنی است که در اوایل فصل رشد، خنک‌تر بودن خاک، رشد گیاه را متوقف می‌کند ولی رطوبت ذخیره شده اضافی که از کاهش روان آب و تبخیر حاصل شده، می‌تواند بعداً رشد از دست رفته

گیاه را جبران کند. اما خاک‌های ریز بافت که برای مدت زیادی می‌توانند خیس باشند، در شرایط کم خاک‌ورزی و بقایای گیاهی زیاد در سطح خاک، اغلب شرایط رشد خوبی را تامین نمی کنند. بقایای سطحی در روش بی خاک ورزی، تبخیر را در دوره بارندگی کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، پیوستگی لوله های موئین بین سطح و خاک تحت الارض حفظ شده، بطوریکه حرکت آب به طرف پایین محدود نمی شود. ترکیب این دو عامل می تواند ذخیره رطوبت را در این روش افزایش دهد.

سیستم کاشت روی پشته‌های بلند و عریض[1]

یکی از روش‌های جدید کاشت، روش کاشت بر روی پشته های بلند و عریض است. در این روش عملیات کاشت روی پشته هایی به عرض ۹۰-۶۰ سانتی متر و به ارتفاع حدود ۳۰-۱۵ سانتی متر انجام می‌شود (شکل ۶). سیستم های کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض را می توان از سه دیدگاه اصلی مورد بررسی قرار داد:

۱- روش‌های خاک‌ورزی

۲- روش‌های آبیاری

---

[1]. Raised bed planting systems

۳- روش‌های مدیریت بقایای گیاهی

شکل ۶- سیستم کاشت روی پشته های بلند وعریض

روش‌های خاک‌ورزی

خـاک‌ورزی در روش کاشـت روی پـشته‌هـای بلنـد و عریض به دو حالت اصلی انجام می‌گردد:

- بستر بذر موقت یا سالیانه
- بستر بذر دائم

الف) بستر بذر موقت یا سالیانه

در روش کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض که بستر بذر موقتی است، پشته‌ها هر ساله پـس از برداشـت محـصول، تخریب شده و مجدداً جهت کاشت محصول بعـدی احـداث می‌شوند. در این سیستم خاک‌ورزی، تعداد تردد ماشین‌هـای

کشاورزی نسبت به حالت مرسوم کاهش پیدا می‌کند. این روش خاک‌ورزی به نوعی کاهش خاک‌ورزی است که در مجموع باعث کاهش هزینه های تولید می‌گردد.

ب) بستر بذر دائم

در روش کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض که بستر بذر به طور دائم استفاده می‌شود، پشته ها ثابت باقی مانده و نیازی نیست تا بازاء هر کشت، بستر بذر تخریب و مجدداً بازسازی گردد. بنابراین همه محصولاتی که در یک دوره تناوب کشت می‌گردند، بر روی یک بستر ثابت کاشته می‌شوند. این روش به دلایل ذیل دارای اهمیت است:

۱- امکان استفاده از روش های حداقل خاک ورزی و بی خاک ورزی در این روش کاشت

۲- کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه

۳- کنترل ترافیک و تراکم خاک در یک محدوده خاص از مزرعه

۴- امکان کاشت سریع محصول در بعد از برداشت محصول اولیه

۵- امکان کاشت سریع محصول در مزارعی که رطوبت خاک آنها زیاد است

۶- کاهش هزینه عملیات خاک‌ورزی

۷- جلوگیری از تخریب خاک در اثر کاربرد زیاد ماشین‌های کشاورزی و تردد آنها در مزرعه
۸- کنترل درصد زیادی از علف های هرز در زمان کاشت
۹- کاهش فرسایش آبی و بادی
۱۰- افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک

روش‌های آبیاری

در روش کاشت روی پشته‌های بلند و عریض، آبیاری در زمان کاشت به دو صورت زیر انجام می‌گردد:

- آبیاری قبل از کاشت (نم کاری)
- آبیاری بعد از کاشت (خشکه کاری)

الف) آبیاری قبل از کاشت (نم کاری)

آبیاری در این سیستم از طریق جویچه های قرار گرفته در بین پشته های بلند و عریض، و از طریق نشتی انجام می گیرد. در صورتیکه نخواهیم آبیاری را در قبل از کاشت انجام دهیم، ابتدا در صورت نیاز یک دفعه Re-shaped زده تا باعث شکل‌دهی مجدد پشته ها و جویچه‌ها گردد و سپس آبیاری مزرعه را انجام می دهند. در این حالت علف‌های هرز سبز شده و پس از گذشت حدود ۱۴-۱۰ روز، بوسیله کولتیواتور یا خاک ورز مرکب (شکل۷)

علف‌های هرز مزرعه را از بین برده و پس از آن کاشت محصول انجام می شود (صلح جو و دهقانیان، ۱۳۹۳). از مهم‌ترین ویژگی‌های روش کاشت بصورت نم کاری، عبارتند از:

۱- کنترل علف‌های هرز در زمان کاشت

۲- کاهش کلوخه‌های ایجاد شده در بستر بذر (شکل ۸)

۳- کاهش تلفات کود اوره در زمان کاشت به علت مرطوب بودن زمین و جذب بهتر آن

۴- زودتر سبزشدن محصول و یکنواختی آن

۵- کاهش نیروی کششی لازم جهت خاک ورزی و کاشت نسبت به خاک‌ورزی در شرایط خشک

۶- کاهش صدمات وارده به ماشین‌های خاک ورزی و کاشت

۷- امکان به تاخیر انداختن پس آبیاری حدود ۴۰-۳۰ روز پس ازآبیاری اول (خاک آب)

شکل ۷- خاک‌ورز مرکب مورد استفاده در روش کاشت روی پشته‌های بلند و عریض

شکل ۸- تهیه بستر مناسب بذر در بعد از استفاده از خاک ورز مرکب در روش نم کاری

ب) آبیاری بعد از کاشت (خشکه کاری)

در روش خشکه‌کاری، ابتدا کلیه عملیات خاک ورزی انجام گرفته و پس از کاشت، مزرعه آبیاری می‌گردد. مهمترین ویژگی‌های این روش عبارتند از:

۱- خردکردن بقایای گیاهی و کاشت بذر در بقایای گیاهی، راحت تر انجام می‌شود.
۲- در صورتیکه امکانات موردنیاز جهت کاشت محصول آماده نباشد می‌توان کاشت محصول را با تاخیر(پس از آماده کردن بستر بذر) انجام داد.
۳- عمق قرارگیری بذر کم و در حد نرمال است.

معایب استفاده از روش خشکه‌کاری

۱- عدم کنترل مناسب علف های هرز در زمان کاشت
۲- افزایش نیروی کششی تراکتور جهت تهیه بستر بذر
۳- افزایش تردد ماشین‌های کشاورزی در سطح مزرعه
۴- افزایش فرسایش و صدمات وارده به تراکتور و ماشین‌های کشاورزی
۵- افزایش کلوخه‌های ایجاد شده در بستر بذر
۶- دیرتر سبزشدن محصول
۷- افزایش تلفات کود اوره مصرفی در زمان کاشت

روش‌های مدیریت بقایای گیاهی

یکی از عوامل مهم در روش کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض نحوه برخورد با بقایای گیاهی محصول قبل می‌باشد. مهم‌ترین روش‌های برخورد با بقایای گیاهی در این روش به شرح ذیل می‌باشد:

۱- سوزاندن بقایای گیاهی
۲- مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک
۳- باقی گذاشتن بقایای گیاهی در مزرعه
۴- خارج کردن کامل بقایای گیاهی از مزرعه
۵- باقی گذاشتن قسمتی از بقایای گیاهی در مزرعه

یکی از مشکلات مزارع ایران، کاهش درصد ماده آلی خاک است. معمولاً درصد ماده آلی خاک در مزارع ایران کمتر از یک درصد است. لذا باید سعی کرد تا آنجا که ممکن است درصد ماده آلی خاک را افزایش داد تا ساختمان خاک و خصوصیات فیزیکی خاک بهبود یابد. یکی از روش‌های افزایش ماده آلی خاک، باقی گذاشتن بقایای گیاهی در مزرعه است. باقی گذاشتن بقایای گیاهی در مزرعه علاوه بر افزایش درصد ماده آلی خاک، باعث حفظ رطوبت خاک نیز می‌گردد.

مدیریت بقایای گیاهی یک پارامتر مهم در کشاورزی پایدار و عملکرد محصول می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در درازمدت، باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح مزرعه از یک طرف باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و از طرف دیگر باعث حفظ رطوبت خاک می‌گردد.

سوزاندن بقایای گیاهی نه فقط باعث عدم استفاده بهینه از بقایای گیاهی جهت مصرف دام و یا افزایش درصد ماده آلی خاک می شود بلکه باعث تخریب محیط زیست و آلودگی آن نیز می‌شود. فعالیت‌های کشاورزی بر روی خروج گازهای موثر در اثر گلخانه ای زمین مانند دی اکسیدکربن، متان و اکسیدهای نیتروژن تاثیر می‌گذارند. خروج گازهای فوق از سطح زمین در تغییرات آب و هوایی موثر بوده و باعث گرم‌تر شدن زمین می‌شوند. به طور کلی در اثر فعالیت‌های کشاورزی، خروج گازهای موثر در اثر گلخانه‌ای زمین ۱۴ درصد افزایش داشته است. یکی از گازهای موثر در اثر گلخانه‌ای زمین گاز دی اکسیدکربن است که حدود نیمی از اثر گلخانه‌ای زمین را به آن نسبت می‌دهند. یکی از عوامل مهم در افزایش میزان دی اکسیدکربن در اتمسفر جهانی، سوزاندن بقایای گیاهی است. جهت ترغیب کشاورزان به عدم آتش زدن بقایای گیاهی مزارع خود باید دید که به چه علت کشاورزان بقایای گیاهی را آتش می‌زنند. از مهمترین دلایلی که کشاورزان عنوان می‌کنند می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- مزاحمت بقایای گیاهی در زمان کاشت محصول بعدی

۲- فاصله زمانی کم جهت کاشت دو محصول در تناوب با یکدیگر

۳- زرد رنگ شدن محصولاتی که در بقایای گیاهی کاشته می شوند

۴- از بین بردن بعضی از آفات و بیماری ها

باتوجه به دلایل فوق که از طرف کشاورزان عنوان می‌گردد، باید در خاک ورزی حفاظتی به دنبال راه حل‌هایی گشت تا ضمن نگه داشتن بقایای گیاهی در مزرعه، مشکلات کشاورزان را نیز حل و یا به حداقل رساند. جهت کاهش مزاحمت بقایای گیاهی جهت کاشت محصول بعدی، تحقیقات مختلفی انجام و تحقیقات زیادی نیز در حال انجام است. باتوجه به نتایج بدست آمده می توان به موارد ذیل جهت کاشت در بقایای گیاهی اشاره نمود:

۱- استفاده از شیار بازکن های مناسب

۲- خرد کردن بقایای گیاهی

۳- مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک

۴- خارج کردن قسمتی از بقایای گیاهی از مزرعه

۵- کاشت در بقایای گیاهی ایستاده

معمولاً جهت کاشت در روش‌های خاک ورزی مرسوم که به همراه سوزاندن بقایای گیاهی همراه است از شیار بازکن‌های کفشکی استفاده می‌گردد که کارآئی لازم جهت کارکرد در بقایای گیاهی را ندارند. بهتر است جهت کاشت در بقایای گیاهی از شیار بازکن‌های دیسکی و بویژه

کنگره دار استفاده گردد. جهت کاهش ابعاد بقایای گیاهی که باعث کارکرد بهتر دستگاه‌های کارنده و همچنین تجزیه بهتر آنها در داخل خاک می‌شود پیشنهاد می‌گردد که از دستگاه‌های ساقه خردکن و بویژه دستگاه‌های ساقه خردکنی که روی کمباین‌ها نصب می‌گردد استفاده شود تا همزمان با عملیات برداشت محصول، بقایای گیاهی را نیز خرد کرده و در سطح مزرعه توزیع نماید. پیشنهاد می گردد جهت مخلوط‌کردن بقایای گیاهی با خاک، بقایای گیاهی بلافاصله پس از برداشت محصول خرد و با خاک مخلوط گردد. زیرا در زمان برداشت، هنوز خاک دارای یک رطوبت نسبی می‌باشد که می‌تواند به تجزیه شدن بقایای گیاهی و همچنین کلوخه‌ای نشدن بستر بذر کمک کند. در صورتی‌که حجم بقایای گیاهی زیاد باشد می‌توان با استفاده از بیلر قسمتی از بقایای گیاهی (بویژه بقایای خارج شده از پشت کمباین) را به خارج از مزرعه هدایت نمود. از دیگر مشکلات کشاورزان، زرد رنگ شدن محصولاتی است که در بقایای گیاهی کاشت می‌کنند. علت آن مصرف شدن نیتروژن بوسیله میکروارگانیزم‌ها خاک جهت تجزیه بقایای گیاهی است که باعث کم‌شدن نیتروژن خاک شده و گیاه جهت رشد با کمبود نیتروژن مواجه می شود و رنگ آن زرد می شود. جهت حل این مشکل باید همزمان با مخلوط کردن

بقایای گیاهی با خاک از کود نیتروژن نیز استفاده گردد تا نسبت C/N ثابت و در حدود ۱۰ به ۱ باقی بماند.

خاک‌ورزهای مرکب

در بعضی از مزارع کشاورزی اجرای عملیات خاک ورزی جهت تهیه بستر بذر با افراط همراه است. به نحوی که در بعضی از موارد فشردگی خاک به دلیل تکرار تردد تراکتور و ادوات (در مجموعه عملیات خاک ورزی ثانویه)، ممکن است عملاً اثر عملیات خاک ورزی اولیه را نیز خنثی نماید. بنابراین جهت کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، خاک ورزی های مرکب ساخته شد (شکل ۹).

در خاک ورزی مرسوم (سنتی) در ایران تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه بسیار زیاد است. به‌طوری‌که در بعضی از مزارع جهت تهیه بستر بذر جهت کاشت گندم از یک تا دو دفعه عملیات شخم، ۲ تا ۶ دفعه عملیات دیسک، ۱ تا ۲ دفعه عملیات لولر، یک دفعه کود پاشی و بذر پاشی، یک دفعه دیسک جهت مخلوط کردن بذر و کود با خاک، یک دفعه فاروئر، یک دفعه مرزبند و یک دفعه نهرکن استفاده می‌شود. بنابراین جهت تهیه بستر بذر مجموعاً در حدود ۱۵-۱۰ دفعه عبور ماشین های کشاورزی

در مزرعه انجام می‌گردد که باعث تخریب ساختمان خاک و تلفات زمانی جهت کاشت محصول بعدی می‌گردد.

شکل ۹- دستگاه خاک ورز مرکب

استفاده از خاک‌ورزهای مرکب که با یک یا دو بار عبور و با کاهش زمان بستر بذر را تهیه می‌کنند، بسیار حائز اهمیت است. بویژه در مزارعی که دو کاشت متوالی را داشته و زمان لازم جهت تهیه بستر بذر جهت کاشت دوم کوتاه باشد. بعضی از خاک‌ورزهای مرکب ساده و بعضی دیگر پیچیده، سنگین و گران هستند ولی در مجموع استفاده از آنها باعث کاهش هزینه ها، افزایش عملکرد و در نهایت افزایش درآمد کشاورزان می‌گردد.

مزایای استفاده از خاک ورزهای مرکب

خاک‌ورزهای مرکب از ترکیب خاک ورزهای اولیه، ثانویه و یا هردو تشکیل شده است. دستگاه‌های مختلفی به عنوان خاک ورز مرکب ساخته شده است که کارایی‌های

متفـاوتی دارنـد. بطـور کلـی مزایـای ذیـل جهـت اسـتفاده از خاک‌ورزهای مرکب در نظر گرفته می‌شود.

- کاهش زمان اجرای عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر
- کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی در سطح مزرعه
- حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک
- حفظ رطوبت خاک
- کاهش هزینه تهیه بستر بذر
- کاهش فرسایش خاک
- امکان انجام به موقع عملیات خاک‌ورزی

معرفی برخی از مهم‌ترین ماشین‌های مورد استفاده در خاک‌ورزی حفاظتی

خصوصیات برخی از دستگاه‌های کشت مـستقیم و سـایر ماشین های رایج و مورد استفاده و به طور کلی میـزان صـرفه جویی در مصرف برخی از نهاده‌ها در اثر اجـرای کـشاورزی حفـاظتی در جـداول ۲ الـی ۴ ارایـه شـده اسـت. بـر اسـاس بررسی‌های انجام گرفته ظرفیت کار بـا دسـتگاه‌هـای کـشت مستقیم در مناطق مختلف در حدود ۱ ساعت در هکتار اسـت که با توجه به حذف عملیـات‌هـای مرسـوم از جملـه: شـخم، دیسک، کودپاشی، کاشت و ... در کار با این دسـتگاه‌هـا در زمان انجام عملیات آماده‌سازی و کاشت مزرعه، در حدود ۹

ساعت صرفه جویی و به تبع آن مصرف سوخت مورد نیاز نیز حدود ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. البته با توجه به توان مورد نیاز دستگاه، ارتباط مستقیم بین کاهش زمان انجام عملیات و مصرف سوخت وجود ندارد.

خاک‌ورزهای مرکب (شکل ۱۱ و ۱۲)،گاوآهن قلمی (شکل ۱۳)،دیسک‌ها (شکل ۱۴) به دلیل عرض کار بیشتر وعمق کار کمتر از جمله ماشین‌های مورد نیاز برای اجرای روش‌های خاک ورزی حفاظتی با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی مورد نظر می باشند. ترکیب ادوات خاک ورزی مرکب را می‌توان مطابق با شرایط خاک منطقه انتخاب و بکار گرفت. بعنوان مثال: کاربرد گاو آهن های قلمی، دیسک ها بصورت دوبار عمود برهم وکاربرد خاک ورزهای مرکب (چیزل با تیغه‌های قلمی یا پنجه غازی + دیسک یا بدون دیسک + غلتک) در این‌گونه موارد توصیه می‌گردد.

شکل ۱۰- نمایی از دستگاه کشت مستقیم بلدان مدل ۵۰۰۰

جدول ۲- دستگاه کشت مستقیم بالدان

مدل	تعداد ردیف	عرض کار مفید (mm)	قدرت مورد نیاز (hp)	وزن دستگاه (kg)
۳۰۰۰	۱۶	۲۵۵۰	۷۵-۹۵	۳۳۷۵
۴۰۰۰	۲۰	۳۲۳۰	۹۵-۱۱۰	۳۹۷۰
۵۰۰۰	۲۴	۳۹۱۰	۱۱۵-۱۳۰	۴۵۲۵

با توجه به نوع و بافت خاک، مصرف سوخت در کار با دستگاه‌های کشت مستقیم بالدان و با استفاده از تراکتور نیوهلند بین ۳۰ تا ۴۰ لیتر در هکتار می‌باشد.

جدول ۳- مشخصات دستگاه کشت مستقیم آمازون ساخته شرکت تاکا

مدل	TAKA DMC 3000
عرض کار (متر)	۳
قدرت مورد نیاز (اسب بخار)	۱۳۰
تعداد ردیف های کاشت (واحد)	۱۶
فاصله ردیف های کاشت (سانتیمتر)	۱۸,۷۵
گنجایش مخزن بذر (لیتر)	۳۲۰۰
گنجایش مخزن کود (لیتر)	۱۰۰۰
وزن دستگاه خالی (کیلوگرم)	۴۸۰۰
طول دستگاه (سانتیمتر)	۷۵۰
عرض دستگاه هنگام حمل و نقل (سانتی‌متر)	۳۰۰
ارتفاع (سانتی متر)	۳۰۰

جدول ۴- میزان صرفه جویی در مصرف برخی از نهاده ها در اثر اجرای کشاورزی حفاظتی

صرفه جویی ها	کم خاک ورزی	بی خاک ورزی	متوسط
مصرف سوخت (لیتر در هکتار)	۴۰	۵۰	۴۵
مصرف آب(مترمکعب در هکتار)	۷۵۰	۲۰۰۰	۱۳۷۵
بذر(کیلوگرم در هکتار)	۳۰	۸۰	۵۵
کود(کیلوگرم در هکتار)	۲۰	۷۰	۴۵
تردد ماشین آلات(بار در هکتار)	۲	۶	۴
زمان(دقیقه در هکتار)	۱۷۰	۲۰۰	۱۸۵

شکل ۱۱- خاک ورز مرکب
(بالا: با تیغه پنجه غازی- پایین: با تیغه قلمی)

شکل ۱۲- خاک ورز مرکب
(چیزل با تیغه‌های پنجه غازی+ دیسک+ غلتک)

شکل ۱۳- گاوآهن چیزل با تیغه های قلمی

شکل ۱۴- دیسک سنگین

مدیریت علف‌های هرزدر سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی

افزایش جمعیت علف‌های هرز یکی از مشکلات عمده عنوان شده در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد. دانه‌های ریزش کرده از محصول قبلی و بذور علف‌های هرز موجود در لایه سطحی به علت عدم برگردان شدن خاک و قرارگیری در عمق مناسب به شرایط مساعدی برای سبزشدن دست می‌یابند. این مشکل در تناوب غلات با محصولات ردیفی در مناطق با نظام دوکشتی به علت ریزش بذور غلات از کمباین و قرار گرفتن در ترک‌های زمین بیشتر مشاهده می‌گردد. خطر غلبه علف‌های هرز در روش کم‌خاک‌ورزی که بقایای گیاهی با خاک سطحی مخلوط می‌گردند به علت قرارگرفتن بذور محصول قبلی و

علف‌های هرز دیگر در عمق مناسب نسبت به بی خاک-ورزی بیشتر می‌باشد. اگرچه کنترل علف‌های هرز از طریق مبارزه مکانیکی در محصولات ردیفی امکان‌پذیر می‌باشد لیکن معمولاً استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی انتخابی به خاطر سهولت درانجام عملیات بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد و اثرات زیست محیطی مخرب آن امروزه مورد توجه قرارگرفته است. در روش بی خاک ورزی مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز بوسیله کولتیوا تورهای مرسوم می‌تواند منجر به جمع شدن بقایای گیاهی در جلوی بازوی کولتیواتور شده و عمل وجین را مختل سازد. در این روش استفاده از عوامل خاک‌ورز فعال مابین ردیف‌های کاشت جهت مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز قابل توصیه می‌باشد. با توجه به کارهای انجام شده در دنیا روش‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز(IWM) نیز از جمله روش‌هایی است که برای مدیریت علف‌های هرز در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی پیشنهاد شده است.

روش‌های نوین خاک‌ورزی مناسب با شرایط اقلیمی کشور به عبارت دیگر خاک‌ورزی حفاظتی اعم از کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی در حفظ رطوبت خاک، بهبود مواد آلی خاک تا ۳۰ درصد، کاهش مصرف انرژی و هزینه به میزان دو برابر، و کاهش زمان عملیات، موثر

می‌باشند. تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف ایران با شرایط اقلیمی متفاوت نشان می‌دهد که کاربرد روش‌های خاک ورزی حفاظتی مانند روش‌های کم خاک ورزی شامل استفاده ازگاوآهن قلمی در عمق کمتر از گاواهن برگرداندار و یا استفاده از دیسک در عمق سطحی خاک عملکرد محصولی مشابه با کاربرد گاوآهن برگرداندار می‌دهد. علاو بر اینکه کاهش مصرف سوخت و هم چنین کاهش زمان انجام عملیات را به دنبال دارد. با توصیه و کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توان به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نظیر گندم و جو، سیب زمینی، ذرت و چغندرقند به میزان ۱۰ در صد در گندم دست یافت. نگهداری بقایای گیاهی مشخصه‌ای است که کشاورزی حفاظتی را از کشاورزی سنتی متمایز می نماید و همگی سیستم‌های کشاورزی حفاظتی نگهداری حداقل یک مقدار معینی از پوشش بقایای گیاهی را در سطح مزرعه شامل می‌گردد. در این سیستم عملکرد محصول به اندازه حالت سنتی خواهد بود.

خاک‌ورزی حفاظتی یک ماشین خاص نیست، یک سیستم است. سیستمی که در آن پس از عملیات خاک‌ورزی و بذرکاری محصول حداقل ۳۰٪ سطح خاک به وسیله بقایای قبلی پوشیده شده است و از مدیریت

برداشت محصول قبلی شروع می‌شود . هدف خاک ورزی حفاظتی افزایش بهره وریست. توقف و یا حتی معکوس نمودن روند فرسایشی خاک در سرتاسر جهان به‌منظور ارتقاء پایداری منابع طبیعی شامل زمین، آب و هوا، افزایش کمی و کیفی محصولات از طریق افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها و زمان و کاهش هزینه‌های تولید و بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان وخانواده آنها ازجمله اهداف کشاورزی حفاظتی است. برخی از مهم‌ترین مزایای خاک ورزی حفاظتی عبارتند از:

- کاهش تردد تراکتور و وادوات کشاورزی در مزرعه
- استفاده حداقل از ادوات و ماشین‌های کشاورزی و کاهش فرسودگی ادوات
- صرفه جویی در زمان انجام عملیات در مزرعه
- کاهش استهلاک و انرژی مصرفی(خاک ورزی حفاظتی مصرف سوخت را تا حدود ۳۰ لیتر در هکتار نسبت به خاک ورزی مرسوم کاهش می دهد).
- کاهش فشردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک از طریق کاهش تردد
- کاهش آلودگی محیط زیست از طریق جلوگیری از سوزاندان کاه و کلش

- افزایش مواد آلی خاک
- کاهش مشکل سله با بهبود مواد آلی خاک
- جلوگیری از عملیات اضافی سله شکنی
- کمک به پایداری خاکدانه‌ها
- افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک
- کاهش سرعت جریان آب به خصوص در آبیاری شیاری و فرسایش و شسته شدن خاک هنگام بارندگی
- کاهش دمای خاک و کاهش تبخیراز سطح خاک
- افزایش امکان نگهداشتن بیشتر رطوبت با ایجاد سطح غیر یکنواخت و ناهموار
- کاهش شسته شدن فسفر چسبیده به سطح خاک (فسفر چسبیده به سطح خاک به سادگی با روان آب سطحی حرکت می‌کند)
- بهبود راندمان مصرف آب برای مناطق دیم و آبی.

ضرورت‌های عملی در بکارگیری و اجرای خاک‌ورزی حفاظتی

- رعایت تناوب گیاهی مناسب
- توجه به شرایط خاک و محصول
- انتخاب ادوات مناسب

- نحوه کوددهی و سمپاشی
- مدیریت صحیح بقایای گیاهی
- ارزیابی پارامترهای اقتصادی- اجتماعی مرتبط با کشاورزی حفاظتی
- مدیریت صحیح آفات و بیماری‌های گیاهی
- اتخاذ کارنده مناسب و دیگر ادوات مورد نیاز این روش
- مدیریت صحیح مصرف کود
- انتخاب ارقام بذر مناسب با روش جدید
- مدیریت صحیح آبیاری
- عملیات کنترل علف‌های هرز مناسب
- رعایت سایر موارد مرتبط با مدیریت صحیح محصولات کشاورزی.

نکات ضروری برای کشاورزانی که تصمیم به کاشت مستقیم گندم پاییزه دارند

۱- قبل از تصمیم‌گیری نهایی از دسترس بودن کارنده کاشت مستقیم مناسب برای زمان مورد نظر خود مطمئن شوید. (در این روش قادر به کاشت در طیف وسیعی از رطوبت خاک خواهید بود و بارندگی های مختصر پاییزه توقف طولانی در کار کشت ایجاد نخواهد کرد.)

۲- قبل از اقدام بـه کاشـت مـستقیم وضـعیت مزرعـه توسـط کارشناس و یا کشاورزی که با این روش آشنایی دارد مـورد بازدید قرار گیرد. (حجم بقایای بجای مانده از محصول قبـل و وضـعیت تـسطیح زمـین بایـد در حـدی باشـند کـه امکـان کاشت مستقیم با دستگاه مورد نظر و آبیاری بعد از کـشت را فراهم نمایند.)

۳- در صورت تمایل به اجرای کاشت مستقیم گندم، به هیچ وجـه اقـدام بـه سـوزاندن بقایـای کـشت قبـل و یـا عملیـات خاک‌ورزی روی بقایا (دیسک، چیزل پیلـر، فـارو و ...) چـه قبل از کاشت و چه بعد از آن ننمایید.

۴- چنانچه از محصول قبل علف هرز قابل توجهی در سـطح مزرعه باقی مانده باشد، پیش از اقدام بـه کاشـت مـستقیم، در صورت تایید کارشناسـان از علـف‌کـش‌هـای عمـومی ماننـد گراماکسون برای کنترل آنها استفاده نمایید.

۵- در صورتی‌که کشت آبی انجام می دهید و یـا در منـاطق دیم کشت می‌کنید که پیش بینی باران قریب الوقـوع بعـد از کاشت را دارید، از قرارگیری کود و بذر در کنار هم نگـران نباشید. توجه داشـته باشـید کـه غالـب دسـتگاه هـای کاشـت مستقیم، کود و بذر را بطور همزمان در خاک قرار می دهنـد اما از لحاظ در کنار هم و یا جدا قرار دادن کود و بذر، میـان دستگاه های کاشت مستقیم تفاوت وجود دارد.

۶- مقدار بذر گندم مصرفی بسته به رقم بذر، تاریخ کاشت، نوع خاک و سایر عوامل تعیین و دستگاه برای کاشت میزان بذر محاسبه شده توسط فردی مجرب کالیبره گردد. باید توجه داشت که در مقایسه با روش مرسوم کاشت گندم، میزان مصرف بذر در روش کاشت مستقیم باید کاهش یافته باشد.

۷- با توجه به بالا تر بودن راندمان مصرف کود در روش کاشت مستقیم، حداکثر میزان کود مصرفی (کودهای ازته، فسفره و پتاسه) به اندازه روش مرسوم خواهد بود. از مزایای روش کاشت مستقیم گندم آن است که به‌دلیل عدم مخلوط شدن بقایا با خاک، تغییرات آنی در نسبت کربن به نیتروژن خاک بلافاصله پس از کاشت ظاهر نخواهد شد. لذا در صورت عدم وجود کود ازته در هنگام کاشت و یا ترس از چسبندگی و کلوخه‌ای شدن آنها در شرایط رطوبتی بالا و تولید مشکل برای دستگاه کاشت مستقیم، می‌توان از دادن کود پایه ازته در هنگام کاشت صرف‌نظر کرده و بعداً با صلاح‌دید کارشناس مجرب، این کمبود را در کود سرک جبران نمود.

۸- چنانچه بعد از اتمام عملیات کاشت (به دلیل رطوبت بسیار کم خاک) نیاز به آبیاری مزرعه باشد، حتماً مواظب روان آب‌های ناخواسته باشید و ترجیحا با رسیدن آب به

انتهای فارو، آب ورودی به مزرعه را قطع کنید. پس از سبز شدن مزرعه با این آب، برای آبیاری‌های بعد امکان افزایش زمان آبیاری وجود خواهد داشت. توجه داشته باشید که در روش کاشت مستقیم، بذر گندم از حداقل رطوبت خاک و حتی شبنم صبحگاهی برای جوانه زدن استفاده می‌نماید و نیاز به رطوبت چندانی تا مرحله سبز شدن ندارد.

۹- در کاشت مستقیم گندم، عملیات کود سرک و سمپاشی علف‌های هرز مطابق با عرف هر منطقه و مشابه روش مرسوم داشت گندم انجام خواهد گرفت.

۱۰- به دلیل پوشش سطح خاک بوسیله بقایا، تبخیر از سطح خاک در مقایسه با روش مرسوم ناچیز بوده و لذا قبل از اقدام به آبیاری مزارع کاشت مستقیم، بقایا را کنار زده و پس از اطمینان از خشکی لایه‌روئی خاک اقدام به آبیاری نمایند. توجه داشته باشید که آبیاری بیش از حد نیاز، نه تنها عملکرد را اضافه نخواهد کرد بلکه باعث کاهش آن نیز خواهد شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

جهت حفظ منابع خاک و آب و همچنین حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های خاک ورزی ضروری است تا از روش خاک ورزی حفاظتی جهت کاشت محصولات زراعی استفاده شود. در روش خاک‌ورزی حفاظتی، حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک حائز اهمیت است. جهت خاک‌ورزی حفاظتی از چهار روش بی خاک‌ورزی، حداقل خاک ورزی، کاهش خاک ورزی و خاک ورزی پشته‌ای استفاده می‌گردد. سیستم کاشت جهت خاک‌ورزی حفاظتی از خاک ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان دار) به سمت بی خاک‌ورزی در حال تغییر است. از عوامل مهم در خاک‌ورزی حفاظتی نحوه مناسب مدیریت بقایای گیاهی است که باتوجه به نوع محصول، تناوب، شرایط آب و هوایی، نوع خاک، حجم بقایا و امکانات در دسترس می‌توان از یکی از سه روش مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک، باقی گذاشتن کامل بقایای گیاهی در مزرعه و خارج کردن قسمتی از بقایای گیاهی در مزرعه استفاده کرد.

در روش خاک‌ورزی حفاظتی بهتر است شدت عملیات خاک‌ورزی وتعداد عملیات خاک‌ورزی کاهش یابد. به علت باقی‌گذاشتن بقایای گیاهی در سطح مزرعه نیاز است تا قبل از عملیات خاک‌ورزی از کود اوره جهت ثابت نگه

داشتن میزان نسبت کربن به ازت (C/N) استفاده گردد. در صورتی‌که در زمان کاشت، تماس مناسب بین بذر و خاک به علت وجود بقایای گیاهی در سطح خاک حاصل نشود بهتر است از چرخ‌های فشاردهنده در عقب کارنده ها استفاده گردد ودر صورت نیاز می‌توان بقایای گیاهی را در قبل از عملیات کاشت خرد نمود تا مشکلات بقایای گیاهی جهت کاشت محصول کمتر گردد. از آنجائی‌که وجود زیاد بقایای گیاهی در سطح خاک باعث کاهش دمای خاک و سرعت سبز شدن محصول می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد که در مناطق سردسیر حجم کمتری از بقایای گیاهی سطح خاک حفظ گردد و یا تاریخ کاشت آن زودتر از تاریخ کاشت مرسوم منطقه باشد.

منابع مورد استفاده

۱- اسدی، ا. و افیونی، د. ۱۳۸۵. کم خاک ورزی در روش کاشت بر روی پشته در تناوب گندم-ذرت علوفه ای. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز. تبریز. شهریور ۱۳۸۵.

۲- آسودار، م. ه. و سبزه زار، ه. ۱۳۸۷. خاک‌ورزی-ابزار و وسایل. ترجمه. چاپ شهر، صفحه ۳۴۴.

۳- الماسی، م.، ش. کیانی و ن. لویمی. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ چهارم. انتشارات جنگل. ۲۹۳صفحه.

۴- تاکی،ا.، اسدی،ا. و صلحی،م. ۱۳۸۸. خاکورزی حفاظتی در مناطق خشک و لزوم آن در کشاورزی پایدار. نشریه ترویجی خاک‌ورزی سازمان جهاد کشاورزی اصفهان.چاپ اول

۵- جوادی، ا. و شهید زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کاربرد یک ماشین مرکب جدید بر عملیات خاک‌ورزی ثانویه. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز. تبریز. شهریور ۱۳۸۵.

۶- چاجی، ح.، افشار چمن آبادی، ه. و جمیلی، ح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر چند روش خاک‌ورزی روی خواص فیزیکی خاک، بهره‌وری مصرف سوخت و عملکرد پنبه (یادداشت فنی). مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۲۶. جلد ۷. ص ۱۵۹-۱۷۴.

۷- حبیبی اصل، ج. و دهقان، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی پارامترهای فنی و زراعی روش‌های کاشت گندم با مقادیر مختلف بذر در جنوب خوزستان. نشریه علمی پژوهشی ماشین‌های کشاورزی. شماره ۱. جلد ۲. ص ۴۶-۵۷.

۸- حبیبی اصل، ج. و گیلانی، ع. ۱۳۹۰. بررسی روش‌های مختلف تهیه زمین برای کشت گندم پس از برنج در جنوب خوزستان. گزارش پژوهشی نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۹۰/۱۳.

۹- حیدر پور، ن.، احمدی خواه، ا. و واعظی، ب. اثر روش های مختلف خاکورزی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک در تناوب آیش – گندم در شرایط دیم نیمه گرمسیری. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک،۱۳۸۹. جلد۱۷.شماره ۴ .

۱۰- حیدری، ا. ۱۳۹۱. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم و برخی خواص فیزیکی خاک در تناوب نخود – گندم در اراضی دیم استان همدان. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. جلد (۴۳) ۲.

۱۱- روزبه، م.، م.ع. پوسکانی، م. شاکر و ا. ر. نیکزاد. ۱۳۷۹. تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در تناوب با ذرت. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۱۶۶.

۱۲- شهربانونژاد، م. و شریفی، ح. ۱۳۸۱. بررسی اثر زیرشکن بر عملکرد چغندرقند. گزارش پژوهشی نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۲۱۴. ص ۱۲.

۱۳- صادق نژاد، ح. ر. ۱۳۹۲. خاک‌ورزی پایدار. نشریه فنی شماره ۴۵، انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۱۴- صلح جو، ع. ا. ۱۳۸۱. گزارش دوره آموزش سیستم های کاشت بر روی پشته های بلند و عریض جهت تولید گندم آبی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۲۲ ص.

۱۵- صلح جو، ع. ا. ۱۳۸۶. تاثیر روشهای خاک ورزی و کاشت در سیستم کاشت بر روی پشته های عریض بر عملکرد گندم آبی. گزارش پژوهش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۸۶/۱۱۰۳، کرج، ۲۹ ص.

۱۶- صلح جو، ع. ا. و دهقانیان، س. ا. ۱۳۹۳. تاثیر مدیریت بقایای گیاهی و زمان انجام پی آب بر عملکرد گندم آبی در سیستم کاشت روی پشته های عریض. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۲، ۲۶-۱۵.

۱۷- کوچکی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی درمناطق خشک. ترجمه. نشر آموزش کشاورزی، کرج. ۹۴۲ صفحه. ص ۶۹۰-۶۸۸.

۱۸-محمدی گل، ر. ا. شریفی و جوادی، ا. ۱۳۹۲. خاک‌ورزی پایدار. نشریه فنی شماره ۴۵، انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۱۹-همت، ع. و ا. اسدی خشویی. ۱۳۷۶. اثرات روش‌های مستقیم کاشت، بی‌برگردان‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد دانه گندم پاییزه‌ی آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۱ :۳۳-۱۹.

18) Ahuja, L. R., Fiedler, F., Dunn, G. H., Benjamin, J. G., and Garrison, A. 1998. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 1228-1233.

19) Anonymous. 1992. Farm resource management program. Annual report for 1992. ICARDA. Allepo. Syria.

20) Aquino P., 1998. The Adoption of Bed Planting of Wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat Program Spitial Report. No. 17A.Economic Program.. CIMMYT. Mexico. PP 38.

21) Arshad, M.A., Franzluebbers, A. j., and Gill, K.S. 1999. Improving barley yield on an acidic Boralf with crop rotation, and zero tillage. Soil & tillage reseach. 50, 47-53.

22) Bram, G., Monica, M. ,Yusuke, U., Ken, D. S., Marco, L. G., Katrien, V., Luc, D. and Jozef, D. 2007. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. applied soil ecology 37(2007)18–30.

23) Brengle, K.C. 1982. Principles and practices of dryland farming. Colorado Associated university press. Boulder. Coloado 309.
24) Carter , L. M., and Colwiick, R. F. 1971. Evaluation of tillage systems for cotton production systems. Tran. ASAE. 14, 1116-1121.
25) Cassel, D. K., C. W. Raczhowski and H. P. Derton. 1995. Tillage effects on crop production and soil physical conditions. Soil sci: Soc. An. J. 59: 1436-1493.
26) Croissant, R. L., Schwartz, H. F., and Ayers, P.D. 1991. Soil compaction and tillage effects on dry been yields. J. Prod. Agric. 4, 461-464.
27) Derpsch, R., Franzluebbers, A. J., Duiker, S. W., Reicosky, D. C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W. G., Sa, J. C. M. and Weiss, K. 2014. Why do we need to standardize no-tillage research?. Soil and Tillage Research, 137: 16-22.
28) Durutan, N., Meyveci, K., Karaca, M. Avci, M., and Eyuboglu, H. 1990. Annual cropping under dryland in Turkey. The role of legumes in farming systems of Mediterranean areas. (A.E.Osman.M.H.Ibrahim.M.A.jones editors) Kluwer Academic Publishers.
29) Emmanuel, C., Canillas and Vilas M. Salokhe. 2002. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. Soil Till. Res. 65 Issue 2, PP. 221-230.
30) Erbach, D. C., Benjamin, J. G., Cruse, R. M., Elamin, M. A., Mukhtur, s. and choi, C. H. 1992. Soil and corn response to tillage with paraplow. Trans. ASAE. 35, 1347-1354.

31) Free. G. R., 1960. Minimum tillage for soil and water conservation. Agric. Eng. 41: 96-99.
32) Friedrich, T., R. Derpsch and A. Kassam. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. The Journal of Field Actions Science Reports, Especial Issue, 6: 1-7.
33) Hamblin, A. P. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. Adv. Agron. 38, 95-158.
34) Hemmat, A., and Eskandari, I. 2004. Tillage system effects upon productivity winter wheat-chickpea rotation in the northwest region of Iran. Soil & tillage Research. 78(11), 69-81.
35) Hemmat, A., and Eskandari, I. 2006. Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. Soil & tillage Research. 86, 99-109.
36) Hill, R. L. 1990. Long-term conventional and no tillage effects on selected soil physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 161-166.
37) Izaurralde, R.C., Choudhary, M., juma, G.N. McGill, W. B., and Haherlein, L. 1995. Crop and nitrogen yield in legume-based rotations practiced with zero tillage and low input methods. Agronomy Journal (USA). Sep-Oct.1995. 87 (5), 968-964.
38) Jones, O. R., and Popham, T.W. 1997. Cropping and tillage systems for dryland grain production in the southern high plains. Agronomy Journal. 89 (2), 222-232.
39) Kheiralla, A., F., Azmiyahya and W., Ishak. 2004. Modeling of Power and energy requirement for tillage implements operating in Sardang Sandy clay loam, Malay Sia. Siol and Tillage Research. Vol. 78 PP: 21-34.

40) Limon- ortega, A., B. Govaerts, J. Decker and K. D. Sagre. 2006. Soil aggregate and microbial biomass in a permanent bed wheat-maize planting system after 12 years. Field Crop Res. 97: 302- 309.
41) Lindstorm, M. J., and Onstad, C. A. 1984. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. J. Soil water conserve. 39, 149-152.
42) Logsdon, S. D., Allmaras, R. R., Swan, J. B., and Randall. G. W. 1990. Macroporosity and its relationship to saturated hydraulic conductivity under different tillage practies. Soil Sci. Soc. Am. J.54, 1096-1101.
43) Lopez-Bellido, L., M, Fuentes., Castillo, J.E., and E.J.Fernandez. 1996. Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rained Mediterranean condition. Agronomy Journal. 88 (5), 783-791.
44) Mejahed, E.I., and Sander, K. D. H. 1998. Rotation, tillage and fertilizer effects on wheat-based rain fed crop rotation in semiarid Morocco. Proceeding of third European conference on grain legumes. Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. Valladolid, Spain, 442-454.
45) Philips, R. E., and Kirkham, D. 1962. Soil compaction in the field and corn growth. Agron. J. 54, 29-34.
46) Pikul, Jr., J. L., Ramig, R. E., and Wilkins, D. E. 1993. Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat- pea rotation. Soil & tillage Research. 26, 151-162.

47) Singh, K. K., Colvin, T.S., Erbach, D. C., and Mughal, A. Q. 1992. Tilth index: an approach to quantifying soil tilth. Tran. ASAE. 35, 1777-1785.
48) Smith, S. E., and lilard, J. H. 1976. Development of no tillage cropping systems in virgina. Trans. ASAE. Vol. 19. No. 2. pp. 262-265.
49) Stobbe, E. H., 1990. Economic management of weeds under conservation tillage. PP. 5-15. In: weed problems and their economic management. SymPosium in the 12th Conf. Asian-Pacific weed Sci. Soc. Seoul, Republic of Korea, August 21-26, 1989. P. 174.
50) Swan, R.J., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. 1994. Long term tillage effects on soil quality. Soil and Till. Res. 32: 313-324.
51) Taylor, H. M., and Ratliff, L.F. 1969.. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. Soil. Sci. 108, 113-119.
52) Triplett, Jr.G.B., Vandoren Jr D.M., and Schmidt, B.L. 1968. Effect of corn straw mulch on no tillage corn yield and water infiltration. Agronomy Journal.60: 236-239.
53) Unger, P. W., 1977. Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. Agron. J. 69; 944-950.
54) Unger, P. W., and Jones, O. R. 1998. Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. Soil & tillage reseach. 45, 39-57.

55) Unger, P.W. 1978. Straw mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield. Soil Science Society of American Jouurnal.42: 486-491.

56) Unger, P.W., and Mccalla, T.M. 1980. Conservation tillage systems. Advances in Agrono.33: 1-58.

57) Voorhees, W.B., Farrell, D.A. and Larson, W.E., 1975. Soil strength and aeration effects on root elongation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39, 948–953.

58) Vyn, T.J., and Raimbault. B.A., 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. Agron. J. 85: 1074–1079.

59) Younesi Alamouti, M. and M. Navabzadeh, 2007. Investigation of plowing depth effect on some soil physical properties. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(24): 4510-4514.

60) Younesi Alamouti, M. and M. Navabzadeh, 2009, Traffic effects of two common tractors on some soil physical properties and crop yields in Iran. Journal of Agriculture, Biotechnology and Ecology 2(2): 102-110.

61) Younesi Alamouti, M. and P. Mohammadi. 2-15. Field Evaluation of some tillage practices in rainfed wheat planting: Their effects on crop yield components and implements GiGR Journal, Vol. 17, No. 2: 45-56.

62) Younesi Alamouti, M. Poura Mohammadi, and A. Jozeyan, 2015. Effects of conservation tillage practices in rainfed wheat planting on weed density and crop yield. Journal of Ecology, Environment and Conservation, Vol. 21, No. 1: 35-39.