

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
معاونت ترویج



موسسه تحقیقات  
فنی و مهندسی کشاورزی

# راهنمای خاک‌ورزی حفاظتی و کاربرد آن

نگارندگان:

محمد یونسی الموتی

علی اکبر صلح جو

احمد شریفی

ارژنگ جوادی

سیدرضا اشرفی زاده

اورنگ تاکی

۱۳۹۴

عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای خاک‌ورزی حفاظتی و کاربرد آن / مولف محمد یونس الموتی... 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	: فیبا
یادداشت	: مولف محمد یونس الموتی، علی اکبر صلح جو، احمد شریفی، ارژنگ جوادی، سیدرضا اشرفی زاده، اورنگ تاکی.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۶۹. موضوع: خاک -- حفاظت
موضوع	: خاک - فرسایش
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	: ۱۳۹۴ / ۲ / ۶۲۶ S۶۲۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۲۰۲۹۲
	: رده بندی دیویی: ۴ / ۶۳۱

ISBN 978-964-520-286-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۲۸۶-۴



## راهنمای خاک‌ورزی حفاظتی و کاربرد آن

**تک‌نویسندگان:** محمد یونس الموتی، علی اکبر 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 اکبری

**نوبت چاپ:** اول ۱۳۹۴

**شمارگان:** ۱۰۰۰ جلد

**قیمت:** ۸۰۰۰۰ ریال

**هماهنگی و آماده‌سازی چاپ:** معاونت ترویج - نشر آموزش کشاورزی

**حق چاپ © محفوظ**

**مسئولیت صحت مطالب با تک‌نویسندگان 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: ۰۲۶-۳۶۷۰۵۰۲۵

## 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 لقی 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 دست‌اندرکاران 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 پستی ۴۴۱۴-۳۱۸۵۸ و یا به آدرس ایمیل [nashreamozesh@yahoo.com](mailto:nashreamozesh@yahoo.com) ارسال فرمایند.

کاظم خاوازی

معاون ترویج

## فهرست مطالب

### فصل اول

۱ ..... مقدمه

### فصل دوم

۴ ..... مروری بر منابع

### فصل سوم

۲۳ ..... سیستم های خاک ورزی

۲۳ ..... خاک ورزی مرسوم

برخی از مشکلات خاکورزی مرسوم در اثر استفاده از گاوآهن

۲۴ ..... برگردان دار

۲۴ ..... کلوخه ای شدن خاک

۲۵ ..... نیاز به وقت و انرژی زیاد

۲۶ ..... تخریب ساختمان خاک

۲۷ ..... به هم زدن سطح زمین

۲۷ ..... مصرف زیاد آب

۲۸ ..... فرسایش بادی و آبی

۲۹ ..... ایجاد لایه سخت در کفه شخم

کاهش مواد آلی خاک و آلودگی هوا ناشی از سوزاندن بقایای

۳۰ ..... گیاهی

۳۱ ..... مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک

۳۴ ..... خاک ورزی حفاظتی

۳۴ ..... انواع خاک ورزی حفاظتی

۳۵ ..... بی خاک ورزی

۳۷ ..... حداقل خاک ورزی

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

## فصل اول

---

### مقدمه

خاک‌ورزی به آن دسته از عملیات 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 هر سال 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 معمولاً 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 صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها، 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 از خاک‌ورزی حفاظتی است که از مزایای آن می‌توان به کاهش فرسایش خاک، حفظ ساختمان خاک، افزایش ماده آلی خاک، حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های خاک‌ورزی 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 خاک‌ورزی 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 مسدود کردن 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 غالباً 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

شخم خورده و با فشردن خاک، باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود. نتیجه این عمل کاهش نفوذپذیری خاک، کم شدن توسعه ریشه‌های گیاه و کاهش عملکرد محصول است (Lindstorm and Onstad, 1984). اختلاف موجود در خواص فیزیکی خاک ناشی از روش‌های خاک‌ورزی، عموماً ناپایدار بوده و خلل و فرج ایجاد شده در اثر خاک‌ورزی پس از بارندگی یا آبیاری از بین می‌رود (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 نفوذپذیری بیشتر و خلل و فرج کمتر 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). مقاومت به نفوذپذیری یک معیار معمول برای سنجش مقاومت خاک است که افزایش آن، مانع رشد و توسعه ریشه گیاه می‌شود (Voorhees *et al.*, 1975, Taylor and Ratliff, 1969, Singh *et al.*, 1992). کاهش رشد گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد محصول به میزان مقاومت نفوذپذیری خاک بستگی دارد (Philips and Kirkham, 1962, Croissant *et al.*, 1991). مقاومت به نفوذپذیری در لایه

۱۰-۰ سانتی متری خاک، در مزرعه بدون خاک ورزی بیشتر از مزرعه‌ای بود که با گاو آهن قلمی خاک ورزی شده بود (Erbach *et al.*, 1992). بررسی میزان مقاومت به نفوذ پذیری در یک تناوب گندم-سورگوم نشان داد که مقاومت به نفوذ پذیری در کشت بدون خاک ورزی بیشتر از کم خاک ورزی است (Unger and Jones, 1998). وجود بقایای گیاهی در سطح خاک در روش بی خاک ورزی عامل اصلی در کنترل فرسایش خاک، دفع انرژی باران، کاهش آبدوی سطحی و افزایش نفوذ پذیری می باشد (Smith and Lilard, 1976). بقایای گیاهی در یک محیط اشباع از بخار آب می تواند ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن خود آب جذب کند، در صورتی که تحت همان شرایط مواد رسی فقط ۱۵ تا ۲۰ درصد آب جذب می نمایند (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 می تواند 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 اصلی ترین دلیل کاهش ذخیره باران در خاک، تولید کم بقایای گیاهی توسط محصولات دیم است (Unger, 1978).

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

در مناطق نیمه خشک جنوب دشت بزرگ در امریکا به منظور مقایسه بی خاک ورزی، مدیریت مالچ کلشی و تأثیر این روش ها در سیستم های تناوب آیش-گندم، گندم-گندم، ذرت خوشه ای و آیش-ذرت خوشه ای بررسی هایی 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 صورتی که 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 ازای 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 (Izaurrealde *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- 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 (Mejaded 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 می گذارند موجب افزایش رطوبت ذخیره شده در حدود ۴ سانتی متری خاک می شود. بررسی دیگری در کانادا نیز حاکی از ذخیره نزولات زمستانه به میزان ۳۷ درصد در اراضی که در آنها ته ساقه های گندم موجود بوده می باشد (Brengele, 1982).

اثرات خاک ورزی بر عملکرد محصول در تناوب گندم - نخود در اراضی دیم آذربایجان شرقی بررسی شد. سیستم های خاک ورزی شامل ۱- شخم با گاو آهن برگرداندار + دیسک به عنوان خاک ورزی مرسوم ۲- شخم با گاو آهن قلمی + دیسک به عنوان کم خاک ورزی ۳- پنجه غازی به عنوان کم خاک ورزی و ۴- بدون خاک ورزی 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 خاک ورزی با و بدون بقایا بدست آمد. عملکرد گندم و نخود در روش خاک ورزی با گاو آهن قلمی به ترتیب ۱۴ و ۲۷ درصد بیشتر از خاک ورزی مرسوم بود (Hemmat and Eskandari, 2004).

در تحقیقی اثر پنج روش خاک ورزی بر عملکرد 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 روش های

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

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

پاییز بعد از گندم و پنجه‌غازی در پاییز 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 پنجه‌غازی 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 برگرداندار 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 برگرداندار + دیسک به عنوان خاک‌ورزی مرسوم T2- گاوآهن قلمی + غلطک به عنوان کم‌خاک‌ورزی T3- هرس دوار عمودی (سیکلوتیلر) + غلطک به عنوان کم‌خاک‌ورزی T4 - پنجه‌غازی + غلطک به عنوان کم‌خاک‌ورزی T5- کاشت مستقیم با عمیق‌کار به عنوان بی‌خاک‌ورزی بود.

نتایج نشان داد که اثر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب 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 خاک‌ورزی بر عملکرد دانه و گاه معنی‌دار نبود. متوسط عملکرد دانه گندم در سه سال فصل زراعی برای تیمار T2 (۱۰۵۰ کیلو گرم در هکتار)، T3 (۱۰۳۰ کیلو گرم در هکتار)، T4 (۹۸۲ کیلو گرم در هکتار)، T5 (۹۷۴ کیلو گرم در هکتار) و T1 (۹۳۲ کیلو گرم در هکتار) بود. نتایج تحقیق نشان داد که سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی باعث افزایش جزیبی 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 خاک ورزی 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 و آبی را برای گیاه فراهم می‌کند و فعالیت میکروفلوری را که در سنتز هوموس شرکت دارد، افزایش می‌دهد (چاجی و همکاران، ۱۳۸۵).

استفاده از خاک ورزی مرسوم، عملیاتی زمان‌بر بوده و کشاورزان را با محدودیت زمانی در نظام دو کشتی مواجه می‌سازد. انجام عملیات خاک ورزی اولیه، ثانویه، مرزکشی و نهرکشی 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. خاک ورزی 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 آماده سازی زمین، کشت پاییزه را نیز تسریع می‌بخشد (حبیبی اصل و دهقان، ۱۳۹۱).

هدف از خاک ورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک ورزی و مدیریت بقایای گیاهی موجود در سطح خاک می‌باشد. هرگونه تلاش در کم کردن شدت و یا تعداد عملیات خاک ورزی، کاهش عمق شخم و یا سست و لقی کردن خاک بدون زیر و رو (برگرداندن) کردن آن، خاک ورزی 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 روش های خاک ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب دار و کاهش فرسایش آبی می گردد. همچنین کاهش شدت برهم زدن خاک در سیستم خاک ورزی حفاظتی از خرد شدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودر شدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می گردد (Bertol, et al., 2004). در یک آزمایش تاثیر روش های مختلف خاک ورزی بر فاکتورهای فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی محصول چغندر قند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که بین روش های مختلف خاک ورزی اختلاف معنی داری وجود ندارد. کمترین قطر متوسط کلوخه ها (MWD) مربوط به روش هرس بشقابی بود (شهربان نژاد و شریفی، ۱۳۸۱).

یک سیستم زراعی شامل بی یا کم خاک ورزی، تناوب و بازگشت بقایای گیاهی به خاک در سطح وسیع می تواند در مقایسه با روش های زراعی مرسوم، میزان بیوماس و تنوع فعالیت مایکرو فلور خاک را افزایش دهد (Bram et al., 2007). خاک هایی که مقدار ماده ی آلی در آنها اندک است حساسیت زیادی به عملیات خاک ورزی پی در پی و شدید دارند (Free, 1960). عملیات خاک ورزی 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 می شود (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 می شود (Swan *et al.*, 1994). خرد کردن و مخلوط کردن بقایای گیاهی ذرت و گندم با خاک در اثر گذشت زمان باعث افزایش کربن آلی خاک می شود. 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 می کنند 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، گاو آهن بشقابی و گاو آهن برگردان دار در عملیات تهیه بستر بذر به دست آمد (Kheiralla *et al.*, 2004). کنترل علف های هرز و گیاهان زراعی ناخواسته احتمالاً مفیدترین و گسترده ترین نقش خاک ورزی است (Stobbe, 1990). تجربه نشان داده است که در خاک هایی که دچار مشکلات خاصی مانند وجود لایه های سخت یا فشردگی زیاد نباشند و علف های هرز از راه های دیگری غیر از خاک ورزی کنترل شوند، معمولاً خاک ورزی باعث افزایش قابل توجه عملکرد نمی شود. همچنین تحقیقات در سال های اخیر بارها نشان داده اند که عملیات خاک ورزی 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 روش های مستقیم کاشت، بی برگردان ورزی و خاک ورزی مرسوم بر عملکرد دانه گندم آبی در یک خاک لوم رسی مشخص شد که روش شخم با گاو آهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی متر می تواند جایگزین روش خاک ورزی مرسوم شود (همت و اسدی خشویی، ۱۳۷۶). بررسی روش های خاک ورزی مرسوم

(گاو آهن برگردان دار+ دیسک) و گاو آهن قلمی+ دیسک در شرایط با و بدون استفاده از ساقه خردکن ذرت در کشت گندم نشان داد که بیشترین عملکرد از روش خاک ورزی مرسوم+ ساقه خردکن به دست می آید (روزبه و همکاران، ۱۳۷۹). با مقایسه‌ی روش‌های خاک ورزی با پنجه‌غازی، دیسک و بی خاک ورزی تحت آبیاری شیاری بر روی گندم، مشخص شد که خاک ورزی با پنجه‌غازی بیشترین عملکرد را تولید می کند (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 خاک ورزی، استفاده از دو بار هرس بشقابی در بقایای برنج ارجحیت دارد. با استفاده از هرس بشقابی بیش از ۴۰ درصد بقایا در سطح خاک باقی ماندند. 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 خاک‌ورزی را می‌توان به دو دسته عمده خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی تقسیم‌بندی کرد.

#### 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 می‌نماید.

با وجود همه مزایایی که گاوآهن برگردان‌دار نسبت به بقیه گاوآهن‌ها دارد ولی استفاده دائمی از آن مخصوصاً 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 ساخته است.

### 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

ایجاد کلوخه‌های بزرگ و سخت می‌گردد. وجود کلوخه‌های بزرگ و سخت بعد از انجام شخم یکی از موانع کشت مکانیزه محصولات زراعی است.

### نیاز به وقت و انرژی زیاد

استفاده از گاوآهن برگردان‌دار برای انجام عملیات خاک‌ورزی نیاز به وقت و انرژی زیاد دارد، یعنی سرعت انجام کار این گاوآهن کم و میزان مصرف انرژی آن زیاد است. علاوه بر این در مناطق خشک عملیات آماده‌سازی بستر بذر جهت کشت مکانیزه محصولات به علت کلوخه‌های ایجاد شده بعد از شخم، زمان و انرژی مورد نیاز برای تهیه بستر بذر را افزایش می‌دهد.

مطالعات انجام شده در منطقه ای از اصفهان در خاکی با رطوبت متوسط ۱۱ درصد نشان داد که شخم با گاوآهن برگردان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری و آماده‌سازی بستر بذر با ۲ بار دیسک زدن و کاشت با خطی کار با یک تراکتور با قدرت متوسط (MF-285) به ۲۵ لیتر سوخت و ۸ ساعت زمان به ازای یک هکتار نیاز دارد. البته بایستی توجه داشت که معمولاً عملیات خاک‌ورزی بخصوص در فصل تابستان در رطوبت پایین‌تر انجام می‌گردد، که این امر زمان انجام 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 گاواهن 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 هم زدن تسطیح زمین

استفاده از گاوآهن برگردان دار 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 می شود. یکی از دلایل پایین بودن راندمان آبیاری، ناهمواریهای ایجاد شده در اثر استفاده از گاوآهن برگردان دار است. هر چند عملیات زراعی با گاوآهن برگردان دار شرایط فیزیکی مناسب از نظر تهویه و نگهداری آب را فراهم می سازد ولی آبیاری های سنگین که به علت عدم تسطیح اراضی و کلوخه ای بودن سطح خاک قبل از رسیدن گیاه به مرحله توسعه ریشه صورت می گیرد شرایط فیزیکی ایجاد شده بعد از خاک ورزی را از بین برده و خاک به شرایط اولیه خود قبل از شخم برمی گردد.

### مصرف زیاد آب

کمبود آب یکی از مشکلات زراعت در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. 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

همانطور که قبلاً 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 برگردان‌دار باعث بوجود آمدن کلوخه‌های بزرگ می‌شود، نرم کردن این کلوخه‌ها جهت کشت مکانیزه نیاز به تردد زیاد ادوات خاک‌ورزی ثانویه دارد که منجر به پودر شدن 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 کمینات، 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 گردیده است 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 می‌شود.

### ایجاد لایه سخت در کفه شخم

استفاده مداوم از گاوآهن برگردان‌دار در تهیه بستر بذری 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 معمولاً توسط کشاورزان یا از مزرعه خارج می‌شوند یا مورد چرای دام قرار می‌گیرند 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 آنها 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 (شکل ۲). یکی از روش‌های مناسب جهت خرد کردن بقایای گیاهی، استفاده از کمباین‌های مجهز به ساقه خردکن می‌باشد که هم‌زمان با عملیات برداشت محصول، بقایای گیاهی را خرد کرده و در سطح مزرعه توزیع می‌کند (شکل ۳). در صورتی که 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 می‌ریزد را بوسیله بیلر جمع‌آوری و سپس از مزرعه خارج نمود (شکل ۴). از مزایای مخلوط کردن 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 مورد نیاز جهت تهیه بستر بذر اشاره نمود (بوژه 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، فقیر بودن 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 خاک‌ورزی و کاشت گفته می‌شود که پس از کاشت، حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک به وسیله بقایای گیاهی پوشیده شده باشد (شکل ۵). از طرف دیگر تعدادی از محققین معتقدند که در خاک‌ورزی 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 خاک‌ورزی 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:

- بی‌خاک‌ورزی

- حداقل خاک ورزی
- کاهش خاک ورزی
- خاک ورزی پشته‌ای.



شکل ۵- باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح مزرعه

### بی خاک ورزی

در روش بی خاک ورزی، 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 بی خاک ورزی از طریق علف کش‌ها و در ابتدای کاشت انجام می‌شود ولی ممکن است از عملیات خاک ورزی نیز جهت کنترل علف‌های

هرز استفاده گردد. بی خاک‌ورزی، نوین‌ترین سیستم خاک‌ورزی در جهان است و روزبروز بر سطح زیر کشت محصولات با این روش افزوده می‌شود (جدول ۱).

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

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

نام کشور	مساحت (هکتار)
۳۰۰/۰۰۰	ونزوئلا
۲۰۰/۰۰۰	فرانسه
۲۰۰/۰۰۰	زامبیا
۱۸۰/۰۰۰	شیلی
۱۶۲/۰۰۰	زولاند نو
۱۶۰/۰۰۰	فلاند
۱۵۲/۰۰۰	موزامبیک
۱۵۰/۰۰۰	انگلستان
۱۳۹/۳۰۰	زیمباوه
۱۲۷/۰۰۰	کلمبیا
۴۰۹/۴۴۰	دیگر کشورها
۱۲۴,۷۹۴,۸۴۰	جمع

### حداقل خاک ورزی

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

کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش‌ها و یا خاک ورزی انجام می‌گیرد، ولی در اواخر دوره رشد نیز معمولاً از علف‌کش‌ها استفاده می‌شود.

### کاهش خاک‌ورزی

استفاده از روش‌های خاک‌ورزی که باعث کم شدن عملیات خاک‌ورزی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم گردد را کاهش خاک‌ورزی گویند. در این روش خاک‌ورزی معمولاً تعداد و شدت عملیات خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم کاهش و بقایای گیاهی با خاک مخلوط می‌گردد. معمولاً جهت کنترل علف‌های هرز از علف‌کش‌ها و در مراحل رشد محصول استفاده می‌شود.

### خاک‌ورزی پشته‌ای

در این روش خاک‌ورزی، خاک از زمان برداشت محصول تا زمان کاشت گیاه بعدی، بجز برای اضافه نمودن عناصر غذایی دست نخورده باقی می‌ماند. تهیه بستر بذر در زمان کاشت و با استفاده از پنجه‌غازی‌ها، شیار بازکن‌ها، کولتیواتورها و یا ردیف‌سازها انجام می‌شود. کنترل علف‌های هرز معمولاً با استفاده از علف‌کش‌ها و

کولتیواتورها انجام می‌گیرد. در روش خاک ورزی پشته‌ای، محل کاشت و قرار دادن بذر را از محیط اطراف آن، مرتفع‌تر می‌سازند. بطوری که پشته‌هایی به ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتی‌متر ایجاد شده تا بعداً بذر در آن قرار گیرد (صلح جو، ۱۳۸۱). خاک مورد نیاز جهت ساخت پشته‌ها از سطح بین ردیف‌ها برداشته می‌شود و بقایای سرپا (ایستاده) را نیز جهت تسهیل در کاشت، خرد کرده 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 می‌شود. 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 (Limon-ortega et al., 2006 و ۱۳۸۶).

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 نمی‌کنند. بقایای سطحی در روش بی خاک‌ورزی، تبخیر را در دوره بارندگی کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، پیوستگی لوله‌های موئین بین سطح و خاک تحت الارض حفظ شده، بطوریکه حرکت آب به طرف پایین محدود نمی‌شود. ترکیب این دو عامل می‌تواند ذخیره رطوبت را در این روش افزایش دهد.

### سیستم کاشت روی پشته‌های بلند و عریض<sup>۱</sup>

یکی از روش‌های جدید کاشت، روش کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض است. در این روش عملیات کاشت روی پشته‌هایی به عرض ۹۰-۶۰ سانتی‌متر و به ارتفاع حدود ۳۰-۱۵ سانتی‌متر انجام می‌شود (شکل ۶). سیستم‌های کاشت بر روی پشته‌های بلند و عریض را می‌توان از سه دیدگاه اصلی مورد بررسی قرار داد:

۱- روش‌های خاک‌ورزی

۲- روش‌های آبیاری

<sup>۱</sup> . Raised bed planting systems



شکل ۶- سیستم کاشت روی پشته‌های بلند و عریض

### روش‌های خاک‌ورزی

خاک‌ورزی در روش کاشت روی پشته‌های بلند 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 پس از برداشت محصول، تخریب شده و مجدداً جهت کاشت محصول بعدی احداث می‌شوند. در این سیستم خاک‌ورزی، تعداد تردد ماشین‌های

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، پشته‌ها ثابت باقی مانده و نیازی نیست تا بازا هر کشت، بستر بذر تخریب و مجدداً بازسازی گردد. بنابراین همه محصولات 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 خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی 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 علف‌های 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 جویچه‌های قرار گرفته در بین پشته‌های بلند و عریض، و از طریق نشستی انجام می‌گیرد. در صورتیکه نخواهیم آبیاری را در قبل از کاشت انجام دهیم، ابتدا در صورت نیاز یک دفعه Re-shaped زده تا باعث شکل‌دهی مجدد پشته‌ها و جویچه‌ها گردد و سپس آبیاری مزرعه را انجام می‌دهند. در این حالت علف‌های هرز سبز شده و پس از گذشت حدود ۱۴-۱۰ روز، بوسیله کولتیواتور یا خاک‌ورز مرکب (شکل ۷)

علف‌های هرز مزرعه را از بین برده و پس از آن کاشت محصول انجام می‌شود (صلح جو و دهقانیان، ۱۳۹۳). از مهم‌ترین ویژگی‌های روش کاشت بصورت نم‌کاری، 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 سبز شدن 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 خاک‌ورزی و کاشت
- ۷- امکان به تاخیر انداختن پس‌آبیاری حدود ۳۰-۴۰ روز پس از آبیاری 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 خاک‌ورز مرکب در روش نم کاری

#### (ب) آبیاری بعد از کاشت (خشکه کاری)

در روش خشکه کاری، ابتدا کلیه عملیات خاک‌ورزی انجام گرفته و پس از کاشت، مزرعه آبیاری می‌گردد. مهمترین ویژگی‌های این روش عبارتند از:

- ۱- خرد کردن بقایای گیاهی و کاشت بذر در بقایای گیاهی، راحت تر انجام می شود.
- ۲- در صورتیکه امکانات موردنیاز جهت کاشت محصول آماده نباشد می توان کاشت محصول را با تاخیر (پس از آماده کردن بستر بذر) انجام داد.
- ۳- عمق قرار گیری بذر کم و در حد نرمال است.

### معایب استفاده از روش خشکه کاری

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

### روش های مدیریت بقایای گیاهی

یکی از عوامل مهم در روش کاشت بر روی پشته های بلند و عریض نحوه برخورد با بقایای گیاهی محصول قبل می باشد. مهم ترین روش های برخورد با بقایای گیاهی در این روش به شرح ذیل می باشد:

- 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 می شود. فعالیت های کشاورزی بر روی خروج گازهای موثر در اثر گلخانه ای زمین مانند دی اکسید کربن، متان و اکسیدهای نیتروژن تاثیر می گذارند. خروج گازهای فوق از سطح زمین در تغییرات آب و هوایی موثر بوده و باعث گرم تر شدن زمین می شوند. به طور کلی در اثر فعالیت های کشاورزی، خروج گازهای موثر در اثر گلخانه ای زمین ۱۴ درصد افزایش داشته است. یکی از گازهای موثر در اثر گلخانه ای زمین گاز دی اکسید کربن است که حدود نیمی از اثر گلخانه ای زمین را به آن نسبت می دهند. یکی از عوامل مهم در افزایش میزان دی اکسید کربن 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 می زنند. از مهمترین دلایلی که کشاورزان عنوان می کنند می توان 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 می گردد، باید در خاک ورزی حفاظتی به دنبال راه حل هایی 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 روش های خاک ورزی مرسوم که به همراه سوزاندن بقایای گیاهی همراه است از شیار بازکن های کفشکی استفاده می گردد که کار آئی لازم جهت کارکرد در بقایای گیاهی را ندارند. بهتر است جهت کاشت در بقایای گیاهی از شیار بازکن های 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 می‌گردد جهت مخلوط کردن 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 صورتی که 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 کم شدن نیتروژن خاک شده و گیاه جهت رشد با کمبود نیتروژن مواجه می‌شود و رنگ آن زرد می‌شود. 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.

### خاک ورزهای 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 ورزی‌های مرکب ساخته شد (شکل ۹).

در خاک ورزی مرسوم (سستی) در ایران تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه بسیار زیاد است. به طوری که 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 ماشین‌های 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 هزینه‌ها، افزایش عملکرد و در نهایت افزایش درآمد کشاورزان می‌گردد.

### مزایای استفاده از خاک‌ورزهای مرکب

خاک‌ورزهای مرکب از ترکیب خاک‌ورزهای اولیه، ثانویه و یا هر دو تشکیل شده است. دستگاه‌های مختلفی به عنوان خاک‌ورز مرکب ساخته شده است که کارایی‌های

متفاوتی دارند. بطور کلی مزایای ذیل جهت استفاده 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 مستقیم و سایر ماشین‌های رایج و مورد استفاده و به طور کلی میزان صرفه جویی در مصرف برخی از نهاده‌ها در اثر اجرای کشاورزی حفاظتی در جداول ۲ الی ۴ ارایه شده است. بر اساس بررسی‌های انجام گرفته ظرفیت کار با دستگاه‌های کشت مستقیم در مناطق مختلف در حدود ۱ ساعت در هکتار است که با توجه به حذف عملیات‌های مرسوم از جمله: شخم، دیسک، کودپاشی، کاشت و ... در کار با این دستگاه‌ها 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)، گاو آهن قلمی (شکل ۱۳)، دیسک‌ها (شکل ۱۴) به دلیل عرض کار بیشتر و عمق کار کمتر از جمله ماشین‌های مورد نیاز برای اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی مورد نظر می‌باشند. ترکیب ادوات خاک‌ورزی مرکب را می‌توان مطابق با شرایط خاک منطقه انتخاب و بکار گرفت. بعنوان مثال: کاربرد گاو آهن‌های قلمی، دیسک‌ها بصورت دوبار عمود برهم و کاربرد خاک‌ورزهای مرکب (چیزل با تیغه‌های قلمی یا پنجه غازی + دیسک یا بدون دیسک + غلتک) در این گونه 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	۱۳۰-۱۱۵	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.

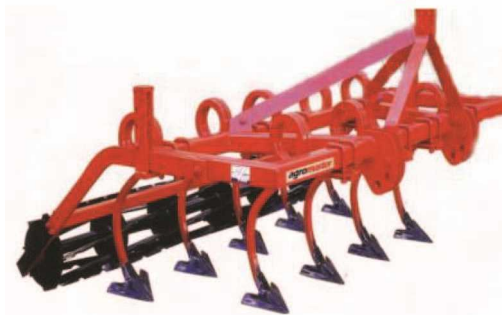
## جدول ۳- مشخصات دستگاه کشت مستقیم آمازون

## 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 (سانتی متر)	۳۰۰
ارتفاع (سانتی متر)	۳۰۰

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

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



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



شکل ۱۲- خاک ورنز مرکب  
(چیزل با تیغه‌های پنجه‌غازی + دیسک + غلتک)



شکل ۱۳- گاواهن چیزل با تیغه‌های قلمی



شکل ۱۴- دیسک سنگین

### مدیریت علف‌های هرز در 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 سبز شدن 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 قرار گرفتن 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 در انجام عملیات بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد و اثرات زیست محیطی مخرب آن امروزه مورد توجه قرار گرفته است. در روش بی خاک ورزی مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز بوسیله کولتیواتورهای 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 از گاوآهن قلمی در عمق کمتر از گاوآهن برگرداندار و یا استفاده از دیسک در عمق سطحی خاک عملکرد محصولی مشابه با کاربرد گاوآهن برگرداندار می‌دهد. علاوه بر اینکه کاهش مصرف سوخت و هم چنین کاهش زمان انجام عملیات را به دنبال دارد. با توصیه و کاربرد روش‌های خاک ورزی حفاظتی می‌توان به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نظیر گندم و جو، سیب زمینی، ذرت و چغندر قند به میزان ۱۰ درصد در گندم دست یافت. نگهداری بقایای گیاهی مشخصه‌ای است که کشاورزی حفاظتی را از کشاورزی سنتی متمایز می‌نماید 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.

خاک ورزی حفاظتی یک ماشین خاص نیست، یک سیستم است. سیستمی که در آن پس از عملیات خاک ورزی 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 بهره‌وری است. توقف و یا حتی معکوس نمودن روند فرسایشی خاک در سرتاسر جهان به منظور 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 و خانواده آنها از جمله اهداف کشاورزی حفاظتی است. برخی از مهم‌ترین مزایای خاک ورزی حفاظتی عبارتند از:

- کاهش تردد تراکتور و ادوات کشاورزی در مزرعه
- استفاده حداقل از ادوات و ماشین‌های کشاورزی و کاهش فرسودگی ادوات
- صرفه‌جویی 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 می‌دهد).
- کاهش فشردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک از طریق کاهش تردد
- کاهش آلودگی محیط زیست از طریق جلوگیری از سوزاندن 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 بارندگی‌های مختصر پاییزه توقف طولانی در کار کشت ایجاد نخواهد کرد.)

۲- قبل از اقدام به کاشت مستقیم وضعیت مزرعه توسط کارشناس و یا کشاورزی که با این روش آشنایی دارد مورد بازدید قرار گیرد. (حجم بقایای بجای مانده از محصول قبل و وضعیت تسطیح زمین باید در حدی باشند که امکان کاشت مستقیم با دستگاه مورد نظر و آبیاری بعد از کشت را فراهم نمایند.)

۳- در صورت تمایل به اجرای کاشت مستقیم گندم، به هیچ وجه اقدام به سوزاندن بقایای کشت قبل و یا عملیات خاک‌ورزی روی بقایا (دیسک، چیزل پیلر، فارو و ...) چه قبل از کاشت و چه بعد از آن ننمایید.

۴- چنانچه از محصول قبل علف هرز قابل توجهی در سطح مزرعه باقی مانده باشد، پیش از اقدام به کاشت مستقیم، در صورت تایید کارشناسان از علف‌کش‌های عمومی مانند گراماکسون برای کنترل آنها استفاده نمایید.

۵- در صورتی که کشت آبی انجام می‌دهید و یا در مناطق دیم کشت می‌کنید که پیش‌بینی باران قریب‌الوقوع بعد از کاشت را دارید، از قرارگیری کود و بذر در کنار هم نگران نباشید. توجه داشته باشید که غالب دستگاه‌های کاشت مستقیم، کود و بذر را بطور همزمان در خاک قرار می‌دهند اما از لحاظ در کنار هم و یا جدا قرار دادن کود و بذر، میان دستگاه‌های 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 به دلیل 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 ترجیحاً 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 خاک ورزی حفاظتی، حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک حائز اهمیت است. جهت خاک ورزی حفاظتی از چهار روش بی خاک ورزی، حداقل خاک ورزی، کاهش خاک ورزی و خاک ورزی پشته‌ای استفاده می‌گردد. سیستم کاشت جهت خاک ورزی حفاظتی از خاک ورزی مرسوم (شخم با گاو آهن برگردان دار) به سمت بی خاک ورزی در حال تغییر است. از عوامل مهم در خاک ورزی 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 خاک ورزی حفاظتی بهتر است شدت عملیات خاک ورزی و تعداد عملیات خاک ورزی کاهش یابد. به علت باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح مزرعه نیاز است تا قبل از عملیات خاک ورزی از کود اوره جهت ثابت نگه

داشتن میزان نسبت کرین به ازت (C/N) استفاده گردد. در صورتی که 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 کارنده‌ها استفاده گردد و در صورت نیاز می‌توان بقایای گیاهی را در قبل از عملیات کاشت خرد نمود تا مشکلات بقایای گیاهی جهت کاشت محصول کمتر گردد. از آنجائی که 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. خاک ورزی-ابزار و وسایل. ترجمه. چاپ شهر، صفحه ۳۴۴.
- ۳- الماسی، م. ش. کیانی و ن. لویمی. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ چهارم. انتشارات جنگل. ۲۹۳ صفحه.
- ۴- تاکی، ا.، اسدی، ا. و صلحی، م. ۱۳۸۸. خاکورزی حفاظتی در مناطق خشک و لزوم آن در کشاورزی پایدار. نشریه ترویجی خاک ورزی سازمان جهاد کشاورزی اصفهان. چاپ اول
- ۵- جوادی، ا. و شهید زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کاربرد یک ماشین مرکب جدید بر عملیات خاک ورزی ثانویه. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز. تبریز. شهریور ۱۳۸۵.
- ۶- چاجی، ح.، افشار چمن آبادی، ه. و جمیلی، ح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر چند روش خاک ورزی روی خواص فیزیکی خاک، بهره وری 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، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۹۰/۱۳.
- ۹- حیدر پور، ن.، احمدی خواه، ا. و واعظی، ب. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک در تناوب آیش - گندم در شرایط دیم نیمه گرمسیری. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۳۸۹. جلد ۱۷. 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 چغندر قند. 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. خاک ورزی 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 دهقانان، 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 در مناطق خشک. ترجمه. نشر آموزش کشاورزی، کرج. ۹۴۲ صفحه. ص ۶۸۸-۶۹۰.

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. Aleppo. Syria.
- 20) Aquino P., 1998. The Adoption of Bed Planting of Wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat Program Spatial Report. No. 17A. Economic Program.. CIMMYT. Mexico. PP 38.
- 21) Arshad, M.A., Franzluebbbers, 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. Colorado 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., Franzluebbbers, 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 Haerlein, 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. *Soil 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 practices. *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. Tilt index: an approach to quantifying soil tilt. *Trans. ASAE*. 35, 1777-1785.
- 48) Smith, S. E., and Lillard, J. H. 1976. Development of no tillage cropping systems in Virginia. *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 research*. 45, 39-57.

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

