تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۱۹/ شماره ۷۱/ پاییز و زمستان ۱۳۹۷/ص ۱۲۴-۱۰۹

مقایسه اقتصادی خاک‌ورزی حفاظتی با خاک‌ورزی مرسوم در تناوب گندم– پنبه

دادگر محمدی[1]* و صادق افضلی‌نیا[2]

۱ و ۲- به‌ترتیب: مربی بخش تحقیقات اقتصادی- اجتماعی و ترویج کشاورزی و دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۳۰

چکیده

این تحقیق در تناوب گندم-پنبه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب به‌مدت چهار سال اجرا و از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (بی‌خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) و چهار تکرار استفاده شد. در این تحقیق، روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر اقتصادی با هم مقایسه شدند. با برآورد هزینه‌ها و درآمدهای تیمارهای مختلف و با استفاده از روش ارزش کنونی خالص تغییرات بازده برنامه‌ای، سودمندترین تیمار انتخاب شد. در تصمیم‌گیری برای انتخاب شیوهٔ خاک‌ورزی مناسب، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد عملکرد گندم و پنبه در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در اکثر سال‌هایی که تحقیق ادامه داشته است، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، هزینه‌های تولید را به‌ترتیب ۵ و ۱۰ درصد کاهش داده‌اند. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، مصرف سوخت را به‌ترتیب به‌میزان ۶۰ و ۷۷ درصد کاهش داده‌اند. در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر افزایش چشم‌گیری دارد، به‌طوری‌که زمان عملیات تهیهٔ زمین در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب ۶۲ و ۷۴ درصد کاهش یافت. ارزش فعلی بازده برنامه‌ای در روش خاک‌ورزی مرسوم (۵۳۶۶۲ هزار ریال) نسبت به ارزش فعلی بازده برنامه‌ای در روش‌های کم‌خاک‌ورزی (۴۶۳۷۹ هزار ریال) و بی‌خاک‌ورزی (۳۸۱۴۹ هزار ریال) بیش‌ترین مقدار است. با لحاظ کردن مجموعه‌ای از عوامل در تصمیم‌گیری، اولاً عملکرد در واحد سطح (۰/۳۱۲)، هزینهٔ تولید (۰/۲۲۱) و مصرف آب (۰/۲۱۹) بیشترین وزن را در تصمیم‌گیری کشاورزان در انتخاب شیوهٔ خاک‌ورزی دارند و ثانیاً سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی در اولویت بالاتری قرار دارند.

واژه‌های کلیدی

بازده اقتصادی، کشت مستقیم، کم‌خاک‌ورزی، هزینهٔ تولید

مقدمه

بر اساس دیدگاه و مطالعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، منافع کشاورزی حفاظتی را می‌توان در سه گروه منافع اقتصادی، منافع زراعی و مزایای زیست‌محیطی خلاصه کرد. در زمینهٔ اقتصادی، کشاورزی حفاظتی به بهبود بهره‌وری تولید منجر می‌شود. سه مزیت اقتصادی کشاورزی حفاظتی عبارت‌اند از، صرفه‌جویی در زمان و در نتیجه کاهش نیاز به نیروی کار، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری به مفهوم دستیابی به ستاندهٔ بیشتر در مقابل نهادهٔ کمتر. در بعد زراعی، کشاورزی حفاظتی بهبود بهره‌وری خاک را به دنبال دارد. روی آوردن به کشاورزی حفاظتی منجر به حفاظت از خاک و آب می‌شود و ساختار خاک را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، به‌دلیل حفظ بقایای گیاهی در خاک، مادهٔ آلی خاک افزایش می‌یابد. کشاورزی

*نگارنده مسئول: mohammadi287@yahoo.com

http://doi: 10.22092/erams.2018.120687.1240

Archive of SID
www.SID.ir

حفاظتی همچنین با کاهش فرسایش خاک، بهبود کیفیت آب، بهبود کیفیت هوا، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش تنوع زیستی و ترسیب کربن (از طریق باقی گذاشتن پسماندهای گیاهی در خاک که پیش‌تر کربن موجود در هوا را جذب کرده‌اند)، منافع زیست‌محیطی و اجتماعی زیادی را به‌دنبال دارد. با اینکه آثار اقتصادی، زراعی و زیست‌محیطی بسیار فراوانی در کشاورزی حفاظتی دیده می‌شود، توسعهٔ آن با محدودیت‌هایی در جهان روبه‌روست که مهم‌ترین آنها فقدان آگاهی لازم در این زمینه است (Anon, 2015).

نتایج مطالعات در خصوص خاک‌ورزی حفاظتی نشان می‌دهند که نوع خاک‌ورزی بر عملکرد و مصرف نهاده‌ها تأثیر دارد و از این طریق موجب تغییر در ساختار هزینه و درآمد محصولات زراعی می‌شود (Roozbeh & Puskani, 2003; Zabolestani *et al.*, 2008; Mohammadi *et al.*, 2009; Fooladi-Vanda, 2010; Mousavi-Khorasani, 2010).

نتایج این مطالعات که عمدتاً درباره محصولات پاییزه و به‌ویژه گندم بوده، متفاوت است. در برخی از این مطالعات، خاک‌ورزی حفاظتی و به‌ویژه بی‌خاک‌ورزی موجب کاهش عملکرد محصول از جمله در گندم آبی (Hemat & Asadi-Khashoui, 1997; Sadeghnezhad & Eslami, 2006)، کلزا (Fuladivanda *et al.*, 2010) و جو آبی (Dehghanian & Afzalinia, 2012) شده است. در عین حال همین مطالعات و دیگر منابع نشان می‌دهند که در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی مصرف انرژی به‌طور معنی‌داری نسبت به روش مرسوم کاهش می‌یابد (Dehghanian & Afzalinia, 2012). کاهش مصرف انرژی عمدتاً از طریق کاهش مصرف سوخت و کاهش تردد ماشین‌آلات است (Dehghanian & Afzalinia, 2012; Rostami *et al.*, 2012; Zabolestani *et al.*, 2008). ضمن اینکه به‌دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک، میزان فرسایش خاک نیز کاهش یافته است (Zabolestani *et al.*, 2008). در برخی شرایط، اگر خاک‌ورزی حفاظتی با نگهداری ۲۵ تا ۵۰ درصد بقایای گیاهی محصول قبلی در مزرعه همراه باشد، باعث افزایش عملکرد محصول نیز می‌شود. این وضعیت در کشت ذرت دانه‌ای در تناوب با گندم مشاهده شده است. در شرایط کم‌خاک‌ورزی و نگهداری بقایا، باید مصرف کود نیتروژن‌دار در کشت ذرت افزایش یابد (Mousavi-Khorasani, 2010).

برخی محققان معتقدند تلفیق سیستم بی‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی مرسوم در تناوب‌هایی مانند جو- ذرت و استفاده از ادوات مناسب خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند از کاهش عملکرد جلوگیری کند (Asadi-Khashoui *et al.*, 2011). با تداوم استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی که منجر به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود، عملکرد محصولات زراعی با شرایط خاک‌ورزی مرسوم برابر و بعضاً بهتر هم می‌شود. این موضوع حداقل در تناوب چهار سالهٔ آفتاب‌گردان و گندم دیم مشاهده شده است (Shamabadi, 2010). در برخی مطالعات بین خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم تفاوتی در عملکرد و اجزای عملکرد گندم و ذرت مشاهده نشده ولی هزینه‌های تولید کاهش یافته است (Zabolestani *et al.*, 2008; Jafari *et al.*, 2012; Shahsavani & Afzalinia, 2012). در این شرایط، استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی برای بهره‌برداران اقتصادی است و می‌توان آن را جایگزین مناسبی برای خاک‌ورزی مرسوم تلقی کرد.

در منابع خارجی به آثار اقتصادی کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بیشتر توجه شده است. این مطالعات نیز بیشتر روی غلات و در تناوب با محصولات صیفی، به‌ویژه ذرت، بوده ولی نتایج آنها نیز متفاوت است (Hernanz *et al.*, 1995; Peruzzi *et al.*, 1996; Zentner *et al.*, 1996). نکتهٔ مشترک مطالعات این است که استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی موجب

Archive of SID

www.SID.ir

صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. برای مثال، روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در گندم و جو بین ۷ تا ۱۱ درصد و در ماش بین ۱۰ تا ۱۵ درصد صرفه‌جویی در انرژی را در پی داشته است (Hernanz *et al.*, 1995). این شرایط در تناوب گندم – ذرت (Peruzzi *et al.*, 1996) و کشت ارقام مختلف گندم (Zentner *et al.*, 1996) نیز مشاهده شده است. کاهش مصرف انرژی باعث شده تا هزینهٔ تولید در روش کم‌خاک‌ورزی ۱۳ تا ۲۴ درصد کمتر از هزینهٔ تولید در خاک‌ورزی معمول باشد. این رقم در عملیات بی‌خاک‌ورزی برای غلات ۶ تا ۱۷ درصد برآورد شده است (Hernanz *et al.*, 1995).

در مطالعات خارجی نیز اثر خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد محصول متفاوت است. هرناندز و همکاران (Hernanz *et al.*, 1995) اثر خاک‌ورزی حفاظتی را در چند محصول بررسی کردند و نتیجه گرفتند که عملکرد گندم زمستانه و ماش در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم اختلاف معنی‌دار ندارند ولی عملکرد جو بهاره در تیمار بی‌خاک‌ورزی کمتر است. در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، عملکرد محصول در تناوب گندم- ذرت به‌مقدار کمی کاهش می‌یابد (Peruzzi *et al.*, 1996). مقایسهٔ عملکرد گندم در روش بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در ایتالیا نشان داده است که روش بی‌خاک‌ورزی عملکرد گندم را افزایش و مقدار پروتئین و مصرف آب آن را کاهش می‌دهد (De vita *et al.*, 2007). بر پایهٔ تحقیقات کمودینی و همکاران (Kumudini *et al.*, 2008)، عملکرد دانهٔ ارقام گندم زمستانه در سیستم بی‌خاک‌ورزی کمتر است تا در خاک‌ورزی مرسوم. افضلی‌نیا و همکاران (Afzalinia *et al.*, 2011a) با بررسی اثر خاک‌ورزی حفاظتی در کشت پنبه دریافتند که خاک‌ورزی حفاظتی، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، باعث کاهش عملکرد پنبه به میزان ۱۵/۷ درصد می‌شود. افضلی‌نیا و همکاران (Afzalinia *et al.*, 2011b) گزارش داده‌اند که روش‌های کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم، در مقایسه با روش مرسوم، باعث کاهش عملکرد گندم به‌ترتیب به‌میزان ۳/۶ و ۸/۳ درصد می‌شود. به‌رغم واکنش متفاوت محصولات زراعی به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، نتایج اکثر تحقیقات بیانگر کاهش سوخت و انرژی مصرفی و افزایش راندمان انرژی در خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم است (Hernanz *et al.*, 1995; Peruzzi *et al.*, 1996; Zentner *et al.*, 1996)، اگرچه در برخی از این محصولات، صرفه‌جویی در مصرف سوخت، انرژی، هزینه‌های کارگری و کاهش استهلاک ماشین‌آلات، با افزایش هزینه‌های مبارزه با علف‌های هرز سربه‌سر می‌شود (Zentner *et al.*, 1996).

به‌دلیل یکسان نبودن آثار خاک‌ورزی بر تغییرات هزینه و درآمد در مزرعه، سود اقتصادی استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی نیز در هر سه حالت کاهشی (Hernanez *et al.*, 1995) افزایشی (Vaclav *et al.*, 2009) و ثابت (Peruzzi *et al.*, 1996) گزارش شده است. برخی محققان نتیجه‌گیری دقیق‌تر را به آزمایش‌های بیشتر منوط کرده‌اند (Zentner *et al.*, 1996; Unger, 1997). یوری (Uri, 2000) معتقد است که کشاورزان در هنگام پذیرش فناوری خاک‌ورزی حفاظتی امیدوار هستند که این روش در مقایسه با روش مرسوم سودآوری بیشتری داشته باشد ولی بررسی نتایج مطالعات در امریکا نشان می‌دهد که حداقل در کوتاه‌مدت، شواهد قوی مبنی بر افزایش عملکرد محصولات مختلف در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی وجود ندارد.

مجموعه نتایج تحقیقات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که منفعت اقتصادی ناشی از پذیرش خاک‌ورزی حفاظتی بستگی به مسائل مختلفی از جمله خصوصیات خاک، شرایط آب و هوایی، الگوی کشت و سایر عواملی دارد که بر محیط عملیاتی کشاورزان اثر می‌گذارد. از سوی دیگر، تغییر هزینه‌های نیروی کار، کود شیمیایی، سموم

Archive of SID

www.SID.ir

دفع آفات و بیماری‌ها، بذر و ماشین‌آلات نیز بستگی به شرایط و مکان مطالعه دارد و امکان نتیجه‌گیری عمومی در مورد هزینهٔ تولید نیز میسر نیست. بنابراین، اگرچه خاک‌ورزی حفاظتی موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک و باعث تبخیر کمتر و در نتیجه مصرف کمتر آب زراعی می‌شود (De vita *et al.*, 2007) ولی منافع اقتصادی آن به روشنی مشخص نیست و در مناطق و محصولات مختلف آثاری متفاوت داشته است. ضمن اینکه اجرای آن بر شرایط مزرعه هم اثر مثبت دارد و هم منفی، که هر یک در تصمیم‌گیری بهره‌برداران دخالت دارد. به‌همین دلیل در توصیهٔ این روش در محصولات و مناطق مختلف لازم است ارزیابی اقتصادی دقیقی از تأثیرات استفاده از این روش به‌دست آید. در این مطالعه، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) و مرسوم در تناوب گندم پنبه در شهرستان داراب از نظر اقتصادی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ در مزارع ایستگاه تحقیقاتی بختاجرد داراب اجرا شد و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در تناوب گندم- پنبه از نظر اقتصادی با هم مقایسه شدند. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از: ۱- کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب و کشت گندم با خطی کار و کشت پنبه با ردیف‌کار، ۲- کشت مستقیم گندم و پنبه (بی‌خاک‌ورزی) و ۳- خاک‌ورزی مرسوم و کشت گندم با خطی کار و کشت پنبه با ردیف‌کار به‌عنوان تیمار شاهد.

مزرعهٔ آزمایش در شروع تحقیق به‌صورت آیش بود و از این‌رو بقایایی اندک (بیشتر بقایای علف‌های هرز) در مزرعه وجود داشت. در تمام تیمارهای تحقیق، بقایای ایستادهٔ گندم در زمین حفظ شد (حدود ۲/۵ تن در هکتار) و بقایای خارج شده از انتهای کمباین به‌دلیل ایجاد مزاحمت برای ادوات خاک‌ورزی و کارنده، به بیرون از زمین برده شد. ضمن اینکه تمام بقایای پنبه (حدود سه تن در هکتار) به‌دلیل خشبی بودن و ایجاد مزاحمت برای کارنده، با ساقه خردکن پشت تراکتوری خرد و در کرت‌ها حفظ شد. در روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی)، قبل از کشت هیچ‌گونه خاک‌ورزی اجرا نشد و با یک بار حرکت مستقیم کار (اسفوجیا) در مزرعه، برنامهٔ کشت دنبال شد. در روش کم‌خاک‌ورزی، از یک دستگاه خاک‌ورز مرکب (پوتینگر) استفاده شد و خاک‌ورزی در یک مرحله به انجام رسید و پس از آن برای کشت گندم از خطی‌کار و برای کشت پنبه از ردیف‌کار استفاده گردید. در روش مرسوم، خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (یک بار) و دیسک (دو بار) اجرا و گندم با خطی کار و پنبه با ردیف‌کار کشت گردید.

مشخصات ادوات استفاده شده در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. تحقیق در کرت‌هایی به ابعاد ۶×۳۰ متر و فاصلهٔ حدود یک متر از هم صورت گرفت و گندم رقم چمران به‌مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در آذرماه و پنبه رقم بختگان به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار در نیمهٔ اول تیرماه در کرت‌ها کشت شد. میزان کود مصرفی بر اساس نیاز کودی مزرعه در سال‌های مختلف، متفاوت بود که تمامی کود فسفات (حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کود پتاس (حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و یک سوم کود اوره (حدود ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان کاشت و با کارنده به کرت‌ها داده شد و بقیهٔ کود اوره در دو مرحله به‌صورت سرک و با دست در مزرعه پخش شد. سایر عملیات زراعی شامل آبیاری (سطحی)، مبارزه با علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها یکسان بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات ماشین‌ها و ادوات به کار گرفته شده در این پروژه

نوع ادوات	مشخصات
گاوآهن	برگردان‌دار، چهار خیش و یک‌طرفه
دیسک	کششی، دارای دو گروه بشقاب و ۶ بشقاب در هر گروه
خاک‌ورز مرکب	خاک‌ورز مرکب پوتینگر (مرکب از چیزل، دیسک و غلتک)، سوارشونده و عرض‌کار ۳ متر
ردیف‌کار کشت مستقیم	ردیف‌کار سیماتو، ۴ ردیفه و با عرض‌کار ۳ متر
خطی‌کار کشت مستقیم	بذرکار-کودکار اسفوجیا، ۱۷ ردیفه، عرض‌کار ۳ متر و شیار بازکن دیسکی

برای انتخاب تیمار برتر، از دو روش ارزش کنونی خالص تغییرات بازده برنامه‌ای و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. در روش اول، سودمندترین تیمار صرفاً بر اساس معیارهای اقتصادی تعیین گردید. در این روش ابتدا بازده برنامه‌ای[1] هر تیمار در سال‌های مختلف محاسبه شد و تغییرات آن نسبت به تیمار شاهد برابر روابط ۱ و ۲ به‌دست آمد (Anon, 1988):

$$GM_i = TR_i + TVC_i \quad (۱)$$

$$\Delta GM_i = GM_i + GM_0 \quad (۲)$$

که در آنها،

GM_i= بازده برنامه‌ای تیمار iام؛ TR_i= درآمد ناخالص تیمار iام ؛ TVC_i= هزینه‌های متغیر تیمار iام؛ ΔGM_i= تغییرات بازده برنامه‌ای و GM_0= بازده برنامه‌ای تیمار شاهد.

برای محاسبهٔ بازده برنامه‌ای هر تیمار، درآمد ناخالص و هزینه‌های تولید تیمارها برآورد شد. درآمد حاصل از هر تیمار بر اساس میزان عملکرد محصول و قیمت واحد محصول محاسبه گردید. در تیمارهای مختلف هزینه‌های خاک‌ورزی، هزینهٔ سوخت و هزینهٔ کارگری متفاوت اما سایر هزینه‌ها در در تمامی تیمارها یکسان بود، از این‌رو هزینه‌های عملیات خاک‌ورزی، هزینهٔ سوخت و هزینهٔ کارگری برای تیمارهای مختلف در سال‌های مطالعه محاسبه و با هزینه‌های مشترک جمع شد.با توجه به اینکه منافع و هزینه‌های تیمارهای مختلف در تحقیق از نظر زمان متفاوت بوده و برای مدت چهار سال ادامه داشته است، نمی‌توان ارقام هزینه و منافع آنها را مستقیماً جمع کرد. در این‌گونه موارد لازم است ارقام منافع و هزینه‌ها با استفاده از یکی از روش‌های برابرسازی گردش نقدی، تنزیل و به یک مبدأ مشترک آورده شود. برای این‌منظور، با استفاده از روش ارزش کنونی و نرخ تنزیل ۱۵ درصد (معادل نرخ تسهیلات کشاورزی)، درآمدها و هزینه‌ها در سال‌هایی که تحقیق ادامه داشته است به سال شروع آورده شد. بر این اساس، مجموع ارزش کنونی خالص تغییرات بازده برنامه‌ای تیمارها نسبت به تیمار شاهد در سال‌های مختلف، برابر رابطه ۳ محاسبه شد (Soltani, 2007):

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} GM_i \left[\frac{1}{(1+i)^n}\right] \quad (۳)$$

که در آن،

$\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right]$= ضریب تبدیل ارزش آینده به حال؛ و NPV= مجموع ارزش کنونی خالص تغییرات بازده برنامه‌ای.

اندازه‌گیری متغیرها

عملکرد محصول: در پایان فصل، پس از حذف یک متر از بالا و پایین هر کرت و ۲ خط حاشیه وش پنبه در ۱۰ مترمربع از مساحت هر کرت برداشت و عملکرد پنبه در هکتار محاسبه شد. برای تعیین عملکرد گندم (بر حسب کیلوگرم در هکتار) نیز جمعاً ۱۰ مترمربع از مساحت هر

1- Gross Margin

Archive of SID
www.SID.ir

کرت برداشت شد (از قسمت‌های مختلف کرت به‌صورت تصادفی و با حذف حاشیه‌ها).

قیمت محصولات مختلف: در محاسبه درآمد ناخالص، قیمت گندم بر اساس قیمت تضمینی و قیمت پنبه بر اساس قیمت توافقی در منطقهٔ مورد مطالعه و در سال‌هایی در نظر گرفته شد که تحقیق ادامه داشت.

هزینهٔ سوخت: میزان سوخت مصرفی برای اجرای عملیات در هر تیمار به روش باک‌پر اندازه‌گیری شد و با توجه به مساحت کرت‌ها، مقدار مصرف سوخت در هر هکتار به‌دست آمد. هزینهٔ سوخت از حاصل‌ضرب میزان سوخت در قیمت گازوئیل محاسبه شد.

هزینهٔ ماشین‌آلات: هزینهٔ ماشین‌آلات شامل هزینهٔ کشت مستقیم، خاک‌ورز مرکب، شخم با گاوآهن برگرداندار، دیسک، لولر، کاشت گندم با خطی‌کار و کاشت پنبه با ردیف‌کار بر اساس عرف منطقه و بر حسب ریال به‌ازای هکتار برآورد شد.

هزینهٔ نیروی کار: مهم‌ترین عوامل ایجاد اختلاف در هزینهٔ کارگری خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در این تحقیق وجین علف‌های هرز در پنبه و تعداد دفعات استفاده از تراکتور (در نظر گرفتن راننده به‌عنوان کارگر) در مرحلهٔ خاک‌ورزی هر دو محصول است. با توجه به اینکه هزینه‌های خاک‌ورزی در این تحقیق به‌صورت اجاره‌بها در نظر گرفته شده، عملاً هزینهٔ راننده در اجاره بها مستتر است. هزینهٔ کارگری مربوط به وجین پنبه در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی متفاوت است که بر اساس تعداد روز نفر و حاصل‌ضرب آن در دستمزد روزانه محاسبه گردید.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در هر یک از تیمارهای خاک‌ورزی با استفاده از رابطهٔ ۴ محاسبه شد:

$$C_e = \frac{A}{T_t} \qquad (۴)$$

که در آن،

C_e= ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)؛ A= مساحت کار شده (هکتار)؛ و T_t= مدت‌زمان کل کار (ساعت).

تعیین اولویت تیمارها بر اساس معیارهای مختلف

مطالعات سال‌های اخیر نشان داده است که رفتار کشاورزان بر پایهٔ هدف‌های مختلف (نه فقط بر پایهٔ حداکثر سازی سود) شکل می‌گیرد. برای انتخاب نوع خاک‌ورزی، باید از روشی استفاده شود که بیشترین مطلوبیت را به همراه داشته باشد (Romero & Rehman, 1987). بر این اساس، در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] که یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDM)[2] است، رفتار کشاورزان نسبت به انتخاب نوع خاک‌ورزی بررسی شده است. اساس کار در این روش مقایسهٔ زوجی معیارها و گزینه‌هاست و در تصمیم‌گیری از یک ساختار سلسله مراتب درختی استفاده می‌شود. در هر ساختار حداقل سه سطح هدف، معیار و گزینه وجود دارد. برای تصمیم‌گیری لازم است وزن یا ضریب اهمیت هر یک از گزینه‌ها بر اساس مجموع معیارها تعیین شود. پس از آن، گزینه‌ها بر اساس ضریب اهمیت الویت‌بندی شوند (Ghodsypour, 2008). در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، دو گزینه با توجه به معیارهای مورد نظر با یکدیگر مقایسه می‌شوند و با استفاده از یک طیف خاص (طیف ساعتی)، ارزیابی کیفی محقق در مورد برتری یک گزینه بر گزینهٔ دیگر، به ارزیابی کمی تبدیل می‌شود. در این تحقیق، انواع روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم به‌عنوان گزینه و صفات مؤثر در انتخاب روش مناسب، به عنوان معیار مقایسه مطرح هستند. با استفاده از روش دلفی، معیارهای نهایی برای تصمیم‌گیری دربارهٔ اولویت‌بندی روش‌های خاک‌ورزی انتخاب شدند. این معیارها شامل عملکرد دانه، هزینهٔ تولید، مصرف آب، مصرف سموم، فرسایش، مصرف سوخت و مدت زمان عملیات ماشینی هستند.

1- The Analytic Hierarchy Process (AHP)
2- Multi Criteria Decision Making

Archive of SID

www.SID.ir

برای استخراج وزن گزینه‌ها و معیارها مراحل زیر طی گردید:

۱- ابتدا وضعیت برتری گزینه‌ها بر اساس هر معیار به‌صورت زوجی بررسی شد. این اطلاعات به‌صورت کمی یا کیفی از کشاورزان و کارشناسان گردآوری گردید.

۲- در مرحلهٔ بعد، ماتریس گزینه‌ها تشکیل شد. شکل عمومی این ماتریس به‌صورت زیر است:

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix}$$

۳- پس از تکمیل اطلاعات، ماتریس نرمال شد. به این‌منظور، مجموع اعداد هر ستون محاسبه و عدد موجود در هر سلول بر آن تقسیم شد. به این ترتیب ماتریس R به‌دست آمد. هر عضو این ماتریس (rij) از رابطهٔ ۵ محاسبه شد (Ghodsypour, 2008):

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \qquad r_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad (۵)$$

۴- سپس وزن هریک از گزینه‌ها و معیارها محاسبه گردید. به این ترتیب ضریب اهمیت هر گزینه و معیار با استفاده از رابطهٔ ۶ تعیین شد (Ghodsypour, 2008):

$$W_i=\frac{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}{n} \qquad (۶)$$

قبل از استفاده از Wi، باید نرخ سازگاری (CR) محاسبه شود. بنا به تعریف، چنانچه CR ≤ ۰/۱ باشد، مقایسه‌ها سازگاری لازم را دارند. برای محاسبهٔ CR[1]، ابتدا بردار مجموع وزنی (WSV)[2] و سپس بردار سازگاری (CV)[3] (با استفاده از روابط ۷ و ۸ محاسبه شدند (Ghodsypour, 2008):

$$WSV = A.W \qquad (۷)$$

$$CV=\frac{WSV}{W}=\frac{AW}{W} \qquad (۸)$$

شاخص سازگاری (CI)[4] در این حالت برابر است با (رابطه ۹):

$$CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \qquad (۹)$$

که در آن:

$$\lambda_{\max}=\frac{(CV)_i}{n} \qquad (۱۰)$$

از آنجا که همیشه این امکان هست که منطقی‌ترین انسان‌ها نیز در تکمیل ماتریس زوجی دچار خطای ذهنی شوند و ناسازگارترین انسان‌ها نیز در هر ماتریس N×N دارای مقداری سازگاری خواهند بود، با استفاده از اعداد تصادفی برای هر ماتریس یک شاخص سازگاری (RI)[5] استخراج می‌شود. پس از تعیین شاخص سازگاری تصادفی، با استفاده از رابطهٔ ۱۱ نرخ سازگاری ماتریس زوجی اولیه تعیین گردید:

$$CR=\frac{CI}{RI} \qquad (۱۱)$$

برای انتخاب معیارها، با توجه به عوامل مؤثر بر

1- Consistency Rate
2- Weighted Sum Vector
3- Consistency Vector
4- Consistency Index
5- Random Index

Archive of SID

www.SID.ir

پذیرش خاک‌ورزی حفاظتی از دیدگاه‌های کارشناسان و کشاورزان استفاده و محاسبات با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice دنبال شد.

نتایج و بحث

عملکرد گندم

نتایج مقایسه میانگین عملکرد گندم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد گندم در سال اول اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که خاک‌ورزی مرسوم بیشترین عملکرد گندم (۴۹۹۹ کیلوگرم در هکتار) و کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) کمترین عملکرد گندم (۳۵۶۹ کیلوگرم در هکتار) را دارد (جدول ۲). از سال دوم به بعد، اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر عملکرد گندم وجود ندارد و تمام تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. البته در دو سال از این سه سال نیز خاک‌ورزی مرسوم بیشترین مقدار عملکرد گندم و در سال سوم تیمار کشت مستقیم بیشترین مقدار عملکرد را داشته است. از طرف دیگر، عملکرد گندم در سال‌های مختلف نیز تفاوت داشته است (برای مثال میانگین عملکرد گندم در تمام روش‌ها در سال چهارم در مقایسه با سال دوم کاهش نشان می‌دهد) که دلیل آن تغییرات شرایط جوی در سال‌های مختلف است. با توجه به اینکه گندم محصولی شتوی است و در دورهٔ رشد خود، در مقایسه با محصولات صیفی، بیشتر تحت تأثیر بارندگی است. نبود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد گندم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سه سال آخر دورهٔ تحقیق و نزدیک بودن مقدار عملکرد گندم در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم، نشان می‌دهد که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند در تهیهٔ زمین و کاشت گندم در مناطق گرم استان فارس به‌کار روند.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین عملکرد گندم (کیلوگرم بر هکتار) در سال‌های مختلف دورهٔ تحقیق

تیمار	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	میانگین
خاک‌ورزی مرسوم	۴۹۹۹^{a}	۵۴۴۰^{a}	۳۸۷۸^{a}	۴۱۶۰^{a}	۴۶۱۹ ^{a}
کم‌خاک‌ورزی	۳۹۴۲^{b}	۴۹۴۰^{a}	۳۸۶۵^{a}	۳۴۸۹^{a}	۴۰۵۹^{a}
بی‌خاک‌ورزی	۳۵۶۹^{b}	۵۲۵۰^{a}	۴۰۱۵^{a}	۲۷۱۰^{a}	۳۸۸۶^{a}
میانگین	۴۱۷۰^{b}	۵۲۱۰^{a}	۳۹۱۹^{b}	۳۴۵۳^{C}	

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
در ردیف آخر (میانگین)، میانگین هر سال با میانگین سال‌های دیگر مقایسه شده است.

عملکرد پنبه

نتایج مقایسهٔ میانگین عملکرد پنبه در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نشان می‌دهد که به غیر از سال دوم، در دیگر سال‌ها تمام میانگین‌ها در یک کلاس آماری قرار دارند و اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (جدول ۳). میانگین چهار سالهٔ عملکرد پنبه در روش‌های مختلف خاک‌ورزی با هم اختلاف معنی‌دار ندارند. از طرف دیگر، مقایسهٔ عملکرد پنبه در سال‌های مختلف نشان می‌دهد که میانگین عملکرد پنبه در سال‌های مختلف با هم اختلاف دارند که دلیل اصلی آن تفاوت شرایط اقلیمی در سال‌های مختلف است. پنبه گیاهی است تابستانی و در سال‌های مختلف، در مقایسه با گندم، کمتر تحت تأثیر شرایط اقلیمی بوده است.

بیشترین عملکرد پنبه (۳۴۸۷ کیلوگرم در هکتار) در سال سوم و کمترین آن (۲۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) در سال اول به‌دست آمده است. در اکثر سال‌های دورهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق، تیمار کم‌خاک‌ورزی و تیمار کشت مستقیم پنبه عملکردی نزدیک به عملکرد تیمار خاک‌ورزی مرسوم و حتی در برخی موارد بیشتر از عملکرد این تیمار داشته‌اند که نشان می‌دهد می‌توان روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی را به‌جای خاک‌ورزی مرسوم در مناطق گرم استان فارس اجرا کرد.

جدول ۳ – مقایسهٔ میانگین عملکرد پنبه (کیلوگرم بر هکتار) در سال‌های مختلف دورهٔ تحقیق

تیمار	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	میانگین
خاک‌ورزی مرسوم	۲۲۸۷^{a}	۲۶۳۹^{b}	۳۶۵۰^{a}	۲۱۹۲^{a}	۲۶۹۲^{a}
کم‌خاک‌ورزی	۱۹۸۲^{a}	۳۱۴۷^{a}	۳۵۱۷^{a}	۲۲۴۳^{a}	۲۵۸۱^{a}
بی‌خاک‌ورزی	۱۹۱۶^{a}	۲۸۷۱^{b}	۳۲۹۵^{a}	۲۴۴۰^{a}	۲۶۳۰^{a}
میانگین	۲۰۶۲^{b}	۲۷۵۵^{a}	۳۴۸۷^{a}	۲۲۹۲^{a}	

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
در ردیف آخر (میانگین)، میانگین هر سال با میانگین سال‌های دیگر مقایسه شده است

مصرف سوخت و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

نتایج مقایسهٔ مقدار مصرف سوخت برای تهیهٔ زمین و کاشت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نشان می‌دهد که بین تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم اختلاف زیادی از نظر مصرف سوخت وجود دارد، به‌طوری‌که در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب به‌میزان ۶۰ و ۷۷ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی می‌شود (جدول ۴). بنابراین، با توجه به محدود بودن سوخت‌های فسیلی، نقش آنها در افزایش هزینهٔ تولید و عوارض زیان‌بار زیست‌محیطی مصرف این‌گونه سوخت‌ها، خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند جایگزینی مناسب برای خاک‌ورزی مرسوم باشد. نتایج مقایسهٔ میانگین ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای عملیات تهیهٔ زمین و کاشت در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی در جدول ۴ مشخص می‌کند که اختلاف معنی‌داری بین روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم از نظر ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای وجود دارد، به‌طوری‌که روش بی‌خاک‌ورزی بیشترین و خاک‌ورزی مرسوم کمترین ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای را دارد. نتایج این مقایسه همچنین نشان می‌دهد که تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای عملیات تهیه زمین و کاشت را در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب ۱/۵۹ و ۲/۷۶ برابر افزایش می‌دهند.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۴، روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم، زمان مورد نیاز برای تهیهٔ زمین و کاشت را به‌ترتیب ۶۲ و ۷۴ درصد کاهش می‌دهند. کاهش زمان مورد نیاز برای تهیهٔ زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در سیستم دو کشتی که فاصلهٔ زمانی بین دو کشت اندک است، اهمیت دوچندان پیدا می‌کند. کاهش مدت زمان مورد نیاز برای تهیهٔ زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای از مزایای مهم خاک‌ورزی حفاظتی است که باعث می‌شود کاشت در محدودهٔ تاریخ کاشت توصیه شده عملی شود و از افت عملکرد و کاهش درآمد ناشی از تأخیر در کاشت جلوگیری شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین مصرف سوخت، زمان مورد نیاز و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای تهیهٔ زمین و کاشت در تیمارهای خاک‌ورزی

سامانه خاک‌ورزی	مصرف سوخت (لیتر بر هکتار)	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)
خاک‌ورزی مرسوم	۴۷[a]	۳/۵۰[a]	۰/۲۹[c]
کم‌خاک‌ورزی	۱۹[b]	۱/۳۴[b]	۰/۷۵[b]
بی‌خاک‌ورزی	۱۱[c]	۰/۹۲[c]	۱/۱[a]

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

درآمد ناخالص

مقایسهٔ درآمد حاصل از تیمارهای مختلف بر اساس میزان عملکرد محصولات اصلی و فرعی و قیمت واحد محصول در سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که در سال ۸۹ (که تنها پنبه برداشت شده است) و نیز در سال‌های ۹۱ و ۹۳ بالاترین درآمد ناخالص مربوط به تیمار خاک‌ورزی مرسوم بوده است (جدول ۵). در سال ۹۰، تیمار کم‌خاک‌ورزی بالاترین و تیمار بی‌خاک‌ورزی کمترین درآمد ناخالص و در سال ۹۲، تیمار بی‌خاک‌ورزی بالاترین درآمد ناخالص را داشته است. گفتنی که در سال‌هایی که تحقیق ادامه داشته، کلیه تیمارها از نظر درآمد ناخالص در یک رده آماری قرار داشته‌اند و با هم اختلاف معنی‌دار، نداشتند.

هزینه‌های تولید

مقایسهٔ میانگین هزینه‌های تیمارهای مختلف، حاصل جمع هزینه‌های مشترک و غیرمشترک (از جمله سوخت، ماشین‌آلات و کارگری نشان می‌دهد که در تمام سال‌های دورهٔ تحقیق، تیمار خاک‌ورزی مرسوم بیش‌ترین مقدار هزینه‌های غیرمشترک (سوخت، ماشین‌آلات و کارگری) را داشته است و از این نظر با تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی تفاوت معنی‌داری دارد (جدول ۶).

جدول ۵- مجموع درآمد ناخالص تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سال‌های دورهٔ تحقیق (هزار ریال در هکتار)

تیمار	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲	سال ۹۳
خاک‌ورزی مرسوم	۱۷۱۵۳[a]	۴۱۷۴۶[a]	۶۱۱۷۳[a]	۵۹۵۱۶[a]	۴۳۶۸۰[a]
کم‌خاک‌ورزی	۱۴۸۶۵[a]	۴۲۵۱۵[a]	۵۷۶۷۷[a]	۶۰۰۷۹[a]	۳۶۶۳۷[a]
بی‌خاک‌ورزی	۱۴۳۷۰[a]	۳۸۶۸۶[a]	۵۶۶۴۸[a]	۶۳۸۴۰[a]	۲۸۴۵۷[b]

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٦ ـ هزینه‌های متغیر تولید در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سال‌های دورهٔ تحقیق (هزار ریال در هکتار)

تیمار	سال ۸۹		سال ۹۰		سال ۹۱		سال ۹۲		سال ۹۳	
	هزینه‌های غیرمشترک	هزینه کل	هزینه‌های غیرمشترک	هزینه کل	هزینه‌های غیرمشترک	هزینه کل	هزینه‌های غیرمشترک	هزینه کل	هزینه‌های غیرمشترک	هزینه کل
خاک‌ورزی مرسوم	۵۷۶۰[a]	۱۴۸۵۳	۹۳۴۱[a]	۳۲۵۳۱	۱۱۶۴۱[a]	۳۷۴۱۵	۱۲۱۴۱[a]	۴۲۳۰۴	۳۶۱۸[a]	۱۹۰۷۴
کم‌خاک‌ورزی	۶۳۲۸[a]	۱۵۴۲۱	۹۲۹۷[a]	۳۲۴۸۷	۱۱۴۵۷[a]	۳۷۲۳۱	۱۱۸۵۷[a]	۴۲۰۲۰	۲۱۴۸[b]	۱۷۶۰۴
بی‌خاک‌ورزی	۷۲۱۶[b]	۱۶۳۰۹	۹۷۱۲[a]	۳۲۹۰۲	۱۱۸۳۲[a]	۳۷۶۰۶	۱۲۲۳۲[a]	۴۲۳۹۵	۱۵۲۷[b]	۱۶۹۸۳

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

بازده برنامه‌ای (سود ناخالص)

مقایسهٔ سود ناخالص یا بازده برنامه‌ای تیمارها در سال‌های مختلف دورهٔ تحقیق نشان می‌دهد که در تمامی سال‌ها، سود ناخالص تیمارها مثبت است (جدول ۷). نتایج تغییرات بازده برنامه‌ای نیز نشان می‌دهد که در سال‌های دوم و چهارم دورهٔ تحقیق، تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی، نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم، سود ناخالص بیشتری داشته‌اند. به‌منظور تهیهٔ برآوردی از میانگین تمامی سال‌های دورهٔ تحقیق، سود ناخالص (بازده برنامه‌ای) بر اساس ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها محاسبه و در جدول ۸ ارائه شده است. این نتایج نیز نشان می‌دهد که تمامی تیمارها سود ناخالص مثبت داشته‌اند و تیمار شاهد یعنی خاک‌ورزی مرسوم بیشترین بازده برنامه‌ای یا سود ناخالص را داشته است. محاسبهٔ تغییرات بازده برنامه‌ای تیمارهای مختلف نیز حاکی از آن است که تیمارهای حفاظتی، نسبت به تیمار شاهد، سود ناخالص کمتری داشته‌اند. از دلایل عمدهٔ بیشتر بودن سود ناخالص تیمار شاهد، نسبت به سایر تیمارها، محاسبه درآمدها تنها بر اساس میزان عملکرد محصولات بوده است. اگر ارزش اقتصادی تأثیرات مثبت تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، از جمله کاهش مقدار گاز دی‌اکسید کربن، افزایش ظرفیت مزرعه‌ای، افزایش مادهٔ آلی خاک و ذخیره شدن رطوبت خاک در محاسبات وارد شود، شرایط احتمالاً به نفع تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی تغییر خواهد کرد.

جدول ۷- بازده برنامه‌ای تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سال‌های دورهٔ تحقیق (هزار ریال در هکتار)

تیمار	سال ۸۹		سال ۹۰		سال ۹۱		سال ۹۲		سال ۹۳	
	بازده برنامه‌ای	تغییرات نسبت به شاهد	بازده برنامه‌ای	تغییرات نسبت به شاهد	بازده برنامه‌ای	تغییرات نسبت به شاهد	بازده برنامه‌ای	تغییرات نسبت به شاهد	بازده برنامه‌ای	تغییرات نسبت به شاهد
خاک‌ورزی مرسوم	۲۲۹۹	۰	۹۲۱۵	۰	۲۳۷۵۸	۰	۱۷۲۱۲	۰	۲۴۶۰۶	۰
کم‌خاک‌ورزی	-۵۵۶	-۲۸۵۵	۱۰۰۲۸	۸۱۴	۲۰۴۴۵	-۳۳۱۲	۱۸۰۵۹	۸۴۷	۱۹۰۳۲	-۵۵۷۳
بی‌خاک‌ورزی	-۱۹۳۹	-۴۲۳۸	۵۷۸۴	-۳۴۳۱	۱۹۰۴۱	-۴۷۱۶	۲۱۴۴۵	۴۲۳۳	۱۱۴۷۵	-۱۳۱۳۱

جدول ۸- ارزش کنونی هزینه‌ها و درآمدها و بازده برنامه‌ای تیمارهای مختلف در سال شروع تحقیق (هزار ریال در هکتار)

تیمار	هزینه‌های غیرمشترک	جمع هزینه‌ها	درآمدها	بازده برنامه‌ای	رتبه	تغییرات نسبت به شاهد
خاک‌ورزی مرسوم	۳۲۷۳۶[a]	۱۱۰۱۵۴[a]	۱۶۳۸۱۵[a]	۵۳۶۶۲[a]	۱	۰
کم‌خاک‌ورزی	۳۲۱۰۰[a]	۱۰۹۵۱۷[a]	۱۵۵۸۹۶[a]	۴۶۳۷۹[a]	۲	-۷۲۸۲
بی‌خاک‌ورزی	۳۲۵۲۲[a]	۱۱۰۹۳۹[a]	۱۴۹۰۸۹[a]	۳۸۱۵۰[b]	۳	-۱۵۵۱۲

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

انتخاب تیمار برتر با روش تصمیم‌گیری چند معیاره

ضریب اهمیت معیارها (شاخص‌ها)

ابتدا ضریب اهمیت شاخص‌ها نسبت به هدف، بر اساس مقایسه شاخص‌ها و با کمک ماتریس زوجی، برآورد و پس از آن ماتریس نرمال شدهٔ معیارها محاسبه شد که نتایج در جدول ۹ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد

Archive of SID

www.SID.ir

که معیارهای عملکرد دانه، هزینهٔ تولید و مصرف آب به‌ترتیب بیشترین وزن و معیارهای مصرف سموم، فرسایش، مصرف سوخت و مدت‌زمان عملیات ماشینی رتبه‌های بعدی را دارند.

جدول ۹- ماتریس نرمال شدهٔ معیارها نسبت به هدف

شاخص‌ها	عملکرد دانه	هزینه تولید	مصرف آب	مصرف سموم	فرسایش	مصرف سوخت	زمان عملیات	میانگین
عملکرد دانه	۰/۳۶۲	۰/۴۳۳	۰/۲۹۷	۰/۲۸۴	۰/۲۶۵	۰/۲۸۱	۰/۲۵۹	۰/۳۱۲
هزینه تولید	۰/۱۸۱	۰/۲۱۷	۰/۴۴۵	۰/۲۱۳	۰/۲۱۲	۰/۰۹۴	۰/۱۸۵	۰/۲۲۱
مصرف آب	۰/۱۸۱	۰/۰۷۲	۰/۱۴۸	۰/۳۵۵	۰/۲۶۵	۰/۳۲۸	۰/۱۸۵	۰/۲۱۹
مصرف سموم	۰/۰۹۱	۰/۰۷۲	۰/۱۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۹۴	۰/۱۴۸	۰/۰۳۰	۰/۰۷۱
فرسایش	۰/۰۷۲	۰/۰۵۴	۰/۰۳۰	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	۰/۱۴۱	۰/۰۷۴	۰/۰۶۴
مصرف سوخت	۰/۰۶۰	۰/۱۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶	۰/۰۱۸	۰/۰۷۴	۰/۱۱۱	۰/۰۵۷
زمان عملیات	۰/۰۵۲	۰/۰۴۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶	۰/۰۳۷	۰/۰۳۲

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

برای محاسبهٔ نرخ سازگاری، ابتدا بردار مجموع وزنی محاسبه گردید (رابطهٔ ۱۲).

$$WSV = \text{(بردار مجموع وزنی)} = \begin{bmatrix} ۲/۱۶۲ \\ ۱/۷۷۷ \\ ۱/۵۸۳ \\ ۰/۷۰۰ \\ ۰/۴۸۴ \\ ۰/۴۰۴ \\ ۰/۲۳۳ \end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

پس از آن، بردار سازگاری به‌صورت زیر محاسبه گردید (روابط ۱۳ تا ۱۵).

$$CV = \frac{۱}{۷}\left(\frac{۲/۱۶۲}{۰/۳۱۲} + \frac{۱/۷۷۷}{۰/۲۲۱} + \frac{۱/۵۸۳}{۰/۲۱۹} + \frac{۰/۷۰۰}{۰/۰۷۱} + \frac{۰/۴۸۴}{۰/۰۶۴} + \frac{۰/۴۰۴}{۰/۰۵۷} + \frac{۰/۲۳۳}{۰/۰۳۲}\right) = ۷/۶۹۵ \quad (۱۳)$$

$$CI = \frac{۷/۶۹۵-۷}{۷-۱} = ۰/۱۱۵۸ \quad (۱۴)$$

$$CR = \frac{۰/۱۱۵۸}{۱/۳۲} = ۰/۰۸۷۷ \quad (۱۵)$$

در اینجا ضریب سازگاری (۰/۰۸۸) کمتر از ۰/۱ به‌دست آمده، که نشان‌دهندهٔ رعایت سازگاری در قضاوت‌هاست.

ضریب اهمیت گزینه‌ها

با محاسبهٔ هر یک از معیارها به‌صورت کمی، ابتدا ضریب اهمیت گزینه‌ها تعیین و پس از آن ماتریس نرمال شدهٔ ضرایب گزینه‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد بیشترین وزن، بر اساس شاخص‌های عملکرد و مصرف سموم، اختصاص دارد به خاک‌ورزی مرسوم و بر اساس شاخص‌های هزینهٔ تولید، مصرف آب، فرسایش، مصرف سوخت و مدت‌زمان عملیات ماشینی اختصاص دارد به روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰- ماتریس نرمال شدهٔ وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها

شاخص‌ها	عملکرد دانه	هزینهٔ تولید	مصرف آب	مصرف سموم	فرسایش	مصرف سوخت	مدت‌زمان عملیات
خاک‌ورزی مرسوم	۰/۵۳۷	۰/۰۹۸	۰/۰۸۲	۰/۷۱۵	۰/۰۹۸	۰/۰۷۵	۰/۰۸۲
کم‌خاک‌ورزی	۰/۱۹۵	۰/۳۳۴	۰/۳۴۳	۰/۱۸۷	۰/۳۳۴	۰/۳۳۴	۰/۳۴۳
بی‌خاک‌ورزی	۰/۱۸۱	۰/۵۶۸	۰/۵۷۵	۰/۰۹۸	۰/۵۶۸	۰/۵۹۱	۰/۵۷۵

وزن نهایی

وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل‌ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوط به آن معیار برآورد و نتایج در جدول ۱۱ آورده شده است.

این نتایج نشان می‌دهد که بالاترین وزن نهایی تعلق دارد به روش بی‌خاک‌ورزی؛ روش‌های کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در رتبه‌های بعدی قرار دارند؛ بنابراین بر اساس جمیع معیارهای در نظر گرفته شده، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم برتری دارند.

جدول ۱۱- اولویت‌بندی گزینه‌ها

رتبه	ایده‌ال	نرمال	گزینه‌ها	نمودار
۲	۰/۲۷۴	۰/۰۳۷	کم‌خاک‌ورزی	
۱	۰/۴۳۱	۰/۰۵۸	بی‌خاک‌ورزی	
۳	۰/۲۷۱	۰/۰۳۶	خاک‌ورزی مرسوم	

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد:

- عملکرد گندم و پنبه در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در اکثر سال‌های دورهٔ تحقیق، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و حتی در بعضی سال‌ها تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد بالاتری داشته‌اند.

- روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، هزینه‌های تولید را به‌میزان ۵ و ۱۰ درصد کاهش می‌دهند.

- روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، مصرف سوخت را به‌ترتیب به‌میزان ۶۰ و ۷۷ درصد کاهش می‌دهند. این روش‌ها، در مقایسه با روش مرسوم، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر را به‌میزانی چشمگیر افزایش می‌دهند، به‌طوری‌که مدت‌زمان تهیهٔ زمین و کاشت را به‌ترتیب ۶۲ و ۷۴ درصد کاهش می‌دهند و موجب کشت به‌موقع محصول و کاهش افت محصول ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت می‌شوند.

- سود ناخالص (بازده برنامه‌ای) تیمارها در تمامی سال‌هایی که تحقیق ادامه داشته است مثبت بود. تغییرات بازده برنامه‌ای نشان می‌دهد که در سال‌های دوم و چهارم تحقیق، تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم، سود ناخالص بیشتر و در سال‌های اول و سوم سود ناخالص کمتری داشته‌اند.

- بر اساس ارزش فعلی بازده برنامه‌ای، بازده برنامه‌ای تیمار خاک‌ورزی مرسوم (۵۳۶۶۲ هزار ریال) نسبت به بازده برنامه‌ای دو تیمار دیگر (کم‌خاک‌ورزی با ۴۶۳۷۹ هزار ریال و بی‌خاک‌ورزی با ۳۸۱۵۰ هزار ریال) بیشترین است. تغییرات ارزش فعلی سود ناخالص تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به تیمار شاهد نیز نشان می‌دهد که تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی سود ناخالص کمتری دارند

Archive of SID

www.SID.ir

تا تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم؛ بنابراین، روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی دارای بازده مثبت است. اگر ارزش اقتصادی تأثیرات مثبت تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی- از جمله کاهش مقدار گاز دی‌اکسید کربن، افزایش ظرفیت مزرعه‌ای، افزایش مادهٔ آلی خاک و افزایش ذخیرهٔ رطوبت خاک- در محاسبات وارد شوند، احتمالاً تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی اقتصادی‌تر خواهند بود.

- با لحاظ کردن مجموعه‌ای از صفات در تصمیم‌گیری، مشخص شده است که در تصمیم‌گیری کشاورزان در انتخاب شیوهٔ خاک‌ورزی عواملی مانند عملکرد محصول، هزینهٔ تولید و مصرف آب بیشترین وزن را دارند.

همچنین بر اساس جمیع صفات، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در اولویت بالاتری برای انتخاب توسط کشاورزان قرار دارند. بر این اساس، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به راحتی می‌توانند جایگزین خاک‌ورزی مرسوم در تهیهٔ زمین و کاشت گندم و پنبه در مناطق گرم استان فارس شوند.

مراجع

Afzalinia, S., Behaeen, M. A., Karami, A., Dezfuli, A. and Ghasari, A. 2011a. Effect of conservation tillage on the soil properties and cotton yield. Proceedings of the 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. Sep. 21-23, Istanbul, Turkey.

Afzalinia, S., Behaeen, M. A., Karami, A., Nekuei, M., Ghasari, A. and Alavimanesh, S. M. 2011b. Comparing conservation and conventional tillage methods in planting different crops. International Workshop on Conservation Agriculture Systems and its Impact on Water Productivity. Sep. 11-16. Karaj, Iran.

Anon. 1988. From agronomic data to farmer recommendations. An Economics Training Manual. Completely revised edition. CIMMYT, Mexico, D. F. Available at: http://www.fao.org.

Anon. 2015. Advantages and Disadvantages. FAO. Available at: http://www.fao.org.

Asadi-Khashoui, A., Yahya-Abadi, M. and Taki, A. 2011. Effect of conventional soil conservation on maize yield in maize-maize period. Agric. Eng. Res. J. 12(1): 83-96. (in Persian)

Dehghanian, M. and Afzalinia. S. 2012. Effect of conservation tillage on the yield and yield components of irrigated barley. Proceedings of the 7th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Sep. 4-6, Shiraz, Iran. (in Persian)

De Vita P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N. and Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil Till. Res. 92(1-2): 69-78.

Fooladi-Vanda, S., Aynehband A. and Naraki, F. 2010. Evaluation of effect of different tillage methods and seed rates on yield and yield components of rapeseed (Brassica Napus) in dry land condition. Iran. J. Field Crop. Res. 8 (2): 213-224. (in Persian)

Ghodsypour, S. H. 2008. Analytical Hierarchy Process. Industrial Amir Kabir University Pub. (in Persian)

Hemat, A. and Asadi-Khashoui, A. 1997. Effects of direct-drilling, non-inversion and conventional tillage systems on yield of irrigated winter wheat. Iran. J. Agric. Sci. 28(1): 19-34. (in Persian)

Hernánz, J. L., Girón, V. S. and Cerisola, C. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. Soil Till. Res. 35, 183-198.

Jafari, R., Tawousi, S. and Nasiri, S. M. 2012. Optimum water use approach by choosing appropriate soil mechanization and protective planting of wheat in corn remnants. Proceedings of the 7th National

Archive of SID

www.SID.ir

Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Sep. 4-6, Shiraz, Iran. (in Persian)

Kumudini, S., Grabau, L., Van Sanford, D. and Omielan, A. 2008. Analysis of yield-formation processes under no-till and conventional tillage for soft red winter wheat in the south-central region. Agron. J. 100, 38-49.

Mohammadi, Kh., Nabi-Allahi, K., Aghaalikhani, M. and Khormali, F. 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. J. Plant Prod. 16(4): 77-91. (in Persian)

Mousavi-Khorasani, S. M. 2010. The role of wheat residue management on grain yield and yield parameters of corn. Proceedings of the 1th National Sustainable Agriculture Conference and Healthy Crop Production. Nov. 10-11. Esfahan, Iran. (in Persian)

Peruzzi, M., Taffaelli, M. and Ciolo, S. D. 1996. Evaluation on the performances of a peculiar combined machine for direct drilling and two no-till drills for hard winter wheat and maize cultivation. International Conference on Agricultural Engineering. Sep. 23-26. Madrid, Spain.

Romero, C. and Rehman, T. 1987. Natural resource management and the use of multiple criteria decision making techniques: A review. Eur. Rev. Agric. Econ. 14(1): 61-89.

Roozbeh, M. and Pooskani, M. A. 2003. The effect of different tillage methods on wheat yield when in rotation with corn. Iran. J. Agric. Sci. 34(1): 29-38. (in Persian)

Rostami, M. A., Sharifi, A. and Raoufat, M. H. 2012. A comparative study of different protective and conventional soil conservation tests in wheat corn rotation. Proceedings of the 7th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Sep. 4-6. Shiraz, Iran. (in Persian)

Sadeghnezhad, H. R. and Eslami, K. 2006. The comparison of wheat yield under different tillage methods. Agric. Sci. 12(1): 103-112. (in Persian)

Shahsavani, G. H. and Afzalinia, S. 2012. Effect of conservation tillage on the soil properties and corn yield. Proceedings of the 7th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Sep. 4-6, Shiraz, Iran. (in Persian)

Shamabadi, Z. A. 2010. Protective tillage is a strategy to deal with the effects of drought stress. National Conference on Water Crisis in Agriculture and Natural Resources. Nov. 5. Ray, Iran. (in Persian)

Soltani, Gh. 2007. Engineering Economics. 10th Ed. Shiraz University Press. Shiraz. Iran. (in Persian)

Unger, P. W. 1997. Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. Agron. J. 69, 944-950.

Uri, N. D. 2000. An evaluation of the economic benefits and costs of conservation tillage. Environ. Geol. 39(3-4): 238-248.

Václav, Š., Růžeka, P., Chrpová, J., Vaveraa R. and Kusáa, H. 2009. The effect of tillage practice, input level and environment on the grain yield of winter wheat in the Czech Republic. Field Crop. Res. 113, 131-137.

Zabolestani, M., Reshad-Sedghi, A. and Salak-Zaman, A. 2008. Evaluation and comparision of two surface tillage and conventional tillage methods on grain yeild and yeild components of wheat. Agroecol. J. 12, 39-48. (in Persian)

Zentner, R. P., Mconkey, B. G., Campbell, C. A., Dyck, F. B. and Selles, F. 1996. Economics of conservation tillage in the semiarid prairie. Can. J. Plant Sci. 76, 697-705.

Archive of SID

www.SID.ir

Agricultural Mechanization and Systems Research /Vol.19/No.71/ Autumn & Winter 2018/P: 109-124

Economic Comparison of Conservation and Conventional Tillage Methods in Wheat-Cotton Rotation

D. Mohammadi* and S. Afzalinia

* Corresponding Author: Academic Member, Department of Agricultural Socio-Economic and Extension Research, Fars Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email: mohammadi287@yahoo.com
Received: 11 February 2018, Accepted: 20 July 2018

This study was conducted at Darab Agricultural Research Station in wheat-cotton rotation for four years. A complete block experimental design with three treatments (no-till, reduced tillage, and conventional tillage methods) and four replications were used. Tillage methods were compared economically. The most beneficial treatment was selected based on estimating the costs and incomes of different treatments and using the net present value method of gross margin changes. Analytical hierarchy analysis (AHP) method was also used to select the most appropriate tillage method. Results showed that there was no significant difference between tillage methods for wheat and cotton yield during most of the years that this investigation was in processing. Reduced tillage and no-till methods decreased wheat and cotton production costs, compared to conventional tillage, for 5 and 10% respectively. These conservation tillage methods, compared to the conventional tillage, also reduced fuel consumption for 60 and 77%, respectively. Conservation tillage methods increased effective field capacity of seed bed preparation and planting operations, so that time required for seed bed preparation and planting operations decreased in reduced tillage and no-till, compared to the conventional tillage, for 62 and 74%, respectively. Conventional tillage had maximum present value of gross margin (53662 thousands Rials) compared to reduced tillage (46379 thousands Rials) and no-till (38149 thousands Rials). Considering different factors in decision making, parameters such as crop yield (0.312), production costs (0.221), and water consumption (0.219) had the highest weight in farmers' decision for selecting tillage method, and the conservation tillage methods received the highest priority for selection.

Keywords: Direct Drilling, Economic Return, Production Cost, Reduced Tillage

Archive of SID

www.SID.ir