افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد ماشین در تولید گندم با استفاده از مناسبترین روش خاک‌ورزی و کاشت

امین الله معصومی[1*]، بهنام چراغی[2]، عباس همت[1]

۱- عضو هئیت علمی مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

* ایمیل نویسنده مسئول: masoumi@cc.iut.ac.ir

چکیده

مصرف کمتر آب، صرفه جویی در زمان و سوخت مصرفی ماشین در عملیات تهیه بستر و کاشت و دستیابی به عملکرد زراعی بالا از معیارهای اساسی انتخاب نوع خاک‌ورزی و نحوه کاشت محصولات زراعی می‌باشد. در این تحقیق اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت شامل خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار (به تنهایی) در عمق ۲۵ سانتی‌متری و کاشت با کمبینات، کم‌خاک‌ورزی با ماشین خاک‌ورز مرکب (چیزل، دیسک و غلتک) در عمق ۱۵ سانتی‌متری و کاشت با کمبینات و با دستگاه کشت مستقیم در عمق ۸ سانتی‌متری بر مصرف سوخت و عملکرد مزرعه‌ای مؤثر ماشین و هم‌چنین کارآیی مصرف آب درکاشت گندم آبی در دو تناوب لوبیا – گندم و سیب‌زمینی – گندم در یکی از مزارع شهرستان اقلید فارس بررسی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار و ۶ تکرار در دو تناوب انجام گرفت. نتایج نشان داد که روش کشت مستقیم و روش کم‌خاک‌ورزی+کاشت با کمبینات نسبت به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات باعث کاهش مصرف سوخت به ترتیب تا مقدار ۶۹ و ۲۳ درصد و افزایش عملکرد مؤثر مزرعه‌ای ماشین تا مقدار ۴۲و ۵۳ درصد شد. نتایج نشان داد اثر بیشترین کارآیی مصرف آب به میزان ۱/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به‌روش کشت مستقیم در تناوب لوبیا-گندم و کمترین کارآیی مصرف آب به مقدار مقدار ۱/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش کشت مستقیم در تناوب سیب‌زمینی-گندم بود.

کلمات کلیدی: سامانه‌های خاک‌ورزی، سوخت مصرفی، عملکرد مزرعه‌ای ماشین، کارآیی مصرف آب

مقدمه

در انتخاب نوع سامانه خاک‌ورزی و کاشتی علاوه بر تأمین شرایط رشد و نمو گیاه، مواردی همچون حفظ منابع آب و خاک و کاهش مصرف انرژی و زمان کار بایستی در نظر گرفته شود. بنابراین، استفاده از روش‌های مناسب در تهیه بستر بذر و ریشه گیاه گذشته از اینکه در عملکرد محصول مؤثر می‌باشد، در کم کردن هزینه تولید و صرفه‌جویی در مصرف آب اهمیت بسزائی داشته است که به‌علت بروز خشکسالی و بحران آب در سال‌های اخیر اهمیت موضوع را دوچندان کرده است. انتخاب مناسبترین روش خاک‌ورزی و کاشت در شرایط اقلیمی و بافت خاک‌های مختلف برای انواع محصولات زراعی مورد علاقه محققین بیشماری قرار گرفته است.

تحقیق انجام شـده توسط عادل (۲۰۰۲) نشان داد که استفاده از خاک‌ورز مرکب وکمبینات در کشت غلات باعث کمتر شدن تردد ماشـین و افزایش عملکرد مزرعه‌ای ماشین شده است. در تحقیق یادشده همچنین نشان داده شد به‌کارگیری روش کشت مستقیم، گذشـته از صـرفه جویی در زمان مصـرفی تهیه بسـتر بذر و کشت باعث حفاظت خاک احتمالا به دلیل باقی ماندن بقایا ایستاده در سطح خاک گردیده است (Adel, 2002).

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ماشین و محصول ذرت توسط شاهسونی و افضلی‌نیا (۱۳۹۱) مورد مطالعه قرارگرفت. آن‌ها دریافتند که با استفاده از روش‌های حفاظتی شاهد افزایش عملکرد مزرعه‌ای، کاهش چشمگیر مصرف سوخت و عدم تأثیر معنی‌دار بر عملکرد محصول بودند. از اینرو روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی را جایگزین مناسبی به‌جای روش‌های مرسوم یافتند (شاهسونی و افضلی‌نیا، ۱۳۹۱).

حدود ۷۰-۶۵ درصد اراضی زیر کشت محصولات عمده زراعی کشورمان به گندم تعلق دارد. استان فارس علیرغم داشتن رتبه چهار کشـوری در سـطح برداشـت گندم با داشتن سهم ۱۲/۷ درصد از تولید گندم کشور در جایگاه نخست تولید این محصول قرار گرفته است (ایران‌نژاد و شهبازی، ۱۳۸۳؛ بی‌نام، (الف)۱۳۹۳).

با توجه به مطالب ذکر شده، از آنجا که انتخاب یک شیوه مناسب برای خاک‌ورزی و کاشت مستلزم در نظر گرفتن شرایط خاک و اقلیم منطقه می‌باشد؛ برای آگاهی از این شرایط ضرورت انجام مطالعات میدانی و پژوهش‌های علمی کاملا محسوس می‌باشد. در بسیاری از مزارع از جمله شهرستان اقلید روش خاک‌ورزی مرسوم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، و کاشت گندم با دستگاه کمبینات انجام می‌شود. به علت ورود ماشین‌های خاک‌ورزی جدید مانند ماشین خاک‌ورز مرکب و ماشین‌های کشت مستقیم، نیاز به تحقیق و مقایسه خاک‌ورزی با ماشین‌های تازه‌وارد به منطقه با روش خاک‌ورزی مرسوم تحت تناوب‌های سیب‌زمینی – گندم و لوبیا – گندم که تناوب غالب در منطقه هستند ضروری به نظر رسید. بنابراین هدف تحقیق حاضر، مقایسه اثر سه روش خاک‌ورزی + کاشت گندم که شامل ۱) خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات، ۲) کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات، و ۳) بی‌خاک‌ورزی

(کشت مستقیم) بر انرژی مصرفی و عملکرد مزرعه‌ای ماشین، آب مصرفی و کارآیی مصرف آب در کاشت گندم تحت تناوب‌های سیب‌زمینی – گندم و لوبیا – گندم در منطقه سرحد چهاردانگه واقع در شهرستان اقلید در استان فارس بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشات در منطقه سرحد چهاردانگه شهر اقلید واقع در استان فارس در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. این منطقه دارای آب و هوای کوهستانی با زمستان سرد و طولانی و تابستانی معتدل و ملایم می‌باشد. در یک دوره بلندمدت (۱۰ سال) متوسط بارش، درجه حرارت و رطوبت نسبی در این محل به ترتیب ۳۵۱ میلی‌متر، ۱۲/۹ درجه سلسیوس و ۳۵ درصد بود (بی‌نام، (ب)۱۳۹۳).

زمین مورد آزمایش در سال قبل از آزمایش زیر کشت سیب‌زمینی و لوبیا بود که در کنار هم قرار داشتند. برای برداشت محصول سیب‌زمینی برای اینکه رشد غدد متوقف شوند و در نتیجه اندازه غدد و درصد ماده خشک تثبیت شود اندام‌های هوایی دو هفته قبل از برداشت به‌وسیله ماشین برگ‌زن مخصوص به‌صورت کاملا خرد شده به زمین برگشت. برداشت به‌وسیله ماشینی که دارای تیغه عریضی بود که با زاویه در عمق پنج سانتی‌متری زیرغده‌ها نفوذ کرده و غده‌ها را همراه با خاک روی زنجیر نقاله هدایت می‌کرد که باعث خرد شدن خاک شد. به عبارت دیگر، یک خاک‌ورزی حدودا به عمق بیست سانتی‌متر در حین برداشت سیب‌زمینی انجام گرفت. برای برداشت لوبیا ابتدا بوته‌های لوبیا توسط کارگر به‌وسیله داس برداشت شد و از مزرعه خارج شد بنابراین، بهم‌خوردگی در خاک ایجاد نشد. در هر دو مزرعه بقایای گیاه روی زمین باقی نمانده بود هرچند که در زمینی که سیب زمینی کشت شده بود بقایای خرد شده برگ بوته‌های سیب‌زمینی در مرحله برداشت کاملا با خاک مخلوط شده بود.

نتایج مشخصات فیزیکی خاک و مقدار ماده آلی خاک زمین مورد آزمایش در دو تناوب لوبیا-گندم و سیب‌زمینی-گندم در عمق ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در جدول ۱ نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری بافت خاک، در صد ماده آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک و نیتروژن کل خاک به کمک استوانه نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی از چهار نقطه‌ی مزرعه در هر تناوب قبل از عملیات خاک‌ورزی نمونه‌برداری شد. هر چهار نمونه در عمق‌ها و تناوب‌های یکسان را با هم مخلوط کرده و یک نمونه پنجاه گرمی مورد آزمایش قرار گرفت. پارامترهای یادشده خاک مورد آزمایش مطابق معمولترین روش های موجود اندازه‌گیری و گزارش گردید (Gee and Bauder, 1986). بافت خاک مورد آزمایش در دو تناوب با استفاده از مثلث بافت و روش هیدرومتری (USDA) سیلتی تشخیص داده شد.

برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک، از استوانه نمونه‌برداری به قطر ۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. استوانه نمونه‌برداری را به‌صورت تصادفی در چهار نقطه‌ی مزرعه در هر تناوب قبل از عملیات خاک‌ورزی در خاک فروکرده و وزن نمونه خاک درون استوانه اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن چگالی ظاهری خشک خاک، خاک موجود در استوانه را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. با تقسیم وزن خشک به‌دست آمده بر حجم استوانه نمونه‌برداری چگالی ظاهری

خشک خاک به‌دست آمد (Blake and Hartage, 1986). متوسط چگالی ظاهری خشک خاک قبل از عملیات خاک‌ورزی و کاشت در تناوب‌های لوبیا – گندم و سیب‌زمینی – گندم به ترتیب $kg\ m^{-3}$ ۵۳ ± ۱۱۷۴ و $kg\ m^{-3}$ ۳۲/۵ ± ۱۲۳۲ بود.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمین مورد آزمایش

پارامتر		لوبیا – گندم		سیب‌زمینی – گندم	
		10-20 Dept, cm	0-10 Dept, cm	10-20 Dept, cm	0-10 Dept, cm
اجزاء بافت خاک	شن(٪)	6.8	8.8	7.8	6.8
	سیلت(٪)	84	80	84	84
	رس(٪)	9.2	11.2	8.2	9.2
عناصر قابل جذب در خاک	فسفات ($mg\ kg^{-3}$)	14	21.5	14.7	13.2
	پتاسیم ($mg\ kg^{-3}$)	440	440	440	500

عملیات خاک‌ورزی و کاشت در نیمه اول آبان با رطوبت خاک در محدوده ۰/۸ تا ۰/۹ حد خمیری انجام شد. بهترین رطوبت خاک برای عملیات خاک‌ورزی با توجه به بهتر جدا شدن خاکدانه‌ها از هم در این محدوده می‌باشد (شاهدی و احمدی مقدم، ۱۳۸۸). حد خمیری در تناوب لوبیا – گندم ۱۹/۶ درصد و در تناوب سیب‌زمینی – گندم ۱۸/۴ درصد بود. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک به کمک استوانه نمونه‌برداری ابتدا از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی از سه نقطه‌ی مزرعه در هر تناوب قبل از عملیات خاک‌ورزی نمونه‌برداری شد و مطابق دستورالعمل‌های رایج رطوبت نمونه‌ها تعیین شدند (Gardner, 1986). حد خمیری درصد رطوبتی است که در آن خاک در اثر فیتیله شدن وقتی که قطرش به ۳/۲ میلی‌متر می‌رسد شروع به ترک خوردن می‌کند. برای این آزمایش حدود ۲۰ تا ۳۰ گرم خاک در هر تناوب در عمق ۲۰ –۰ سانتی‌متر را خمیر و به چهار گلوله به اندازه فندق تقسیم شد. یکی از گلوله‌ها را بر روی شیشه مسطح گذاشته و با استفاده از کف دست آن‌قدر غلتانده شد تا به قطر ۳/۲ میلی‌متر برسد و ترک بخورد (چنانچه ترک‌ها در سطح خمیر پیدا نمی‌شد آب خاک را با ورز دادن کاهش داده و مجدداً آزمایش تکرار شد). گلوله‌های دیگر نیز به همین ترتیب آزمایش شد و درون قوطی دربسته برای اندازه‌گیری درصد رطوبت قرار داده شد (Anymouse, 2000).

ابعاد هر کرت ۲۵×۶ متر بود و فاصله بین کرت‌ها و مزارع یک متر بود. مقدار بذر گندم مصرفی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (مشابه منطقه) از رقم الوند که مناسب مناطق سردسیر می‌باشد با ۹۹/۶ درصد خلوص و ۹۶ درصد قوه نامیه بود. مقدار کود شیمیایی مصرفی شامل ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیم و ۳۵۰ کیلوگرم کود اوره بود. یک سوم کود اوره و تمامی کود فسفات قبل و مابقی کود اوره بعد از

کشت مشابه منطقه در دو نوبت بعد از پنجه زنی به فاصله پانزده روز از هم به‌صورت سرک با کودپاش گریز از مرکز داده شد. در اردیبهشت ماه برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش توفوردی به مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار برای تمام تیمارها بعد از پنجه زدن گندم استفاده شد.

پس از پر شدن کامل دانه و رسیدن به رطوبت ۱۶-۱۴ درصد، بیست مترمربع از هر کرت با حذف حاشیه‌های هر کدام در هفته آخر مرداد ماه به‌وسیله کمباین برداشت شد (Hou, *et al*., 2011).

ماشین‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل:

۱- گاوآهن برگردان‌دار: گاوآهن مورد استفاده، یک گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه چهار خیشه با عرض کار ۱۶۰ سانتی‌متر از نوع کورلند ساخت کشور آلمان بود.

۲- خاک‌ورز مرکب: ماشین خاک‌ورز مرکب مورد استفاده شامل یک ردیف چیزل باله‌دار، یک ردیف دیسک و یک غلتک کفشک‌دار، با عمق کار ۱۵ سانتی‌متر و عرض کار ۳ متر از نوع آمازون (مدل pegasus 3002) ساخت کشور آلمان بود .

۳- کمبینات غلات: کمبینات مورد استفاده برای کاشت شامل سیکلوتیلر، لولر و غلتک برای خاک‌ورزی ثانویه و شیار بازکن بشقابی با فاصله هفده سانتی‌متر از هم و پوشاننده دندانه‌فنری با عرض کار ۳ متر از نوع گاسپاردو ساخت کشور ایتالیا بود.

۳- ماشین کشت مستقیم: ماشین مورد استفاده کشت مستقیم ساخت شرکت جیران صنعت اراک با عرض کار ۲ متر بود. این ماشین دارای موزع از نوع سرندی و شیاربازکن از نوع بیلچه‌ای در دو ردیف به صورت زیگزاگ با فاصله هجده سانتی‌متر از هم بود.

۴- از تراکتور نیوهلند تی-۱۵۵ در عملیات خاک‌ورزی و کاشت با کمبینات غلات و از تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ برای کاشت مستقیم استفاده گردید.

تیمارهای این پژوهش عبارت بودند از: الف) خاک‌ورزی مرسوم (عمق ۲۵ سانتی‌متر) و کاشت با کمبینات غلات (عمق کاشت ۸ سانتی‌متر)، ب) کم‌خاک‌ورزی با ماشین خاک‌ورز مرکب (عمق ۱۵ سانتی‌متر) و کاشت با کمبینات غلات (عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) و ج) کشت مستقیم (عمق کاشت ۸ سانتی‌متر).

در روش کاشت با کمبینات غلات به علت تجهیز آن به غلتک دندانه دار و ابزار صاف کن، همزمان با کاشت خرد شدن کلوخه‌ها و تسطیح نسبی زمین انجام گردید ولی در کاشت مستقیم هرچند توسط ساقه های دستگاه برجستگی‌های سطح خاک نسبتا صاف می‌شد ولی شدت تسطیح در این حالت نسبت به دو روش دیگر کمتر بود.

عملکرد مزرعه‌ای و میزان سوخت مصرفی ماشین

اندازه‌گیری سوخت مصرفی و عملکرد مزرعه‌ای ماشین برای تهیه بستر بذر و کاشت در قطعاتی با مساحت حدود یک هکتار (قطعات مرسوم منطقه می‌باشد) انجام گردید. برای اندازه‌گیری سوخت مصرفی برای عملیات مختلف، تراکتور را در سطح تراز قرار داده و باک تراکتور پر گردید. پس از انجام عملیات زراعی، تراکتور را در همان سطح تراز قرار داده و باک مجدداً پر شد و مقدار سوخت مصرفی به‌دست آمد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵؛ یونسی الموتی و شریفی، ۱۳۹۱). در این آزمایش‌ها با استفاده از زمان‌سنج، زمان مصرفی ماشین در عملیات مختلف اندازه‌گیری شد. عملکرد مؤثر مزرعه‌ای در هر روش از تقسیم مساحت کارشده بر زمان مصرفی کل مورد نیاز جهت تهیه زمین و کاشت محاسبه گردید (شاهسونی و افضلی‌نیا، ۱۳۹۱).

مقدار آب مصرفی

مطابق روش معمول در منطقه مورد آزمایش زمین کشت شده در پائیز به حالت خاک‌بند رها شد. به این معنی که آب مورد نیاز جهت جوانه زنی و استقرار گیاه توسط باران پائیزی و زمستانه تامین گردید. تعداد دفعات آبیاری و مقدار آب در هر نوبت آبیاری بستگی به آب و هوای منطقه و نوع و جنس خاک دارد. در این تحقیق با توجه به مقدار بارندگی در فروردین و اردیبهشت ماه سال زراعی ۹۲-۹۱ نسبت به میانگین ده سال گذشته در این زمان که گندم در این منطقه نیاز به آبیاری دارد خیلی بیشتر بود (بی‌نام، (ب)۱۳۹۳). به این دلیل، بارش باران به اندازه ۳ آبیاری پشت سرهم عمل کرد و چهار نوبت آبیاری به صورت غرقابی تا زمان برداشت محصول انجام گردید. اولین آبیاری در تاریخ دوم اردیبهشت انجام گردید. آبیاری کرت‌ها با دبی نسبتاً ثابت انجام گردید و به محض رسیدن آب به انتهای کرت مجرای ورودی مسدود می‌شد. به این ترتیب ضمن پرشدن کرت‌ها از آب سرریز شدن آن اتفاق نمی‌افتاد. با اندازه‌گیری زمان و دبی آبیاری به‌ترتیب با کرنومتر و پارشال فلوم، حجم آب در هر نوبت آبیاری تعیین گردید.

وسایل استاندارد متعددی برای اندازه‌گیری آب در سیستم‌های آبیاری وجود دارند. در این آزمایش از پارشال فلوم که در ابتدای هر کرت قرار می‌گرفت استفاده گردید. دو جنبه مطلوب پارشال فلوم این است که با افت باری کمتر از آنچه که برای یک سرریز لازم است خوب کار می‌کند و در شرایط معمولی می‌توان دبی را با دقت ۲ تا ۵ درصد تعیین کرد (احمدی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

کارآیی مصرف آب

کارآیی مصرف آب با داشتن مقدار آب مصرفی در طول فصل رشد گیاه و عملکرد بذر و کاه و کلش گندم، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$WUE = \frac{D}{W} \qquad (۲)$$

که در آن D وزن کل دانه همراه با کاه و کلش وW کل آب آبیاری شده و چهل درصد مقدار بارش باران از مرحله کاشت تا برداشت در هکتار برحسب مترمکعب می‌باشد (احمدی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای اجرای این پژوهش از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (سه روش خاک‌ورزی + کاشت گندم) و شش تکرار در یک مزرعه که تحت دو تناوب سیب‌زمینی–گندم و لوبیا – گندم بود استفاده شد. نتایج دو تناوب با تجزیه‌ی مرکب توسط نرم‌افزار SAS و MSTAT-C مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات مربوط به مصرف سوخت و عملکرد مزرعه‌ای مؤثر که در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد مزرعه‌ای ماشین

نتایج نشان داد که عملکرد مزرعه‌ای مؤثر در مرحله تهیه زمین و کاشت در سه روش خاک‌ورزی + کاشت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند (جدول ۲). بیشترین عملکرد مزرعه‌ای مؤثر به میزان ۰/۷۲ هکتار بر ساعت مربوط به‌روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات و کمترین عملکرد مزرعه‌ای مؤثر به میزان ۰/۴۷ هکتار بر ساعت مربوط به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات می‌باشد. روش کشت مستقیم با روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات تفاوت معنی‌دار نداشت ولی با روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). شاهسونی و افضلی نیا (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند که بیشترین عملکرد مزرعه‌ای به میزان ۱/۲ هکتار بر ساعت مربوط به روش کشت مستقیم و کمترین عملکرد مزرعه‌ای به میزان ۰/۲ هکتار بر ساعت مربوط به روش خاک‌ورزی مرسوم کاشت با ردیف‌کار می‌باشد و عملکرد مزرعه‌ای روش کم‌خاک‌ورزی – کاشت با ردیف‌کار نیز ۰/۶ هکتار بر ساعت بود (شاهسونی و افضلی‌نیا، ۱۳۹۱). احتمالاً علت تفاوت ارقام به‌دست آمده در این آزمایش با ارقام حاصل از آزمایش نامبردگان، تفاوت عرض کار ماشین‌های مورد استفاده بوده است. با این وجود در هر دو آزمایش کمترین عملکرد مزرعه‌ای متعلق به روش خاک‌ورزی مرسوم بود به‌طوری‌که نتایج تحقیق حاضر نشان داد روش کشت مستقیم و روش کم‌خاک‌ورزی +کاشت با کمبینات نسبت به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات باعث افزایش عملکرد مؤثر مزرعه‌ای ماشین تا مقدار ۴۲ و ۵۳ درصد شد.

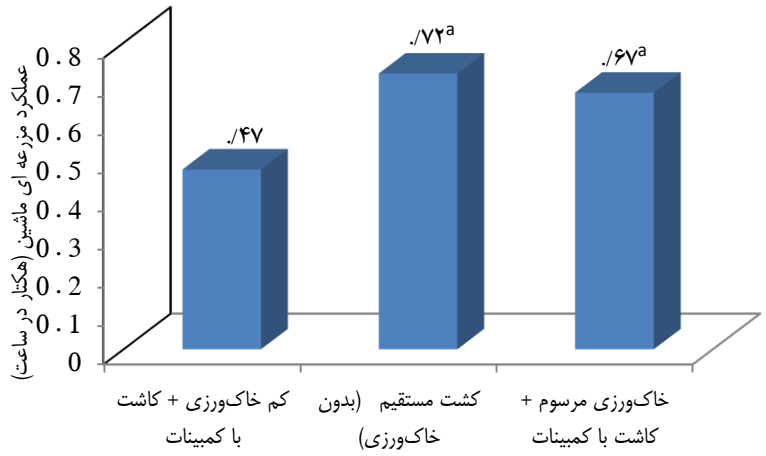
در روش کشت مستقیم فقط یک عملیات برای کاشت محصول انجام می‌گیرد، انتظار می‌رفت عملکرد مزرعه‌ای از دیگر روش‌ها بیشتر می‌شد، ولی به دلیل عرض کار کم دستگاه کشت مستقیم مورد استفاده و سرعت کار پایین تراکتور سبک‌تر MF 285 (مرسوم منطقه) نسبت به تراکتور TM 155، عملکرد مزرعه‌ای آن با روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات بسیار نزدیک بود. در صورت

استفاده از تراکتور بزرگ‌تر و دستگاه کشت مستقیم با عرض کار بیشتر موجب افزایش عملکرد مزرعه‌ای در این روش نسبت به سایر روش‌ها می‌گردید. همچنین می‌توان دریافت که با اجرای روش خاک‌ورزی-کاشت مناسب می‌توان تردد تراکتور و ماشین‌ها را به نصف کاهش داد که این کاهش تردد موجب کاهش هزینه، انرژی مصرفی و زمان عملیات می‌شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر استفاده از سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت برعملکرد مزرعه‌ای و مصرف سوخت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات مصرف سوخت	میانگین مربعات عملکرد مزرعه‌ای
روش خاک‌ورزی+کاشت	2	257.3**	0.032*
خطا	2	1.08	0.0007
تغییرات (٪) ضریب	-	3.3	4.36

*و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می باشند.



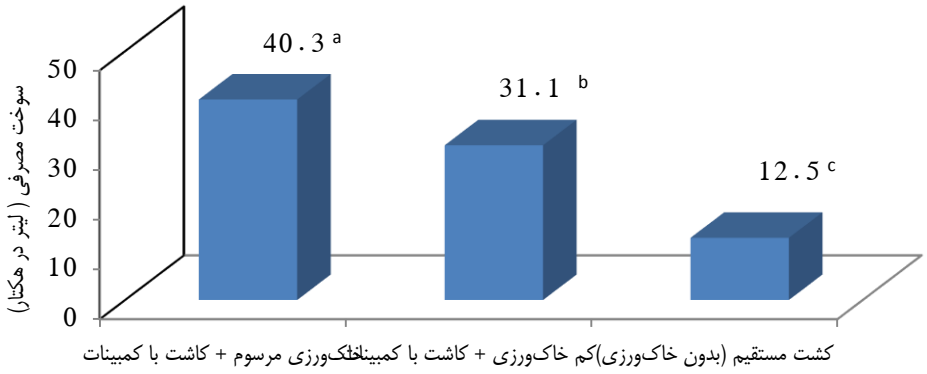
شکل ۱- عملکرد مزرعه‌ای مؤثر ماشین کاشت گندم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی-کاشت

مقدار سوخت مصرفی برای عملیات ماشینی

نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی + کاشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مصرف سوخت داشته است (جدول۲). با مقایسه میزان مصرف سوخت برای عملیات تهیه زمین و کاشت در سه روش خاک‌ورزی + کاشت مشاهده گردید که بیشترین مقدار مصرف سوخت به میزان ۴۱/۱ لیتر در هکتار مربوط به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات و کم‌ترین مقدار مصرف سوخت به میزان ۱۲/۵ لیتر در هکتار مربوط به‌روش کشت مستقیم (بی خاک‌ورزی) می‌باشد (شکل۲). روند این نتایج با روند نتایج شاهسونی و افضلی‌نیا (۱۳۹۱) مطابقت دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر مصرف سوخت در عملیات تهیه زمین و کاشت ذرت داشت به‌طوری‌که مصرف سوخت از ۶۱/۶۱ لیتر در هکتار در روش مرسوم به ۱۲/۴ لیتر در

هکتار در روش بی خاک‌ورزی کاهش یافت (شاهسونی و افضلی‌نیا، ۱۳۹۱).

علت کاهش مصرف سوخت در روش کشت مستقیم، کاشت محصول با یک بار عبور در مزرعه نسبت به دو روش دیگر بود. همچنین افزایش مصرف سوخت در روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات نسبت به‌روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات، عملکرد مزرعه‌ای پایین‌تر گاوآهن کورلند نسبت خاک‌ورز مرکب در مرحله خاک‌ورزی بود. لذا نتایج این تحقیق نشان داد که روش کشت مستقیم و روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات نسبت به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات به ترتیب موجب کاهش مصرف سوخت تا مقدار ۶۹ و ۲۳ درصد شد.



شکل ۲- میزان مصرف سوخت در روش‌های مختلف خاک‌ورزی-کاشت

مقدار مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی + کاشت در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار مصرف آب فقط در اولین نوبت آبیاری بهاره پس از استقرار گیاه داشت. برهم‌کنش خاک‌ورزی + کاشت و تناوب تأثیر معنی‌داری بر مقدار مصرف آب نداشت. نتایج همچنین نشان داد روش‌های خاک‌ورزی + کاشت و برهم‌کنش خاک‌ورزی + کاشت و تناوب در آبیاری‌های دوم، سوم و چهارم تأثیر معنی‌داری بر مقدار مصرف آب نداشت که احتمالا به علت یکنواخت شدن شرایط آب‌گذری به‌مرور زمان بوده است.

در نوبت اول آبیاری در بهار بیشترین مقدار مصرف آب به مقدار ۱۵۰۵ مترمکعب بر هکتار مربوط به‌روش مرسوم و کمترین مقدار ۱۱۸۰ مترمکعب بر هکتار مربوط به‌روش کم‌خاک‌ورزی بود. روش کشت مستقیم به مقدار ۱۴۸۰ مترمکعب بر هکتار با روش مرسوم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳). در روش خاک‌ورزی مرسوم احتمالاً به دلیل عمق بیشتر خاک‌ورزی و در روش کشت مستقیم به دلیل ایجاد ترک و شکاف‌های عمیق در خاک توسط شیاربازکن دستگاه کشت، مقدار آب بیشتری در نوبت اول بعد از استقرار گیاه

مصرف شد. بقیه آب مورد نیاز محصول از طریق بارندگی‌های فصلی و سه نوبت آبیاری دیگر طبق عرف منطقه داده شد. علت تفاوت مقدار کل آب مصرفی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی + کاشت به دلیل تفاوت در اولین نوبت آبیاری در بهار بود.

شوکلا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی عموماً باعث ذخیره بیشتر رطوبت در خاک می‌شوند. این سیستم در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم، به دلیل عمق کار کمتر و باقی گذاشتن بقایا بر سطح خاک باعث کاهش تبخیر رطوبت از سطح خاک می‌شود (Shukla and Ebinger, 2003).

جدول ۳- مقایسه میانگین آب مصرفی و کارآیی آب مصرفی

منابع تغییر	فاکتور	آب مصرفی نوبت اول ($m^3\ ha^{-1}$)	کارآیی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)	آب مصرفی کل ($m^3\ ha^{-1}$)
تناوب				
	لوبیا – گندم	1286[a]	1.53[a]	9253[a]
	سیب‌زمینی – گندم	1483[a]	1.45[a]	9851[a]
	LSD 5%	330	0.099	330
روش خاک‌ورزی +کاشت				
	خاک‌ورزی مرسوم + کمبینات	1505[a]	1.51[a]	9872[a]
	کم‌خاک‌ورزی + کمبینات	1180[b]	1.50[a]	9547[b]
	کشت مستقیم	1480[a]	1.46[a]	9837[a]
	LSD 5%	187	0.098	187

حروف متفاوت در هر عامل، معنی داری در سطح پنج درصد را نشان می دهند.

کارآیی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی + کاشت و تناوب تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب نداشت، ولی اثر متقابل تناوب×خاک‌ورزی + کاشت تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب داشت. بیشترین کارآیی مصرف آب با توجه به جدول ۴ به مقدار ۱/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش کشت مستقیم در تناوب لوبیا–گندم و کمترین کارآیی مصرف آب به مقدار مقدار ۱/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش کشت مستقیم در تناوب سیب‌زمینی–گندم بود. علت این اختلاف کمتر بودن مصرف آب نوبت اول در روش کشت مستقیم در تناوب لوبیا–گندم نسبت به روش کشت مستقیم در تناوب سیب‌زمینی–گندم بود. بایستی توجه

داشت که علیرغم بارش‌های پی در پی بهاری که حداقل سه نوبت آبیاری بعد از اولین آبیاری بهاری حذف گردید، این نتایج به‌دست آمده است.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که در شرایط معمول به علت عدم یکنواختی آب‌گذری در آبیاری‌های دوم، سوم و چهارم در بهار، احتمالاً تفاوت بیشتری در کارآیی آب به‌دست می‌آمد. لیکن به علت آبیاری‌های متوالی فصل بهار و به علت پدیده یکنواخت شدن آبگذری به‌مرور زمان شرایط آبگذری مزرعه یکنواخت گردید و نتایج نزدیک بهم گردید.

جدول ٤- اثر متقابل تناوب×خاک‌ورزی و کاشت بر کارآیی مصرف آب

فاکتور	کارآیی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)
لوبیا–گندم+ خاک‌ورزی مرسوم+ کمبینات	1.45^{bc}
لوبیا–گندم+ کم‌خاک‌ورزی + کمبینات	1.55^{ab}
لوبیا–گندم+ کشت مستقیم	1.59^{a}
سیب‌زمینی –گندم + خاک‌ورزی مرسوم+ کمبینات	1.56^{ab}
سیب‌زمینی –گندم + کم‌خاک‌ورزی + کمبینات	1.44^{bc}
سیب‌زمینی – گندم + کشت مستقیم	1.33^{c}
LSD 5%	0.13

میانگین‌هایی که در یک حرف لاتین مشترکند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به عملیات انجام شده در این تحقیق و نتایج حاصل از آن‌ها می‌توان موارد زیر را استنتاج نمود.

۱- روش کشت مستقیم و روش کم‌خاک‌ورزی + کاشت با کمبینات نسبت به‌روش خاک‌ورزی مرسوم + کاشت با کمبینات به ترتیب موجب افزایش عملکرد مزرعه‌ای مؤثر ماشین به مقدار ۵۳ در صد و ۴۲ درصد و کاهش مصرف سوخت تا مقدار ۶۹ درصد و ۲۳ درصد شدکه موجب کاهش هزینه‌های تولید به مقدار قابل توجهی به‌ویژه در روش کشت مستقیم می‌گردد.

۲- در اوایل رشد سبزینه‌ای گندم خلاف معمول سال‌های قبل، بارش زیاد باران در فروردین و اردیبهشت ماه در سال زراعی ۹۲-۹۱ باعث گردید سه نوبت آبیاری اولیه بعد از استقرار گیاه صورت نگیرد. به این علت احتمالاً شاهد تفاوت بیشتری در مقدار مصرفی آب و کارآیی آب در شرایط مختلف خاک‌ورزی+ کاشت به‌دست می‌آمد.

۳- مقدار مصرف آب در روش‌های مختلف خاک‌ورزی+ کاشت، فقط در نوبت اول آبیاری بعد از بهار تفاوت معنی‌داری داشت.

۴- روش‌های خاک‌ورزی + کاشت و تناوب تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب نداشت، ولی اثر متقابل تناوب×خاک‌ورزی + کاشت تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب داشت.

منابع

احمدی نژاد، ح.، ن. نجفی، ن. ع. اصغرزاده، و ش. اوستان. ۱۳۹۴. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگیهای رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۲): ۱۷۷-۱۹۴.

ایران نژاد، ح. و ن. شهبازیان. ۱۳۸۳. زراعت غلات، انتشارات کارنو.

بی‌نام، (الف)۱۳۹۳. آمارنامه داده‌های زراعی، سایت جهاد کشاورزی ایران. قابل دسترس در این آدرس: http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx.

بی‌نام، (ب)۱۳۹۳. آمارنامه داده‌های هواشناسی، سایت هواشناسی استان فارس. قابل دسترس در این آدرس: http://www.farsmet.ir/amar/syngraph/eglid.pdf.

حسینی، س. م.، ص. افضلی نیا و ک. ملائی. ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص های انرژی در تولید گندم آبی با روش های خاک وزی و کاشت مرسوم و حفاظتی در شهرستان اقلید. نشریه ماشین های کشاورزی، ۶(۱): ۲۳۶-۲۴۹.

شاهدی، ک.، و پ. احمدی مقدم. ۱۳۸۸. رابطه ماشین و خاک. ارومیه: انتشارات جهاد دانشگاهی . ص ۳۲۵.

شاهسونی، ق.، و ص. افضلی‌نیا. ۱۳۹۱. اثر روشهای مختلف خاک ورزی بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.

یونسی الموتی، م. و ا. شریفی. ۱۳۹۱. بررسی و تعیین میزان توان و سوخت مورد نیاز و برخی خواص فیزیکی خاک در چند روش خاک‌ورزی. نشریه ماشین‌های کشاورزی ۱: ۱۱-۱۸.

Adel, E. T. 2002. Soil Tillage in Agroeco Systems. CRC Press.

Anymouse. 2000. BSI (British Standards Institution). British Standard Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes: Classification Tests. British Standard 1377: Part 2:1990, BSI, London, UK.

Blake, G. R., and K. H. Hartage. 1986. Bulk density. P. 363-375, In: A Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Agronomy 9, ASA, Madison, WI.

Gardner, W. H. 1986. Water content. P. 635-662. In: A. Klute (ed.), Methods of Soil Analysis. Part1. Physical and mineralogical methods, 2nd ed. Agronomy 9. ASA. Madison, WI.

Gee, G. W., and Bauder, J. W., 1986. Particle size analysis. In: Klute, A., (Ed.), Method of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Handbook No 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 383–411.

Hou, R., Zh., Ouyang Yunsheng Li., D. D. Tyler, F. Li., and G. V. Wilson. 2011. Effects of tillage and residue management on soil organic carbon and total nitrogen in the north china plain. Soil Science Society of American Journal. 76: 1-11.

Shukla, M. K., R. Lal and M. Ebinger. 2003. Tillage effects on physical and hydrological properties. Soil Science. 168(11):802-811.