نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۴ / سال ۱۳۹۹ صفحات ۳۱۰-۲۹۵

بررسی کارایی مصرف آب، بهره‌وری انرژی، اقتصادی و عملکرد سیستم‌های مختلف کشت گندم- ذرت در شمال خوزستان

عیسی بوگری [۱*]، محمدامین آسودار[۲]، افشین مرزبان[۳]، نواب کاظمی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/٦ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۱
۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- استاد گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳- دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
٤- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
مسئول مکاتبه: Email: phd.bougarieisa@asnrukh.ac.ir

چکیده

اهداف: در این مطالعه تأثیر مدیریت بقایا، روش‌های آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کاشت در سیستم‌های کشت روی برخی از جنبه‌های مهم تناوب رایج گندم-ذرت در استان خوزستان بررسی گردید.

مواد و روش ها: آزمایش به صورت استریپ بلوک اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. کرت‌های اصلی این طرح به مدیریت بقایا، کرت‌های فرعی به روش‌های آبیاری و در کرت‌های فرعی فرعی، خاک‌ورزی و الگوی کاشت به صورت فاکتوریل اختصاص یافت.

یافته‌ها: حفظ کامل بقایا در دو روش آبیاری غرقابی و بارانی طور متوسط باعث افزایش ۰/٤ و ۰/۱۸ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی نسبت به تیمارهای بدون بقایا بود. در سیستم‌های دارای کشت حفاظتی با بقایای کامل کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، عملکرد تغییرات معنی‌داری نسب به سیستم‌های متداول نداشت اما باعث ارتقاء کارایی مصرف آب، بهره‌وری انرژی و اقتصادی شد. بالاترین نسبت سود به هزینه در سیستم وجود کامل بقایا- آبیاری قطره‌ای-خاک‌ورزی متداول- کشت روی پشته با نسبت ۱/۷۲ رخ داد. کمترین انرژی ورودی مربوط به سیستم وجود کامل بقایا- آبیاری قطره‌ای- بی‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته با ۷٦٦۳٥ مگاژول برهکتار در بود در عین حال بالاترین بهره‌وری انرژی را با ۰/۲۱۰ کیلوگرم برمگاژول دارا بود، همچنین در این سیستم حفاظتی نسبت سود به هزینه ۱/٦۲ به‌دست آمد.

نتیجه گیری: حرکت به سمت اتخاذ روش‌های کشاورزی حفاظتی از جمله حفظ بقایا، کاهش خاک‌ورزی، کشت روی پشته‌های دائم و استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا، تولید پایدار را به دنبال دارد. با توجه نتایج این پژوهش ضمن تایید کارآمدی، به کارگیری سیستم‌های کشت حفاظتی توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری انرژی، کارایی مصرف آب، کشاورزی حفاظتی، نسبت سود به هزینه

Investigating Water Use Efficiency, Energy Productivity, Economic and Yield under Different Wheat-Maize Cropping System in the North of Khuzestan Province

Eisa Bougari[1], Mohammad Amin Asoodar[2], Afshin Marzban[3], Navab Kazemi[4]

Received: October 28, 2019 Accepted: November 1, 2020

1-PhD Student of Agricultural Mechanization Eng, Agriculture Science and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
2-Prof., Dept. of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agriculture Science and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
3-Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agriculture Science and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
4-Assist. Prof., Dept. of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agriculture Science and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author Email: phd.bougarieisa@asnrukh.ac.ir

Abstract

Background and Objective: In this study, effects of residue management, irrigation methods, tillage systems and planting methods on some important aspects of common wheat-maize rotation in Khuzestan province was investigated.

Materials and Methods: The experiment was conducted as strip-block split factorial on randomized complete blocks design with three replications. Residue management considered as main plots, irrigation methods as subplots and factorial combination of tillage systems and planting methods as sub subplots.

Results: Retaining residue on surface in flood and drip tape irrigation systems increased maize harvested about 0.4 and 0.18 kg per each m^3 of applied water, respectively. In conservation tillage practices, reduced tillage and no-tillage with residue on surface had no significant effects on wheat and maize yields compared to conventional tillage, but improved water use efficiency, energy productivity and economic indices. The highest benefit to cost ratio (BCR) was obtained as 1.72 from drip tape irrigation-with total residue-conventional tillage- ridge bed planting treatment. The lowest input energy (76635 $MJ.ha^{-1}$) and the highest energy productivity (0.210 $kg.MJ^{-1}$) was belonged to drip tape irrigation-with total residue-no tillage- ridge bed planting treatment, Also BCR in this conservation system was obtained 1.62.

Conclusion: Moving towards adoption of agricultural conservation techniques such as retain residue, reduce tillage, planting on permanent ridge bed and use high efficiency irrigation methods would result in a sustainable production. According to the results of this research, the use of conservation tillage systems are recommended.

Keywords: Benefit to Cost Ratio, Conservation Agriculture, Drip Tape Irrigation, Energy Productivity, Water Use Efficiency

مقدمه

امروزه انتخاب و به کارگیری شیوه‌های درست مدیریتی که منجر به توسعه پایدار در تولید محصولات کشاورزی گردد، اجتناب ناپذیر است. مدیریت منابع در کشاورزی باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر پاسخ گویی به نیاز جامعه در محصولات کشاورزی، بهره‌وری بالای منابع و کاهش خسارت‌های وارده به محیط زیست را به دنبال داشته باشد. خاک‌ورزی، کاشت و شیوه آبیاری از مهمترین عملیاتی هستند که بالاترین تاثیر را در مصرف و کارایی منابع در کشاورزی دارا هستند، مدیریت صحیح این عملیات از جمله رویکرد کشاورزی حفاظتی، جهت افزایش کارایی منابع و ارتقای تولید اهمیت زیادی دارد. حرکت به سوی کشاورزی حفاظتی جهت پایداری در تولید و حفظ منابع و استفاده از روش‌های آبیاری نوین، مسیری در راستای کشاوری پایدار می‌باشد. پذیرش کشاورزی حفاظتی توسط کشاورزان نیازمند سود اقتصادی است، این امر می‌تواند با کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد به‌دست آید. سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌وری با حفظ بقایا، از رویکردهای کشاورزی حفاظتی در راستای تولید پایدار محصولات کشاورزی می‌باشند، هرچند برخی از محققان (وتچ و همکاران ۲۰۰۷، ویلهلم وورتمن ۲۰۰٤) عنوان نمودند که سیستمهای بی‌خاک‌وزی ممکن است عملکرد کمتری نسبت به سیستم‌های مرسوم داشته باشد. میزراند (۲۰۱۹) نیز کاهش عملکرد گندم و ذرت را در بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم گزارش نمود. اما محققان بسیاری به کارگیری کشاورزی حفاظتی را تأیید نموده اند که علاوه بر پایداری منابع تولید افزایش عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را به دنبال دارد. خاک‌ورزی حفاظتی افزایش ۱۰ و ۲۰ درصدی (اولسن و همکاران ۲۰۱۳) و ۱٦/۸ و ۱۷/٥ درصدی (گائو بائو و همکاران ۲۰۱۲) عملکرد و کارایی مصرف آب را نسبت به خاک‌ورزی متداول به دنبال دارد. در پژوهشی دیگر (یان و همکاران ۲۰۱۷) افزایش ۱٤/۹ درصدی عملکرد و ۲۷/۲ درصدی کارایی مصرف آب در کشت تناوبی، بدون خاک‌ورزی و پوشش بقایای گیاهی در مقابل کشت مرسوم و تک کشتی و بدون بقایا را، در مناطق خشک چین و یک مطالعه‌ی سه ساله گزارش نمودند. در تحقیقی ۱۰ ساله اثر حفظ بقایا، خارج کردن بقایا و سوزاندن بقایای گندم بر عملکرد گندم را به ترتیب ۷/۳۰، ۷/۲٤ و ٦/٦٥ تن در هکتار گزارش شد (ورهالست و همکاران ۲۰۱۱). کشت روی پشته‌های دائمی نسبت به کشت مسطح باعث افزایش ۱٥ درصدی عملکرد محصول و کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب گردید (سینگ و همکاران ۲۰۱۰). آسودار و یوسفی (۲۰۱۳) نیز افزایش عملکرد محصول در کشت جوی و پشته را گزارش نمودند. در تحقیقی دیگر (صفری و همکاران ۲۰۱۳) بیان کردند، افزایش حفظ بقایا به همراه خاک‌ورزی و کاشت حفاظتی سبب افزایش معنی‌دار رطوبت خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر خاک می‌گردد.

تجزیه و تحلیل انرژی در بخش کشاورزی می‌تواند نقش بسزایی در درک مدیران و تصمیم گیران نسبت به بوم نظام‌های کشاورزی در راستای تصمیم‌گیری و توسعه بخش کشاورزی داشته باشد (راتکه و دیپنبروک ۲۰۰٦). رویکرد کشاورزی حفاظتی خصوصا کاهش خاک‌ورزی نقش قابل توجهی در مصرف انرژی دارد. کشاورزی حفاظتی و روش آبیاری به‌ویژه در ایران که سرزمین خشکی است و معمولا مزارع آبیاری می‌شوند می‌تواند کاهش قابل توجهی در زمینه مصرف انرژی داشته باشد. از سوی دیگر آبیاری غرقابی باعث کاهش اکسیژن در ناحیه ریشه و کاهش رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه می شود (قبادی و همکاران ۲۰۰٦، سان و همکاران ۲۰۱٥).

تحلیل‌های اقتصادی، انرژی و زیست محیطی علاوه بر تحلیل‌های فنی، از مسائل مهم در بررسی سیستم‌های کشاورزی هستند. در جنوب فرانسه سه سامانه‌ی آبیاری قطرهای سطحی، زیرسطحی و آبیاری بارانی برای ذرت دانه‌ای را در موسسه تحقیقاتی ایرستئا واقع

در شهر مونپلیه از سال ۲۰۰۷ به مدت ۳ سال از لحاظ شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی آب را مورد ارزیابی قرار گرفت. در سال ۲۰۰۷ تیمار آبیاری سطحی اقتصادی‌تر بود در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ مقدار آب مصرفی زیر سطحی حداقل ۱۶ درصد کاهش مصرف آب و ۱۸ درصد افزایش محصول نسبت به آبیاری بارانی داشت اما هیچ کدام از تیمارها سود خالصی به همراه نداشتند (حسینیان و همکاران، ۲۰۱۶). در یک مطالعه‌ی پنج ساله (رام و همکاران ۲۰۱۲) اثرات اقتصادی و زراعی دو محصول ذرت و گندم را در روش خاک‌ورزی (متداول و بی‌خاک‌ورزی)، نوع کشت (روی پشته و کشت مسطح) و بقایا (با بقایا و بدون بقایا) مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که کارآیی مصرف آب در کشت روی پشته ۷/۸ تا ۲۲/۷ درصد افزایش می‌یابد و بالاترین بازگشت سرمایه‌ی تولید ذرت-گندم در روش بی‌خاک‌ورزی و کشت روی پشته‌های دائم بدست آمد.

چالش آب برای بخش کشاورزی ایران جدی است از طرفی اکثر خاک های ایران از نظر مواد آلی ضعیف هستند و در طول دهه‌های گذشته به دلیل کاربرد نامناسب عملیات‌های کشاورزی ساختمان اغلب خاک ها تخریب شده است. از جمله راه‌های افزایش کارایی مصرف آب نگه داشتن بقایا، بر روی زمین می باشد که موجب خنک متعادل نگه داشتن دمای سطح خاک، حفظ رطوبت و کاهش فرسایش خاک می باشد (ون براون و همکاران ۲۰۱۰). بی‌خاک ورزی با حفظ بقایا ، باعث بهبود توزیع اندازه و افزایش خاکدانه های درشت خاک در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم می‌شود. در نواحی خشک و نیمه خشک و خاک های با زهکشی خوب بی‌خاک‌ورزی با حفظ بقایا باعث پایداری خاک دانه ها، کاهش سله بندی خاک افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و حفظ رطوبت خاک می‌شود (گوارتس و همکاران، ۲۰۰۷). کشاورزی حفاظتی به طور عمده تأکید بر حذف یا کاهش خاک‌ورزی را به عنوان یک مفهوم بهبود یافته از سیستم کشاورزی، توصیه می‌کنند. فناوری‌های مناسب کشاورزی حفاظتی، شامل سیستم‌هایی برای تولید محصول است که به دنبال کاهش‌های قابل ملاحظه در خاک‌ورزی، حفظ سطوح مناسب بقایای محصول روی سطح خاک، استفاده از تناوب‌های زراعی سودمند، ترکیب پایداری و سودمندی تولید زراعی می باشند. در صورتی که اصول کشاورزی حفاظتی به درستی رعایت شود، سبب افزایش بازده نهاده‌ها، بهره‌وری آب و کاهش چالش‌های اقلیمی از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سبب می‌شود و از همه مهم‌تر کشاورزی حفاظتی جنبه‌های تازه ای برای دوام و بقای اقتصاد کشاورزی به همراه دارد (سایری و گوارتس ۲۰۱۱). خوزستان به عنوان قطب کشاورزی ایران شناخته می‌شود، مطالعه در راستای افزایش کارایی منابع و حرکت به سمت کشاورزی پایدار اهمیت زیادی دارد که این مطالعه در این مسیر انجام گرفت.

مواد و روش

این آزمایش ها در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال اهواز با موقعیت جغرافیایی ٤٨ درجه و ٥٣ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ٣٤ دقیقه شمالی در ارتفاع ۲۰ متری از سطح دریا اجرا گردید. متغیرهای مستقل این پژوهش شامل مدیریت بقایا (R)، روش آبیاری (I)، سامانه‌ی خاک‌ورزی (T) و الگوی کاشت (P) بود که در طرحی به صورت آزمایش استریپ بلوک اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر تکرار شامل ٢٤ ترکیب تیماری (هر ترکیب تیماری به عنوان یک سیستم مدیریتی کشت در نظر گرفته شد) که در قطعه زمینی به مساحت ۱۰۰۰۰ متر مربع در اراضی دانشگاه به اجرا آمد. در این طرح کرت‌های اصلی به مدیریت بقایا (شامل حذف بقایا با سوزاندن (R_1) و حفظ کامل بقایا (R_2))، کرت‌های فرعی به روش‌های آبیاری (شامل آبیاری غرقابی (I_1) و نوار تیپ سطحی (I_2))، خاک‌ورزی (شامل خاک‌ورزی مرسوم (T_1)، کم‌خاک‌ورزی (T_2) و بی‌خاک‌ورزی (T_3)) و الگوی کاشت (شامل کشت مسطح (P_1) و کشت روی پشته (P_2)) در کرت‌های فرعی فرعی به صورت فاکتوریل اختصاص

یافت. طول و عرض مفید هر کرت ۱۵ و ٦ متر بوده و بین هر کرت یک فاصله دومتری لحاظ گردید. این طرح برای دو کشت گندم و ذرت، تناوب معمول استان خوزستان انجام شد. لازم به ذکر است که کشت گندم در سال زراعی ۱۳۹۵– ۱۳۹٦ در تمام تیمارها به عنوان پیش کاشت انجام گرفت. خاک مزرعه مورد استفاده دارای بافت لوم رسی، (۳٦/٤ درصد رس، ۱۹/٦ درصد شن و ٤٤ درصد سیلت)، هدایت الکتریکی ۳/٥٤ دسی زیمنس بر متر، اسیدیته ۷/۹ و درصد مواد آلی ۰/٦۷ بود.

عملکرد دانه

جهت دستیابی به میزان عملکرد دانه گندم تیمارهای مختلف، ابتدا از حواشی کرت ها چند متر فاصله گرفته شد سپس با استفاده از یک کادر چوبی یک متر مربعی نمونه گیری از هر کرت در سه تکرار انجام شد و بوته‌های گندم درون کادر به مساحت یک متر مربع توسط داس برداشت شد و پس از خرمنکوبی، دانه ها با دقت جدا و وزن گردید و سپس به هکتار تعمیم داده شد. برای محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای نیز پس از گذر از حواشی کرت از ردیف‌های وسط هر کرت (ردیف‌های چهارم و پنجم) نمونه گیری و اندازه گیری انجام گرفت.

کارایی مصرف آب

به منظور تعیین میزان دبی آب آبیاری در این طرح از پمپ و کنتور آب استفاده شد، برای محاسبه میزان آب مورد نیاز هر تیماراز رابطه پیشنهادی بیاده (علیزاده ۲۰۰۲) زیر استفاد گردید.

$$v = \frac{(F_C - \theta_m) * pb * D_{root} * A}{E_I}$$ (رابطه ۱)

که در آن V : حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، F_C: درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراع، θ_m : درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، pb: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی، A: مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع، D_{root}: عمق توسعه ریشه بر حسب متر و E_I : راندمان آبیاری می‌باشد.

شاخص کارایی مصرف آب در واقع میزان محصول تولید شده به حجم آب مصرفی در طول دوره رشد را بیان می‌کند. کارآیی مصرف آب از رابطه (۲) بدست می‌آید (علیزاده ۲۰۰۲) .

$$WUE = \frac{P}{V}$$ (رابطه ۲)

که در آن WUE: کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، P: محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار) و V : حجم آب مصرف شده (متر مکعب در هکتار) می‌باشد.

مصرف انرژِی

مطالعه انرژی امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی را مهیا می‌سازد بدین منظور علاوه بر محاسبه انرژی مصرفی توسط شاخص‌های که مفهوم جامع‌تری از وضعیت انرژی و مقایسه آن را امکانپذیر می‌سازد استفاده می‌شود. در این مطالعه از دو شاخص نسبت (کارایی) انرژی که نسبت انرژی از تقسیم انرژی ستانده به انرژی نهاده به دست می‌آید (سینگ ۱۹۹٦) و بهره‌وری انرژی: از نسبت مقدار محصول تولیدی در واحد سطح به انرژی ورودی محاسبه می‌شود استفاد گردید. ضرایب انرژی قسمت‌های مختلف مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

بررسی اقتصادی

برای محاسبات اقتصادی از درآمد کل و هزینه‌های کل سیستم‌های مختلف بر پایه قیمت‌های سال ۱۳۹۷ استفاده شد. متوسط مزارع هر بهره‌بردار در استان خوزستان و منطقه مورد مطالعه حدود ۱۰ هکتار بوده (بی نام ۲۰۱٦) که بر این اساس هزینه‌ها برای یک مزرعه ده هکتاری در نظر گرفته شد. در این مطالعه برای محاسبه هزینه‌های وسایل مورد نیاز آبیاری بر اساس عمر مفید یکسال (نوار تیپ، فیلترها، نیروی کارگری و سایر هزینه های متفرقه)، سه سال (شیرآلات، رابط نوارها و برخی اتصالات)، ده سال (لوله های اصلی، لوله های فرعی و برخی اتصالات) و بیست سال (موتور، پمپ و سایر تجهزات ثابت) لحاظ گردید. برای محاسبه هزینه

های وسایل با بیش از یک سال عمر مفید بر اساس ارزش کنونی، نرخ بهره بانکی ۲۰ درصد و عمر مفید وسایل، هزینه‌ها سرشکن و برای یک سال بدست آورده شد. جهت محاسبه هزینه عملیات کشاورزی بر اساس نرخ مصوب مرکز توسعه مکانیزاسیون و هزینه اجاره بهاء منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. همچنین هزینه اجاره بهای رایج در منطقه برای یکسال زمین مرغوب (۵/۵ میلیون تومان) به عنوان هزینه فرصت لحاظ شد. در بررسی اقتصادی سیستم‌های مورد مطاللعه از شاخص شاخص نسبت سود (B) به هزینه (C) و سود خالص که در رابطه‌های (۳) و (٤) آورده شده‌اند استفاده شد. بخشی از هزینه‌ها مربوط به استهلاک تجهیزات مورد استفاده بود که از رابطه (۵) بدست آورده شد.

$$\frac{B}{C} = \frac{P_{TR}}{P_{TC}}$$ (رابطه۳)

P_{TR} = ارزش درآمد کل (درآمد ناخالص کل که برابر با عایدی حاصل از فروش کل محصول)

P_{TC} = ارزش هزینه کل (شامل هزینه فرصت و تمامی هزینه‌ها از زمان آماده‌سازی زمین تا زمان برداشت محصول)

$$N\pi = TR - TC$$ (رابطه ٤)

که در آنTR: درآمد ناخالص کل، TC: هزینه کل می‌باشد.

برای محاسبه استهلاک تجهیزات مورد استفاده از روش خط مستقیم استفاده شد. در این روش مقدار استهلاک سالیانه ثابت در نظر گرفته می شود و طبق رابطه (۵) محاسبه می گردد.

$$D = \frac{P-SV}{n}$$ (رابطه ۵)

که در آنD: استهلاک، P: ارزش اولیه، SV= ارزش اسقاطی و n= عمر مفید می باشد.

جدول ۱- ضرایب انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید گندم و ذرت

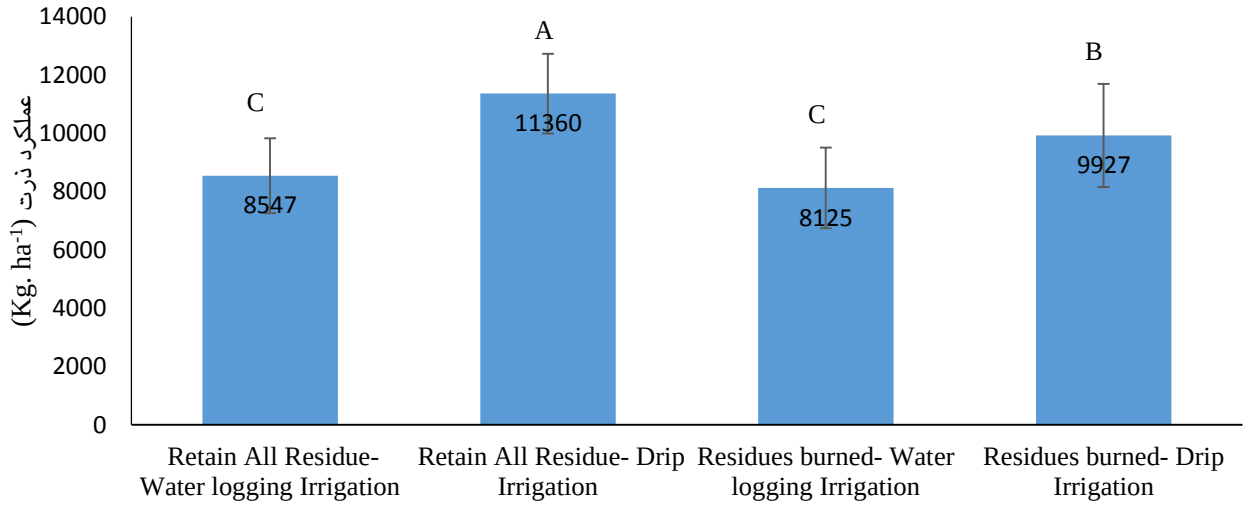
عنوان نهاده	واحد	ضرایب انرژی ($MJ.Unit^{-1}$)	منبع
نیروی کارگری	h	۱/۹٦	(kitani, 1999)
ماشین	h	٦۲/۷	(Erdal et al, 2007)
ازت	kg	٦٦/۱٤	(Yilmaz et al 2005)
فسفات	kg	۱۲/٤٤	(Esengum et al 2007)
پتاسیم	kg	۱۱/۱۵	(Esengum et al 2007)
الکتریسیته	kWh	۸/۱٤	(Saunders et al, 2006)
بذر گندم	kg	۱٦/٦	(Nguyen et al, 1995)
بذر ذرت	kg	۱۰۰	(kitani, 1999)
سموم شیمیایی	kg	۱۲۰	(Mandal et al, 2002)
سوخت دیزل	L	٤۷/۸	(kitani, 1999)
آبیاری		۲۰٪ انرژی مستقیم آبیاری	(kitani, 1999)
دانه	kg	۱٤/٤۸	(Kuesters and Lammel, 1999)

نتایج و بحث

به طور کلی نتیجه به کارگیری سیستم‌های مختلف تولید با تأثیرپذیری آنها در عملکرد ارزیابی می‌گردد. در این مطالعه ۲٤ ترکیب تیماری به کار گرفته شد که نتایج تجزیه واریانس طرح آزمایشی استفاده شده در جدول ۲ برای تناوب گندم-ذرت آورده شده است. آزمون واریانس نشان داد که عامل روش آبیاری و الگوی کشت روی عملکرد گندم معنی‌دار بود و سایر عوامل و اثرات

متقابل آنها از نظر آماری معنی‌دار نشد اما در کشت ذرت عوامل روش آبیاری، سامانه‌ی خاک‌ورزی و الگوی کشت در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل دوگانه بقایا و آبیاری و اثر متقابل سه‌گانه‌ی آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

عامل اصلی بقایا در این مطالعه در دو کشت گندم و ذرت نسبت به کرت‌های بدون بقایا به ترتیب ۲۹۷ و ۹۲۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیشتری داشت، اما این افزایش معنی‌دار نشد. روش آبیاری بارانی به طور متوسط باعث افزایش عملکرد ۶۶۰ و ۲۰۳۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در گندم و ذرت شد. یکی از دلایل این امر می‌تواند به دلیل کاهش فاصله بین نوبت‌های آبیاری و تنش آبی کمتر عنوان کرد. کشت روی پشته نیز در دو کشت گندم و ذرت ۴۷۱ و ۱۲۰۱ کیلوگرم در هکتار افزایش نسبت به کشت مسطح دارا بود. با وجود افزایش عملکرد در خاک‌ورزی کاهش یافته نسبت به دو روش دیگر اثر خاک‌ورزی در کشت گندم روی عملکرد معنی‌دار نبود و این می‌تواند تایید بر استفاده از روش‌های خاک‌ورزی کاهش یافته و بی‌خاک‌ورزی باشد. علیجانی و همکاران (۲۰۱۱) در یک مطالعه دو ساله بیان نمودند خاک‌ورزی کاهش یافته عملکرد بیشتری نسبت به خاک‌ورزی متداول در کشت گندم داشته است. در این تحقیق روش خاک‌ورزی روی عملکرد ذرت معنی‌دار بود اما چون اثر متقابل سه‌گانه‌ی آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کشت معنی دار شد به اثر اصلی آن پرداخته نمی‌شود. اثر متقابل بقایا و آبیاری روی عملکرد تأثیرگذار بود که این تأثیرگذاری در کشت ذرت معنی‌دار بود. اثر متقابل بقایا و آبیاری در کشت ذرت معنی دار بود که در شکل ۱ مقایسه میانگین عملکرد ذرت در سطوح مختلف اثر متقابل حفظ کامل بقایا و آبیاری نشان داده شده است. همانطور که مشخص است وجود بقایا باعث شده که متوسط عملکرد در هر دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای افزایش یابد. بیشترین عملکرد در تیمارهای بقایای کامل و آبیاری قطره‌ای با متوسط ۱۱۳۶۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که این میزان نسبت به تیمارهای آبیاری قطره‌ای بدون بقایا با متوسط ۹۹۲۷ کیلوگرم بر هکتار معنی دار بود. در آبیاری غرقابی به رغم افزایش متوسط ۳۲۲ کیلوگرم افزایش در تیمار حفظ کامل بقایا معنی دار نشد. ورهالست و همکاران (۲۰۱۱) نیز عنوان نمودن که وجود بقایا باعث ذخیره بیشتر رطوبت و افزایش عملکرد می‌گردد.



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری مدیریت بقایا و روش آبیاری برای عملکرد ذرت

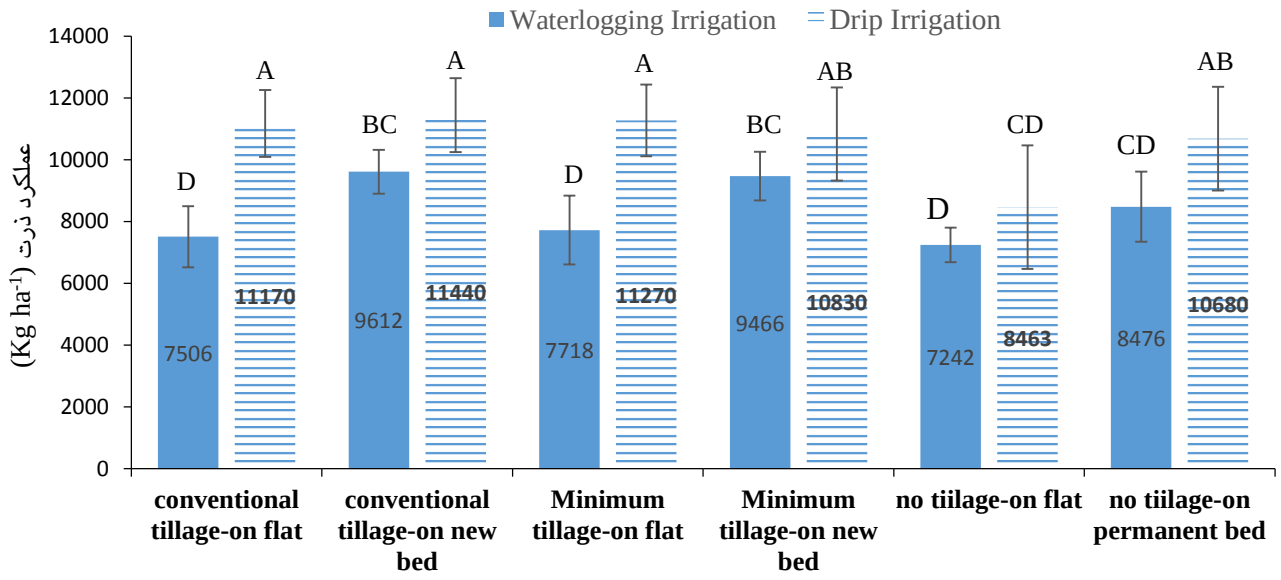
جدول۲ - جدول تجزیه واریانس عامل‌های بررسی شده روی عملکرد گندم و ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	واریانس عملکرد گندم	واریانس عملکرد ذرت
تکرار	۲	۷۷۳۲۲ ns	۳۹۲۶۲۶ ns
مدیریت بقایا	۱	۱۵۴۵۲۸۲ ns	۱۵۴۶۹۷۷۶ ns
خطا	۲	۱۲۵۸۹۶	۱۶۳۴۱۵۸
روش آبیاری	۱	۷۶۰۱۱۰۰ **	۹۵۸۳۲۲۷۸۳ **
اثرمتقابل بقایا و آبیاری	۱	۵۵۶ ns	۴۴۰۸۶۴۸ *
خطا	۴	۵۰۰۳۰	۳۹۸۱۰۱
سامانه ی خاک‌ورزی	۲	۳۴۴۱۵۷ ns	۱۰۸۵۸۰۷۳ **
اثرمتقابل بقایا و خاک‌ورزی	۲	۳۴۷۴۸۰ ns	۲۰۷۸۹۰۰ ns
اثرمتقابل آبیاری و خاک‌ورزی	۲	۲۱۵۰۴۰ ns	۱۷۰۴۸۹۸ ns
اثرمتقابل بقایا، آبیاری و خاک‌ورزی	۲	۱۴۳۰۷۳ns	۵۱۷۰۲۴ ns
الگوی کشت	۱	۳۹۹۱۲۵۴ **	۲۵۵۳۲۶۵۸ **
اثرمتقابل بقایا و الگوی کشت	۱	۴۱۶۱۶۷ ns	۳۸۳۶۴ ns
اثرمتقابل آبیاری الگوی کشت	۱	۱۵۸۲۹۶ns	۴۵۹۱۴۶۰ ns
اثر متقابل بقایا، آبیاری و الگوی کشت	۲	۷۱۶۰ ns	۵۳۱۱۳۷ ns
اثر متقابل خاک‌ورزی و الگوی کشت	۲	۳۷۶۰۶ ns	۱۷۲۳۵۲۷ ns
اثرمتقابل بقایا، خاک‌ورزی و الگوی کشت	۲	۴۶۰۰۵ ns	۴۴۵۲۷۸ ns
اثرمتقابل آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کشت	۲	۷۶۵۷۷ns	۴۵۳۸۳۲۹ *
اثرمتقابل بقایا، آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کشت	۲	۳۱۵۳۳ ns	۵۷۳۳۸۲ ns
خطا	۴۰	۱۳۸۲۹۱	۱۴۰۹۰۱۷
کل	۷۱		
ضریب تغییرات(%)		۹/۵۳	۱۳/۸۱

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۵ درصد معنی‌داری در سطح ۱ درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است در تیمارهای دارای آبیاری قطره‌ای تفاوت معنی‌داری بین کشت روی پشته و مسطح در هر سه روش خاک‌ورزی وجود نداشت. آبیاری قطره‌ای باعث خیس شدن آرام خاک و ظهور سریعتر و قدرتمندتر گیاهچه می‌گردد، در حالی که روش آبیاری غرقابی به‌خصوص در خاک‌های سنگین، سبب تخریب خاکدانه‌ها و سله بستن خاک می‌گردد که منجر به توقف یا کند شدن ظهور گیاهچه می‌شود. از مزایای مهم آبیاری قطره‌ای این است که در ابتدای جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه، از خفگی گیاه جلوگیری کرده و از طرفی با کوتاه شدن فاصله زمانی دو آبیاری در طول دوره رشد، تنش رطوبتی گیاه کمتر و همچنین تنفس ریشه گیاه نسبت به آبیاری غرقابی بهبود پیدا می‌کند. ولمر و همکاران (۲۰۱۸) تنش غرقابی را عامل کاهش طول ساقه وسنبله عنوان کردند. از سوی دیگر خاک‌های خوزستان اغلب از لحاظ مواد آلی ضعیف هستند و پایداری کمی دارند که با آبیاری غرقابی ساختمان آن فرو میریزد و آبیاری قطره‌ای با کاهش سرعت و مقدار آبیاری به حفظ پایداری خاک کمک می‌کند. در آبیاری غرقابی به دلیل اشباع شدن منافذ خاک

از آب، ریشه دچار کمبود اکسیژن می‌شود و این کاهش اکسیژن با افزایش دما شدت بیشتری دارد و این مسئله علاوه بر ریشه به کل اندام‌های هوایی گیاه آسیب می‌رساند که در نهایت باعث کاهش رشد اندام‌های هوای گیاه و اجزای عملکردی گیاه می‌گردد (قبادی و همکاران ۲۰۰۶، سان و همکاران ۲۰۱۵). در شکل ۲ مشخص است که کشت مسطح و روی پشته در کم‌خاک‌ورزی و کشت روی پشته‌ی دائم بی‌خاک‌ورزی همراه با بقایا در سیستم آبیاری قطره‌ای عملکرد بسیار خوبی (۱۱۲۷۰، ۱۰۸۳ و ۱۰۶۸۰ کیلوگرم در هکتار) داشته‌اند که این عملکرد بسیار خوب، موفق بودن کشت‌های حفاظتی را تایید می‌کند. سیستم‌های حفاظتی با نگهداری بقایا علاوه بر مزایای حفظ رطوبت و افزایش مواد آلی، از طریق کاهش فشردگی خاک ناشی از کاهش تردد ماشین‌ها و افزایش مقاومت در مقابل سله بستن و فروپاشی ساختمان خاک پس از آبیاری، باعث پایداری بیشتر خاک و توسعه بهتر ریشه می‌گردد. در بین ۲۴ ترکیب تیماری آزمایش شده، بهترین عملکرد ها را تیمارهای با بقایایی کامل و آبیاری قطره‌ای با روش‌های کشت خاک‌ورزی متداول–کشت روی پشته با عملکرد ۱۱۸۶۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌خاک‌ورزی–کشت مسطح با ۱۱۸۲۱ کیلوگرم در هکتار دارا بود. لازم به ذکر است بقایای کامل و آبیاری که در سامانه‌ی بی‌خاک‌ورزی–کشت روی پشته دائم ۱۱۴۹۵ کیلوگرم عملکرد وجود داشت. کمترین میزان عملکرد دانه نیز در سیستم بدون بقایا، آبیاری غرقابی و سامانه‌ی کشت بی‌خاک‌ورزی–کشت مسطح با ۷۰۳۳ کیلوگرم وجود داشت جدول (۲).

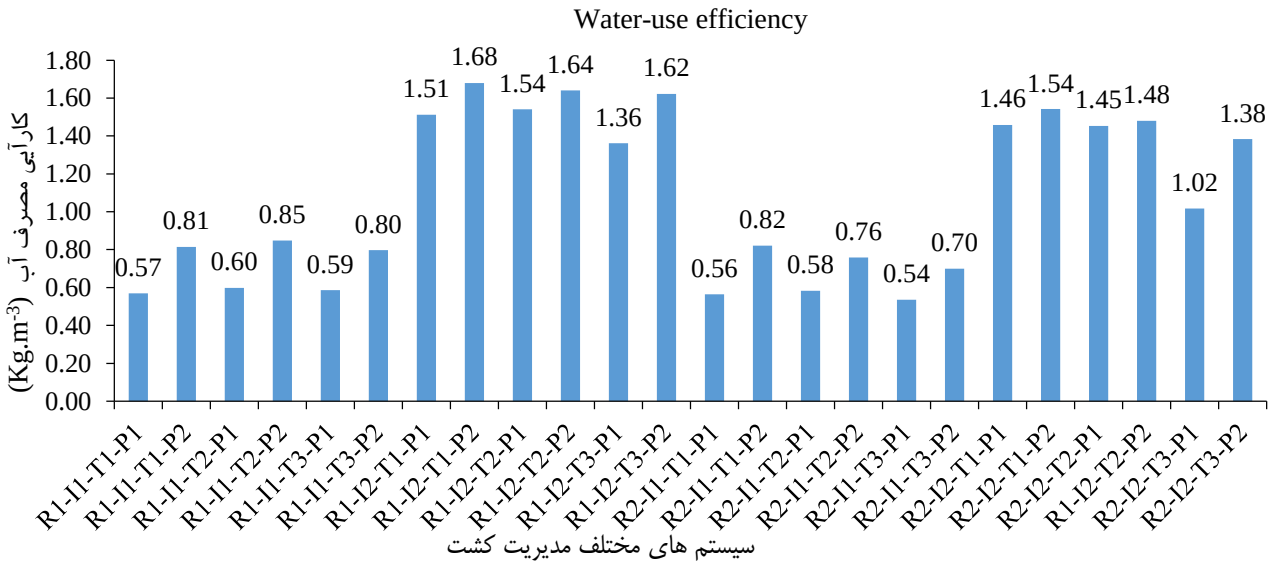


شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری روش آبیاری، خاک‌ورزی و الگوی کشت برای عملکرد ذرت

کارایی مصرف آب

فاکتور روش آبیاری بیشترین تأثیر را روی کارایی مصرف آب دارا بوده است و به طور چشمگیر در همه تیمارهای دارای آبیاری قطره‌ای کارایی مصرف آب بالا رفت. اما سایر عوامل نیز به سهم خود روی کارایی صرف آب تاثیر گذار بودند. سیتسم‌های دارای آبیاری قطره‌ای و وجود بقایا کارایی مصرف آب بالایی در تناوب گندم–ذرت داشتند که در این بین بالاترین کارایی در سیستم دارای خاک‌ورزی متداول- کشت روی پشته (سیستم R_1-I_2-T_1-P_2) با ۱/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بود که البته کم‌خاک‌ورزی–کشت روی پشته (سیستم R_1-I_2-T_2-P_2)، بی‌خاک‌ورزی–کشت روی پشته‌ی

دائم (سیستم R_1-I_2-T_3-P_2) و کم‌خاک‌ورزی مسطح سیستم (R_1-I_2-T_2-P_1) نیز با مقادیر ۱/٦٤، ۱/٦۲ و ۱/٥٤ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی نیز فاصله نزدیکی با هم داشتند. کارایی مصرف آب سیستم‌های مورد بررسی در شکل ۳ آورده شده است. کمترین کارایی نیز در کشت سیستم بدون بقایا–آبیاری غرقابی–بی‌خاک‌ورزی–کشت مسطح (R_2-I_1-T_3-P_1) با مقدار ۰/٥٤ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی حاصل شد. این نتایج موفقیت کارایی کشت‌های حفاظتی را نشان می‌دهد. صفری و آسودار (۲۰۱۳) در پژوهشی افزایش رطوبت خاک و عملکرد محصول را با افزایش حفظ بقایا به همراه خاک‌ورزی و کاشت حفاظتی تایید کردند. وجود بقایا در این پژوهش به ترتیب برای روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای به طور متوسط باعث افزایش ۰/٤ و ۰/۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی نسبت به تیمارهای بدون بقایا بود. یکی از دلایل افزایش بیشتر تاثیر بقایا در آبیاری قطره‌ای می تواند به دلیل پایداری درحفظ موقعیت مکانی بقایا در آبیاری قطره‌ای نسبت به غرقابی باشد. مقداری از بقایای موجود در سطح خاک توسط آبیاری غرقاب جابجا شده یا به مرور درون خاک قرار می‌گیرند و سطح پوشش سطحی بقایا را کاهش می‌دهد.



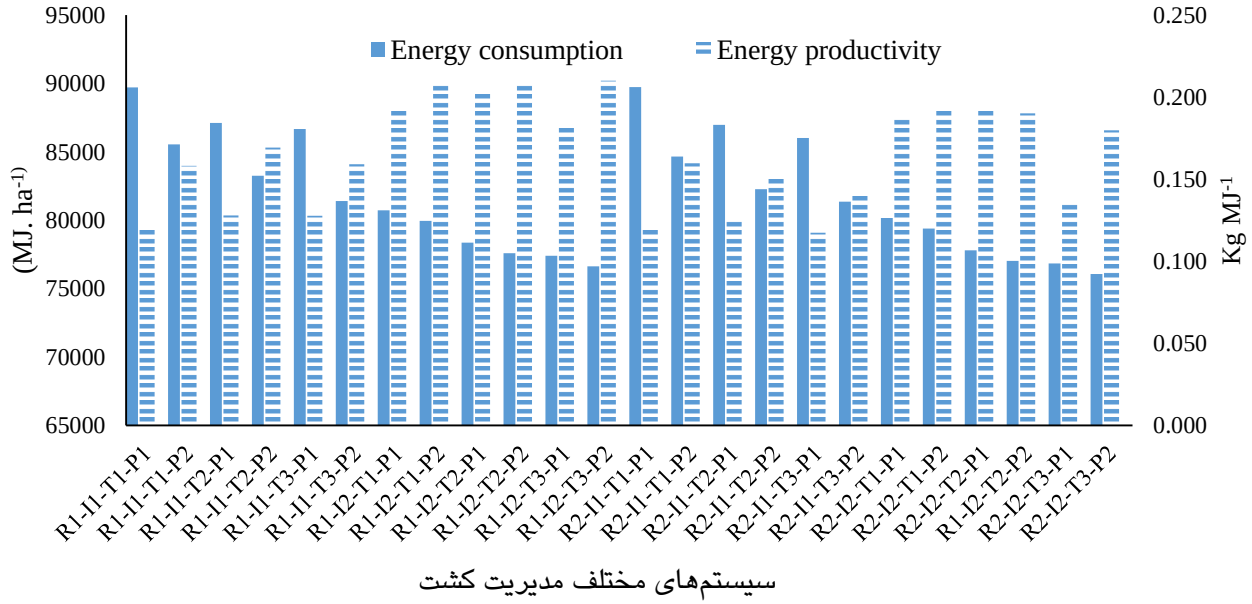
شکل ۳- کارایی مصرف آب سیستم‌های مختلف مدیریت کشت در تولید دانه (کل دانه تولیدی تناوب گندم –ذرت در طول یک سال)

In this table: R1= All Residue retained, R2= All Residue removed, I1=Waterlogging Irrigation I2= Drip irrigation, T1= Conventional Tillage, T2= Minimum Tillage, T3= No Tillage, P1= Crop pattern on flat and P2= Crop pattern on bed

مصرف انرژی

انرژی مصرفی ورودی، شاخص نسبت انرژی و شاخص بهره‌وری انرژی یکساله کشت تناوبی گندم–ذرت در جدول ۳ آورده شده است. در تمام تیمارها با کاهش انرژی مصرفی ورودی، بهره‌وری انرژی افزایش پیدا کرده است (شکل٤). در تیمارهای دارای سیستم آبیاری قطره‌ای انرژی ورودی کاهش چشمگیری دارد، انرژی مصرفی جهت آبیاری با سیستم‌های قطره‌ای نسبت به غرقابی حدود ٥۰ درصد کاهش داشته است، این کاهش مصرف انرژی در مجموع کل انرژی‌های ورودی نسبت به سیستم‌های غرقابی کاهش حدود ۱۰ درصدی را به دنبال داشته است. آذری مبارکه و همکاران (۲۰۱٤)

کاهش ۱۸ درصدی انرژی ورودی در روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به غرقابی گزارش دادند، ایشان متوسط بهره‌وری انرژی در کشت حفاظتی سه استان خوزستان- فارس و اصفهان در کشت گندم را ۰/۱٤ کیلوگرم بر مگاژول عنوان کردند. در پژوهش حاضر در تمام تیمارهای که به صورت پشته‌ای کشت شده‌اند، نیز کاهش انرژی ورودی مشهود است. نوع خاک‌ورزی نیز در تغییرات انرژی ورودی موثر بوده است به طوری که در سیستم‌های کشت بی‌خاک‌ورزی کاهش انرژی ورودی قابل ملاحظه می‌باشد. کمترین انرژی ورودی مربوط به سیستم وجود کامل بقایا-آبیاری قطره‌ای-بی‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته‌ی دائم (R_1-I_2-T_3-P_2) با ۷٦٦۳۵ مگاژول برهکتار بود و در عین حال این سیستم بالاترین بهره‌وری انرژی را با ۰/۲۱۰ کیلوگرم برمگاژول دارا بود. مهم‌ترین دلیل این امر کاهش مصرف الکتریسیته ناشی کاهش مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و کشت پشته‌ای بوده است، همچنین وجود بقایا باعث حفظ بیشتر رطوبت و کاهش مصرف آب و الکتریسته گردید. کاهش عملیات خاک‌ورزی در کشت بی‌خاک‌ورزی روی پشته‌ی دائم نیز در صرفه جویی انرژی ورودی موثر بود در سیستم‌های حفاظتی کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲٤ و ۳۵ درصد انرژی در مراحل خاک‌ورزی و کاشت نسبت به کشت‌های متداول کاهش وجود داشت. بالاترین مصرف انرژی ورودی در سیستم بدون بقایا- آبیاری غرقابی-خاک‌ورزی متداول-کشت مسطح (R_2-I_1-T_1-P_1) به میزان ۸۹۷٤٤ مگاژو بر هکتار بوده است و بهره‌وری آن ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول بوده است. کمترین بهره‌وری انرژی در سیستم بدون بقایا- آبیاری غرقابی-بی‌خاک‌ورزی-کشت مسطح (R_2-I_1-T_3-P_1) با ۰/۱۱۷ کیلوگرم بر هکتار بوده که از دلایل اصلی آن در پژوهش انجام شده کاهش تعداد بوته سبز شده، کاهش رشد اندام هوایی بوته و وجود بلال‌های ضعیف‌تر به دلیل آب ماندگی، کاهش تنفس ریشه، سله بستن و فشرده شدن خاک توسط آبیاری غرقابی در کشت مسطح در ذرت بوده است.



شکل ۴- انرژی ورودی و بهره‌وری انرژِی سیستم‌های مختلف کشت در تولید دانه (کل دانه تولیدی گندم و ذرت در طول یک سال)

بررسی اقتصادی

بازدهی اقتصادی عامل مهم ایجاد انگیزه بکارگیری نوع مدیریت سیستم‌هاست و اگر سیستمی از نظر اقتصادی سودمند نباشد حتی اگر از جنبه‌های دیگر بسیار کارآمد باشد تمایلی در بکارگیری آن نیست. خلاصه بررسی اقتصادی سیستم‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین میزان هزینه در سیستم R_1-I_2-T_1-P_2 با ۱۶/۲۷ و کمترین آن در سیستم R_2-I_1-T_3-P_2 با ۱۳/۹۸ میلیون تومان در هکتار در سال بدست آورده شد که از این میزان ۵/۵ میلیون تومان آن اجاره بهای یکساله هر هکتار بود. در بین سیستم‌های بررسی شده، بالاترین سود خالص (۸/۰۶ میلیون تومان در سال در هکتار) و نسبت سود به هزینه نسبت سود به هزینه (۱/۷۷) در سیستم R_1-I_2-T_1-P_2 رخ داد، در این سیستم مجموع عملکرد دانه ذرت و گندم در یک سال زراعی۱۶/۶۱ تن در هکتار در سال و درآمد ناخالص حاصل از آن مطابق با قیمت‌های سال ۱۳۹۷ معادل ۲۴/۰۱ میلیون تومان در هکتار در سال گردید. کمترین سود خالص در سیستم R_2-I_2-T_3-P_1 با ۰/۰۲ میلیون تومان در سال در هکتار و کمترین نسبت سود به هزینه با میزان ۱ نیز در همین سیستم به‌دست آمد، مجموع عملکرد دانه ذرت و گندم برای این سیستم در یک سال زراعی۱۰/۴۷ تن در هکتار در سال و درآمد ناخالص حاصل از آن مطابق با قیمت‌های سال ۱۳۹۷ معادل ۱۵/۳۶ میلیون تومان در هکتار در سال گردید . در کشت‌های حفاظتی بی‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته همراه با بقایای کامل نسبت سود به هزینه ۱/۵۶ و ۱/۷۱ به ترتیب در روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (سیستم هایR_1-I_1-T_3-P_2 و R_1-I_2-T_3-P_2) به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد علاوه بر مزایای فراوان کشت حفاظتی از جمله حفظ پایدار منابع آب و خاک، ارتقای مواد آلی، کاهش مصرف انرژی و غیره از لحاظ اقتصادی نیز وضعیت مناسبی دارند که می‌تواند کشاورزان را در به‌کارگیری این شیوه از کشت ترغیب کند. مسئله‌ای دیگری که در مبحث اقتصادی به نظر می‌رسد پرداختن به آن ضروری است صرفه‌جویی نهاده‌ها در مقیاس کلان ملی است. کاهش مصرف برق ناشی از کاهش مصرف در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به غرقابی در دو کشت گندم و ذرت در این مطالعه به طور متوسط ۱۷۹۲ کیلووات-ساعت در هکتار در سال بوده است (سیستم‌های غرقابی ۳۴۳۱ و قطره‌ای ۱۶۳۹ کیلووات - ساعت بر هکتار در سال). بیش از ۹۰ درصد از برق تولیدی در ایران با استفاده از سوخت فسیلی (۸۰/۹ درصد گاز طبیعی، ۱۰/۴ نفت کوره، ۸/۳ درصد نفت گاز و ۰/۴ درصد سایر سوخت ها) تولید می شود (بی نام ۲۰۱۷). با توجه به قیمت بالای سوخت‌های فسیلی برق تولیدی در ایران گران و پر هزینه می‌باشد. برق مورد استفاده در بخش کشاورزی ایران یارانه زیادی به آن تعلق می‌گیرد، در واقع در صورتی که قیمت صادرات و یا تولید هر کیلووات ساعت برق را در نظر گرفته شود، مقادیر صرفه‌جویی شده بسیار قابل توجه هستند. قیمت برق صادراتی حداقل هشت سنت به ازای هر کیلووات-ساعت است، بر این اساس قیمت واقعی کاهش مصرف برق در سیتسم های دارای آبیاری قطره‌ای از دیدگاه کلان ملی و قیمت دلار (۱۲۰۰۰۰ ریال) معادل ۱۴۳ دلار (۱۷۱۶۰۰۰۰ریال) در هکتار در سال صرفه‌جوی خواهد شد که به راحتی یارانه‌ای که دولت برای استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار قرار داده را جبران خواهد کرد. همچنین با به‌کارگیری سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نیز به دلیل کاهش عملیات خاک‌ورزی و کاشت به ترتیب ۴۳ و ۶۱ لیتر در هکتار درسال سوخت کمتری مصرف می‌کنند، با توجه به قیمت بالای جهانی سوخت می‌تواند از این نظر هم دولت و سازمان‌های کشاورزی را در جهت حمایت از حرکت کشاورزان به سمت کشت‌های حفاظتی سوق دهد.

جدول ۳- مجموع عملکرد دانه گندم و ذرت، کارایی مصرف آب، شاخص‌های انرژی و اقتصادی تولید دانه تناوب گندم- ذرت در سیستم‌های مختلف (برای یکسال در هکتار)

	سیستم‌های مختلف مدیریت کشت	مجموع عملکرد دانه ($Ton.\ ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($Kg.\ m^{-3}$)	انرژی ورودی ($MJ.\ ha^{-1}$)	نسبت انرژی	بهره وری انرژی ($Kg.\ MJ^{-1}$)	سود خالص (میلیون تومان)	نسبت درآمد به هزینه
۱	R_1-I_1-T_1-P_1	۱۰/۷۰	۰/۵۷	۸۹۷۱۹	۱/۷۲	۰/۱۱۹	۰/۹۱	۱/۱۰
۲	R_1-I_1-T_1-P_2	۱۳/٦۹	۰/۸۱	۸۵۵۵٤	۲/۲۸	۰/۱۵۸	۵/۰۳	۱/۵۵
۳	R_1-I_1-T_2-P_1	۱۱/۱۵	۰/٦۰	۸۷۱۰۸	۱/۸٤	۰/۱۲۸	۱/۷۱	۱/۱۹
۴	R_1-I_1-T_2-P_2	۱٤/۱۰	۰/۸۵	۸۳۲٤۷	۲/٤٤	۰/۱٦۹	۵/۹۹	۱/٦۷
۵	R_1-I_1-T_3-P_1	۱۱/۰۷	۰/۵۹	۸٦٦۷۳	۱/۸٤	۰/۱۲۷	۲	۱/۲۳
۶	R_1-I_1-T_3-P_2	۱۲/۹٦	۰/۸۰	۸۱٤۰۱	۲/۲۹	۰/۱۵۹	٤/۷۸	۱/۵٦
۷	R_1-I_2-T_1-P_1	۱۵/٦۰	۱/۵۱	۸۰۷۲۳	۲/۷۸	۰/۱۹۳	٦/۵۹	۱/٦٤
۸	R_1-I_2-T_1-P_2	۱٦/٦۱	۱/٦۸	۷۹۹٤۷	۲/۹۹	۰/۲۰۷	۸/۰٦	۱/۷۷
۹	R_1-I_2-T_2-P_1	۱۵/۹۰	۱/۵٤	۷۸۳٦۵	۲/۹۲	۰/۲۰۲	۷/۰۷	۱/٦۹
۱۰	R_1-I_2-T_2-P_2	۱٦/۲۲	۱/٦٤	۷۷۵۸۹	۳/۰۱	۰/۲۰۹	۷/٦۷	۱/۷٤
۱۱	R_1-I_2-T_3-P_1	۱٤/۰٤	۱/۳٦	۷۷٤۱۱	۲/٦۱	۰/۱۸۱.	٤/۹٦	۱/۵۰
۱۲	R_1-I_2-T_3-P_2	۱٦/۰٤	۱/٦۲	۷٦٦۳۵	۳/۰۱	۰/۲۱۰	۷/٦٦	۱/۷۷
۱۳	R_2-I_1-T_1-P_1	۱۰/۷٤	۰/۵٦	۸۹۷٤٤	۱/۷۲	۰/۱۲۰	۱/۰۲	۱/۱۱
۱۴	R_2-I_1-T_1-P_2	۱۳/۵۱	۰/۸۲	۸٤٦٤۸	۲/۳۰	۰/۱٦۰	۵/۰۳	۱/۵٦
۱۵	R_2-I_1-T_2-P_1	۱۰/۹۸	۰/۵۸	۸٦۹۸۰	۱/۸۲	۰/۱۲٦	۱/٤۹	۱/۱٦
۱۶	R_2-I_1-T_2-P_2	۱۲/۵۱	۰/۷٦	۸۲۲۵۸	۲/۱۸	۰/۱۵۲	۳/۷۰	۱/٤۱
۱۷	R_2-I_1-T_3-P_1	۱۰/۰۹	۰/۵٤	۸٦۰۰٤	۱/٦۹	۰/۱۱۷	۰/۵٤	۱/۰٦
۱۸	R_2-I_1-T_3-P_2	۱۱/۵۱	۰/۷۰	۸۱۳۵۰	۲/۰٤	۰/۱٤۱	۲/۷٤	۱/۳۲
۱۹	R_2-I_2-T_1-P_1	۱۵/۰۵	۱/٤٦	۸۰۱٦٤	۲/۷۰	۰/۱۸۸	۵/۸۸	۱/۵۷
۲۰	R_2-I_2-T_1-P_2	۱۵/۲۵	۱/۵٤	۷۹۳۸۸	۲/۷۷	۰/۱۹۲	٦/۱۲	۱/۵۹
۲۱	R_2-I_2-T_2-P_1	۱٤/۹۹	۱/٤۵	۷۷۸۰٦	۲/۷۷	۰/۱۹۳	٦/۰۱	۱/۵۹
۲۲	R_1-I_2-T_2-P_2	۱٤/٦۳	۱/٤۸	۷۷۰۳۰	۲/۷٤	۰/۱۹۰	۵/٦۱	۱/٦۰
۲۳	R_2-I_2-T_3-P_1	۱۰/٤۷	۱/۰۲	۷٦۸۳۵	۱/۹٦	۰/۱۳٦	۰/۲٦	۱/۰۳
۲۴	R_2-I_2-T_3-P_2	۱۳/٦۸	۱/۳۸	۷٦۰۵۹	۲/۵۹	۰/۱۸۰	٤/۳۷	۱/٤٤

نتیجه گیری

این مطالعه به بررسی برخی از خروجی‌های مهم سیستم‌های مختلف کشت تناوب گندم-ذرت از قبیل عملکرد، کارایی مصرف آب، بهره‌وری انرژی و شاخص‌های اقتصادی با توجه به عوامل مدیریت بقایا، روش آبیاری، سامانه‌ی خاک‌ورزی و الگوی کشت در سطوح مختلف پرداخت. وجود بقایا در مزرعه از اصول اصلی کشاورزی حفاظتی است، نتایج این مطالعه تاثیر مثبت این فاکتور عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را تایید می‌کند، به طوری که روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای به طور متوسط باعث افزایش ۰/٤ و ۰/۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی نسبت به تیمارهای بدون بقایا گردید. در بین سیستم‌های بررسی شده بالاترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سیستم وجود بقایا-آبیاری قطره‌ای- خاک‌ورزی مرسوم -کشت روی پشته (R_1-I_2-T_1-P_2) با ۱٦/٦۱ تن در هکتار برسال و۱/٦۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی وجود داشت. همچنین دو سیستم وجود بقایا-آبیاری قطره‌ای- کم‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته (R_1-I_2-T_2-P_2) و وجود بقایا-آبیاری قطره‌ای-بی‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته‌ی دائم (R_1-I_2-T_3-P_2) عملکرد و کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به سایر سیستم ها داشته‌اند، هر سه این سیستم ها بقایا به طور کامل در مزرعه حفظ گردید، آبیاری آنها به صورت قطره‌ای و کشت روی پشته انجام گرفت. استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در کشت های حفاظتی در صورتی که سایر عوامل به خوبی

مدیریت و به کار گرفته نشوند می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصول گردد، در صورتی که با مدیریت سایر عوامل نه تنها عامل محدود کننده‌ای برای عملکرد و کارایی مصرف آب نیست بلکه باعث افزایش بهره‌وری انرژی و سود اقتصادی نیز می‌گردد. یکی از سیستم های کشت حفاظتی سیستم وجود کامل بقایا-آبیاری قطره‌ای-بی‌خاک‌ورزی-کشت روی پشته‌ی دائم (R_1-I_2-T_3-P_2) بود که این سیستم علاوه بر عملکرد و کارایی مصرف آب مناسب بالاترین بهره‌وری انرژی را با ۰/۲۱۰ کیلوگرم برمگاژول در بین سیستم‌های مورد بررسی دارا بود. نتایج این تحلیل ها نشان می‌دهد که حرکت به سمت روش‌های که به حفظ منابع کمک می‌کند و در مسیر کشاورزی حفاظتی است، از جمله حفظ بقایا، کاهش خاک‌ورزی، کشت روی پشته‌های دائم و استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا علاوه بر مزایایی فراوانی که به دنبال دارد به خوبی از لحاظ میزان عملکرد و کارایی اقتصادی می‌توانند موفق عمل کنند. بنابراین حرکت به سمت کشاورزی حفاظتی با صرفه‌جویی در منابع می‌تواند با بدست آوردن سود قابل قبول به تولید بالا و پایدار دست پیدا کند و در عین حال از محیط زیست محافظت کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر فراهم آوردن بخشی از هزینه‌های این مطالعه قدردانی به عمل می‌آید. از گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون کشاورزی که در فراهم کردن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش همکاری داشتند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Alijani K, Bahrani M and Kazemini M. 2011. Effect of tillage methods and amounts of corn residue on growth, yield, yield components of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 9: 486-493.

Alizadeh A. 2002. Soil , Water , Plant Relationship (Translation). Astan Ghods Razavi.

Anonymous. 2016. Statistical Yearbook of Khuzestan province. Planning and Budget Organization of Khuzestan province.

Anonymous. 2017. Energy balance sheet. Ministry or Energy. Macro Planning Office Electricity and energy.

Asoodar MA and Yousefi Z. 2013. Effects of seeding depth uniformity and planting types on oilseed rape emergence rate index and grain yield. International Journal Agriculture, 3: 386-392.

Azari Mobarakeh S, Almassi M, Hemmat A and Moghaddasi R. 2014. Effective factors on energy productivity in different tillage methods in irrigated wheat in Fars, Khoozestan and Esfahan Provinces. Journal of Biosystems Engineering, 3: 1-14.

Erdal G, Esengün K, Erdal H and Gündüz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 32: 35-41.20

Esengun K, Gündüz O and Erdal G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management, 48: 592-598.

Gao-bao H, Qiang C, Fu-xue F and Ai-zhong Y. 2012. Effects of different tillage systems on soil properties, root growth, grain yield, and water use efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in arid northwest China. Journal of Integrative Agriculture, 11(8):1286–1296

Ghobadi, MH. Nadian A, Bakhshandeh , Fathi G, Garineh MH and Ghobadi M. 2006. Root growth, biological yield and grain yield in wheat genotypes in flooded conditions at different growth stages. Plant and Seed, 22: 513-525.

Govaerts B, Sayre KD, Lichter L and Deckers J. 2007. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. Plant and Soil, 291: 39-54.

Hossinian S, khaledian MR, and Motamed MK. 2016. Evaluation of Sprinkler and Drip Irrigation Systems of Economic index of water us efficiency in the south of France. Water Research in Agriculture, 30: 215-226.

Kitani O and Jungbluth T. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. Energy and biomass engineering, 5: 330.

Kuesters J and Lammel J. 1999. Investigations of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beet in Europe. European Journal of Agronomy, 11: 35-43.

Mandal KG, Saha, KP, Ghosh PK, Hati KM and Bandyopadhyay KK. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass and Bioenergy, 23: 337-345.

Mirzavand J. 2019. Soil Organic Matter Changes and Crop Yield in Conservation and Conventional Tillage Systems under Wheat-Corn Rotation in Zarghan Region (Fars Province, Iran). Agricultural science and Sustainable Production, 29: 121-133. (In Persian).

Nguyen M, Haynes R and Goh K. 1995. Nutrient budgets and status in three pairs of conventional and alternative mixed cropping farms in Canterbury, New Zealand. Agriculture, Ecosystems & Environment, 52: 149-162.

Olson KR, Ebelhar SA and Lang JM. 2013. Effects of 24 years of conservation tillage systems on soil organic carbon and soil productivity. Applied and Environmental Soil Science, 2013.

Ram HY, Singh K, Saini D, Kler J, and Humphreys TE. 2012 .Agronomic and economic evaluation of permanent raised beds, no tillage and straw mulching for an irrigated maize-wheat system in northwest India. Experimental Agriculture, 48: 21-38.

Rathke G and Diepenbrock W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy, 24: 35-44.

Safari A, Asoodar MA, Ghasemi nejad M and Abdali A. 2013. Effect of Residue Management, Different Conservation Tillage and Seeding on Soil Physical Properties and Wheat Grain Yield. Agricultural Science and Sustainable Production, 23: 49-59.

Saunders CM, Barber A and Taylor GJ. 2006. Food miles-comparative energy/emissions performance of New Zealand's agriculture industry.

Sayre KD and Govaerts B. 2011. Use of Conservation Agriculture to improve farming systems in developing countries. Rainfed Farming Systems. Report no. 1402091311.

Singh S, Singh S, Mittal JP and Pannu CJ. 1996. Frontier energy use and crop yield relationships for wheat in the Punjab ecosystem. Energy Conversion and Management, 3: 89-110.

Singh VK, Dwivedi BS, Shukla AK and Mishra RP. 2010. Permanent raised bed planting of the pigeonpea–wheat system on a Typic Ustochrept: Effects on soil fertility, yield, and water and nutrient use efficiencies. Field Crops Research, 116: 127-139.

Sun C, Gao X, Fu J, Zhou J and Wu X. 2015. Metabolic response of maize (*Zea mays* L.) plants to combined drought and salt stress. Plant and soil, 344: 73-85.28

Verhulst N, Nelissen V, Jespers N, Haven H, Sayre KD, Raes D, Deckers J and Govaerts B. 2011. Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands. Plant and Soil, 344: 73-85.

Vetsch JA, Randall GW and Lamb JA. 2007. Corn and soybean production as affected by tillage systems. Agronomy Journal, 99: 952-959.

Von Braun J, Byerlee D, Chartres C, Lumpkin, Olembo N and Waage J. 2010. A draft strategy and results framework for the CGIAR. The world bank, Washington,DC.

Wilhelm W. and Wortmann CS. 2004. Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. Agronomy Journal, 96: 425-432.

Wollmer AC, Pitann B and Mühling KH. 2018. Grain storage protein concentration and composition of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by waterlogging events during stem elongation or ear emergence. Journal of Cereal Science, 83: 9-15.

Yilmaz I Akcaoz H and Ozkan B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy, 30: 145-155.

Yin W, Chai Q, Guo Y, Feng F, Zhao C, Yu A, Liu C, Fan Z, Hu F and Chen G. 2017. Reducing carbon emissions and enhancing crop productivity through strip intercropping with improved agricultural practices in an arid area. Journal of Cleaner Production, 166: 197-208.